



Programme d'étude comportementale du Tétrasyre en domaine skiable

Premiers résultats du suivi de 5 oiseaux équipés de balises satellites

Marc Montadert ONCFS
Jérôme Cavailles PNV
Nicolas Gomez PNV
Philippe Auliac FDC 73

Le 11 avril 2018

I – Introduction

I. a – Problématique

Le Tétrasyre est une espèce emblématique des Alpes qui montre depuis quelques décennies une tendance plus ou moins marquée au déclin (Canonne, 2017). Parmi les facteurs impliqués, l'augmentation du dérangement hivernal occasionné par le développement des loisirs de montagne est souvent invoquée. L'impact potentiel de ce dérangement est particulièrement fort au sein des domaines skiables du fait de l'omniprésence de l'homme et de l'importance des infrastructures (transports d'énergie et remontées mécaniques principalement) susceptibles d'entraîner des mortalités directes (Buffet and Dumont-Dayot, 2013).

Toutefois, les travaux scientifiques disponibles dans le contexte alpin sur le rôle joué par le dérangement au niveau individuel comme au niveau de la population sont encore peu nombreux.

Suite aux études conduites en Suisse dans les années 2000 (voir Arlettaz et al., 2013 pour une synthèse de ces travaux), ainsi que des travaux conduits en d'autres points des Alpes (Bavière ou dans les Alpes italiennes (Zeitler, 2000, Formenti et al., 2015), il ressort que les domaines skiables ont un impact sur le niveau d'abondance des populations, et surtout sur le comportement et le stress des oiseaux exposés à des dérangements intenses en hiver. Toutefois, il est aussi mentionné que les tétras-lyres peuvent sous certaines conditions développer des comportements adaptatifs vis à vis de cet impact leur permettant d'occuper les domaines skiables, notamment quand ils ont à leur disposition des zones refuges (Zeitler, op.cit.).

Dans les Alpes françaises, le Parc National de la Vanoise occupe une position privilégiée et abrite l'essentiel de la faune emblématique alpine, dont le Tétrasyre. Par ailleurs, il est entouré par une des plus grandes concentrations de domaines skiables au monde, offrant ainsi l'opportunité d'étudier l'écologie comportementale de cet oiseau en hiver.

Depuis les travaux pionniers d'André Miquet dans le domaine des Arcs (Miquet, 1986d, Miquet, 1986c, Miquet, 1986a, Miquet, 1986b, Miquet, 1988), aucune étude importante n'a été conduite en France sur cette thématique. Une des raisons réside dans la difficulté (et donc le coût) de réaliser une étude comportementale impliquant l'observation directe d'une espèce relativement discrète, notamment en hiver. Depuis cette époque, l'étude du comportement des

animaux en nature a fait d'énormes progrès en grande partie du fait de l'extraordinaire développement de systèmes de géolocalisation embarqués sur l'animal permettant d'aborder à distance tous les aspects de l'écologie comportementale (Brown et al., 2013, Cagnacci et al., 2010, Tomkiewicz et al., 2010).

Ainsi, mobilisée autour de la conservation du tétras-lyre et nantie de ces nouvelles technologies, une petite équipe s'est constituée autour de Jérôme Cavailles et Nicolas Gomez (PN Vanoise), Philippe Auliac (FDC 73) et Marc Montadert (ONCFS) afin de démarrer une étude comportementale du tétras-lyre en 2016.

Pour mémoire : lors de ces campagnes de captures et afin d'améliorer leur efficacité, la méthode de la repasse et la pose de forme furent utilisées.

I. b - Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont :

- ❖ D'étudier l'utilisation spatiale et temporelle de l'espèce (domaine vital, utilisation de l'habitat à large échelle, rythmes d'activité journalière (*phases d'alimentation, déplacements, repos ...etc.*) en période hivernale.
- ❖ Evaluer l'efficacité de l'utilisation des réserves / refuges¹ « Tétras » en bordure des domaines skiabiles.
- ❖ Evaluer les impacts directs et indirects des dérangements liés à des pratiques sportives hivernales¹.

