

Projet de conservation de la Perdrix grise *Perdix perdix* dans le canton de Genève

Rapport final de la phase de projet 2007–2012

Michael Lanz
Stephanie Michler
Jérôme Duplain



vogelwarte.ch

Impressum

Projet de conservation de la Perdrix grise *Perdix perdix* dans le canton de Genève.

Rapport final de la phase de projet 2007–2012.

Auteurs

Michael Lanz, Stephanie Michler, Jérôme Duplain

Collaboration

Jérôme Guelat, Michael Schaub, Antoine Sierro, Reto Spaar, Francine Volet

Photos, illustrations (page de titre)

Jérôme Duplain (Perdrix grise, bande refuge), Markus Jenni (poussin)

Citation recommandée

Lanz, M., S. Michler & J. Duplain (2012) : Projet de conservation de la Perdrix grise *Perdix perdix* dans le canton de Genève. Rapport final de la phase de projet 2007–2012. Station ornithologique suisse, Sempach.

Contact

Michael Lanz, Station ornithologique suisse, CH–6204 Sempach

Tél. : 041 462 97 00, 041 462 97 42 (direct), Fax : 041 462 97 10, michael.lanz@vogelwarte.ch

© 2012, Station ornithologique suisse

Ce rapport ne peut être reproduit, même partiellement, sans discussion préalable avec la Station ornithologique suisse.

Contenu

Résumé	3
Zusammenfassung	4
1 Introduction	5
1.1 Contexte	5
1.2 Phase de projet 2007–2012	6
2 Méthodes	6
2.1 Élevage	6
2.2 Lâchers	8
2.3 Monitoring	10
2.4 Mesures de conservation complémentaires	12
2.5 Analyses	13
3 Résultats	16
3.1 Evolution de la population	16
3.2 Comportement après les lâchers	17
3.3 Survie	19
3.4 Reproduction	24
3.5 Evolution future	25
4 Discussion	26
4.1 Lâchers et évolution de la population	26
4.2 Comportement après les lâchers	27
4.3 Survie	28
4.4 Reproduction	29
4.5 Évolution future	30
4.6 Conditions cadre pour la Perdrix grise	31
5 Synthèse et recommandations	32
5.1 Poursuite	32
5.2 Monitoring	33
5.3 Mesures d’habitat	33
5.4 Autres mesures	34
Remerciements	35
Bibliographie	36
Annexes	39

Résumé

Le présent rapport résume les résultats du projet de conservation de la Perdrix grise dans le canton de Genève, de 2007 à 2012, et propose la voie à suivre ces prochaines années.

Situation de départ et objectifs : en Champagne genevoise, de 2004 à 2006, environ 100 Perdrix grises ont été lâchées chaque année afin de renforcer l'effectif restant, composé de deux couples nicheurs. Une analyse de ces introductions ainsi que de nouvelles études sur la conservation de la Perdrix grise en Angleterre (Buner & Aebischer 2008) ont fourni des arguments importants en faveur de la poursuite des lâchers, selon une nouvelle méthode. L'introduction de nombreuses compagnies d'automne devrait permettre d'augmenter plus fortement la densité des effectifs. L'objectif du projet était d'obtenir une densité de 3 couples nicheurs/km² en 2012, ce qui correspond à environ 200 individus en début d'année. Le projet a été lancé en collaboration avec le canton de Genève (Direction générale de la nature et du paysage, DGNP), en tant que responsable politique du projet et de la revitalisation des habitats, et avec l'Office fédéral de l'environnement en tant que partenaire.

Méthode : afin de garantir suffisamment d'individus pour les nombreux lâchers, la Station ornithologique a mis en place son propre élevage proche de conditions naturelles. Des œufs d'Angleterre et de France ont été importés ainsi que des poussins d'un jour de France. En général, les poussins ont été élevés avec des adultes puis relâchés ensemble (en « compagnies d'automne »). Sur le terrain, des poussins supplémentaires ont été adoptés par des couples ayant perdu leurs propres jeunes, afin d'accroître le succès de reproduction. Entre 2007 et 2012, 2617 Perdrix grises ont été lâchées au total. Toutes étaient munies de bagues de couleur individuelles et, pour 34 %, d'un émetteur.

Résultats : Quatre sous-populations interconnectées se sont formées en Champagne genevoise. L'objectif de 200 individus a été atteint à début 2012 et la population nicheuse n'a fait que croître depuis 2007. Depuis le début du projet en 1991, un pic a été atteint en avril 2012 avec environ 60 couples nicheurs. L'analyse des données de survie a montré que les perdrix munies d'un émetteur ont un taux de survie beaucoup plus faible que celles qui n'en ont pas. Le taux de survie des perdrix sauvages sans émetteur était bon et comparable à celui d'effectifs stables à l'étranger (Putala et al. 2001, Bro et al. 2003, Buner et al. 2011, Rymešová et al. 2012) et ce en dépit de la forte densité de renards, de 2–4 ind./km². Le succès de reproduction est resté faible de 2007 à 2011. Il fut peut-être influencé négativement par la télémétrie des parents, ceux-ci étant pour la plupart munis d'un émetteur. Les cinq femelles sans émetteur ayant élevé en moyenne 3,5 jeunes (âgés de 8 semaines) indiquent qu'un bon succès de reproduction est possible dans les conditions actuelles.

Evolution future : sur la base des taux de survie et de reproduction observés, nous avons modélisé l'évolution future de l'effectif. Les modèles montrent qu'un effectif autonome n'est possible que si la survie est moyenne à bonne et si, en même temps, un bon succès de reproduction est atteint. Nous recommandons de ne plus effectuer de lâchers ces prochaines années. Dès 2013, l'effectif genevois de Perdrix grises sera ainsi composé exclusivement d'individus sauvages et adaptés, et nous pouvons espérer un meilleur succès de reproduction et des taux de survie plus élevés.

Avec environ 11 km² d'habitats adéquats pour les Perdrix grises et 5,3 % des terres en jachère, la Champagne genevoise offre un milieu de bonne qualité de vie pour les Perdrix grises. Cependant, de nombreuses surfaces (bandes refuges) sont couvertes d'une végétation dense et ne sont plus optimales pour les poussins de perdrix. Par conséquent, ces structures devraient être rajeunies ou remplacées par de nouvelles jachères florales, à compter de 2013. Un groupe de travail où la Station ornithologique est représentée, planifiera la gestion de l'habitat et accompagnera sa mise en œuvre.

Les effectifs nicheurs et hivernants de la Perdrix grise seront cartographiés jusqu'en 2014. La situation sera réévaluée à début 2014, après le recensement de l'hiver 2013/14, en collaboration avec le Canton de Genève (DGNP).

Zusammenfassung

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse des Artenförderungsprojekts für das Rebhuhn im Kanton Genf von 2007 bis 2012 zusammen und soll das weitere Vorgehen für die Folgejahre aufzeigen.

Ausgangslage und Ziele: In der Champagne genevoise wurden von 2004 bis 2006 jährlich etwa 100 Rebhühner ausgesetzt, um den damaligen Restbestand von zwei Brutpaaren (BP) zu fördern. Eine Analyse dieser Aussetzungen sowie neue Grundlagen zur Rebhuhnförderung aus England (Buner & Aebischer 2008) haben wichtige Argumente für eine Weiterführung der Freilassungen mit einer neuen Methode geliefert. Mit der Aussetzung zahlreicher Herbstketten sollte die Bestandsdichte entscheidend erhöht werden. Als Ziel des Projekts wurde eine Brutpaardichte von 3 BP/km² im Jahr 2012 angestrebt, was einem Frühjahresbestand von rund 200 Individuen entspricht. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Kanton Genf (Direction générale de la nature et du paysage, DGNP), politisch verantwortlich für das Projekt und die Lebensraumaufwertungen, und dem Bundesamt für Umwelt als Projektpartner lanciert.

Methode: Um genügend Individuen für die zahlreichen Aussetzungen aufzuziehen, baute die Vogelwarte eine eigene naturnahe Aufzucht auf. Es wurden Eier aus England und Frankreich und zusätzlich Eintagsküken aus Frankreich importiert. Die Rebhuhnküken wurden in der Regel mit Adulten zusammen aufgezogen und freigelassen (sogenannte Herbstketten). Um den Bruterfolg zusätzlich zu steigern, wurden Küken bei frei lebenden Paaren adoptiert, welche zuvor erfolglos gebrütet hatten. Von 2007 bis 2012 wurden total 2617 Rebhühner ausgesetzt. Alle Individuen waren individuell farberingt und 34 % mit Telemetriesender versehen.

Resultate: Vier Teilbestände haben sich in der Champagne genevoise gebildet, die miteinander im Austausch stehen. Das Projektziel eines Bestands von 200 Individuen im Frühjahr 2012 wurde erreicht, und der Brutbestand hat seit 2007 stetig zugenommen. Mit rund 60 BP im April 2012 wurde seit Projektbeginn 1991 ein Höchststand erreicht. Die Auswertung der Überlebensdaten zeigte, dass die besenderten Rebhühner eine tiefere Überlebensrate im Vergleich zu unbesenderten hatten. Die Überlebensrate der unbesenderten, wilden Rebhühner war gut und mit derjenigen von stabilen Beständen im Ausland vergleichbar (Putala et al. 2001, Bro et al. 2003, Buner et al. 2011, Rymešová et al. 2012), und dies trotz der hohen Fuchsdichte von 2–4 Tieren pro km². Der Bruterfolg war von 2007 bis 2011 immer gering. Die meisten Elterntiere waren besendert, was eventuell den Bruterfolg wegen der höheren Adultmortalität negativ beeinflusst hat. Die Daten von fünf unbesenderten Hennen, die durchschnittlich 3,5 Jungen (im Alter von 8 Wochen) produzierten zeigen, dass ein guter Bruterfolg unter den herrschenden Bedingungen möglich ist.

Weiteres Vorgehen: Aufgrund der beobachteten Überlebensraten und dem Bruterfolg modellierten wir die künftig mögliche Bestandsentwicklung. Die Modelle zeigen, dass ein selbsterhaltender Bestand nur möglich ist, wenn das Überleben mittel bis gut ist und gleichzeitig ein guter Bruterfolg erzielt wird. Wir empfehlen, keine weiteren Aussetzungen in den folgenden Jahren durchzuführen. Ab 2013 wird der Genfer Rebhuhnbestand ausschliesslich aus wilden und angepassten Individuen bestehen, und wir können mit einem besseren Bruterfolg und höheren Überlebensraten rechnen.

Mit rund 11 km² ha gutem Rebhuhnlebensraum und einem Anteil an Brachflächen von 5,3 % weist die Champagne genevoise eine gute Lebensraumqualität für Rebhühner auf. Allerdings sind viele Brachflächen (Bandes refuges) mit dichter Vegetation bewachsen und als Aufzuchtshabitat nicht mehr optimal. Deshalb sollen ab 2013 diese Strukturen verjüngt oder durch neu angelegte Buntbrachen ersetzt werden. Eine Arbeitsgruppe, in welcher die Vogelwarte vertreten ist, wird das Lebensraummanagement planen und die Umsetzung begleiten.

Um die weitere Entwicklung des Rebhuhnbestands zu verfolgen, wird bis Anfang 2014 der Winter- und Brutbestand kartiert. Nach der Winterbestandszählung 2013/14 werden wir im Frühjahr 2014 zusammen mit dem Kanton Genf (DGNP) die Situation wieder beurteilen.

1 Introduction

1.1 Contexte

En Suisse, la Perdrix grise *Perdix perdix* est une espèce au bord de l'extinction (CR) selon la Liste Rouge (Keller et al. 2010). Elle fait partie des 50 espèces d'oiseaux dont la conservation est prioritaire au niveau national, dans le cadre du Programme de conservation des oiseaux en Suisse (Ayé et al. 2011). Encore largement répandue en Suisse au milieu du 20^e siècle, l'espèce a rapidement décliné puis disparu de nombreuses régions pour finalement ne se retrouver plus qu'en Champagne genevoise (GE) à l'état sauvage (Jenny et al. 2005).

La Perdrix grise est une espèce protégée en Suisse qui n'est pas chassable depuis le 15.07.2012. Elle bénéficiait de fait d'un moratoire sur la chasse depuis 1988 en Suisse (Ordonnance sur la chasse 1988). Genève est même le seul canton où la chasse est interdite, depuis 1974, suite à une initiative populaire. Une gestion cynégétique de la Perdrix grise et de ses prédateurs n'y entre donc pas en compte. A notre connaissance, ce contexte est unique au niveau européen pour un projet de conservation de la Perdrix grise. Paradoxalement, en Suisse, la Perdrix grise n'a survécu que dans le canton de Genève. Cette survie pourrait s'expliquer par une intensification de l'agriculture moins rapide qu'ailleurs et des facteurs climatiques plus favorables (Jenny et al. 2002).

Dans ce contexte, un « projet Perdrix » a été lancé en 1991 avec pour but premier une revalorisation de l'habitat en vue de sauver la population de Perdrix grise en fort déclin (Jenny et al. 2002). Cette revalorisation a permis un enrichissement considérable de la biodiversité (notamment flore, insectes, lièvre brun et avifaune) et du paysage, particulièrement grâce à la mise en place de jachères spontanées et de surfaces de compensation écologique de haute valeur écologique (Lambelet-Haueter 1995, Carron 1996, Jenny et al. 1998, Lugrin & Regamey 2001, Jenny et al. 2002). Cependant, cette renaturation est arrivée trop tard pour enrayer le déclin des populations de Perdrix grises genevoises. En 2002, seuls deux couples nicheurs subsistent dans la Champagne genevoise alors même que les habitats dans la région de Laconnex sont évalués comme « favorables » à l'espèce (Lugrin et al. 2002).

Au début des années 2000, les critères admis au niveau international pour une « réintroduction » de l'espèce étaient enfin remplis (IUCN & Species Survival Commission 1998, Jenny et al. 2002). Suite aux expériences pilotes positives menées dans le canton de Schaffhouse (voir Buner & Schaub 2008), le projet de « Renforcement des populations de Perdrix grise de la Champagne genevoise » a été lancé en 2002 (Lugrin et al. 2002). Dans les faits, il ne s'agit pas d'une réintroduction au sens légal puisque la Perdrix grise n'a jamais disparu à l'état sauvage dans cette région.

Ce projet est mené par la Station ornithologique suisse sur mandat de la Direction générale de la nature et du paysage (DGNP) du canton de Genève (anciennement Service des forêts, de la protection de la nature et du paysage, SFPNP) et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Son but est de recréer une population viable de Perdrix grise en Champagne genevoise à long terme (Knop 2008).

Lors de la première phase du projet, 389 Perdrix grises ont été lâchées en Champagne genevoise entre 2004 et 2006 (Duplain et al. 2008). La méthode privilégiée fut la translocation d'oiseaux sauvages étrangers relâchés en couples en hiver. La population s'est accrue, atteignant au maximum 32 couples en 2006, mais elle n'était pas encore autonome, notamment en raison d'un mauvais succès de reproduction.

1.2 Phase de projet 2007–2012

Suite au rapport de la phase de projet 2002–2006 (Duplain et al. 2008) qui préconisait la poursuite des opérations de renforcement, la situation a été réévaluée. Les recommandations détaillées publiées par le Game and Wildlife Conservation Trust d'Angleterre pour la réalisation de projets de réintroduction de la Perdrix grise (Buner & Aebischer 2008), ont fourni de nouveaux arguments motivant le lancement d'une nouvelle phase de lâchers de renforcement :

- les techniques employées entre 2002 et 2006 n'étaient pas optimales. Les lâchers de couples en début d'année sont, selon les dernières études, la méthode de repeuplement la moins efficace. En cas de faible densité de population, le lâcher des compagnies d'élevage en automne a le plus de succès (Buner & Aebischer 2008, Buner et al. 2011).
- La mauvaise dynamique de population genevoise pourrait être due à une très faible densité de population. Il a été montré que, chez de nombreuses populations animales, une faible densité de population peut avoir divers effets négatifs pouvant entraîner l'extinction à court terme (dit « effet Allee » ; Courchamp 1999). Un de ces effets est l'augmentation du taux de prédation (effet du puits de prédation ; Parr 1993).

La phase de projet actuelle 2007–2012 vise à mettre en place les infrastructures nécessaires au lâcher de compagnies en automne, puis à lâcher environ 800 individus par an durant 3 ans (Knop et al. 2008). L'objectif est d'atteindre une densité de population élevée, supérieure à 3 couples/km² au printemps, valeur cible selon Buner & Aebischer (2008), ce qui correspond à environ 200 individus en janvier 2012. Ainsi, on vise à réduire les effets négatifs de la faible densité, à sortir du puits de prédation suspecté et à améliorer en fin de compte la dynamique de population, pour que celle-ci puisse atteindre la stabilité.

Le projet est organisé en partenariat entre la Station ornithologique suisse, en tant que responsable opératif, la DGNP, en tant que responsable politique du projet et de la conservation des habitats et l'OFEV, en tant que partenaire. Un large soutien financier supplémentaire a été fourni par le Fonds national suisse de la recherche scientifique dans le cadre du projet « The importance of genetic origin and rearing conditions for the reintroduction of grey partridges : Interactions of genetic, maternal and early developmental effects on personality and survival of offspring » (numéro de projet 31003A_127057, (Jenni & Jenni-Eiermann 2009). Ce sous-projet permet d'améliorer nos connaissances pour une optimisation des conditions d'élevage. Il fait l'objet de la thèse de Doctorat de Benjamin Homberger à paraître.

Le présent rapport présente les résultats obtenus dans le cadre de cette phase de projet 2007 à 2012 en mettant l'accent sur la dynamique de population actuelle. Sur cette base, il présente les perspectives du développement futur de la population, et les mesures qui sont préconisées à court terme pour atteindre au plus vite l'objectif final de viabilité de la population de Perdrix grise à Genève.

2 Méthodes

2.1 Élevage

Avant 2011, la Suisse était indemne de la maladie de Newcastle (OVF 2011). Pour des raisons vétérinaires en lien avec cette maladie, seuls les œufs et les poussins de Perdrix grises d'un jour sont autorisés à être importés de l'étranger en Suisse. D'autre part, il n'existe en Suisse aucun grand élevage de Perdrix grises dont nous aurions pu obtenir suffisamment d'individus. Par conséquent, la Station ornithologique suisse a dû mettre en place son propre élevage de Perdrix grises, avec pour objectif de pouvoir lâcher 800 individus par an. Notre élevage se caractérise par des conditions proches de l'état naturel. Afin de reproduire au mieux la biologie de cette espèce, des groupes familiaux constitués de

poussins d'élevage et d'un couple de Perdrix grises adultes adoptant les poussins ont été formés. Ces oiseaux ont ensuite été lâchés ensemble en « compagnies d'automne ».