Pour ce faire, trois situations de dérangement particulières ont été ciblées pour décrire ces comportements de tétras-lyres en hiver :

- Un premier site d'étude au cœur de domaine skiable de Courchevel où la pression de dérangement est parmi la plus forte, où l'habitat du tétras est fortement fragmenté et où les densités de tétras-lyre sont faibles². Dans ce site, depuis 4 ans, 5 refuges hivernaux de quelques hectares chacun ont été mis en place.
- Un deuxième site d'étude dans le domaine skiable de Méribel, constitué d'une zone très dérangée sans zone refuge, avec en limite une zone peu ou pas dérangée de grande superficie, la réserve naturelle de Tuéda (1 112 ha). Dans cette réserve, la pénétration est normalement interdite en hiver à la randonnée ski ou raquettes.
- Un troisième site d'étude, le domaine skiable des Menuires, sans refuge "officiel" mais présentant de bons habitats et une bonne densité de tétras. Les observations réalisées sur place suggèrent cependant que quelques petites plantations de résineux font office de refuges

¹ Ces deux objectifs seront traités ultérieurement dans le rapport final de l'étude

² Les comptages de coqs chanteurs organisés depuis 3 ans par le FDC 73 donnent une dizaine de coqs chanteurs

Le comportement des tétras sera décrit spatialement en analysant la trajectométrie³ des oiseaux géolocalisés à période régulière dans la journée. Cette géolocalisation des oiseaux est rendue possible par la pose de balises (récepteurs) satellitaires.

Dans la mesure du possible (selon le fonctionnement des batteries) le type d'activité sera qualifié grâce à l'accéléromètre⁴ embarqué.

Les stratégies comportementales de survie des oiseaux en période hivernale seront interprétées à la lumière des contrastes d'habitat et de niveau de dérangement entre les différentes zones d'étude.

II – Matériels et méthodes

II. a – Techniques de captures utilisées

La technique consiste à poser des filets sur les places de chant des coqs de Tétras-lyre. Cette technique vise plus particulièrement les mâles, même si des poules peuvent être capturées de cette manière.

Illustrations (photos et/ou Schémas à venir)

Première phase : Essai de captures sur la période « automne 2016 - printemps 2017. »

Cette première phase a vu le développement de techniques de capture des tétras-lyres afin de les équiper de système de géo-positionnement par satellite.

- La première campagne de capture a débuté en octobre 2016, sur une place de chant de Méribel en lisière de la réserve naturelle de Tuéda.

Bien qu'à deux reprises, un puis trois coqs aient touché les filets tendus à leur intention, aucune capture n'a pu être réalisée lors de ce premier test. Nous avons pu constater à cette occasion que les filets tendus, identiques à ceux auparavant utilisés par Montadert pour capturer des gélinites, ne présentaient pas les caractéristiques requises pour retenir les oiseaux.

- La deuxième campagne de capture a eu lieu au printemps 2017. Des tentatives ont été faites sur deux places de chant de Méribel et une place de chant des Ménuires.

Nous avons dans l'hiver fait fabriquer par une entreprise bordelaise, un nouveau modèle de filet en nylon monobrin avec une maille un peu plus grande (6 cm au lieu de 5). Par ailleurs, des tests ont été aussi réalisés à l'aide d'un dispositif de filet projeté à l'aide d'un tendeur actionné à distance.

Un total de 17 tentatives entre le 3 mai et le 6 juin ont été effectuées par une et parfois deux équipes de capture (personnels du PNV, de la FDC73, Montadert et bénévoles occasionnels).

II. b – Equipements satellitaires

Afin d'atteindre les objectifs de cette étude et de limiter les impacts potentiels de l'équipement satellitaire sur ces oiseaux, plusieurs types de récepteurs GPS vont être évalués :

- Lors de cette première phase de captures, des balises (récepteurs) GPS de marque *Ornitela* solaire de 25 gr avec transmission des données via GSM (Modèle OrniTrack-

³ Trajectométrie : terme ayant trait à l'étude statistique des trajectoires suivies par des organismes

⁴ Accéléromètre: dispositif permettant de mesurer l'accélération instantanée selon les 3 axes de l'espace

25 - solar powered GPS-GSM tracker (<http://www.ornitela.com/25g-transmitter>) ont été utilisées.



Exemple de balise GPS de marque Ornitela de 25 gr utilisée. Notre modèle était noire avec une légère surélévation du panneau solaire.

- Ultérieurement des balises GPS solaire de marque « *e-obs* » seront utilisées

Pour mémoire : afin de développer des modules GPS adaptés aux contraintes de l'étude (saison hivernale, espèce partiellement forestière, enfouissement hivernal en igloo), un partenariat technique avait été engagé avec la société « Geolinks ». L'objectif était de créer des récepteurs GPS capables de surmonter de faibles périodes d'ensoleillement conditionnant le fonctionnement et le rechargement de la batterie. Pour ce faire des panneaux solaires expérimentaux avaient été conçus par le Centre d'Énergie Atomique et un nouveau système de transmission des données (LORA) devaient être testé. Malheureusement des contraintes de fabrication et de disponibilité du matériel n'ont pas permis leur mise en œuvre sur le terrain.

Les données collectées par ces balises sont de deux ordres :

- La localisation à un rythme dépendant de la programmation (classiquement pour les balises Ornitela installées, une localisation toutes les 10 minutes ou toutes les heures selon le niveau de charge de la batterie).
- Des mesures complémentaires apportées par des capteurs embarqués : accéléromètre potentiellement utile pour qualifier le type de comportement de l'oiseau et la température.

Trois modes de fixation des balises GPS ont été testés :

- Le mode sac à dos consistant à passer les 2 boucles de téflon sous les ailes.
- Le mode "baudrier" consistant à passer les deux boucles uniquement sous les 2 pattes. Ce mode est le plus utilisé chez les chercheurs américains travaillant sur les espèces de tétras de prairie. Il avait donc notre préférence au départ. Nous avons eu cependant du mal à le mettre en œuvre compte tenu de la structure des pattes du Tétrasyre qui a les genoux pratiquement rentrés dans les flancs ce qui rend la pose délicate.
- Le mode harnais, classiquement utilisé chez les grands oiseaux voiliers. Il consiste à croiser les deux boucles sous le thorax de l'animal.

III – Résultats

III. A – Evaluation de la méthode de capture

Malgré le nombre de tentatives, peu d'oiseaux ont été capturés pour deux raisons essentielles (Tab. I) :

- La première est l'absence de contact des oiseaux avec les filets. En effet, leur positionnement peut changer d'un jour à l'autre et leur mobilité au sol aussi. Sur les 11 essais de capture infructueux, 6 sont liés à ce fait, notamment en début de période avant le 15 mai quand les oiseaux sont moins actifs sur les places. A noter que le rappel du chant du coq et de la poule à l'aide d'un magnétophone et de la présence d'une poule empaillée, n'a pas permis nettement d'attirer les oiseaux et ainsi d'augmenter la probabilité de capture

- La deuxième est liée au filet qui s'est révélé finalement peu capturant. Si sur 3 poules touchant le filet, 2 ont été capturées, ce pourcentage est bien plus faible pour les mâles. Ainsi, 19 coqs ont touché le filet pour seulement 4 capturés (plusieurs coqs peuvent toucher le filet dans la même matinée). En fait, la raison essentielle réside dans le fait que l'oiseau n'est pas vraiment retenu par le filet et qu'il réussit en poussant à finalement passer dessous. Nous avons réalisé ce point en fin de saison et avons tenté de fixer le bas du filet au sol ce qui a conduit à un oiseau de, manifestement, passer au travers. Ainsi, nous essayerons à la prochaine session encore un autre type de filet d'une maille légèrement supérieure et plus solide.

Ces tentatives ont permis la capture de 6 oiseaux : 2 poules et 4 coqs (Tab I)

Hélas une mauvaise application du dispositif de fixation du GPS sur la première poule capturée a fait que le GPS est tombé au décollage de l'oiseau.

Ainsi au final les oiseaux suivants ont été suivis (Tab. II).