L'infrastructure de l'élevage a été mise en place en plusieurs étapes entre 2008 et 2010. Nous avons pu bénéficier des expériences du projet Perdrix grises à Schaffhouse où des Perdrix grises sont élevées depuis 1998 (Guntern 2007, non publié). Au printemps 2008, la Station ornithologique a cherché la coopération d'éleveurs de gibier à plumes en Suisse. En 2008 et 2009, nous avons pu utiliser un incubateur et les volières intérieures pour les poussins chez Imelda Schmid à S-chanf (Engadine), éleveuse de caille très expérimentée. Les perdreaux ont été élevés en volières extérieures, en partie à S-chanf et en partie dans la plaine de Wauwil. En 2009 et 2010, nous avons progressivement aménagé toutes les infrastructures à la Station ornithologique et chez un agriculteur de Sempach. La logistique de l'élevage a ainsi été optimisée. Nos installations ont été démontées en 2012.

Toutes les importations ont été annoncées et effectuées selon les directives de l'Office vétérinaire fédéral OVF en vigueur. L'origine des importations a varié entre les années (tab. 1). En 2007, année de transition, nous n'avons pas effectué d'importation. L'année suivante, nous avons importé exclusivement des œufs provenant d'un grand éleveur de France (Gibovendée). Dès 2009, l'importation et l'élevage ont été étroitement coordonnés avec la thèse de Benjamin Homberger (Jenni & Jenni-Eiermann 2009). Dans le cadre de ce projet, des œufs de perdrix génétiquement « sauvages » et « domestiques » ont été importés d'un éleveur d'Angleterre (David Butler, Perdix Wildlife Solutions Ltd.). Le présent rapport n'inclut pas les résultats de cette étude de B. Homberger. De 2009 à 2012, des poussins d'un jour provenant d'un élevage extensif (la ferme de la Craie, Jussey, France) ont de plus été importés.

Tab. 1. Origine des œufs et poussins d'un jour de Perdrix grise importés. Les œufs dits "sauvages" sont issus de perdrix sauvages, de 1re ou 2e génération. Les œufs et poussins "domestiques" proviennent de souches d'élevage de longue date. Il n'y a pas eu d'importation en 2007.

Type	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Œufs (France, "domestiques")	0	700	0	0	0	0	700
Œufs (GB, "sauvage")	0	0	458	986	1101	0	2545
Œufs (GB, "domestique")	0	0	473	1130	0	0	1603
Poussins d'un jour (France, "domestiques")	0	0	355	800	1100	210	2465

Tous les œufs ont été incubés artificiellement (incubateurs Hemel). Le succès d'éclosion annuel a varié entre 35 % (2009) et 64 % (2010). Juste après l'éclosion, ou l'importation des poussins, les poussins ont été placés dans des volières intérieures (2 m de long x 0,8 m de large x 0,8 m de haut), où ils ont été artificiellement réchauffés avec des lampes chauffantes pendant les trois premières semaines. Dans la plupart des cas, les groupes ont été formés dès le premier jour dans les volières intérieures, avec la même composition que celle du lâcher à Genève. La taille des groupes a varié de 15 à 35 poussins, selon le succès d'éclosion. Les poussins ont été alimentés dès le deuxième jour avec une nourriture riche en protéines. La proportion de céréales et de plantes fourragères a continuellement augmenté après la première semaine et a complètement remplacé l'alimentation animale après 30 jours.

À l'âge de quatre ou cinq semaines, chaque groupe de poussins a été déplacé dans une volière extérieure (8 m x 4 m x 2,2 m). Au total, jusqu'à 35 volières assuraient à chaque groupe d'être isolé des autres (fig. 12 en annexe). Ces volières reposaient sur une prairie naturelle et contenaient des abris naturels (branches), une zone de sable, ainsi qu'un agrainoir et un abreuvoir. A l'occasion de l'installation dans les volières extérieures, les poussins ont été réunis en groupes familiaux avec 1 à 2

adultes (coqs et/ou poules). Le nombre et sexe des parents adoptifs en volière était dicté par l'acceptation mutuelle entre perdreaux et adultes. En effet, certains individus ne s'acceptent pas et doivent être maintenus séparés. Cette adoption artificielle n'était pas possible avant 2009 car aucune perdrix adulte provenant de l'étranger n'a pu être importée. Par conséquent, nous avons conservé chaque hiver une partie des Perdrix grises élevées afin d'avoir assez adultes pour l'année suivante. En 2010, Joy Reding, dans le cadre de son travail de master « Mate choice in the Grey partridge *Perdix perdix*: Effects of genotype, environment and hormones », a étudié l'appariement d'une partie de ces Perdrix grises (Reding 2012). Une faible proportion de ces perdrix adultes s'est reproduite avec succès dans les élevages. Leurs jeunes ont principalement été lâchés à Genève, pour les adoptions (voir 2.2.2).

Les groupes ont été maintenus dans leur volière extérieure jusqu'à la fin de la mue post-juvénile, soit vers 4 mois. Dans l'ensemble, la survie des poussins entre l'éclosion (y compris les poussins d'un jour importés) et l'âge du lâcher s'est élevée à environ 60 %. Toutes les Perdrix grises ont été munies de bagues de couleur individuelles, à l'exception de 301 individus lâchés en 2010 marqués de bagues permettant d'identifier uniquement le groupe de lâché. Une semaine avant la date de lâcher, une partie des perdrix a été en partie équipée d'un émetteur de radiopistage (pour plus de détails, voir 2.3.2.2).

2.2 Lâchers

2.2.1 Compagnies d'automne

Entre 2007 et 2012, au total 2617 Perdrix grises ont été lâchées en Champagne genevoise, principalement sous la forme de compagnies d'automne (tab. 2). En 2007, avant installation de notre élevage, 6 groupes de 20 perdreaux gris ont été lâchés dans les communes françaises voisines, directement à la frontière de la Champagne genevoise (donc sans importation). Ces perdreaux, de taille adulte, provenaient d'un élevage français (Guy Paturel, élevage du Bois Battu) et ont été lâchés sans adultes.

Tab. 2. Nombre de Perdrix grises lâchées entre 2007 et 2012, avec et sans émetteur de radio-téléométrie. Compagnies d'automne : 24 août au 19 novembre. Adoptions : 29 juin au 27 août.

Lâchers	Émetteur	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Compagnie d'automne (ad. + juv.)	avec	29	110	259	518	1	0
Compagnie d'automne (ad. + juv.)	sans	91	100	94	431	681	0
Adoption (poussins)	sans	31	18	0	40	106	108
Total		151	228	353	989	788	108

Dès 2008, les perdrix élevées en compagnies d'automne ont été lâchées avec un poids et un plumage correspondant à ceux des adultes, à l'âge d'environ 17 semaines (exceptionnellement min. 13 et max. 21 semaines). Dans l'élevage, les manipulations précédant le transport jusqu'à Genève ont généralement eu lieu dans l'après-midi. Les bagues et émetteurs ont été contrôlés. Le transport a été effectué au moyen de caisses (en bois, 0,7 x 0,4 x 0,3 m) sur recommandations de Markus Jenny (comm. pers.). Il a généralement eu lieu au crépuscule et de nuit. Les manipulations et le transport ont suivi les recommandations de l'UICN (World Pheasant Association and IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group 2009).

La date de lâcher des compagnies d'automne était fixée en fonction de l'âge des individus. Comme les naissances étaient échelonnées, les lâchers se sont étendus entre le 24 août et le 19 novembre. En moyenne, les groupes lâchés rassemblaient 25 individus (min. 3, max. 42), dont 1 à 2 adultes. Après le transport, chaque groupe a séjourné dans une volière de lâcher à Genève (env. 2 m²), avec l'accord des propriétaires/exploitants locaux. Ces volières étaient protégées des prédateurs terrestres au moyen de clôtures électrifiées. Le choix des sites de lâchers (fig. 13, en annexe) s'est basé sur les critères suivants :

- Dans les zones revitalisées et vignobles de la Champagne genevoise (env. 15 km²).
- Dès 2009, les sites sont, autant que possible, ceux des années antérieures où la survie après les lâchers était supérieure à la moyenne.
- Aucune compagnie de perdrix dans un rayon proche (< 200 m), afin de réduire les phénomènes de compétition/dérangements entre compagnies.
- A une distance garantissant le contact par cris entre compagnies, soit à 300–500 m d'autres perdrix.
- Dans une végétation offrant à la fois un abri dense et une bonne visibilité des environs, afin de réduire les risques d'envol et d'éclatement du groupe lors du lâcher (par ex. bordure de bande refuge, vignes).
- Pas le long de routes et chemins.
- Anticipation des travaux agricoles (surtout récoltes et labours) dès 2009, afin de réduire les dérangements.
- Pas de répartition au hasard des sites.

Les perdrix ont été libérées de leur volière au moyen d'une ouverture commandée à distance, sans dérangement humain. Tous les lâchers ont eu lieu le matin, afin que les perdrix puissent s'orienter et se calmer durant la journée, avant d'être confrontées à leurs prédateurs qui sont surtout actifs de nuit (voir 3.3.3). Dans son travail de Master « Reintroduction of captive-bred grey partridges (*Perdix perdix*) : assessing personality and physiological stress », Nina Keller a étudié l'état physiologique (cortisol, l'hormone de stress) des perdrix avant et après les transports vers les sites de lâcher (Keller 2010). Il a été montré que le taux d'hormones de stress augmente fortement durant le transport et qu'il se rétablit progressivement dans les volières de lâcher (Jenni et al. en prép.). Après 33 heures, le taux de ces hormones recouvre un niveau similaire à celui d'avant le transport. Sur cette base et les expériences d'Angleterre (Buner & Aebischer 2008), les perdrix ont passé une ou deux nuits (soit env. 9 et 33 heures respectivement) dans les volières de lâcher avant d'être libérées.

En France (Bro et al. 2004) et Angleterre (Buner & Aebischer 2008), il est recommandé de mettre des agrainoirs à disposition des perdrix lâchées. En automne 2008, nous avons testé si cette technique est aussi utile en Champagne genevoise. Un agrainoir a été placé à proximité de 5 sites de lâchers, soit la moitié des sites. L'utilisation de ces agrainoirs a été suivie chaque semaine par télémétrie et par recherche des crottes de perdrix. Aucune utilisation par des perdrix n'a été constatée durant les 3 semaines suivant les lâchers. Selon Nicolas Aebischer, expert anglais de la Perdrix grise qui a visité la Champagne genevoise en 2009, l'offre en nourriture est très bonne durant la période hivernale, notamment grâce aux bandes refuges. Pour ces raisons, nous avons renoncé aux agrainoirs par la suite.

2.2.2 Adoptions de poussins

Excepté en 2009, des lâchers d'adoption ont été effectués chaque année (tab. 2), entre le 29 juin et le 27 août, suivant les recommandations de Buner & Aebischer (2008). Il s'agit de poussins d'élevage, âgés de 5 à 8 semaines, donnés en groupe à des parents adoptifs (sauvages ou lâchés les années antérieures) sans jeunes. Les poussins adoptés ne représentent qu'une faible proportion des tous les lâchers. Cependant, il s'agit de la méthode la plus efficace en termes de renforcement des populations

de perdrix, car les chances de survie et de reproduction sont maximales en cas d'adoptions (Buner et al. 2011).

2.3 Monitoring

2.3.1 Périodes de recensement

Le présent rapport porte sur les recensements du printemps 2007 au printemps 2012. Chaque année, la population de Perdrix grise de la Champagne genevoise a été recensée à trois périodes :

- mi-janvier : effectif hivernal des compagnies, déterminé sur la base des lectures de bagues, des observations de perdrix non baguées ainsi que par télémétrie et captures jusqu'en 2011.
- mi-mai : effectif reproducteur, basé sur les mêmes méthodes, sauf les captures (terminées en avril). La présence d'individus non télémétrés a souvent été mise en évidence par le comportement des partenaires télémétrés. A la mort de leur partenaire, les individus sont souvent moins discrets (cris, déplacement vers d'autres individus) lors de la recherche d'un nouveau partenaire. Etant donné la fidélité des partenaires (confirmé par la télémétrie dès avril), les individus sont considérés comme morts si leur partenaire est observé tout seul ou avec un nouvel individu. En 2012, sans télémétrie, l'effectif a été estimé sur la base d'écoutes crépusculaires en 15 sites et extrapolation.
- mi-août : effectif des familles. A cette date, les jeunes sont âgés de 8 semaines en moyenne, âge servant à déterminer le taux de reproduction. Tout comme en mai, la présence est souvent déterminée grâce à la télémétrie du partenaire/parent, et la mort en observant les partenaires seuls.

Compte tenu de la grande surface à recenser (env. 10 km²), chaque période s'étendait sur environ 1 mois. Les méthodes sont détaillées plus bas (voir aussi Duplain et al. 2008).

2.3.2 Méthodes de recensement

2.3.2.1 Lectures de bagues de couleur

A chaque période de recensement, chaque compagnie/groupe de perdrix a été suivi avec environ la même intensité. Cependant, si tous les individus d'un groupe n'ont pas pu être identifiés lors des recherches initiales, alors ce groupe a été recherché jusqu'à identification d'au moins 80 % des individus. L'identification a été effectuée au niveau le plus précis possible : identification individuelle si le code de bagues de couleur est unique, à défaut identification de l'origine (groupe lâché ou sauvage). Les lectures de bagues ont été facilitées en cas de télémétrie d'au moins un individu du groupe. Toutes les perdrix identifiées au moyen de leurs bagues ont été localisées sur cartes digitales (parcellaire ou orthophotos).

2.3.2.2 Radiopistage

Le but du suivi par radiopistage était de déterminer précisément la survie des oiseaux en fonction de leur origine, et surtout de maximiser le succès de reproduction, en localisant et protégeant les nids (voir chapitre 2.4), puis en facilitant les adoptions de poussins d'élevage par des parents ayant perdu leurs jeunes (voir chapitre 2.2.2).

L'année 2007 a servi de test méthodologique, si bien que les résultats relatifs ne seront pas traités. Le suivi par radiopistage a ensuite été intensifié entre 2008 et l'été 2011, avec en moyenne la moitié des individus télémétrés (extrêmes 20–76 % des individus recensés selon la période de recensement). Au total, sur les 1508 individus lâchés en compagnie d'automne 2008–2010, 887 (59 %) étaient munis

d'un émetteur (tab. 2). Les émetteurs ont été posés au hasard, sauf sur les individus très légers (<315 g) qui ont été épargnés. Le suivi par radiopistage n'est plus pratiqué depuis l'automne 2011.

Pour assurer le suivi, 497 radio-émetteurs ont été employés au total. Tous pesaient moins de 13 g et donc moins de 4 % de la masse des perdrix équipées. La batterie neuve assurait un suivi de 11 à 18 mois. Compte tenu de la faible durée de survie de nombreux individus lâchés, les émetteurs ont été réutilisés tant que leur batterie pouvait encore fonctionner 3 mois.

Plusieurs modèles d'émetteurs ont été employés. En 2008, comme les années antérieures, il s'agissait d'émetteurs dorsaux de 12 à 13 g (poids monté, RI-2B Backpack, fixés autour des pattes avec un tuyau élastique en silicone de 2,0 mm de diamètre et 0,5 mm d'épaisseur). En raison de mauvaises expériences en hiver 2008–09 suite à la mue du plumage, ainsi que du grand temps de manipulation de ces émetteurs, seuls des colliers ont été utilisés dès 2009 (RI-2B Necklace, Holohil, 11,1 g avec fixation, durée de la batterie d'environ 12 mois, fig. 14 en annexe). Il s'agit du modèle employé avec satisfaction dans de nombreux autres projets à l'étranger (E. Bro (F), F. Buner (GB), E. Gottschalk (D) comm. pers.). En 2009, l'influence de la masse des émetteurs sur la survie a été testée avec 50 émetteurs supplémentaires plus légers (RI-2B Necklace, Holohil, 8,0 g).

Le suivi télémétrique a été effectué au moyen d'antennes Yagi (Three element Antenna, Titley) et récepteurs à affichage digital (R-1000 de Communication Specialist Inc. et SIKA de Biotrack). Afin de limiter les dérangements, le suivi a été effectué à distance. Chaque individu a été contrôlé au moins chaque semaine, voire plusieurs fois par semaine juste après les lâchers et en période de reproduction. Lors de chaque contrôle, le statu a été déterminé (vie/mort) en fonction de la constance du signal et des déplacements. Une fois par semaine, les individus ont été localisés par triangulation, et leur position reportée sur cartes digitales (parcellaire, orthophotos), avec indication de la précision des triangulations. De plus, chaque groupe contenant au moins un individu localisé a été reporté sur carte séparément, et le nombre d'individus (minimum ou exact si connu) saisi. Toutes les localisations ont été saisies dans une base de données géoréférencée (ArcGIS).

La portée des émetteurs était faible avec les antennes Yagi (env. 500 m en moyenne). Les individus disparus ont été recherchés au moyens d'antennes non directionnelles (antenne mobile VHF 1,4 m) et, si nécessaire, depuis les collines et montagnes voisines (jusqu'au Salève et au Jura) au moyen d'une grande antenne directionnelle sur remorque (portée >10 km, antenne WIPIC, Letrona, fig. 15 en annexe), à plusieurs reprises jusqu'à 2 mois après la disparition. Au total seuls 6,8 % (2009 et 2010) des individus équipés avec un émetteur ont définitivement disparu.

Le suivi de la reproduction a été effectué par télémétrie des femelles, à défaut par celle des mâles et observation du comportement des femelles. La date de début de couvaison a été déterminée, et les nids ont été localisés approximativement. Les nids ont été recherchés – et le nombre d'œufs déterminé – dans les jours suivant l'éclosion et l'abandon du site par la famille (nidifuge). Le nombre de jeunes et le taux de reproduction ont été déterminés lorsque qu'ils étaient âgés de 8 semaines (voir chapitre 2.5.2).

2.3.2.3 Captures

Des captures ont été effectuées chaque année entre fin-janvier et la première semaine d'avril, dans le but d'augmenter le nombre d'oiseaux télémétrés. Au total, sur les 194 individus sans émetteurs recensés durant les mois de janvier 2009 à 2011, 100 (52 %) ont été capturés. Des individus télémétrés ont été (re)capturés en parallèle. L'effort de capture a été semblable pour les individus de toutes origines, sexes et âges. Deux techniques ont été employées (fig. 16 et 17 en annexe) :

- pièges (à corneille) avec un mâle d'élevage servant d'appelant (et la repasse acoustique), surtout pour capturer des mâles encore en compagnies hivernales, ou des individus solitaires ;

- captures nocturnes à la filochette avec éblouissement au phare halogène, surtout pour capturer des couples dont seul le mâle était télémétré, également des compagnies en entier lors de l'hiver 2010/2011.

Les perdrix capturées ont été munies d'une combinaison individuelle de bagues de couleur et alu, comme celles d'élevage. A des rares exceptions près, tous les individus ont été munis d'un émetteur (ou leur ancien émetteur remplacé). Les individus ont été directement relâchés sur place, avec leur(s) partenaire(s).