Tableau I : Détails des opérations de capture réalisées au printemps 2017

Date	Site	Nombre de coqs présents	Nombre de poules présentes	Coq touchant le filet	Coq pris	Poule touchant le filet	Poule prise	Raison échec	Nom animal
03/05/2017		2		0				coqs loin	
04/05/2017		5		0				coqs loin	
10/05/2017		5	2	0		1	1	coqs ne touche pas le filet	sans nom
12/05/2017	Méribel arpasson	6	1	1	1				Arcosse
16/05/2017		5		0				coqs loin	
17/05/2017		?		1				coq s'échappe	
18/05/2017		6	1	1	0	1	1	coq s'échappe	Abel
22/05/2017		3		0				coqs loin	
23/05/2017	Ménuires rocher noir	6	1	2	1			1 coq s'échappe en passant sous le filet, celui pris de nuit	Aconit
23/05/2017	Méribel combe du vallon	6	1	5	0	1	0	s'échappe en passant dessous	
24/05/2017	Ménuires Rocher noir	6	0	3	0			2 coqs différents mais se libèrent en passant dessous	
24/05/2017	Méribel combe du vallon	6	1	1	1			attrapé juste avant qu'il se libère	Alpha
30/05/2017		6	0	0				coqs loin	
31/05/2017	Ménuires Rocher noir	6	0	0				coqs loin, Aconit vu	
01/06/2017	Méribel combe du vallon	5	0	2	1			l'autre s'envole	Adonis
02/06/2017	Ménuires Rocher noir	6	1	2	0			1 coq se libère du filet et l'autre du filet tombant, Aconit vu	
06/06/2017		6	0	1	0			Le coq s'échappe	
Total	17			19	4	3	2		

Tableau II : Caractéristique des oiseaux capturés et équipés de balise GPS

Nom	Sexe	Age	Lieu de capture	Date de capture	Mode de fixation
Arcosse	Mâle	Adulte	Méribel Arpasson	12/05/2017	Sac à dos
Abel	Femelle	Adulte ?	Méribel Arpasson	18/05/2017	Baudrier
Aconit	Mâle	Adulte	Ménuires – Rocher noir	23/05/2017	Harnais
Alpha	Mâle	Adulte	Méribel – Mont Vallon	24/05/2017	Harnais
Adonis	Mâle	Immature	Méribel – Mont Vallon	01/06/2017	Harnais

III. B - Fonctionnement des balises GPS (de type « *Ornitela* »)

Les 5 balises posées ont relativement bien fonctionné. 3 d'entre elles ont pu se maintenir un niveau de batterie proche de 100% pendant la période estivale avec une localisation toutes les 10 minutes pendant la période de jour (1 h avant et après le lever ou le coucher du soleil). La transmission des données GSM quant à elle (une fois par tranche de 24 heures) a aussi parfaitement fonctionné.

Deux des GPS ont semblé cependant moins performants concernant la gestion de l'énergie disponible. Les balises de la femelle *abel* et surtout du mâle *adonis*, avaient nettement plus de mal à maintenir une charge maximale de la batterie, ce qui a imposé de réduire le nombre de localisations. La balise *d'adonis* s'est de plus révélée bien moins performante dans sa capacité à capter les satellites avec notamment beaucoup de données manquantes (aucun satellite capté, Fig. 1).

La gestion des données (téléchargement) et la programmation des GPS sont très opérationnelles via le site internet du constructeur qui permet un accès simple et clair aux fonctionnalités nécessaires.

La précision des localisations ne semble toutefois peut-être pas optimale, en moyenne 5 à 7 satellites sont mobilisés ce qui donne une précision de l'ordre de 10 à 20 m de rayon.

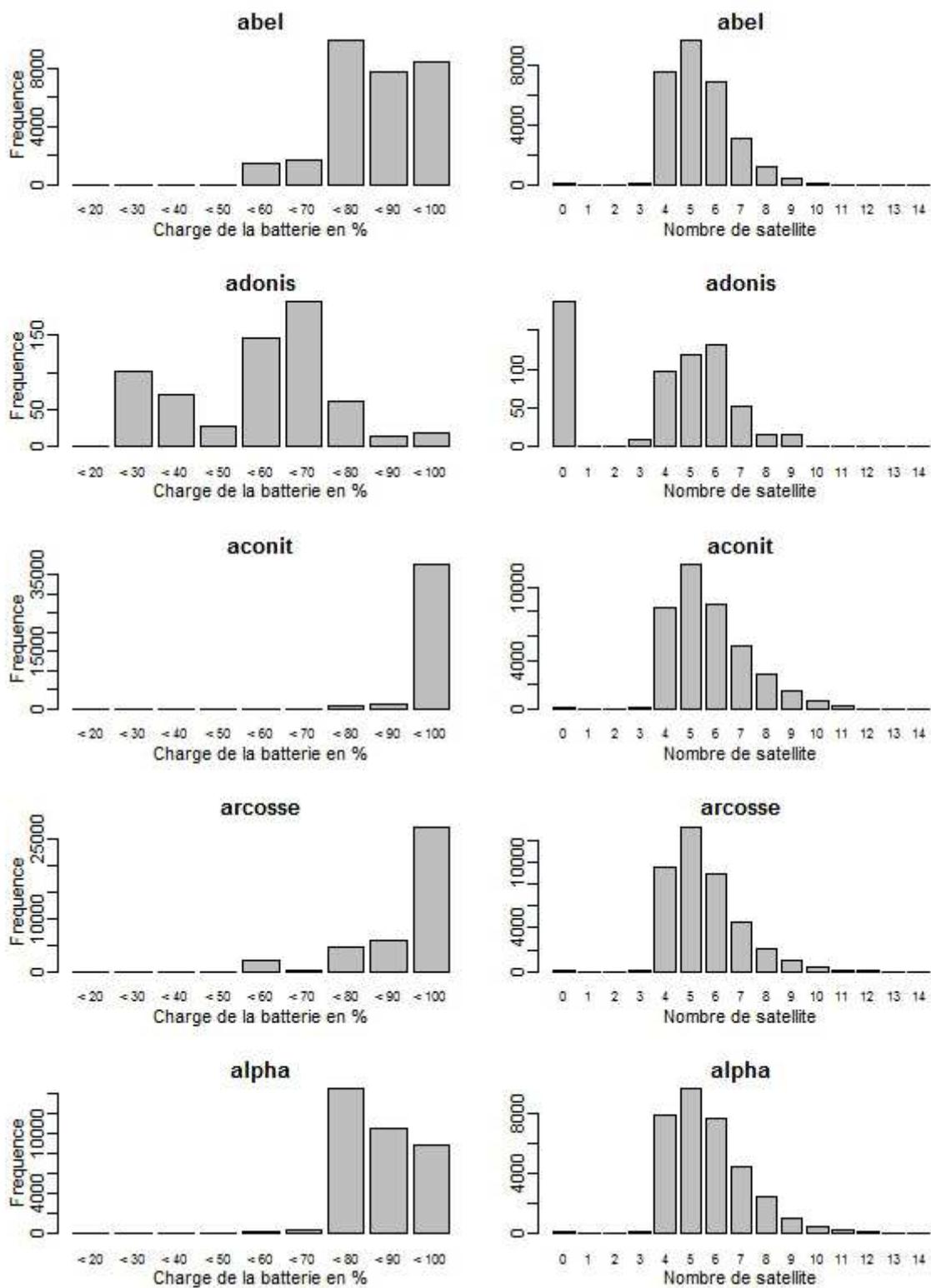


Figure 1. Comparaison des performances des balises GPS posées sur 5 tétras-lyres dans les domaines skiables de Méribel et des Menuires.

La première colonne montre l'histogramme des valeurs de charge de la batterie mesurée à chaque localisation, la deuxième colonne montre la distribution du nombre de satellites mobilisés pour réaliser la localisation.