2.3.3 Précision des recensements

En l'absence de marquage des perdrix sauvages non capturées, il ne nous est pas possible de tenir compte de la probabilité de détection de chaque individu. Nous ne pouvons donc pas estimer le taux d'individus non télémétrés (en partie non bagués) qui ont passé inaperçus à chaque période de recensement. Nous estimons que ce taux est d'environ 3 % en janvier et 10 % en mai, d'après les lectures de bagues des individus marqués et captures hors des périodes fixes de recensement. Le taux pourrait être plus élevé en août en raison de la haute végétation et de l'absence d'activité vocale des oiseaux à cette période.

Quand les oiseaux sont observés, les lectures de bagues de couleur permettent une identification fiable. En moyenne, seuls 0,8 % des individus observés n'ont pas pu être identifiés au moins une fois par période de recensement (les individus sauvages non marqués sont également considérés comme identifiés). Les erreurs de lectures de bagues sont également minimales, comme l'attestent les observations répétées des couples/compagnies.

2.4 Mesures de conservation complémentaires

En complément des lâchers, plusieurs mesures ont été mises en œuvre dans le but d'accroître au plus vite la taille de la population :

- Protection des nids au moyen de clôtures électrifiées. Seuls les nids localisés approximativement par télémétrie ont pu être protégés. Les clôtures à mailles de 10 x 15 cm (type flexinet, modèle AGRARO, branchement sur électrificateur de 12V) empêchent l'accès par les carnivores de taille moyenne (renard, chats, etc.). Elles sont posées dans un rayon de quelques mètres à 20 m autour du nid durant la période de couvain, en accord avec les exploitants agricoles.
- Accord informel avec les associations communales de chasseurs français (ACCA) des communes voisines (Saint-Julien-En-genevois, Viry et Valleiry), pour ne pas tirer de Perdrix grises sur les zones limitrophes de leurs territoires de chasse dès 2007. Une plaquette d'information a été distribuée aux chasseurs. Dès lors, une seule perdrix télémétrée dans le cadre de notre projet a été tirée en France voisine, en 2008, et hors du périmètre convenu.

En revanche, aucun contrôle des prédateurs n'est effectué depuis 2008. L'ancien arrêté autorisant exceptionnellement le tir de renards dans le canton de Genève n'a pas été prolongé à la suite d'un préavis négatif de la commission cantonale de la faune.

La population a été informée de la nouvelle phase du projet et des nombreux lâchers effectués (tab. 6 en annexe). Durant la période de nidification, des panneaux informant des mesures de protection des nichées ont été placés dans les secteurs concernés.

Aucune obligation légale de tenir les chiens en laisse n'est en cours en Champagne genevoise. Les collaborateurs du projet ont rendu les promeneurs attentifs aux dangers des chiens entrant dans les cultures et aux exigences de la faune en matière de tranquillité.

2.5 Analyses

2.5.1 Survie

2.5.1.1 Introduction

L'objectif du projet est de mettre en place une population viable de Perdrix grise, ce qui signifie que la reproduction et l'immigration doivent compenser la mortalité et l'émigration. Il n'y a pas d'immigration connue en Champagne genevoise, même si des Perdrix grises destinée à la chasse sont relâchées chaque année en France voisine (Duplain et al. 2008). L'ordre de grandeur de l'émigration n'est pas connu. Ci-dessous, nous considérons les valeurs de survie apparente comme une survie excluant l'éventuelle émigration. Dès lors, notre analyse de la dynamique de population se focalise sur les deux paramètres démographiques que sont le taux de survie et le taux de reproduction (comme Duplain et al. 2008).

Dans un premier temps, nous déterminons les taux de survie moyens durant la période de suivi télé-métrique 2008–2011 et identifions les facteurs qui influencent ces valeurs. La période de l'automne 2011 à 2012, sans télémétrie, est traitée dans un deuxième temps.

2.5.1.2 Survie 2008–2011

La présente analyse doit en priorité étudier l'influence de l'origine et des émetteurs sur la survie des perdrix. Les différences entre individus avec émetteur ou pas, et entre sauvages (pour la plupart sans émetteur) et les autres origines ne peuvent pas être déterminées au moyen des méthodes traditionnelles de capture-recapture avec détermination des taux de survie et de détection. En effet, la plupart des individus sauvages n'était pas marquée (car pas capturée). Une méthode d'analyse plus simple a donc été employée, permettant uniquement d'estimer les taux de survie observés. Dès lors, nous ne parlons plus bas que de survie observée, ou de valeurs observées.

Détermination de l'effectif: l'effectif a été recensé chaque année en janvier, mai et août, entre août 2008 et août 2011. Ces recensements déterminent 3 périodes de l'année : l'hiver (août-janvier, période durant laquelle les perdrix sont regroupées en compagnies, y compris celles lâchées), le printemps (janvier-mai, période de formation des couples et recherche du site de reproduction) et l'été (mai-août, saison de reproduction). Sur le terrain, l'effort de recherche était similaire pour tous les groupes/compagnies. Pour chaque période, les individus ont été attribués dans 6 groupes définis par les variables suivantes :

- L'origine des individus ; 3 origines ont été prises en compte :
 - les oiseaux « **sauvages** » regroupent les jeunes et adultes nés en Champagne genevoise ;
 - les « **lâchés** » rassemblent les jeunes et adultes d'élevage lâchés en compagnie d'automne (donc sans les adoptions, trop peu nombreuses) ;
 - les « **adaptés** » regroupent les individus lâchés les années antérieures et qui ont survécu à au moins une saison de reproduction ;
- Pour chaque individu, la présence d'un émetteur de radiopistage (au moins un jour par période), ou son absence durant toute la période.

La variable dépendante, binominale, est définie comme le taux de survie, pour chacun des 6 groupes définis ci-dessus durant chaque période, sur la base du nombre individus présents au début et en fin de période (nombre en fin de période / nombre au début). Des valeurs de survie dites « minimales » et « maximales » ont été déterminées sur la base suivante :

- Nombre minimal d'individus : uniquement les individus observés et dont l'origine a pu être identifiée au moyen des bagues de couleur (ou de l'absence de bagues pour les sauvages jamais capturées) et les individus considérés vivants au moyen de la télémétrie.

- Nombre maximal d'individus : tient compte, en plus des individus ci-dessus, des individus observés mais dont l'origine est inconnue, ainsi que des individus qui étaient en vie en début de période et dont la présence n'a pas pu être certifiée en fin de période, mais qui sont potentiellement vivants sur la base du comportement de leur(s) partenaire(s).¹

Les taux de survie ont été modélisés dans R (version 2.14.1, R Development Core Team 2011). Un « generalized linear mixed model » (glmer) a modélisé les taux de survie observée minimale et maximale dans des modèles séparés, avec à chaque fois les variables indépendantes suivantes :

- Emetteur : avec ou sans ;
- Origine : sauvage, lâché, adapté ;
- Période : hiver (d'août ou du lâcher à janvier), printemps (de janvier à mai), été (de mai à août) ;
- Année : 2008/09, 2009/10, 2010/11 ;
- Cohorte : « random effect », soit les effets aléatoires pour les six groupes (émetteur et origine) pour chaque période de chaque année.

De plus, les interactions suivantes ont été prises en compte : Période x Origine, Période x Emetteur et Emetteur x Origine.

Le processus de sélection des modèles a débuté avec le modèle « complet », intégrant toutes les variables et interactions et le random effect. Le meilleur modèle, expliquant au mieux les données, a été établi pour les valeurs de survie minimales et maximales. La différence de valeur AIC (Akaike Information Criterion) entre le modèle choisi et le meilleur modèle est restée inférieure à 2, pour les deux analyses (modèle 1 dans le tab. 7a et modèle 2 dans le tab. 8a, en annexe). Ces modèles contenaient la variable Année, indiquant des différences de survie entre années. Pour simplifier la représentation graphique, comme pour les modélisations de l'évolution future de la population, nous préférons utiliser les valeurs de survie moyennes sur toute la période considérée. Pour cette raison, nous avons sélectionné le meilleur modèle sans la variable Année (modèle 1 dans le tab. 7b et modèle 2 dans le tab. 8b, en annexe).

2.5.1.3 Survie pendant l'hiver 2011–2012

Suite aux lâchers de 2011, sans emploi d'émetteurs, une nouvelle méthode de recensement a été mise en œuvre. Le recensement hivernal s'est étendu de mi-novembre à mi-février. Trois passages d'un mois chacun ont été effectués dans toutes les zones préalablement occupées par des perdrix télémétrées. A chaque passage, les compagnies criant au crépuscule ont été localisées depuis 29 postes fixes, dans un ordre donné. Elles ont ensuite été recherchées durant une semaine, depuis des véhicules, dans le but d'identifier les individus au moyen de leurs bagues de couleur.

Pour l'analyse, nous n'avons retenu que les lectures de bagues d'individus provenant de compagnies d'automne lâchées en 2011. Les données des lâchers puis des trois passages de recensement ont été analysées avec des modèles de capture-recapture (Lebreton et al. 1992). Ceux-ci ont l'avantage de pouvoir estimer la probabilité de détection, permettant ainsi d'obtenir des estimations fiables des effectifs et taux de survie (Martin et al. 1995). Les modèles utilisés étant complexes, ils ont été analysés au moyen de méthodes bayésiennes (Kéry & Schaub 2012). Les analyses ont été effectuées sur une base mensuelle. Les lâchers ont eu lieu en août, septembre et octobre, puis les « recaptures » en novembre, décembre et janvier (chaque mois courant en fait du milieu du mois au milieu du mois suivant).

¹ Hors du printemps, les individus sauvages et adaptés sont fidèles à leur(s) partenaire(s). Les individus lâchés sont fidèles en période de reproduction (obs. pers. par télémétrie). Un individu dont le partenaire est observé seul est donc considéré comme mort depuis le recensement précédent. A défaut, les individus sont considérés comme potentiellement vivants.

Dans un premier temps, un test de qualité du modèle a été effectué (goodness-of-fit test). Ce test étant hautement significatif (valeur = 58,0 ; $P < 0,001$), au moins une des assumptions du modèle n'était pas remplie. Une analyse détaillée indiqua une très forte « trap response » : les individus identifiés lors d'un passage avaient une plus forte probabilité d'être retrouvés au passage suivant par rapport aux individus qui avaient préalablement passé inaperçu. Ce genre de biais est fréquent lors de suivis d'individus marqués avec des bagues de couleur ou de suivis par radiopistage. Notre modèle a donc été adapté afin de prendre en compte cette hétérogénéité (Lebreton et al. 1992). Dans un deuxième temps, deux modèles ont été élaborés pour l'estimation des taux de survie. Pour chacun d'entre eux, la survie durant le premier mois après le lâcher a été considérée séparément de la survie des mois suivants. Le premier modèle a évalué la survie mensuelle en relation avec l'habitat du site de lâcher (champs ou vignes). Le second a pris en compte l'appartenance de chaque individu aux groupes de lâchers. L'influence des groupes a été modélisée comme effet aléatoire (random effect). Ce procédé permet d'estimer aussi bien les taux de survie des individus au sein de chaque groupe lâché que la survie moyenne (de tous les groupes). Sur la base de ces modèles, l'effectif de mi-janvier a été modélisé en prenant en compte la détectabilité imparfaite des individus.

2.5.2 Reproduction

Etant donné que les lâchers se sont déroulés en automne et que la mortalité demeure forte, le nombre de perdrix est resté faible en période de reproduction. Pour identifier les facteurs influençant le succès de reproduction, il faudrait idéalement employer une analyse multivariée. Une telle analyse n'est cependant pas adaptée avec un faible échantillon comme le nôtre (50 pontes) et un grand nombre de facteurs. Par conséquent, les résultats se limitent à présenter les facteurs qui sont le plus corrélés au succès de nidification/reproduction.

Nous rappelons ici les définitions suivantes (Duplain et al. 2008) :

- Le **succès de nidification** correspond aux % de pontes écloses ;
- La **survie des poussins** se mesure entre l'éclosion et l'âge de 8 semaines ;
- Le **succès d'élevage des jeunes** correspond au % de couples, parmi ceux qui ont eu des poussins éclos, arrivant à élever au moins 1 jeune jusqu'à l'âge de 8 semaines ;
- Le **taux de reproduction** correspond au nombre de jeunes (de 8 semaines) par adulte présent en début de période de reproduction (recensé en mai).

2.5.3 Modélisation de l'évolution future

Afin d'estimer au mieux l'évolution future de la population de Perdrix grise en Champagne genevoise, en l'absence de nouveaux lâchers, divers scénarios ont été modélisés. Les valeurs de survie et de reproduction employées figurent au tableau 3. Pour la survie, il s'agit des taux de survie minimaux et maximaux modélisés entre 2008 et 2011 (voir fig. 6 & fig. 7). Les valeurs de reproduction observées ont servi de référence (voir fig. 10). Des valeurs intermédiaires ont été attribuées aux individus issus des adoptions (Buner et al. 2011). Les taux de survie minimaux observés sous-estiment la survie réelle, puisque les individus en vie dont les bagues n'ont pas été vues, ainsi que les individus ayant passé inaperçu, sont exclus. Les taux de survie maximaux observés pourraient surestimer la survie, car les individus disparus dont le devenir est inconnu sont tous considérés comme encore en vie. Les incertitudes sont très élevées pour la période mai-août, en raison de la plus faible détectabilité durant cette période. Pour cette analyse, seules les données des individus non télémétrés sont prises en compte, en raison de l'impact négatif des émetteurs sur la survie (voir 3.3.1).

Tab. 3. Valeurs de survie et de reproduction minimales et maximales observées, pour les individus non télémétrés entre 2008 et 2011, employées pour la modélisation.

Origine	août - janvier	janvier - mai	mai - août	reproduction
Sauvage	0,72 – 0,76	0,59 – 0,71	0,31 – 0,85	1,5 – 3,5
Lâchée	0,10 – 0,15	0,41 – 0,58	0,33 – 0,84	1
Adaptée	0,38 – 0,60	0,76 – 0,93	0,15 – 0,57	1,5 – 3,5
Adoption	0,2	0,40 – 0,60	0,35 – 0,85	1,5 – 2,5

La modélisation a pris en compte des valeurs de survie et de reproduction différentes selon l'origine durant la période 2012–2013. Les groupes d'individus sauvages, lâchés, adaptés et les adoptions ont été traités séparément. Dès 2014, tous les individus sont considérés comme sauvages, puisqu'aucun lâcher n'est prévu. Les modélisations ont été effectuées avec Excel sur la période 2012–2021. Il ne s'agit pas d'une analyse de « minimum viable population » puisque les événements stochastiques ne sont pas pris en compte. Les résultats doivent permettre de décider si une éventuelle poursuite des lâchers se justifie.

3 Résultats

3.1 Evolution de la population

Depuis le début du projet, en 1991, la population de Perdrix grises genevoise a été suivie par différentes méthodes/périodes. Les recensements de nicheurs en avril/mai constituent la seule série de données constante sur toute la période du projet (fig. 1). Le déclin en 2007 fut marqué, suite à l'arrêt des lâchers de couples en fin d'hiver cette année-là. L'effectif a atteint un nouveau minima en 2008, avec 14 individus recensés, suite aux lâchers tests de l'automne précédent, effectués dans des conditions non optimales. Avec les lâchers de compagnie d'automne, dès 2008, l'effectif recensé a fortement augmenté, pour atteindre environ 60 couples en 2012. Le sexe-ratio, déterminé de visu, est resté proche de la parité, avec souvent quelques mâles excédentaires.

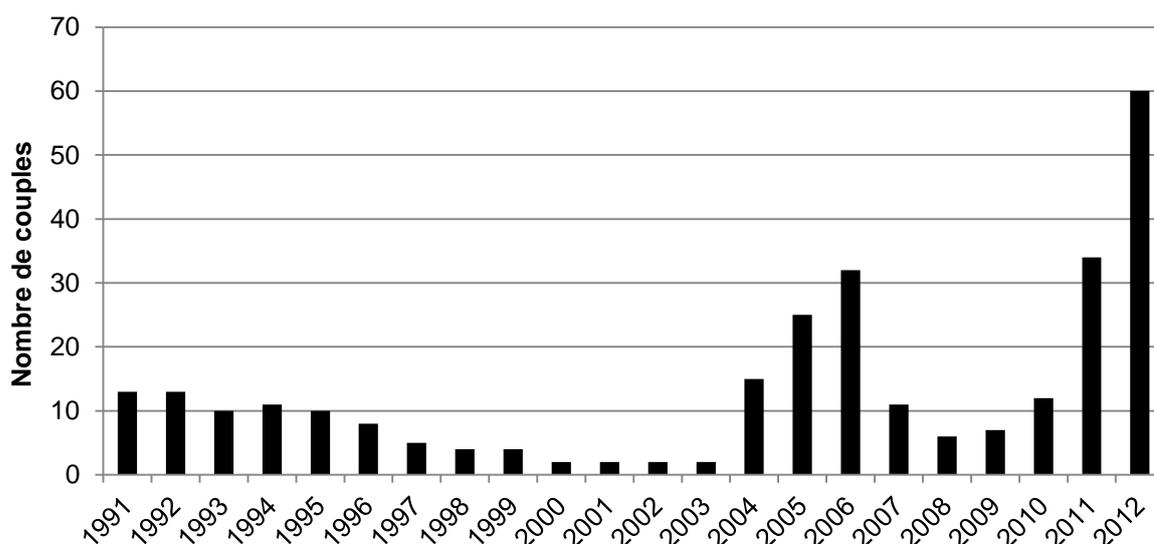


Fig. 1. Evolution de l'effectif nicheur recensé de Perdrix grises depuis le début du projet en 1991. Des lâchers ont été effectués dès 2004.

Depuis 2007, l'effectif hivernal est recensé en janvier et l'origine de la majorité des individus est connue grâce aux bagues de couleur et à la télémétrie. Tout comme l'effectif nicheur, l'effectif hivernal recensé a aussi augmenté (fig. 2). La proportion d'individus sauvages ou adaptés représentait entre 6 et 36 % de l'effectif selon les années. Cette proportion n'a pas augmenté avec le temps, en raison de l'augmentation progressive du nombre de lâchers. En janvier 2012, 262 individus ont été observés. Cet effectif n'est probablement pas beaucoup sous-estimé. Sur la base des modélisations tenant compte de la probabilité de détection (voir 2.5.1.3), l'effectif réel des individus lâchés en automne 2011 et encore vivants à mi-janvier devait se situer entre 200 et 249 individus (intervalle de confiance de 95 %). Sur le terrain, cet effectif était de 203 individus, plus 18 autres individus d'origine inconnue et qui sont probablement aussi issus, au moins en partie, des mêmes lâchers.