III. C – Evaluation des conséquences de la pose de balise satellitaire sur les oiseaux

Sur les 5 oiseaux équipés au printemps, 3 mâles sont morts durant l'été. L'examen des restes trouvés à proximité de la balise (à savoir essentiellement l'aspect, la distribution et la quantité de plumes) suggère fortement que deux oiseaux ont été prédatés, l'un par un rapace, l'autre par un carnivore, et le troisième aurait probablement percuté un câble de télésiège (Tableau III).

La signature la plus évidente concerne "Aconit" où la balise a été trouvée à côté d'un grand tas de plumes, aussi bien plumes de corps que plumes de vol (Fig.2). Ceci correspond très fortement à une prédation par l'Autour des palombes qui plume l'oiseau sur place. Le fait que la carcasse n'ait pas été retrouvée s'explique par le fait que plusieurs jours se sont écoulés entre le moment de la mort et la découverte de l'oiseau, ce qui a laissé tout le temps à un carnivore d'emporter les restes.



Figure 2. Image de la plumée de "Aconit" tué vraisemblablement par un Autour des palombes

Le cas qui est le plus délicat concerne le cas du mâle "Arcosse" qui a été découvert sous l'aplomb d'un câble de télésiège (Fig. 3).



Figure 3 : Localisation du site de mort du mâle "Arcosse" à l'aplomb du câble de Télésiège des combes. Ce télésiège débrayable a été créé en novembre 2015 en remplacement d'un ancien télésiège se trouvant quelques centaines de mètres plus au Sud.

Outre la localisation à l'aplomb du câble, ce qui nous incite à penser qu'il s'agit d'une percussion, est la quasi-absence de plumes à proximité de la balise. Dans le cas de "Adonis" diagnostiqué comme une prédation carnivore, de nombreuses plumes ont été trouvées, éparpillées sur 10 – 20 m. Ici il est supposé que la proie a été trouvée morte et n'a donc pas nécessité d'être maîtrisée par le prédateur, laissant ainsi peu de plumes. Il faut cependant souligner que ce nouvel appareil avait fait l'objet d'une visualisation à l'aide du dispositif *BirdMark*.

Même si ces éléments vont dans le sens d'une mortalité par percussion, nous ne pouvons toutefois en l'absence de découverte du cadavre frais en avoir la preuve absolue.

La deuxième interrogation concerne ce taux apparemment élevé de mortalité quelle que soit la cause impliquée. On est en droit de s'interroger sur le possible impact du dispositif GPS sur la survie.

On peut envisager deux mécanismes qui affectent la survie suite à l'équipement des oiseaux. Un premier effet concerne le stress induit pas la capture elle-même associé au temps d'adaptation de l'oiseau équipé de la balise. Dans notre cas, tous les ports de balise ont dépassé 1 mois ½, temps largement suffisant pour écarter un effet de mortalité directement induit par

le stress de capture. Il est vraisemblable que la femelle "Abel" vu son mauvais état physique apparent, ait souffert d'un fort stress de capture, expliquant le fait qu'elle soit restée au moins 2 jours presque sans bouger. Pour autant, la chance a fait qu'aucun prédateur ne l'a rencontrée à ce moment, et cette phase passée, elle a montré une forte aptitude à survivre et à se déplacer jusqu'à maintenant.

Un deuxième effet possible concerne l'augmentation de la vulnérabilité à la prédation, soit par ce que le dispositif rend l'oiseau plus visible et donc plus détectable, soit qu'il affecte les mouvements et rend donc l'oiseau moins apte à s'échapper une fois détecté.

Le dernier cas de figure (perte de mobilité de l'oiseau), nous semble assez peu probable compte tenu des mouvements observés chez certains oiseaux qui suggèrent que leur capacité de vol n'est guère affectée. Par contre, la possibilité que la détection soit facilitée à cause du dispositif ne peut être écartée. Cet impact devrait logiquement surtout affecter le risque de prédation par un rapace, prédateur chassant uniquement à vue. Pour les carnivores qui détectent leurs proies principalement à l'odeur, on voit mal en quoi le dispositif faciliterait leur détection, à moins qu'il facilite leur capture une fois détecté si la balise freine leurs mouvements de fuite.