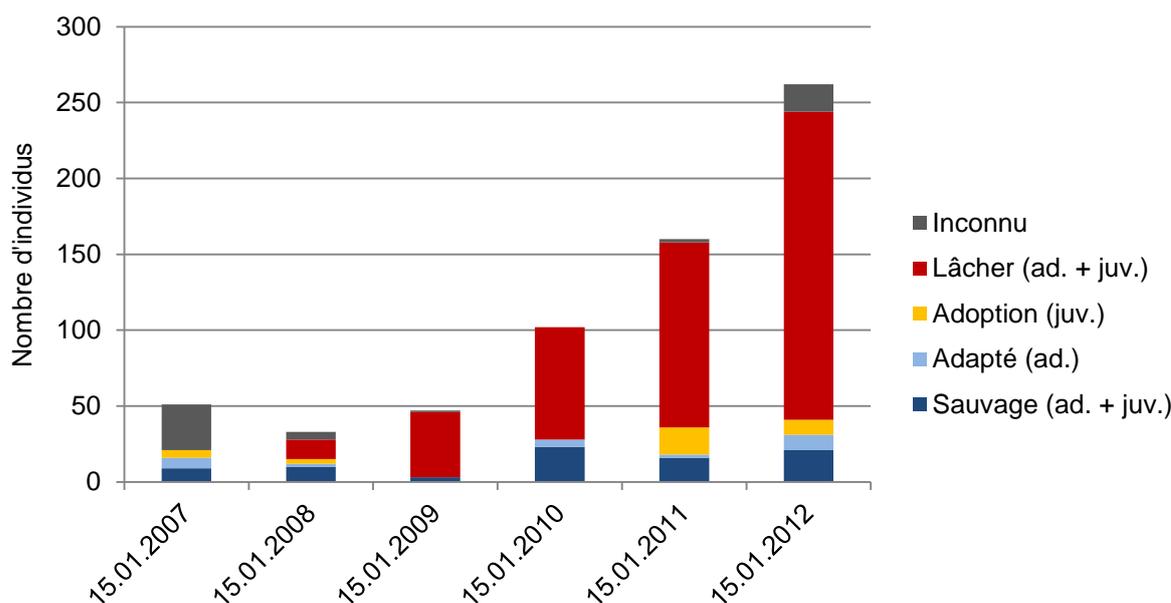


Fig. 2. Evolution de l'effectif hivernal recensé de Perdrix grises depuis 1997. L'origine des individus a été déterminée par lecture de bagues de couleur ou par télémétrie. Lâcher : individus lâchés en compagnies d'automne l'année précédente ; Adoption : poussins d'élevage adoptés l'année précédente ; Adapté : individus lâchés les années antérieures, ayant survécu à au moins une saison de reproduction ; Sauvage : individus nés en Champagne genevoise.

3.2 Comportement après les lâchers

3.2.1 Comportement entre les lâchers et janvier

Après les lâchers, les perdrix restent en Champagne ou ses abords. Elles ont parcouru en moyenne environ 800 m entre le site de leur lâcher d'automne et le mois de janvier suivant, qu'elles aient été suivies par télémétrie ou au moyen de leurs bagues de couleur (fig. 3). Les distances étaient maximales la première année du projet (2008), avec de grandes différences entre groupes (entre 490 et 5960 m, moyenne 1400 m). Comme la survie semble négativement corrélée à la distance parcourue à Genève comme ailleurs (obs. pers., Buner et al. 2011), les lâchers ont ensuite été optimisés (voir chapitre 2.2.1). Dès 2009, les distances de déplacement se sont réduites de moitié, tout en restant très variables selon les groupes (entre 40 et 2540 m, moyenne 700 m).

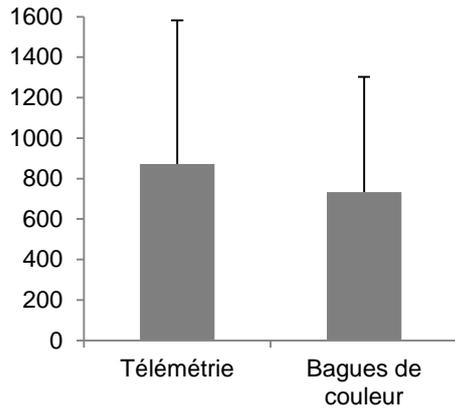


Fig. 3. Distances moyennes parcourues entre le lâcher d'automne (24.8. au 19.11.) et mi-janvier (environ 3 mois, hivers 2008/09 à 2011/12), 107 ind. avec émetteur, 322 avec bagues de couleur. La dernière année, aucun individu ne portait d'émetteur de radiopistage.

Les plus grandes distances sont parcourues dans les semaines suivant les lâchers. Dès environ un mois, la majeure partie des compagnies se stabilise et reste sur place pour l'hiver. Aucun cas d'émigration à plus de 6 km n'a été constaté. Occasionnellement, des compagnies de perdrix ont hiberné en France voisine (au max. à 500 m de la Suisse).

La cohésion des individus des groupes lâchés a également été variable selon les compagnies. Dans certaines, aucun individu n'a quitté le groupe, alors que d'autres ont éclaté en petits groupes, ce qui fut le plus souvent suivi par une mortalité massive et rapide. Entre les lâchers et mi-janvier, en moyenne 62 % des individus ayant survécu sont restés fidèles à leur groupe de lâcher.

3.2.2 Localisations

Au total, les 887 individus lâchés avec un émetteur de 2008 à 2010 ont été localisés à 4025 reprises entre octobre 2008 et septembre 2011. En excluant les localisations des individus morts ainsi que les doublons au sein des mêmes groupes (plusieurs individus localisés ensemble), 1680 localisations de groupes de perdrix ont été effectuées (fig 4). 30 individus lâchés avec un émetteur (soit 3 %) n'ont pas pu être suivis par radiopistage car ils ont perdu leur émetteur ou ont disparu dans la semaine suivant le lâcher.

Quatre sous-populations de Perdrix grise se sont établies en Champagne genevoise sur une zone d'environ 10 km². Ces quatre sous-populations se concentrent sur les zones fortement revitalisées et les vignobles, sur une surface de 6 km² (regroupant 90 % des localisations de groupes). Les perdrix ont séjourné durant toute l'année dans chacune des quatre régions. Celles-ci sont séparées par des zones agricoles pas ou peu revitalisées, ou par des forêts. Des échanges entre sous-population ont lieu, comme l'atteste le suivi par radiopistage. Ces échanges ont principalement lieu après les lâchers d'automne, ou durant la phase de formation des couples en février – avril. Les forêts entre Laconnex et Sézenove forment une barrière qui n'a pas été franchie par les individus que nous avons suivis. Les échanges entre le plateau au sud-ouest de Laconnex et les vignes de Bernex se sont effectués via le secteur comprenant les vignes de Laconnex et la Feuillée. Dans le nord de la Champagne et dans la plaine de l'Aire, seuls des séjours de quelques mois ont été constatés.

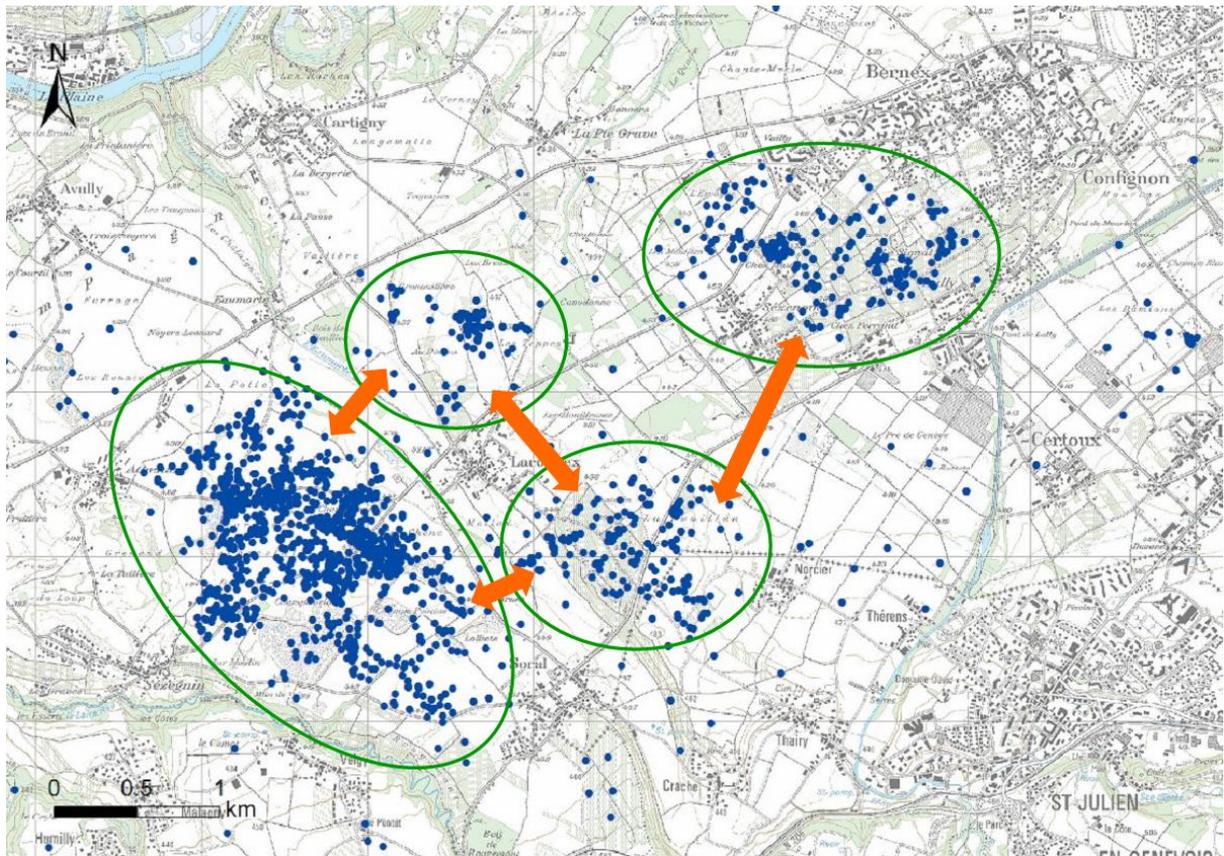


Fig. 4. Carte des localisations des 887 Perdrix grises lâchées télémétrées entre octobre 2008 et septembre 2011 ($n=1680$ localisations, sans les individus trouvés morts). La carte montre 95 % de toutes les localisations. En vert les quatre sous-populations rassemblant 90 % des localisations et les liaisons entre les zones en orange, attestées par suivi télémétrique. PK25 ©swisstopo (DV 351.5)

L'utilisation de l'habitat par les Perdrix grises a été étudiée par Buner et al. (2005) dans le Klettgau schaffhousois. Duplain et al. (2008) ont présenté les habitats et sites de nids utilisés en Champagne genevoise. Pour la phase de projet actuelle, nous n'avons donc pas effectué d'autres analyses de l'utilisation de l'habitat. Comme la figure 4 le montre, la plus grande sous-population s'est établie dans la partie sud du « secteur central » du projet perdrix, secteur qui s'étend sur le plateau entre Avully et Soral. Ce secteur a été le plus fortement revitalisé. La proportion de jachères (bandes refuges, jachères florales et tournantes) y atteint 5,9 % des terres. Les trois autres sous-populations sont liées à des vignobles, milieux très appréciés des perdrix durant l'automne et l'hiver.

3.3 Survie

3.3.1 Facteurs influençant la survie 2008–2011

Le modèle représentant au mieux les données (modèle 1 du tab. 7a, modèle 2 du tab. 8a, en annexe), comprend les facteurs Année, Emetteur, Origine et Période, ainsi que les interactions entre Origine et Période, et entre Emetteur et Période. Ce modèle figure parmi les deux meilleurs modèles des analyses, aussi bien avec les taux de survie maximaux que minimaux (pour les taux maximaux, ce modèle est aussi bon que le modèle 2 du tab. 7a et, pour les taux minimaux, il est aussi bon que trois autres modèles du tab. 8a, en annexe). Un effet significatif des émetteurs est mis en évidence. Les

perdrix sans émetteur survivent mieux que celles avec (fig. 5). L'effet est très marqué entre mai et août pour les valeurs de survie maximales (fig. 6 et 7).

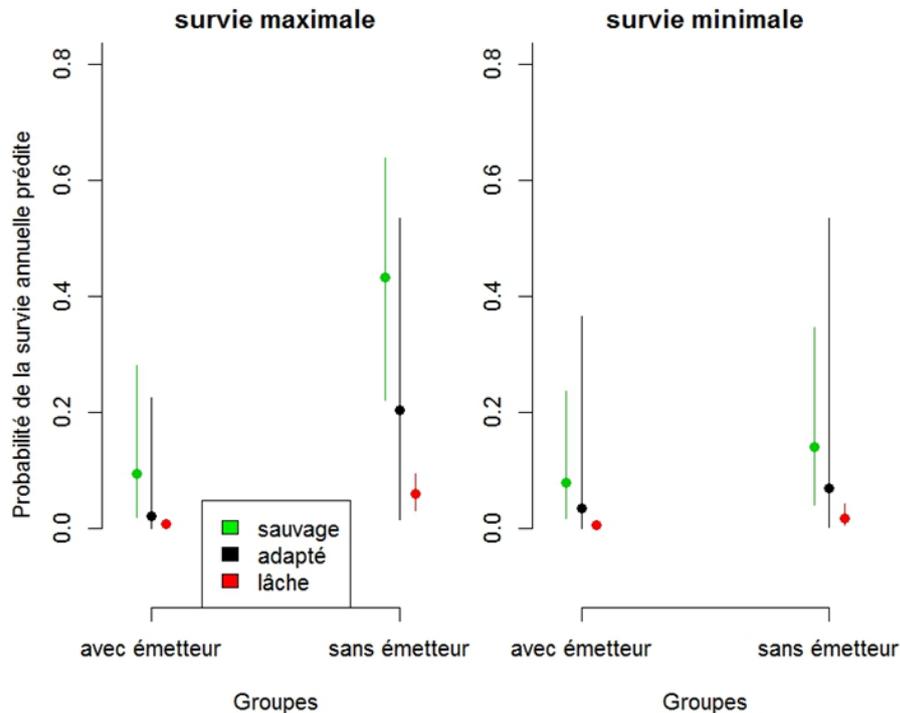


Fig. 5. Survie annuelle prédite maximale et minimale, modélisée pour les perdrix sauvages, adaptées et lâchées, avec et sans émetteur. Les barres indiquent les intervalles de confiance de 95 %.

Les prédictions des taux de survie annuels (fig. 5) indiquent un plus fort effet des émetteurs pour les valeurs de survie maximales par rapport aux valeurs minimales. Cette différence réside dans les valeurs très élevées de la survie maximale des perdrix sans émetteur par rapport aux valeurs minimales, durant la période de mai à août (fig. 6 et 7). En août, les perdrix non télémétrés sont très difficile à détecter, et leur présence est le plus souvent mise en évidence de manière indirecte (valeurs maximales). Mais la survie maximale modélisée est probablement surestimée, car tous les individus dont les partenaires ont disparus sont considérés comme ayant survécu, même s'ils n'ont pas été retrouvés. La survie entre mai et août reste donc très incertaine, d'autant plus que l'échantillon de cette période est faible en raison de la forte mortalité intervenue depuis la précédente saison de reproduction / de lâchers.

La survie diffère également en fonction de l'origine des perdrix, mais cette différence n'est significative que durant la période d'août à janvier (période avec le plus grand échantillon, fig. 6 et 7). Durant cette période, les individus sauvages ont une survie plus élevée que les individus adaptés, et ceux lâchés ont, de loin, la plus faible survie. En moyenne, la survie des perdrix sauvages est maximale entre août et janvier, lorsqu'elles sont regroupées en compagnies, alors que la survie des lâchées est meilleure plus tard, après la phase de très forte mortalité durant l'automne du lâcher. La survie annuelle moyenne des perdrix sauvages sans émetteur est de 15–45 %. Ces valeurs sont à prendre avec précaution, car ces individus n'étaient ni télémétrés, ni même marqués.

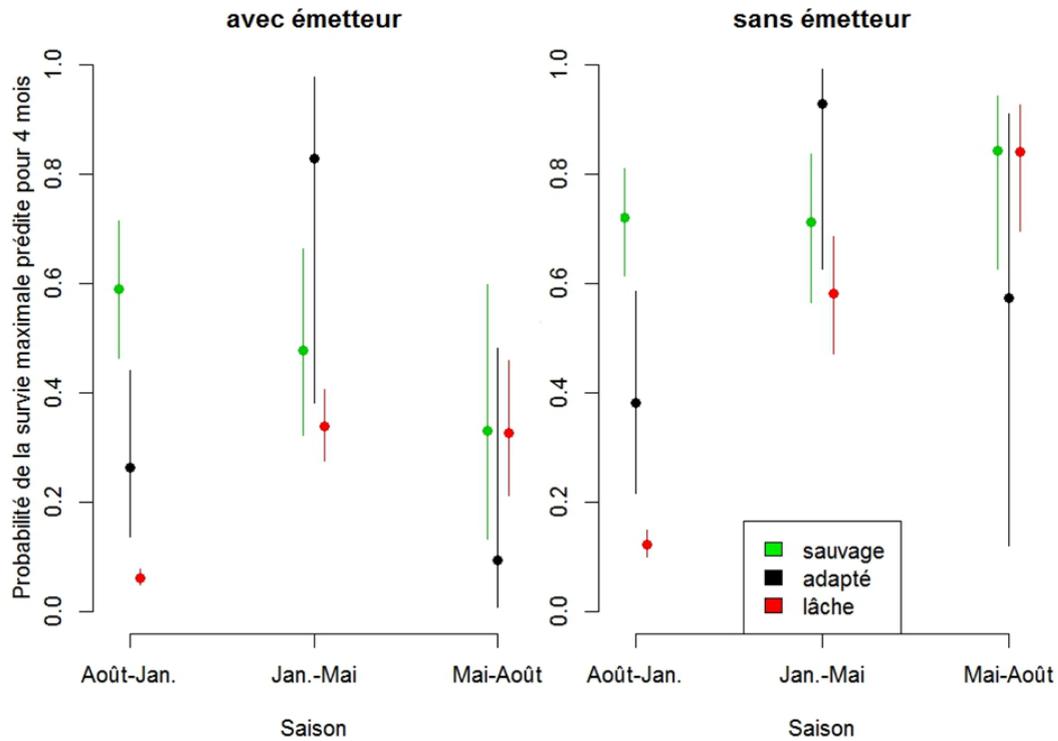


Fig. 6. Survie maximale prédite pour 4 mois, durant les trois périodes de l'année, modélisée pour les perdrix sauvages, adaptées et lâchées, avec et sans émetteur. Les barres indiquent les intervalles de confiance de 95 %.