On peut tenter de simuler la probabilité que ce taux de mortalité constaté (60% 3/5) soit observé pour une valeur de mortalité théorique donnée.

Le taux de mortalité naturel entre mai et août du Tétrasyre a été estimé essentiellement dans deux études, menées dans le Queyras dans les années 90 (Caizergues and Ellison, 1997) et aussi dans une étude menée dans le Piémont Italien dans les années 2000 (Rotelli, non publié). On obtient une estimation de mortalité naturelle de mai à août comprise entre 15 et 20%.

L'estimation de l'intervalle de confiance d'une proportion se modélise à partir de la distribution de probabilité de la loi binomiale qui prédit le nombre d'occurrence d'un événement binaire (ici mort versus vivant) ayant une probabilité p d'intervenir pour un nombre de répétition de n observations indépendantes (ici les 5 individus soumis au processus binomial).

A partir de la loi binomiale on peut ainsi calculer la probabilité d'avoir au moins 3 oiseaux morts sur 5 alors que la probabilité théorique de l'événement est fixée à 0,18.

On trouve que cette probabilité est seulement de 4%.

Si on exclut le cas de mortalité probable par câble, (2 morts sur 5) la probabilité que cet événement arrive devient de 22%, événement nettement plus vraisemblable.

L'hypothèse selon laquelle les balises installées sur les oiseaux aient, d'une façon ou d'une autre, impacté leur survie semble devoir être retenue. Cependant, et compte tenu de la fragmentation des habitats sur les sites d'études et les conséquences que celle-ci peut avoir en terme de dérangements et d'accessibilité à la prédation, il n'est pas non plus exclu que les pertes engendrées soient dues à l'effet du hasard.

Il faut enfin noter qu'actuellement (le 25 janvier 2018), les deux oiseaux (un mâle et une femelle) qui ont passé le cap de la fin d'été sont toujours vivants. Ceci nous amène à penser qu'une forte pression de prédation devait exister à ce moment dans la zone d'étude.

On peut mentionner également que l'impact sur la survie ne semble pas obligatoirement concerner tous les galliformes, ainsi, les 5 lagopèdes équipées de balise GPS en Haute Savoie au printemps 2017 et 2018, montrent des taux de survie particulièrement élevés (F. Sebe, B. Muffat_Joly et C. Novoa, com. pers.).

III. D - Comportement des oiseaux – occupation du domaine vital

Il n'a pas été possible dans ce premier rendu d'exploiter toutes les données obtenues. Le but ici est simplement d'exposer quelques premiers résultats concernant le calcul des domaines vitaux et des déplacements réalisés.

Méthode d'analyse

Le domaine vital se définit comme la portion d'espace utilisée par un animal lors de ses activités habituelles telles que recherche de nourriture, du partenaire, *etc* ... (Burt, 1943). La forme et la taille du domaine vital reflètent les interactions entre les besoins de l'espèce et des individus d'une population, avec la distribution spatio-temporelle des ressources. L'analyse conjointe de l'occupation de l'espace et des ressources permet l'étude de la sélection de l'habitat.

La définition du contour d'un domaine vital et le calcul de sa surface à partir d'une série de localisations dans l'espace, est en soi un vaste domaine en écologie. Nous proposons ici deux approches :

- La classique et très ancienne méthode du polygone convexe minimum qui définit le contour du domaine, en rejoignant simplement les localisations extérieures. (Mohr, 1947). Elle donne simplement une indication de l'emprise spatiale des localisations, quitte à intégrer dans le domaine de vastes espaces non utilisés.

- La méthode des "ponts browniens" (Horne et al., 2007). Cette méthode combine une modélisation de la distribution de présence autour des localisations prenant en compte l'incertitude de localisations et une modélisation de la probabilité de présence lors du trajet entre deux localisations successives. Elle construit donc une distribution de probabilité de présence qui rend compte non seulement de la possible (et fréquente) hétérogénéité spatiale d'utilisation à l'intérieur de l'aire occupée mais aussi, les relations de dépendances temporelles entre localisations successives. Elle constitue une avancée vis-à-vis de la méthode des noyaux (Worton, 1989) qui modélise la probabilité de présence comme si chaque localisation était un échantillon indépendant d'une distribution spatiale unique. La méthode des noyaux ne prend donc pas en compte les relations de dépendances temporelles fréquentes avec des données de GPS du fait de la fréquence élevée des localisations.