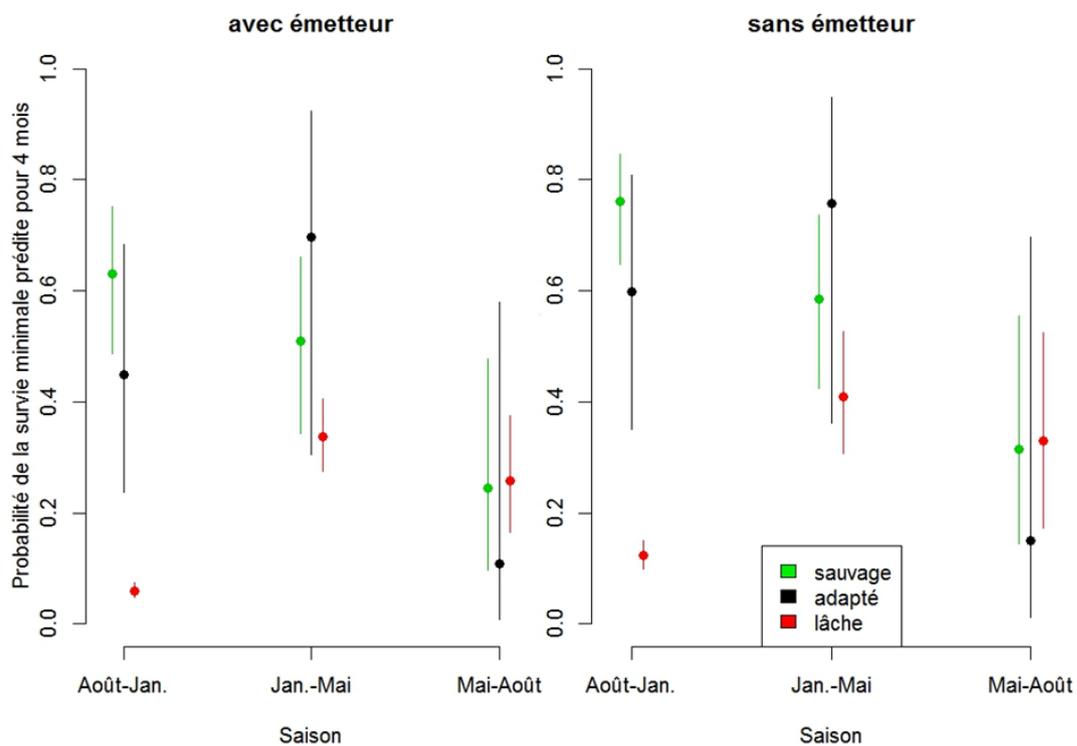


Fig. 7. Survie minimale prédite pour 4 mois, durant les trois périodes de l'année, modélisée pour les perdrix sauvages, adaptées et lâchées, avec et sans émetteur. Les barres indiquent les intervalles de confiance de 95 %.

3.3.2 Survie en hiver 2011–2012

Les taux de survie étaient globalement plus faibles dans le premier mois après lâcher par rapport aux mois suivants (fig. 8 & fig. 9). Une telle différence pourrait aussi bien être causée par un apprentissage que par des différences individuelles (sélectionnées). Les différences de survie entre compagnies d'automne lâchées sont énormes durant le premier mois, puis tendent à disparaître (fig. 8). De telles différences pourraient s'expliquer par une pression de sélection différant entre groupe, ou par des différences de qualité des groupes à la base. D'autre part, les chances de survie durant le premier mois ont globalement diminué plus les lâchers étaient tardifs. Ensuite, aucune variation saisonnière n'a été mise en évidence. Cependant, l'habitat dans lequel les perdrix ont été lâchées influence aussi leur survie. Dans les champs, les chances de survie durant le premier mois ont baissé avec des lâchers tardifs alors qu'elles ont augmenté dans les vignes. La survie des perdrix lâchées dans les vignes resta meilleure les mois suivants par rapport à celles lâchées dans les champs (fig. 9).

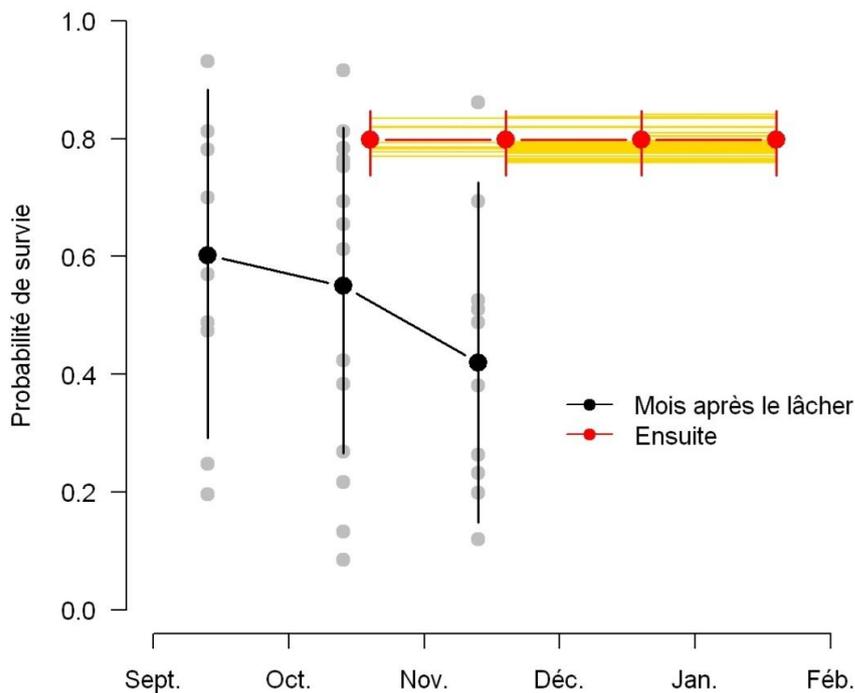


Fig. 8. Probabilité de survie des compagnies d'automne lâchées en 2011. Les lignes noires et rouges représentent les moyennes entre groupes (moyennes marginales) dans le mois après le lâcher et dans les mois suivants. Les points gris et lignes orange représentent les moyennes de chaque groupe.

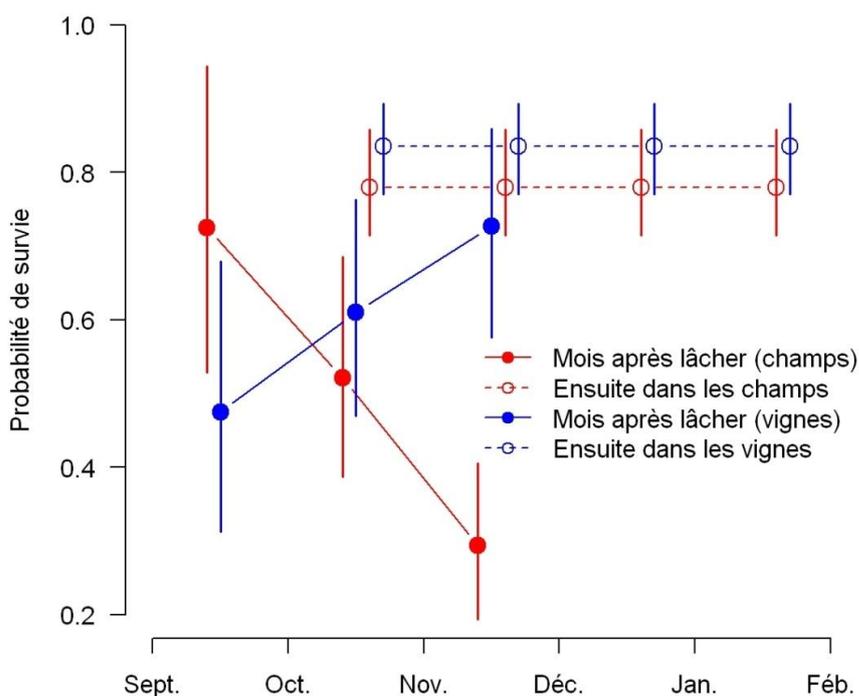


Fig. 9. Probabilité de survie des individus des compagnies d'automne lâchés en 2011 par rapport au milieu dans lequel ils ont été lâchés (champs ou vignes).

3.3.3 Causes de mortalité

Les causes de mortalité peuvent être supputées sur la base des restes trouvés par radiopistage (Bro et al. 2008). D'après quelques rares suivis de cadavres de perdrix en Champagne genevoise, les cas de nécrophagie sont rares. On peut donc supposer que les restes donnent des indices relativement fiables. Sur cette base, la majorité des cas de mortalité de perdrix télémétrées sont la cause du renard (Tab. 4).

Tab. 4. Causes de mortalité des Perdrix grises ($n=374$) équipées avec des émetteurs (sept. 2008 à déc. 2009).

Cause de mortalité	%
Prédation	88
Renard	33
Carnivore indét.	26
Carnivore indét./Oiseaux	21
Oiseaux	9
Trafic automobile	2
Autres	1
Inconnue	9

Une part importante des causes de mortalité est attribuée aux carnivores indéterminés, dont le renard pourrait aussi en partie être responsable. Le suivi par radiopistage intensif en 2009 (2 fois par jour dans la semaine après le lâcher) avec détection automatique de l'heure de mort (RI-2BM Mortality switch de Holohil) a montré que la majeure partie des perdrix meurt en début de nuit, heure à laquelle le renard est particulièrement actif. Les rapaces ne représentent qu'une faible part des causes de mortalité supposées, sauf en cas d'enneigement au sol en hiver. Les perdrix sont alors particulière-

ment visibles en journée. Le trafic automobile est localement problématique, mais représente globalement une très faible part des causes de mortalité.

3.4 Reproduction

3.4.1 Succès de nidification

Sur les 59 couples recensés entre 2008 et 2011, 50 pontes ont pu être suivies, avec parfois deux pontes par couple. Le succès de nidification (i.e. le taux de pontes écloses) a généralement été établi par télémétrie de la femelle (45 cas). Dans 4 autres cas, seul le mâle était télémétré. Une seule ponte a pu être suivie sans télémétrie des adultes.

Le succès de nidification était globalement bon, avec 68 %. Les femelles sans émetteurs avaient tendanciellement un meilleur succès de nidification que celles télémétrées (100 % versus 64 %, Fisher exact test, $p=0,16$, tab. 5). Environ la moitié (52 %) des pontes a été protégée au moyen d'une clôture électrifiée (voir chapitre 2.4). Chez les femelles télémétrées, le succès fut à peine meilleur en cas de protection des pontes (73 %) par rapport aux pontes non protégées (57 %), mais cette différence n'est pas significative (Fisher exact test, $p=0,35$). D'après une analyse descriptive des données, d'autres facteurs tels que l'origine des femelles ou l'habitat dans lequel se situe la ponte ne semblent pas influencer le succès de nidification des pontes étudiées.

Tab. 5. Succès de nidification (en %) des pontes, 2008–2011.

Femelle avec émetteur	Protection du nid	# éclos	# non éclos	Succès de nidification
oui	oui	16	6	73 %
oui	non	13	10	57 %
non	oui	4	0	100 %
non	non	1	0	100 %
Total	Total	34	16	68 %

3.4.2 Succès d'élevage des jeunes

Pendant la phase d'élevage des jeunes, deux causes d'échec sont à relever : la mort des poussins ou celle des parents. Le devenir des parents est suivi par télémétrie. Par contre, aucun poussin n'a été télémétré. Comme les familles sont rarement observées, nous n'avons que des données éparpillées de survie des poussins. La survie est donc estimée à l'âge de 8 semaines, lorsque les jeunes sont considérés comme potentiellement émancipés (dans les faits ils accompagnent leurs parents jusqu'en fin d'hiver).

Sur les 34 pontes écloses, le nombre total d'œufs, de poussins éclos et de jeunes émancipés est connu de 27 pontes. Celles-ci ont produit au total 376 poussins (moyenne : 13,9 par ponte), mais seuls 42 ont été ré-observés à l'âge de 8 semaines (moyenne : 1,6 par ponte), ce qui indique une survie apparente des poussins de 11 %, valeur très faible. Le succès d'élevage des jeunes s'élève à 26 %, ce qui signifie que presque $\frac{3}{4}$ des parents ont perdu tous leurs jeunes, ou sont morts avant que ceux-ci n'atteignent l'âge de 8 semaines.

3.4.3 Taux de reproduction

Le succès et le taux de reproduction sont restés globalement très faibles. Il semble cependant que les femelles sauvages ou adaptées et sans émetteur aient plus souvent eu au moins un jeune (fig. 10). Ces femelles ont eu en moyenne 3.5 jeunes, contre 1 chez celles qui avaient un émetteur ou qui étaient originaires du précédent lâcher (fig. 10). L'échantillon reste cependant très faible et ces différences ne sont pas significatives.

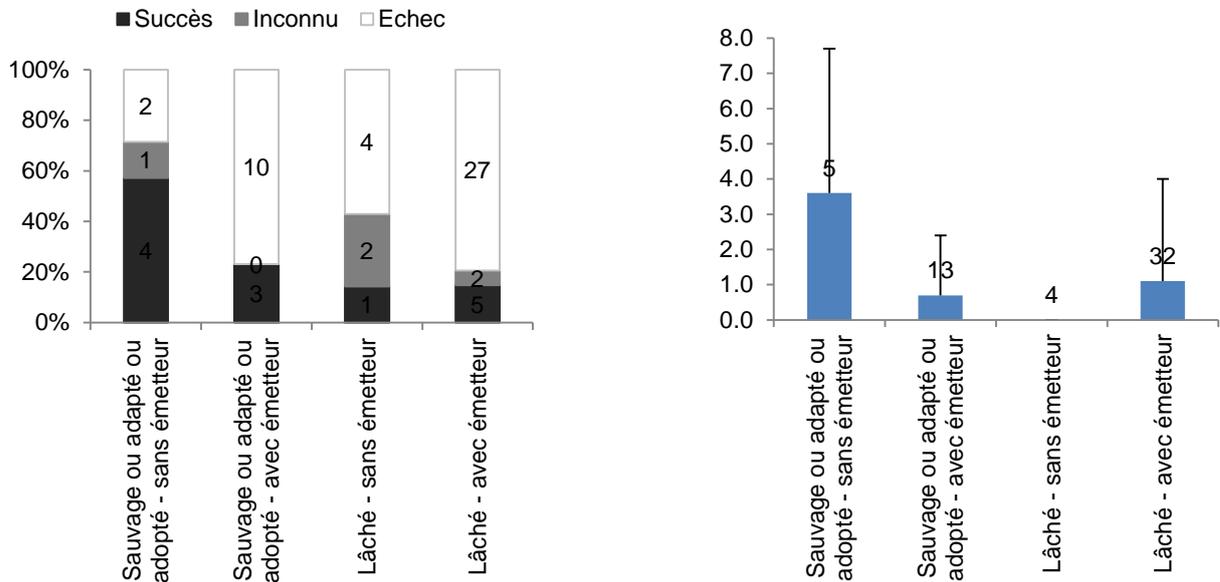


Fig. 10. Succès (au moins 1 jeunes de 8 sem. par femelle de mai ; à gauche) et taux de reproduction (N jeunes de 8 sem. par femelle de mai ; à droite) en fonction de l'origine et de la présence d'émetteurs des femelles nicheuses (2008–2011).

3.5 Evolution future

L'effectif de base pour la modélisation de l'évolution future est celui de janvier 2011 (fig. 2). Les six scénarios envisagés indiquent une chute de l'effectif en 2013, même si les adoptions de l'été 2012 ont été prises en compte (fig. 11). Cette baisse est due à la faible valeur reproductive de la majeure partie des perdrix – originaires de lâchers – en 2012. Dès 2013, l'évolution diffère fortement entre les scénarios. Dans le meilleur cas, avec des taux de survie et reproduction maximaux ces 10 prochaines années, l'effectif augmente fortement. Avec les valeurs minimales, la population s'éteint en 2017 déjà. La population ne semble être stable qu'avec un taux de reproduction maximal (valeur de 3,5 jeunes observée chez les perdrix non télémétrées), alors qu'une survie moyenne pourrait suffire.

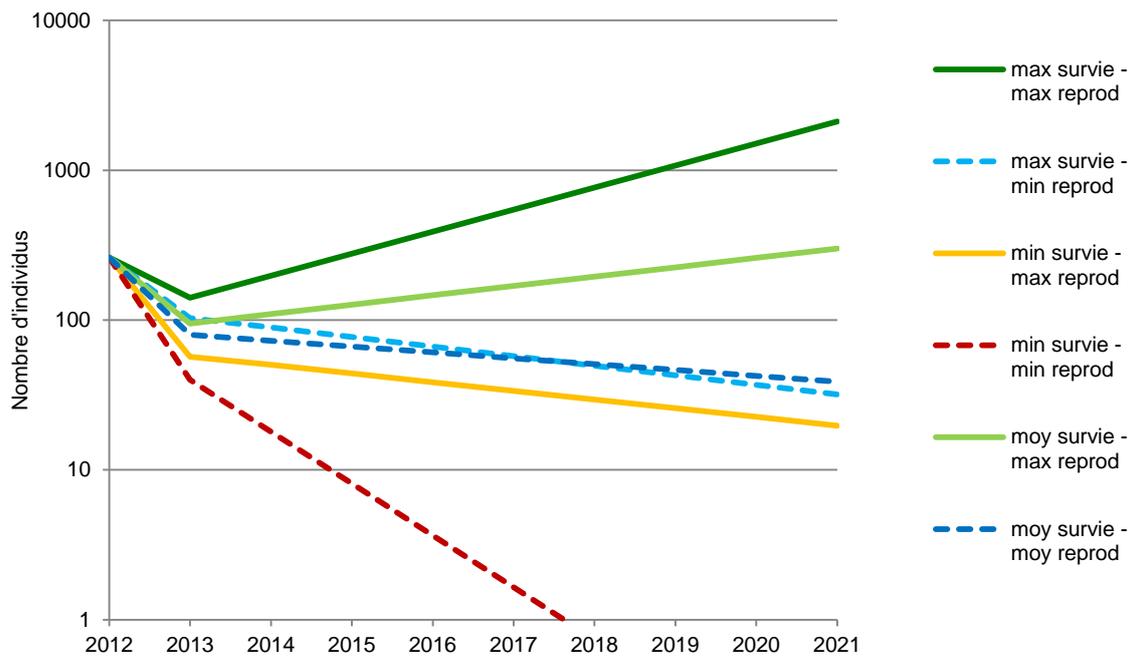


Fig. 11. Evolution modélisée de la population (effectif de janvier) de 2012 à 2021 avec les taux de survie et reproduction maximaux, moyens et minimaux (max = maximum ; moy = moyenne ; min = minimum ; reprod = reproduction).

4 Discussion

4.1 Lâchers et évolution de la population

La mise en place d'un élevage pour environ 1000 Perdrix grises s'est avérée être un grand défi pour la Station ornithologique. En 2008, il fut important de tisser des contacts avec les éleveurs de Perdrix grises en Suisse et à l'étranger et d'acquiescer soi-même l'expérience nécessaire pour l'élevage des 300 premiers œufs importés. L'objectif de lâcher chaque année 800 Perdrix grises dans la Champagne genevoise n'a pas été atteint chaque année. Une des raisons réside certainement dans les problèmes lors de l'importation en 2009, quand certains colis contenant des œufs en provenance d'Angleterre ont été retenus plusieurs jours à la douane ou n'ont pas été livrés du tout et que, par conséquent, le nombre de poussins nés est resté bien plus faible que prévu. De plus, en 2011, après 3 années sans déplacer les volières extérieures, nous avons eu quelques difficultés avec des parasites (coccidioses et vers de la trachée). Globalement, l'élevage a été mené de manière professionnelle grâce à la bonne collaboration avec le projet de thèse de B. Homberger. A la faveur des expériences acquises lors des phases précédentes du projet à Genève et à Schaffhouse, les transports et les lâchers ont pu être réalisés comme prévus.

Au printemps 2008, avant la mise en place de notre élevage, 14 Perdrix grises ont pu être observées dans la Champagne genevoise. L'effectif n'avait plus été aussi bas depuis 2004, année des premiers lâchers à Genève depuis l'interdiction de la chasse votée en 1974 (auparavant, des centaines de Perdrix grises furent lâchées chaque année (Jenny et al. 2002). Avec le nouveau concept incluant le lâcher de 800 individus par année en compagnies d'automne, la population genevoise a pu être à nouveau renforcée. Jusqu'en 2011, l'effectif nicheur a atteint à nouveau 34 couples. En janvier 2012, plus de 260 individus ont été dénombrés dans la Champagne genevoise, puis environ 60 couples en avril.

Nous avons ainsi atteint les objectifs des 200 individus en début d'année et les 3 couples nicheurs souhaités/km². Depuis le début du projet Perdrix grise en 1991, il n'y a jamais eu autant de perdrix recensées dans le canton de Genève. Cependant, la *taille de population effective*, en termes de génétique des populations, est bien plus faible que 200 individus. En effet, plus des 80 % de l'effectif de début 2012 étaient issus d'oiseaux lâchés en 2011. Ces individus ont une faible *valeur reproductive*, comme les modèles de survie et les données sur la reproduction le révèlent, de même qu'ont pu le montrer Buner et al. (2011) en Angleterre.

Les adoptions constituaient seulement une petite partie de toutes les Perdrix grises lâchées. Buner & Schaub (2008) et Buner et al. (2011) ont pu montrer que les taux de survie et de reproduction de ces individus sont meilleurs que ceux des individus des compagnies d'automne. Par l'adoption, nous avons voulu améliorer la qualité de la population à Genève. Les poussins adoptés profitent des connaissances de l'habitat et de l'expérience des parents déjà adaptés ou sauvages. La réalisation d'une adoption sur le terrain reste complexe. Outre l'âge des poussins, trouver des parents adoptifs potentiels, sans jeunes et au bon moment, est le facteur limitant. S'il a été relativement facile de suivre de tels adultes avec le radiopistage, il s'est avéré très difficile de trouver des couples candidats en 2012, sans ce suivi. 108 poussins ont malgré tout pu être adoptés par 11 couples cette dernière année.

4.2 Comportement après les lâchers

Après les tests de 2007, les critères employés pour le choix des sites de lâcher ont porté leurs fruits. Peu de perdrix se sont envolées lors du lâcher, et une part importante d'individus est demeurée fidèle au groupe de lâcher. Les déplacements sont restés faibles jusqu'en janvier ; les distances moyennes parcourues (env. 700 m avec ou sans télémétrie dès 2009) sont comparables à celles d'Angleterre (850 m, Buner et al. 2011). Ces résultats indiquent que les Perdrix trouvent des habitats adaptés en suffisance, du moins dans les périodes suivant les lâchers et hivernale (N. Aebischer comm. pers.). Ils indiquent aussi qu'il est favorable de lâcher les groupes à une distance d'environ 300–500 m d'autres perdrix, distance permettant des contacts auditifs tout en limitant la compétition directe. Nos observations correspondent aux recommandations du GWCT (Buner et al. 2011).

Les quatre sous-populations de la Perdrix grise s'étendent actuellement sur une zone de 10 km², mais dont seuls 6 km² sont régulièrement occupés. Plusieurs zones peu ou pas favorables séparent ces 4 sous-populations, sans toutefois empêcher les déplacements d'individus. Le suivi télémétrique de 2004 à 2007 indiquait déjà l'existence de ces quatre sous-populations connectées (Duplain et al. 2008). Celle de Bernex a pris de l'ampleur suite aux lâchers effectués, mais surtout à l'excellente survie hivernale dans le vignoble (environ 3 fois supérieure à celle du secteur central). Il semble que les vignes partiellement enherbées y offrent un abri idéal durant l'hiver. Malheureusement, cet habitat fauché fréquemment au printemps est peu favorable à la reproduction. Les perdrix dépendent donc d'autres milieux aux alentours pour la reproduction. La plupart des perdrix télémétrées ayant hiverné en France voisine est revenue en Champagne genevoise au printemps suivant, indiquant que des partenaires n'ont pas été trouvés de l'autre côté de la frontière. Exceptionnellement, des couples de perdrix lâchées en Champagne se sont établis en France voisine. Dans les communes françaises voisines, les associations communales de chasse agréées lâchent chaque été/automne des centaines de perdrix (grises et parfois rouges) pour la chasse (ACCA de Saint-Julien-en-Genoises, Viry et Val-leiry comm. pers.). Ces oiseaux proviennent d'élevages relativement intensifs, sans formation de groupes familiaux, et sont peu adaptés à l'environnement naturel. Depuis 2007, une seule perdrix probablement originaire de ces lâchers français a été capturée (non baguée mais avec un bec de « perroquet » typique des élevages intensifs), et aucune autre n'a été observée. La population sauvage la plus proche se situe à 70 km en direction de Lyon F. La population de la Champagne genevoise est donc bien isolée.

Les comportements sociaux diffèrent sensiblement d'un groupe à l'autre et il serait intéressant de se pencher sur cet aspect dans le but d'optimiser les lâchers. Il semble en particulier que les dérangements dans les premières heures/jours après lâchers (corvidés, prédateurs potentiels, travaux agricoles, etc.) ont conduit, quand ils ont pu être observés en direct, à l'éclatement définitif des compagnies (suivi par télémétrie). Il se pourrait également que des comportements individualistes de certains individus (observés dans l'élevage) puissent aussi être en cause. D'après nos suivis, il semble que la mortalité soit fortement accrue après ces situations d'éclatement. La corrélation positive entre survie et taille des compagnies hivernales est connue chez la Perdrix grise (Bro et al. 2000b, Watson et al. 2007), et semble s'expliquer par les bénéfices de la vigilance accrue dans les grands groupes vis-à-vis des prédateurs potentiels.

4.3 Survie

4.3.1 Influence de la télémétrie

Le but des nombreux lâchers effectués depuis 2008 était en finalité d'améliorer les paramètres de la dynamique de reproduction. Il est désormais clair que toutes les cartes n'ont pas été mises du bon côté en choisissant d'effectuer un suivi télémétrique intense. Nous montrons clairement un fort impact des émetteurs sur la survie des oiseaux lâchés, et des sauvages capturés. La survie annuelle observée a ainsi été réduite en moyenne de 81 % (toutes les origines, données des effectif maximaux) par rapport aux oiseaux non télémétrés. Les individus munis d'un émetteur semblent donc avoir approximativement quatre (!) fois moins de chances de survie par année que ceux qui ne le sont pas. A noter qu'il s'agit de valeurs observées. Dans les faits, l'effet pourrait être encore plus marqué, du moins pour les oiseaux lâchés. En effet, la probabilité de détection des individus télémétrés est certainement plus élevée que celle des individus non munis d'émetteurs, d'où une survie de ces derniers proportionnellement plus élevée. A ce jour, il s'agit de la première étude démontrant un effet si marqué, et sur une période de plusieurs années, chez la Perdrix grise. Seuls Bro et al. (1999) ont obtenu un impact significatif des émetteurs sur une des deux années de leur suivi.

L'impact négatif des émetteurs sur l'avifaune est maintenant largement démontré, comme le présente une récente méta-analyse (Barron et al. 2010). Parmi les influences négatives, outre la survie, citons le succès de reproduction ou les capacités de vol par exemple. Il est communément admis que l'impact dépend de la technique utilisée, mais que de manière générale, il est négligeable en utilisant des émetteurs de moins de 5 % du poids de l'oiseau (Cochran & Lord 1963). Dans notre cas, les émetteurs (11,1 g, surtout colliers, aussi sacs dorsaux en 2008) étaient largement en-deçà de ce seuil, représentant entre 2,5 et 3,5 % du poids des perdrix, selon la saison et l'individu. Des plus petits colliers-émetteur (8,0 g, soit 1,8 à 2,5 % du poids) ont également été testés (tests par paires avec des émetteurs standards) lors des lâchers de 2009. Aucune différence de survie ne fut mise en évidence sur plusieurs mois. Une étude comparable chez le Faisan de Colchide en Italie (colliers-émetteurs représentant environ la même proportion du poids de l'animal) avait par contre conduit à une différence significative de survie en 2–3 mois, la survie étant meilleure avec les émetteurs les plus légers (Venturato et al. 2009). Il semble bien que les gallinacés soient particulièrement sensibles aux émetteurs.

Afin de vérifier sous quelle forme cet impact pouvait se manifester, nous avons mené une expérience en volières en 2011. L'expérience visait à mettre en évidence d'éventuelles altérations du comportement des perdrix munies d'émetteurs lors d'attaques de prédateurs simulées. Les premiers résultats montrent que, lors d'une attaque de prédateur, les perdrix munies d'un émetteur ont une plus forte probabilité de ne pas s'envoler (B. Homberger, in prep.). Etant donné que l'envol est la stratégie ultime des perdrix pour échapper à leurs prédateurs, il s'agit d'une grave altération du comportement.

Putaala et al. (1997) avaient déjà trouvé un résultat similaire avec des Perdrix grises scandinaves et des émetteurs sensiblement plus gros (également dans des volières). Même si le mécanisme reste inconnu, il est probable que les émetteurs modifient aussi le comportement anti-prédation des perdrix sur le terrain. Le fort impact des émetteurs démontré dans notre étude est peut-être la conséquence d'une forte densité de prédateurs. Des perdrix d'élevage, au comportement altéré, survivront mieux si elles rencontrent moins fréquemment des prédateurs (Parish et al 2007). Il semble bien que la densité du renard, et d'autres prédateurs potentiels, soit plus faible dans de nombreuses régions où la Perdrix grises est étudiée à l'étranger par rapport à la Champagne (voir 4.6, en bas).

Le suivi par radiopistage après les lâchers indique que la majorité des perdrix meurt en début de nuit. Leur comportement nocturne a été étudié en 2009. Chaque compagnie a été localisée avant la tombée de la nuit, puis à son site de repos nocturne et à nouveau en fin de nuit, juste avant l'aube. Nous n'avons étonnamment pas trouvé un seul cas de prédation pendant les nuits de suivi, peut-être parce que notre présence dérangeait les prédateurs. Toutefois, il apparaît que la grande majorité des compagnies lâchées « éclate » durant la nuit, et que les individus ont tendance à crier pour se retrouver, certainement à la suite de dérangement. Ce comportement est clairement anormal. Les compagnies de perdrix sauvages dérangées de nuit restent soudées, et ne crient pas en cas de dérangement (Tillmann 2009). Il pourrait s'agir ici d'un des mécanismes expliquant la forte mortalité des oiseaux lâchés entre août et janvier par rapport aux oiseaux adaptés ou sauvages.

4.3.2 Survie des perdrix sauvages

La télémétrie, et la surmortalité qu'elle engendre, ne doit pas masquer l'essentiel : les perdrix sauvages non télémétrées survivent relativement bien en Champagne genevoise, malgré la grande densité de prédateurs, notamment de renards (voir 4.6). Nos valeurs de survie sont comparables à celles de la littérature (Putaala et al. 2001, Bro et al. 2003, Buner et al. 2011, Rymešová et al. 2012) bien qu'il soit difficile de comparer des données prises avec des méthodes différentes dans des conditions qui n'ont rien à voir les unes aux autres. Etant donné le faible nombre de perdrix sauvages observées en Champagne, l'incertitude demeure sur leur survie exacte et sur les différences entre sous-populations/habitats.

4.3.3 Causes de mortalité

Le suivi télémétrique semble indiquer que le renard est LE responsable de la mortalité des Perdrix grises en Champagne genevoise. En Europe, de tels suivis des Perdrix grises attestent que la prédation (selon les lieux, surtout le renard ou les rapaces) est la cause de mortalité principale (Bro et al. 2003, Potts 2012). Ce constat doit cependant être nuancé. En effet, le radiopistage influence le comportement des perdrix en volière, notamment leur capacité d'envol (Putaala et al. 1997). Comme il est probable qu'il en soit de même sur le terrain, les résultats devraient être pris avec toutes les précautions nécessaires avant de les généraliser aux oiseaux sauvages non télémétrés.

4.4 Reproduction

De fortes incertitudes planent sur les causes de la mauvaise reproduction observée. Avec environ 2/3 des pontes écloses, le succès de nidification était bon en regard des 33 % en Pologne (Panek 2002) ou 48 % en France (Bro et al. 2000a). Par contre, le succès d'élevage des poussins fut très faible comparé avec les études de Serre et al. (1989) et Buner et al. (2011). La situation était inverse durant la période 2004–2006 (succès d'éclosion de 44–45 % et succès d'élevage des poussins de 70 %, Duplain et al. 2008). De manière générale, nous supposons que le faible succès de reproduction est la cause combinée du suivi par radiopistage des adultes et de l'origine des perdrix, surtout issues de lâchers, celles-ci étant connues pour leur plus faible valeur reproductive (Buner et al. 2011).

Dans notre étude, les émetteurs avaient une influence tendanciellement négative sur le succès de nidification et celui de reproduction. Il est probable que cette influence aurait été significative avec un plus large échantillon, ou s'il avait été moins biaisé en faveur des perdrix télémétrées. Nous ne disposons malheureusement que de peu de couples dont la femelle n'était pas télémétrée. Une baisse du succès de reproduction en cas de télémétrie pourrait s'expliquer notamment par la mortalité accrue des adultes, qui a été attestée tout au long de l'année.

Chaque année depuis 2008, la majorité des poules nichant était originaire de lâchers. S'il y a eu chaque année des reproductions avec succès, le nombre de jeunes est resté trop faible pour assurer une augmentation de la part « adaptée » de la population de perdrix (i.e. pas originaire de lâchers). L'augmentation de la population n'a été rendue possible que par celle du nombre de lâchers. D'après les données de populations étrangères, le taux de reproduction des poules lâchées en Champagne (env. 1 jeune émancipé par année) est environ 4 fois trop faible par rapport à un objectif de stabilité de population (Bro et al. 2000b). A ce stade, nous devons admettre que le taux de reproduction des perdrix sauvages non télémétrée (3,5 jeune émancipé par couple) reste très incertain. Il se base sur un échantillon très faible. Mais si cette valeur se confirme, elle pourrait être suffisante pour assurer la stabilité de la population.

La protection des nichées par clôtures visait à accroître le taux de reproduction à court terme. Cette mesure a déjà été appliquée chez d'autres espèces avec succès (par exemple Schifferli et al. 2009). Par contre, elle n'a pas porté ses fruits dans notre cas. Les pontes ont bien pu être protégées des carnivores de taille moyenne, mais les femelles ont souvent péri par prédation hors des clôtures. Les clôtures étant très visibles, il est même possible qu'elles aient attiré l'attention de certains prédateurs. Cela semble avoir été le cas en 2011 dans le secteur de Forestal, où plusieurs femelles nicheuses ont été tuées par des renards ou des oiseaux (rapaces, corvidés ?) durant la période où leur ponte était clôturée. Les clôtures étaient distantes d'au plus 20 m autour du nid. Un plus grand rayon aurait été – en théorie – plus approprié, mais irréalisable dans le cas de la Champagne genevoise, avec ses petites parcelles, sa très forte densité de sangliers (risques envers les Flexinets) et ses friches très emboissonnées où les possibilités de pénétration sans dérangements d'autres espèces sensibles sont limitées. Nous recommandons donc de ne pas employer de clôtures de protection si celles-ci ne peuvent s'étendre sur de larges surfaces.

La survie des poussins ne fut suivie de près que dans les vignes du Signal de Bernex en 2011, grâce au grand nombre de familles élevant leurs jeunes dans les vignes d'une part, et de l'autre à l'accès facile et la bonne visibilité par rapport aux autres cultures. Environ 90 % des poussins y ont disparus dans les deux semaines suivant les éclosions. Cette mortalité pourrait être due à la bonne visibilité (et la prédation qui en découle, par ex. par des corvidés), par l'emploi très régulier de produits phytosanitaires (leur toxicité demeure inconnue) ou encore par d'autres facteurs non identifiés. Hors des vignobles, les familles sont plus discrètes, si bien qu'il n'est souvent pas possible de distinguer la mortalité des poussins de celle des parents en cas d'échec de reproduction.

4.5 Évolution future

Afin de décider de la suite du projet, différents scénarios sur l'évolution de l'effectif de la Perdrix grise de 2012 à 2021 ont été élaborés. Les modèles montrent qu'un effectif autonome n'est possible que si la survie est moyenne à bonne et si, en même temps, un bon succès de reproduction est atteint. Le nombre de perdreaux à l'envol par couple est ainsi décisif pour que la population se maintienne dans le futur. L'analyse de la littérature montre que le succès de reproduction est un facteur clé de la dynamique des populations de Perdrix grises (Birkan & Jacob 1988, Bro et al. 2003, Potts 2012). Le déclin pronostiqué pour 2013 s'explique par l'abandon des lâchers dès l'automne 2012 et par la faible valeur reproductive de la majeure partie de la population actuelle, issue de lâchers.

Dès 2013, la population genevoise de Perdrix grises sera constituée exclusivement d'individus sauvages ou adaptés. Ces derniers rassemblent les poussins adoptés et les perdrix lâchées jusqu'en 2011. Ainsi, la survie et le succès de reproduction devraient s'améliorer par rapport à la situation actuelle.

Nos scénarios ne prennent pas en compte des événements stochastiques. Des événements imprévisibles ont une influence bien plus forte sur dynamique des petites populations par rapport aux plus grandes (Lande 1988). Comme l'a montré l'hiver 2006/2007 extrêmement enneigé à Schaffhouse, de tels événements peuvent conduire à une forte diminution de la population de Perdrix grises. Nous estimons que l'effectif genevois devrait se stabiliser autour de 50 couples, ou même augmenter, pour que de tels événements ne mettent pas en péril toute la population.

4.6 Conditions cadre pour la Perdrix grise

Nous décrivons ici brièvement l'état des habitats et l'importance de la Champagne genevoise pour d'autres oiseaux nicheurs. La Perdrix grise s'avère l'une des espèces les plus exigeantes du paysage agricole ouvert (Potts 2012). L'état des habitats a déjà été décrit dans le rapport sur la phase précédente 2004–2006 du projet (Duplain et al. 2008). L'état actuel des habitats dans la Champagne genevoise et leur gestion future fait l'objet d'un autre rapport de la Station ornithologique suisse (Guinand et al. 2012).

La revitalisation des habitats dans la Champagne genevoise a été lancée en 1991 dans le cadre du "Projet Perdrix" (Jenny et al. 2002). Au début du projet, ce sont surtout des friches spécialement adaptées aux perdrix, des « bandes refuges », qui ont été mises en place (à l'époque « bandes-abris »). Quand l'Ordonnance sur les paiements directs (OPD) a été introduite au milieu des années 1990, les agriculteurs ont aussi commencé à installer d'autres types de surfaces de compensation écologique (SCE). En 2006, un avant-projet de réseau écologique a été rédigé (ECOTEC 2008), mais il n'a pas été mis en œuvre jusqu'à présent. La proportion de SCE reste cependant très importante. La région abritant des Perdrix grises (environ 10 km², voir fig. 4) comporte environ 13 % de SCE. Les jachères (5,3 % y c. les bandes refuges), les prairies extensives (7,2 %) et les haies (11,5 km) sont les structures naturelles les plus importantes pour les Perdrix grises (Buner et al. 2005). Les bandes refuges et les jachères florales couvrent 5,9 % des terres dans le secteur central du Projet perdrix (de 6,1 km²) ; la moyenne suisse se situe en dessous de 1% (Guinand et al. 2012, OFAG 2011).

Actuellement, les habitats favorables à la Perdrix grise semblent suffire dans la Champagne genevoise, d'un point de vue quantitatif. La suppression des habitats, principale raison de la disparition des Perdrix grises en Suisse à l'origine, semble maintenant ne plus appartenir aux causes principales responsables pour les faibles taux de survie et de reproduction. Cependant, d'un point de vue qualitatif, de nombreuses surfaces conviennent peu, voire pas, à la reproduction des Perdrix grises. La majorité des bandes refuges est âgée, et leur végétation s'est naturellement densifiée depuis leur mise en place (Guinand et al. 2012). Or, les poussins de perdrix nécessitent une végétation lâche au niveau du sol (N. Aebischer comm. pers.). La mortalité élevée des poussins ces dernières années pourrait être un indice que le secteur offre trop peu de structures adaptées à l'élevage des jeunes. Durant son travail de maturité, P. Flükiger a mené une recherche sur l'offre en nourriture pour les poussins des Perdrix grises dans la Champagne genevoise (Flükiger 2011). Il a conclu qu'il y avait suffisamment de nourriture pour les poussins à disposition. Il n'est pas encore clair si la nourriture est facilement accessible pour les poussins, puisque la densité de la végétation n'a pas été étudiée dans le cadre de ce travail. Dès 2011, nous avons mis en place, en collaboration avec des exploitants agricoles, des bandes de céréales moissonnées tardivement (BCMT) pour améliorer les conditions d'élevage des poussins (1 bande en 2011, 10 en 2012, moisson pas avant le 20 août). Lors du suivi, des Perdrix

grises, des Cailles des blés et d'autres espèces menacées ont été observées plus régulièrement dans ces surfaces que dans les surfaces de contrôle moissonnées (obs. pers.).

Afin de documenter le succès de la revitalisation de l'habitat, la Station ornithologique cartographie depuis 1992 les effectifs de certains oiseaux nicheurs dans un secteur dit « central » de 6,1 km². Ces données démontrent l'importance capitale de cette région. De nombreuses espèces nicheuses typiques du paysage cultivé ouvert ont profité des nouvelles structures, particulièrement des bandes refuge. Tarier pâtre, Fauvette grisette et Hypolaïs polyglotte, peu fréquents au début des années '90, atteignent même maintenant, en Champagne genevoise, les densités parmi les plus élevées de Suisse (Birrer et al. 2007, Maumary et al. 2007, Guinand et al. 2012). D'autres espèces cibles selon les objectifs environnementaux pour l'agriculture (OEA, OFEV & OFAG 2008), comme la Pie-grièche écorcheur, le Bruant jaune ou le Bruant proyer, ont vu leurs effectifs fortement augmenter grâce à la revitalisation de l'habitat. Les lièvres d'Europe sont recensés par la DGNP depuis 1992. L'effectif des lièvres a sensiblement augmenté dans la Champagne genevoise entre 1992 et 2012 et atteint, avec une densité de 15 ind./km², une valeur très élevée pour les conditions suisses (Zellweger-Fischer 2012). A ce jour, le réseau de bandes refuge de la Champagne genevoise est un des exemples de revalorisation écologique des habitats dans les grandes cultures les plus probants en Suisses.

A côté des espèces menacées, des espèces généralistes comme le renard profitent aussi des SCE (Salek et al. 2009). De 2009 à 2012, nous avons estimé la densité des renards en collaboration avec C. Fischer (HEPIA Lullier) sur une surface de 8 km². En avril, nous avons recherché les terriers de renards et réalisé en juillet des comptages au phare des familles et des individus isolés. De 2009 à 2011, la densité était stable avec 2–3 individus/km². En 2012, on a constaté une légère augmentation à 3–4 adultes/km². Cette densité s'avère élevée en comparaison avec d'autres projets portant sur la Perdrix grises en Europe, où la densité se situe le plus souvent au-dessous de 1 ind./km² (Meriggi 2002, Buner comm. pers, Bro comm. pers.). Les renards et les autres prédateurs sont la plupart du temps intensivement chassés, ou dérangés, dans ces projets.

5 Synthèse et recommandations

5.1 Poursuite

Grâce aux lâchers de nombreuses compagnies d'automne complétés par des adoptions de poussins, la densité de Perdrix grises en Champagne genevoise a passé, comme prévu, de moins de 0,5 à 3 couples nicheurs/km², entre 2008 et 2012. En raison de la faible valeur reproductive de la majeure partie de l'effectif, issu de lâchers, nous nous attendons à une diminution de l'effectif l'année prochaine, malgré les adoptions de l'été 2012. D'après nos modélisations, la densité des couples nicheurs en 2013 devrait s'élever autour de 2 couples nicheurs/km², pour autant qu'aucun événement particulier ne se produise entre temps. Ces couples peuvent être considérés comme adaptés, puisque composés exclusivement d'individus sauvages ou expérimentés, possédant un meilleur succès de reproduction que les lâchés (Buner et al 2011). Buner & Aebischer (2008) recommandent de ne pas poursuivre les lâchers avec la densité de couples nicheurs que nous attendons en 2013. Nous nous rallions à cette recommandation.

Afin qu'un effectif autonome puisse s'établir à long terme dans la Champagne genevoise, le succès de reproduction doit cependant s'améliorer. En l'absence de nouveaux lâchers, nous évitons l'introduction d'individus peu adaptés, et le succès de reproduction devrait s'améliorer. Les mesures de protection des nids n'ont pas fait leurs preuves dans ce projet. L'investissement pour la protection des nids était considérable et les nids protégés n'ont pas atteint un taux d'éclosion sensiblement plus

élevé que ceux qui n'ont pas été protégés. De plus, il n'est pas possible de localiser les nids sans recourir à la télémétrie. C'est pourquoi nous proposons de renoncer à la protection des nids à l'avenir.

Dès janvier 2013, nous recommandons l'approche suivante pour le projet Perdrix grise à Genève :

- Pas d'intervention dans l'effectif de Perdrix grises, c'est-à-dire pas d'adoption, ni lâchers de compagnies d'automne.
- Renoncer à la protection des nids.
- Nouvelle évaluation de la situation avec le Canton de Genève (DGNP) au printemps 2014, après la première saison de reproduction par des individus adaptés et suite aux comptages hivernaux 2013/14.

5.2 Monitoring

Etant donné l'influence négative de la télémétrie sur la survie, le suivi télémétrique ne peut plus se justifier pour le suivi de la Perdrix grise à Genève. D'autre part, le baguage ne semble pas réaliste. En théorie, le baguage permettrait d'identifier les individus sauvages, et ainsi de déterminer le taux de survie et d'estimer le taux de recrutement annuel. Cependant, compte tenu de la faible survie naturelle, il faudrait capturer la majeure partie de la population chaque année pour obtenir des estimations fiables (modélisations de M. Schaub, comm. pers.), ce qui n'est pas réaliste.

Le nouveau monitoring, non intrusif, a fait ses preuves en hiver 2011/12 et avril 2012. Des écoutes des vocalises depuis des postes fixes au crépuscule permettent de localiser une grande partie des groupes (29 postes en hiver, 15 en avril). En hiver, on peut ensuite cibler les recherches afin de dénombrer les individus des compagnies. Les observations s'effectuent essentiellement depuis un véhicule, sans dérangements de la faune. Pour chaque période de recensement (hiver et avril), passer au moins à deux reprises à chaque poste, permet de tenir compte de la détectabilité des groupes afin d'estimer les effectifs ayant passé inaperçus (voir chapitre 2.5.1 2.5.1.3). Ce monitoring nécessite la disponibilité de nombreux collaborateurs en même temps. Lors des recensements de 2012, la participation de nombreux partenaires du projet et bénévoles fut une aide aussi appréciée que précieuse.

En conséquence, nous proposons dès 2013 :

- De renoncer absolument à la télémétrie.
- De renoncer à la capture et au baguage de perdrix sauvages/adaptées.
- De poursuivre tel quel le monitoring non intrusif testé en 2012 en Champagne genevoise. Le périmètre et les points d'écoute devront en principe rester identiques, au moins en grande partie, pour permettre une comparaison sur le long terme.

A noter que la région de Sionnet GE, située à environ 15 km de la Champagne genevoise, abrite à nouveau régulièrement la Perdrix grise. L'espèce y est signalée annuellement depuis 2008 (chanteurs ou couples, www.ornitho.ch). La reproduction y est probable, et certains habitats sont adaptés. L'origine de ces oiseaux est inconnue. Il pourrait s'agir d'oiseaux lâchés en France voisine, ou issus de reproductions suite à ces lâchers. Compte tenu de la discrétion de l'espèce, il est possible qu'il s'agisse d'une véritable petite population. Un suivi devrait être mis en place, par exemple depuis des points d'écoute comme en Champagne.

5.3 Mesures d'habitat

Depuis le constat de vieillissement des bandes refuges (Duplain et al. 2008), la situation s'est détériorée pour la Perdrix grise en Champagne genevoise. Aucune nouvelle bande n'a été déclarée depuis (données de la Direction générale de l'agriculture de 2010). La végétation des bandes refuges existantes a tendance à s'uniformiser et se densifier. Selon un expert anglais, de telles bandes refuges sont adaptées aux besoins de la Perdrix grise en hiver, mais pas en période de reproduction (N. Ae-

bischer, comm. pers.). La végétation y est trop dense pour l'élevage des poussins. Or la survie des poussins est LE facteur qui détermine l'avenir des populations de perdrix (Bro et al. 2000b, Potts 2012) La population de Perdrix grise de la Champagne reste la seule et dernière de Suisse, depuis la quasi disparition de celle du canton de Schaffhouse (Jenny comm. pers.). Il est donc urgent de prendre des mesures en faveur des habitats d'élevage des poussins. L'organisation et la planification de ces mesures a été convenue à fin 2012 avec les services cantonaux (DGNP et DGA), en partenariat avec AgriGenève.

Dans ce cadre, nous recommandons les mesures suivantes :

- De définir au plus vite le cadre permettant la réalisation de **mesures urgentes**, aux niveaux administratif et opérationnel (projet agro-environnemental).
- De réaliser dans ce cadre au moins 30 structures adaptées à l'élevage des poussins de perdrix dès le printemps 2013, disséminées entre tous les secteurs favorables.
- De mettre en place une gestion des bandes refuges sur le long terme, avec remplacement de certaines bandes (mandat en cours de la DGNP).
- D'adapter le réseau agro-environnemental de Bernex qui ne prend pas en compte le vignoble de la commune (ECOTEC 2011) alors qu'il abrite la 2^e plus grande sous-population de perdrix. Des structures manquent en période de reproduction dans ce secteur.
- De planifier la mise en œuvre d'un réseau agro-environnemental (RAE) de la Champagne genevoise qui puisse être appliqué dans un délai raisonnable. Des mesures telles que les bandes de céréales moissonnées tardivement ou des bandes de céréales extensives (SCE) pourraient être planifiées plus judicieusement dans ce cadre.

5.4 Autres mesures

En plus des recommandations mentionnées ci-dessus, d'autres mesures sont souhaitables. Un échange d'information régulier devrait avoir lieu avec les sociétés de chasse française voisine. Le moratoire volontaire de la chasse dans les régions voisines de la Champagne genevoise devrait être maintenu. On pourrait ainsi continuer à empêcher les tirs de Perdrix grises en provenance du projet genevois. Cette coordination transfrontalière est du ressort de la DGNP. Il faut décider avec la DGNP si les comptages de renards doivent être poursuivis en été. Une possibilité serait de recenser les renards en juillet durant quelques nuits à l'aide de plusieurs équipes coordonnées. De plus, le grand public devrait être informé dans la presse locale et par l'intermédiaire d'autres médias sur les nouveautés du projet.

Remerciements

Ce projet est le fruit de l'engagement de très nombreux partenaires des milieux de la protection de la nature, de l'agriculture et de la gestion cynégétique. Ces remerciements s'adressent en particulier à la DGNP de la République et Canton de Genève et à l'OFEV qui ont soutenu et accompagné ce projet.

Nous aimerions aussi particulièrement remercier les agriculteurs et les vigneron·ne·s qui ont mis des terrains à disposition pour la compensation écologique, base indispensable du projet de conservation de la Perdrix grise, pour la mise en place de volières de lâchers et pour la protection des nids de Perdrix. Nous exprimons notre sincère reconnaissance à Bernard Lugrin, collaborateur de la commune de Bernex, qui organise la coordination avec les agriculteurs.

En région genevoise, nous avons également bénéficié du soutien de nombreux partenaires, en particulier de la Fédération des chasseurs de Haute-Savoie et des ACCA de Saint-Julien-en-Genève, Viry et Valleiry pour la mise en place d'une zone de moratoire volontaire sur la chasse en limite de la Champagne, de Claude Fischer de l'HEPIA pour le recensement des renards, des gardes faunes pour leur nombreux soutiens ainsi que leurs observations de perdrix, ainsi que des membres du Groupe ornithologique du bassin genevois (GOBG), de l'association Coups d'ailes, de la Saint-Hubert et tous les bénévoles et amis – qu'ils nous pardonnent de ne pas être tous cités personnellement ici – qui ont fourni leur aide pour les recensements, les captures ou à d'autres occasions. Merci aussi aux familles Hofer et Chevalley pour leur accueil chaleureux.

Dans son plan de projet de 2008, Eva Knop (cheffe de projet 2007–2008) a élaboré les bases conceptuelles et logistiques pour la réalisation du présent projet. L'idée d'effectuer des lâchers de nombreuses compagnies d'automne dans le but de renforcer la population genevoise provient également d'Eva Knop. L'élevage des perdrix a pu être réalisé de manière professionnelle dès la première année grâce aux compétences et à l'aide d'Imelda Schmid, éleveuse de cailles très expérimentée. Notre reconnaissance s'adresse aussi aux familles Hunkeler et Amrein qui ont spontanément mis à disposition des terrains pour des volières extérieures dans la plaine de Wauwil en 2008, ainsi que Joe Ineichen de Sempach, qui a accueilli les infrastructures d'élevage sur ses terres dès 2009, et qui nous a offert à maintes reprises son aide compétente. Merci aussi aux éleveurs suisses qui ont mis leurs infrastructures à disposition, en particulier Annemarie et Rainer Gysel de Wilchingen, ainsi qu'à David Butler de Perdix Wildlife Solutions Ltd. pour son excellente collaboration.

Un grand merci aux très nombreuses personnes qui se sont engagées avec entrain pour assurer le travail de terrain, en particulier : Andreas Wyss, Daniel Matty, Deborah Büchi, Maïa Berman, Isabelle Henry, Irene Weinberger, Christine Moos, Martina Spinelli, Flavien Russier, Gregory Brazzola, Jérôme Wassef, Alexander von Känel, Grégoire Schaub, Philippe Meynadier, Stella Miranda Treffler, Camillie Favre, Guillaume Schläpfer, Noé Bourguet, Nicolas Moduli, Christelle Guignand, David Berthold et Yann Fragnière à Genève ; Silvan Stöckli, Tobias Hönger, Marcel Mauch, Simone Schroff, Priska Mattmann, Carlo Marti, Annina Kunz, Basil von Ah, Tatjana Frauenfelder, Dominik Henseler et Leonardo Rumpf pour l'élevage. Nous remercions tout particulièrement Benjamin Homberger et Christian Dext pour leur excellente collaboration durant tout le projet, en particulier dans les élevages de S-chanf et Sempach. Merci également à Cornelia Keiser, Nina Keller, Joy Reding et Pascal Flükiger qui ont effectué leur travail de master ou de maturité sur le projet, ainsi qu'à nos nombreux collègues qui nous ont apporté leur aide dans l'élevage et lors du baguage des perdrix. Pour l'élevage, nous avons toujours pu bénéficier de l'expérience professionnelle de Vreni Mattmann, soigneuse d'animaux. Beat Naef-Daenzer et Martin Grüebler nous ont conseillé et soutenu pour le suivi par radiopistage. Finalement, nous adressons toute notre reconnaissance à Markus Jenny et Niklaus Zbinden pour leurs conseils avisés tout au long du projet.

Bibliographie

- Ayé, R., V. Keller, W. Müller, R. Spaar & N. Zbinden (2011) : Révision 2010 de la liste rouge et des espèces prioritaires de Suisse. *Nos Oiseaux* 58 : 67–84.
- Barron, D. G., J. D. Brawn & P. J. Weatherhead (2010) : Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution* 1: 180–187.
- OVF (2011) : Maladie de Newcastle (MN, en anglais Newcastle Disease, ND). www.bvet.admin.ch
- Birkan, M. & M. Jacob (1988) : La Perdrix grise. Hatier, Paris. 284 p.
- Birrer, S., M. Spiess, F. Herzog, M. Jenny, L. Kohli & B. Lugin (2007) : The Swiss agri-environment scheme promotes farmland birds: but only moderately. *J. Ornithol.* 148 (Suppl. 2): 295–303.
- Bro, E., J. Clobert & F. Reitz (1999) : Effects of radiotransmitters on survival and reproductive success of grey partridge. *J. Wildl. Manag.* 63: 1044–1051.
- Bro, E., B. Deldalle, M. Massot, F. Reitz & S. Selmi (2003) : Density dependence of reproductive success in grey partridge *Perdix perdix* populations in France: management implications. *Wildl. Biol.* 9: 93–102.
- Bro, E., J. Guyon, Y. Delettre, F. Reitz & F. Burel (2008) : Risque de prédation et structure de l'habitat. Perdrix grise, rapaces et carnivores. *Faune Sauvage* 281: 24–31.
- Bro, E., P. Mayot, E. Corda & F. Reitz (2004) : Impact of habitat management on grey partridge populations: assessing wildlife cover using a multisite BACI experiment. *J. Appl. Ecol.* 41: 846–857.
- Bro, E., F. Reitz, J. Clobert & P. Mayot (2000a) : Nesting success of grey partridges (*Perdix perdix*) on agricultural land in north-central France: relation to nesting cover and predator abundance. *Game Wildl. Sci.* 17: 199–218.
- Bro, E., F. Sarrazin, J. Clobert & F. Reitz (2000b) : Demography and the decline of the grey partridge *Perdix perdix* in France. *J. Appl. Ecol.* 37: 432–448.
- Buner, F. & N. Aebischer (2008) : Guidelines for re-establishing grey partridges through releasing. Game & Wildlife Conservation Trust, Fordingbridge. 18 p.
- Buner, F., M. Jenny, N. Zbinden & B. Naef-Daenzer (2005) : Ecologically enhanced areas - a key habitat structure for re-introduced grey partridges *Perdix perdix*. *Biol. Conserv.* 124: 373–381.
- Buner, F. & M. Schaub (2008) : How do different releasing techniques affect the survival of reintroduced grey partridges *Perdix perdix*? *Wildl. Biol.* 14: 26–35.
- Buner, F., S. J. Browne & N. J. Aebischer (2011) : Experimental assessment of release methods for the re-establishment of a red-listed galliform, the grey partridge (*Perdix perdix*). *Biol. Conserv.*
- Cochran, W. W. & R. D. J. Lord (1963) : A radio-tracking system for wild animals. *J. Wildl. Manage.* 27: 9–24.
- Courchamp, F., T. Clutton-Brock, & B. Grenfell (1999) : Inverse density dependence and the Allee effect. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 405–410.
- Duplain, J., O. Holzgang, J. Guntern & E. Knop (2008) : Renforcement des populations de Perdrix grise *Perdix perdix* dans le canton de Genève : synthèse de la phase de projet 2002–2006. Station ornithologique suisse, Sempach.
- ECOTEC (2008) : Avant-projet, Réseau Agro-Environnemental (RAE). Réseau de la Champagne. Station ornithologique Suisse et Commune de Bernex. Rapport non publiée.
- ECOTEC (2011) : Avant-projet, Réseau Agro-Environnemental (RAE) de Bernex. 2012–2017. Commune de Bernex. Rapport non publiée.
- Flükiger, P. (2011) : Potentielles Nahrungsangebot für Rebhuhnküken (*Perdix perdix*) in der Champagne genevoise. Kantonsschule Alpenquai Luzern. 80 S.
- Guinand, C., M. Lanz & J. Duplain (2012) : Concept d'aménagement des structures en faveur de l'avifaune dans la zone agricole de la Champagne genevoise : Rapport à l'intention de la Direction générale de la nature et du paysage du canton de Genève (DGNP). Station ornithologique suisse, Sempach.

- Guntern, J. (2007) : Anleitung für die Haltung und Zucht von Rebhühnern (*Perdix perdix*). Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Interner Bericht, nicht publiziert.
- IUCN & R. S. G. Species Survival Commission (1998) : IUCN guidelines for re-introductions. IUCN, Gland. 10 p.
- Jenni, L. & S. Jenni-Eiermann (2009) : The importance of genetic origin and rearing conditions for the reintroduction of grey partridges: Interactions of genetic, maternal and early developmental effects on personality and survival of offspring. SNSF, Project 31003A_127057. 26 p.
- Jenni, L., N. Keller, B. Almasi, J. Duplain, B. Homberger, M. Lanz, F. Korner-Nievergelt, M. Schaub & S. Jenni-Eiermann (en prép.) : Transport and release procedures in reintroduction programs: the effect of stress on survival in grey partridges.
- Jenny, M., O. Holzgang & N. Zbinden (2005) : La Perdrix grise - symbole d'un paysage agricole diversifié. Avifauna Rep.Sempach. 4: 60 p.
- Jenny, M., B. Lugin & J.-L. Regamey (1998) : Habitat restoration programme for agricultural-land breeding birds in Switzerland. Gibier Faune Sauvage, Game Wildl. 15: 547–554 (Actes de Perdix VII, Symposium international sur les perdrix, les cailles et les faisans, 9–13 octobre 1995, Dourdan, France).
- Jenny, M., U. Weibel, B. Lugin, B. Josephy, J.-L. Regamey & N. Zbinden (2002) : Perdrix grise. Rapport final 1991-2000. Cahier de l'environnement n° 335. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne. 143 p.
- Keller, N. (2010) : Reintroduction of captive-bred grey partridges (*Perdix perdix*) : Assessing personality and physiological stress. University of Zurich.
- Keller, V., A. Gerber, H. Schmid, B. Volet & N. Zbinden (2010) : Liste rouge oiseaux nicheurs. Espèces menacées en Suisse, état 2010. L'environnement pratique n° 1019 Office fédéral de l'environnement, Berne, et Station ornithologique suisse, Sempach, 53 p.
- Kéry, M. & M. Schaub (2012) : Bayesian population analysis using WinBUGS - a hierarchical perspective. Academic Press, Burlington.
- Knop E. (2008) : Projektskizze für das Rebhuhnprojekt in der Champagne genevoise. Periode 2008–2011. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Interner Bericht, nicht publiziert.
- Knop E., J. Duplain, M. Lanz & R. Spaar (2008) : Projektbeschreibung: Wiederansiedlung Rebhuhn Genf, Phase 2008–2012. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Interner Bericht, nicht publiziert.
- Lambelet-Haueter, C. (1995) : Etude de la végétation de friches spontanées dans le canton de Genève. Candollea 50: 329–349.
- Lande, R. (1988) : Genetics and demography in biological conservation. Science 241: 1455-1460.
- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert & D. R. Anderson (1992) : Modeling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. Ecological Monographs 62: 67–118.
- Lugin, B. & J.-L. Regamey (2001) : Revitalisation d'un milieu cultivé: effet sur l'avifaune. L'exemple de la Champagne genevoise. S. 111-118 in : P.-A. Ravussin, A. Barbalat, P. Beaud, O. Biber, L. Maumary, S.-P. Parrat & B. Posse (Eds.) : Agir pour les oiseaux. Actes du 39e Colloque interrégional d'ornithologie, Yverdon-les-Bains (Suisse), 1999. Nos Oiseaux, suppl. 5. Nos Oiseaux, Société romande pour l'étude et la protection des oiseaux, La Chaux-de-Fonds.
- Lugin, B., J.-L. Regamey, M. Jenny & N. Zbinden (2002) : Base due Projet 548 DIAE : Renforcement de la population de Perdrix grise de la Champagne genevoise. Station ornithologique suisse, Sempach.
- Martin, T. E., J. Clobert & D. R. Anderson (1995) : Return rates in studies of life history evolution: are biases large? Journal of Applied Statistics 22: 863–875.
- Maumary, L., L. Vallotton & P. Knaus. (2007) : Les oiseaux de Suisse. Station ornithologique suisse, Sempach, et Nos Oiseaux, Montmollin.
- Meriggi, A., A. Brangi & P. Cuccus (2002) : High mortality rate in a re-introduced grey partridge population in central Italy. Ital. J. Zool. 69: 19–24.
- OFAG (2011) : Rapport agricole 2011. Office fédérale de l'agriculture, Berne.

- OFEV & OFAG (2008) : Objectifs environnementaux pour l'agriculture. A partir de bases légales existantes. Connaissance de l'environnement n° 0820. Office fédéral de l'environnement, Berne : 221 p.
- Ordonnance sur la chasse (1988) : 922.01 Ordonnance du 29 février 1988 sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages.
- Panek, M. (2002) : Breeding biology of the Partridge *Perdix perdix* in western Poland on the basis of radiotelemetric data. *Notatki Ornitologiczne* 43: 137–144.
- Parish, D. M. B. & N. W. Sotherton (2007) : The fate of released captive-reared Grey Partridges *Perdix perdix*: implications for reintroduction programmes. *Wildl. Biol.* 13: 140–149.
- Parr, R. (1993) : Nest Predation and Numbers of Golden Plovers *Pluvialis apricaria* and other moorland waders. *Bird Study* 40: 223–231.
- Potts, G. R. (2012) : Partridges: Countryside barometer. The new naturalist library Collins, London.
- Putala, A., J. Oksa, H. Rintamäki & R. Hissa (1997) : Effects of hand-rearing and radiotransmitters on flight of gray partridge. *J. Wildl. Manage.* 61: 1345–1351.
- Putala, A., A. Turtola & R. Hissa (2001) : Mortality of wild and released hand-reared grey partridges (*Perdix perdix*) in Finland. *Game of Wildlife Science* 18: 291–304.
- R Development Core Team (2011) : R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reding, J. (2012) : Mate choice in the Grey partridge *Perdix perdix*: Effects of genotype, environment and hormones. University of Zürich.
- Rymešová, D., P. Šmilauer & M. Šálek (2012) : Sex- and age-biased mortality in wild Grey Partridge *Perdix perdix* populations. *Ibis* 154 : 815–824.
- Salek, M., J. Kreisinger, F. Sedlacek & T. Albrecht (2009) : Corridor vs. hayfield matrix use by mammalian predators in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.* 134: 8–13.
- Schifferli, L., O. Rickenbach, A. Koller & M. Gruebler (2009) : Massnahmen zur Förderung des Kiebitzes *Vanellus vanellus* im Wauwilermoos (Kanton Luzern): Schutz der Nester vor Landwirtschaft und Prädation. *Ornithol. Beob.* 106: 311–326.
- Serre, D., M. Birkan, E. Pelard & S. Skibnienski (1989) : Mortalité, nidification et réussite de la reproduction des Perdrix grises (*Perdix perdix belesiae*) dans le contexte agricole de la Beauce. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildl.* 6: 97–124.
- Tillmann, J. E. (2009) : An ethological perspective on defecation as an integral part of anti-predatory behaviour in the grey partridge (*Perdix perdix* L.) at night. *J. Ethol.* 27: 117–124.
- Venturato, E., P. Cavallini, P. Banti & F. Dessi'-Fulgheri (2009) : Do radio collars influence mortality and reproduction? A case with ring-necked pheasants (*Phasianus colchicus*) in Central Italy. *Eur. J. Wildl. Res.* 55: 547–551.
- Watson, M., N. J. Aebischer & W. Cresswell (2007) : Vigilance and fitness in grey partridges *Perdix perdix*: the effects of group size and foraging–vigilance trade-offs on predation mortality. *J. Anim. Ecol.* 76: 211–221.
- World Pheasant Association & IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group (2009) : Guidelines for the Re-introduction of Galliformes for Conservation Purposes. Gland, Switzerland: IUCN and Newcastle-upon-Tyne, UK: World Pheasant Association. 86 p.
- Zellweger-Fischer, J. (2012) : Suivi des populations de lièvres en Suisse en 2012. Station ornithologique suisse, Sempach.

Annexes

Annexe A : Relations publiques

Tab. 6. Tous les communiqués de presse, articles et émissions de radio et télévision effectués dans le cadre du projet Perdrix grise à Genève (2007–2012).

Date	Titre	Qui
Communiqué de presse		
18.09.2009	Une nouvelle chance pour la Perdrix grise	Station ornithologique suisse
Articles		
04.01.2007	Le Conseil d'Etat se préoccupe aussi du sort des perdrix grises	Tribune de Genève & tdg.ch
09.10.2009	La perdrix grise est sauvée	Le Matin
09.10.2009	Genève vient en aide aux perdrix grises	Tribune de Genève
09.10.2009	ORNITHOLOGIE	L'Express
09.10.2009	ORNITHOLOGIE	L'Impartial
09.10.2009	Genève offre une nouvelle chance à la perdrix grise	sbv-usp.ch (Union suisse des paysans)
12.10.2009	Attention aux lâchers de perdrix	La Liberté
30.10.2009	Une nouvelle chance pour la perdrix grise	Feuille d'avis du District de Courterary
30.10.2009	Une nouvelle chance pour la perdrix grise	Feuille d'avis et Journal de Vallorbe et Environs
04.11.2009	Le programme "perdrix grise" entame son deuxième envol	Tribune de Genève & tdg.ch
07.01.2010	Initiatives vertes réussies dans les 7 cantons	Terre & Nature
22.05.2010	Genève, dernier bastion d'espèces menacées	Tribune de Genève
21.09.2010	La perdrix grise, symbole d'une riche biodiversité en milieu agricole	La Revue Durable
15.11.2010	Nouvelle chance pour la perdrix grise	Migros-Magazine/Région Genève
01.11.2011	Genève est le dernier canton à offrir l'asile à la rare perdrix	Tribune de Genève & tdg.ch
10.11.2011	Dernier lâcher de perdrix grises	Terre & Nature
Radio		
10.01.2010	Wiederansiedlung des Rebhuhns	DRS 1, DRS 2
Télévision		
11.04.2010	Station ornithologique suisse, projet perdrix grise	TSR 1, "Ensemble"

Annexe B : Élevage à Sempach



Fig. 12. Volières extérieures à Sempach, accueillant les poussins dès l'âge de 4 semaines et jusqu'aux lâchers (M. Lanz).

Annexe C: Sites de lâchers

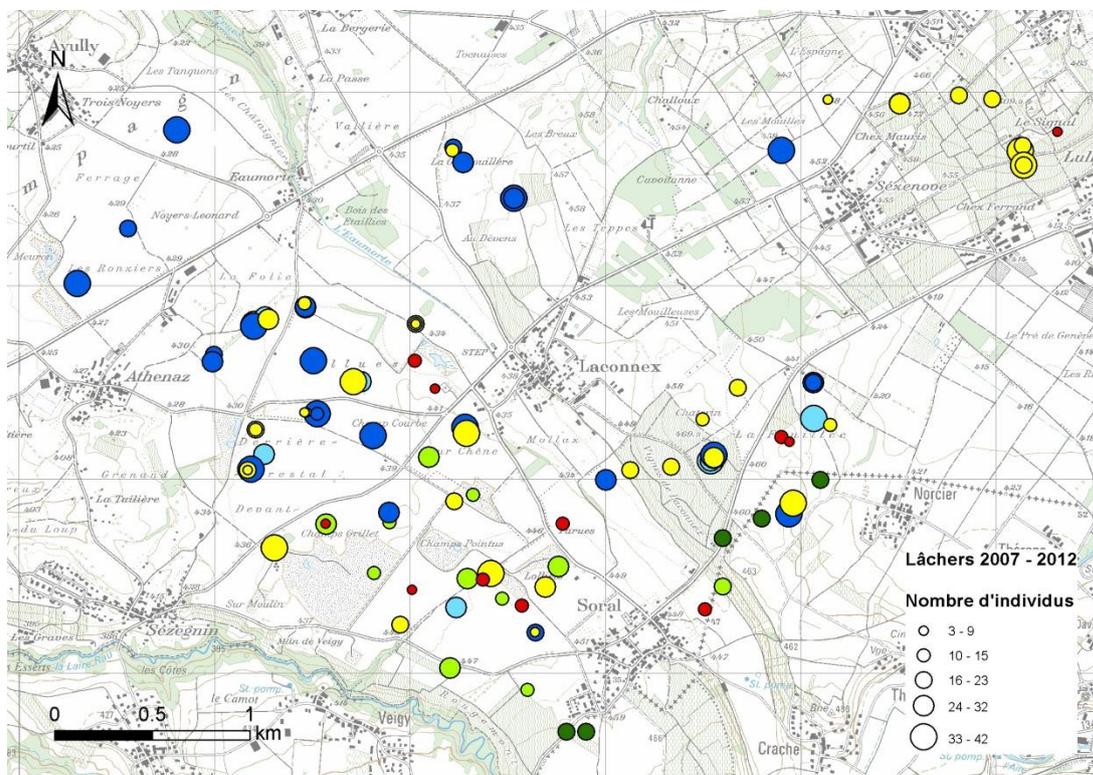


Fig. 13. Sites de lâchers de compagnies automnales (n=96) et adoptions (n=17) de 2007 à 2012 dans la Champagne genevoise. Année de lâcher 2007 : vert sombre ; 2008 : vert clair ; 2009 : bleu clair ; 2010 : bleu ; 2011 : jaune ; 2012 : rouge. PK25 ©swisstopo (DV 351.5)

Annexe D : Télémétrie



Fig. 14. Perdrix grise avec un collier émetteur (J. Duplain).



Fig. 15. Une grande antenne directionnelle de suivi télémétrique, sur remorque (M. Lanz).

Annexe E : Captures



Fig. 16. Capture de deux mâles avec un piège (à corneille) contenant un mâle d'élevage servant d'appelant (au milieu du piège), dans les vignes de Laconnex le 15 février 2008 (J. Duplain).



Fig. 17. Capture nocturne à la filоче d'un couple de Perdrix grise dans les vignes de Bernex le 16 février 2011 (M. Lanz).

Annexe F : Modèles de survie 2008–2011

Tab. 7. Résultat de l'analyse des taux de survie observés maximaux des Perdrix grises entre 2008 et 2011. E=Emetteur, O=Origine, P=Période, A=Année. Tous les modèles se basent sur un GLMER (generalized linear mixed model) avec les taux de survie en tant que variable dépendante binominale, pondérés par le nombre d'individus au début de chaque période et le facteur « Cohorte » en tant qu'effet aléatoire. Le modèle en gras, identique pour les taux de survie maximaux et minimaux, est considéré comme le plus approprié.

N°	Modèle	Nombre de paramètres	AIC	ΔAIC
a) Avec la variable Année				
1	E + O + P + A + O*P + E*P	15	102,3	0,0
2	E + O + P + A + O*P + E*P + O*E	17	102,8	0,5
3	E + O + P + A + E*P + O*E	13	106,6	4,3
4	E + O + P + A + O*P + O*E	15	108,5	6,2
5	E + O + P + A + O*P	13	110,1	7,8
6	E + O + P + A	9	120,4	18,1
b) Sans la variable Année				
1	E + O + P + O*P + E*P	13	100,6	0,0
2	E + O + P + O*P + E*P + O*E	15	106,4	5,8
3	E + O + P + E*P + O*E	11	110,6	10,0
4	E + O + P + O*P + O*E	13	112,8	12,2
5	E + O + P + O*P	11	114,7	14,1
6	E + O + P	7	125,3	24,7

Tab. 8. Résultat de l'analyse des taux de survie observés minimaux des Perdrix grises entre 2008 et 2011. E=Emetteur, O=Origine, P=Période, A=Année. Tous les modèles se basent sur un GLMER (generalized linear mixed model) avec les taux de survie en tant que variable dépendante binominale, pondérés par le nombre d'individus au début de chaque période et le facteur « Cohorte » en tant qu'effet aléatoire. Le modèle en gras, identique pour les taux de survie maximaux et minimaux, est considéré comme le plus approprié.

N°	Modèle	Nombre de paramètres	AIC	ΔAIC
a) Avec la variable Année				
1	E + O + P + A + O*P	13	93,8	0,0
2	E + O + P + A + O*P + E*P	15	95,2	1,4
3	E + O + P + A + O*P + E*P + O*E	17	96,3	2,5
4	E + O + P + A + O*P + O*E	15	96,4	2,6
5	E + O + P + A + E*P + O*E	13	119,6	25,8
6	E + O + P + A	9	120,4	26,6
b) Sans la variable Année				
1	E + O + P + O*P	11	98,3	0,0
2	E + O + P + O*P + E*P	13	100,6	2,3
3	E + O + P + O*P + O*E	13	100,9	2,6
4	E + O + P + O*P + E*P + O*E	15	102,1	3,8
5	E + O + P	7	117,6	19,3
6	E + O + P + E*P + O*E	11	124,6	26,3