La dernière méthode en date visant l'estimation de domaines vitaux à partir de données GPS non encore implémentées ici, est la méthode des ponts browniens dynamiques (Kranstauber et al., 2012). Elle consiste à modéliser la distribution d'utilisation des déplacements en ne postulant pas un comportement homogène au cours de la période de suivi. Cette méthode implique donc une étude préalable du comportement pour détecter d'éventuelles variations du comportement spatial et d'adapter les paramètres du modèle en conséquence.

Préalablement à l'implémentation de ces méthodes, les données GPS doivent être scannées pour détecter les erreurs de localisation. En effet, de temps à autres, des points aberrants sont constatés. Un algorithme de tri a été codé sur le logiciel R pour ce faire en suivant la logique de (Bjorneraas et al., 2010). Il analyse en fonction des distances et des angles entre localisations successives lesquelles sont anormalement excentrées et les élimine.

L'ensemble des calculs, traitements et représentations graphiques ont été implémentés dans le logiciel R (R-Development-Core-Team, 2004) avec en particulier l'utilisation des bibliothèques "adehabitatHR" et "adehabitatLT" (Calenge, 2006)

Taille des domaines vitaux

Les superficies des domaines vitaux (DV) sont exprimées en hectares selon les deux méthodes (polygone convexe (MCP) et ponts browniens (BB)). Elles sont présentées dans le tableau III.

Tableau III : Taille des domaines vitaux (ha) des tétras-lyres équipés de balises GPS en 2017 sur les domaines skiables de Méribel et des Ménuires.

Pour la femelle Abel et le mâle Alpha les DV sont aussi calculés sur une partie des données après exclusion des journées d'erratismes (voir ci-dessous). MCP100 , MCP95 donne respectivement le MCP avec 100% et 95% des localisations. Le BB est calculé avec 95% des localisations. Le champ Cause indique les raisons de l'arrêt du suivi, mort de l'animal ou bien "interrompu" signifie que l'animal est toujours vivant mais que la période retenue pour le calcul du DV a été interrompu au 15 septembre.

Animal	MCP100	MCP95	BB95	Date-début	Date-fin	Cause	Lieu
Aconit-partie	39	18	12	23/05/2017	08/08/2017	prédation rapace	Ménuires
Arcosse	264	235	80	12/05/2017	27/08/2017	percussion câble	Méribel
Adonis	139	117	34	01/06/2017	20/07/2017	prédation carnivore	Méribel
Abel	476	183		18/05/2017	15/09/2017	interrompu	Méribel
Abel-partie	133	89	32				
Alpha	1483	200		24/05/2017	15/09/2017	interrompu	Méribel
Alpha-partie	474	120	91				

Caractéristiques des comportements des 5 individus suivis.

Les localisations de chaque oiseau sont représentées ci-dessous. La représentation en niveau de gris du plus foncé (début de période) au plus clair (fin de période) permet de visualiser plus facilement la succession temporelle des observations. Les axes des figures correspondent aux coordonnées projetées en Lambert 93, l'unité est le mètre.

Mâle Aconit

Nous présentons ici deux cartes. La première (Fig. 4) montre l'ensemble des localisations obtenues entre le 23 mai et le 8 août, date de la mort de l'oiseau.

Les localisations excentrées au nord de l'image correspondent en fait à celles obtenues le jour de la capture après que l'oiseau se soit déplacé de plus d'1 km, sans doute en conséquence du stress généré. Comme le soir même cet oiseau est revenu sur le secteur de la place de chant et qu'il n'est jamais retourné dans cette zone par la suite, nous avons donc considéré qu'il était préférable d'exclure cette zone de l'analyse du domaine vital.

La Figure 5 montre donc un zoom du domaine vital utilisé.

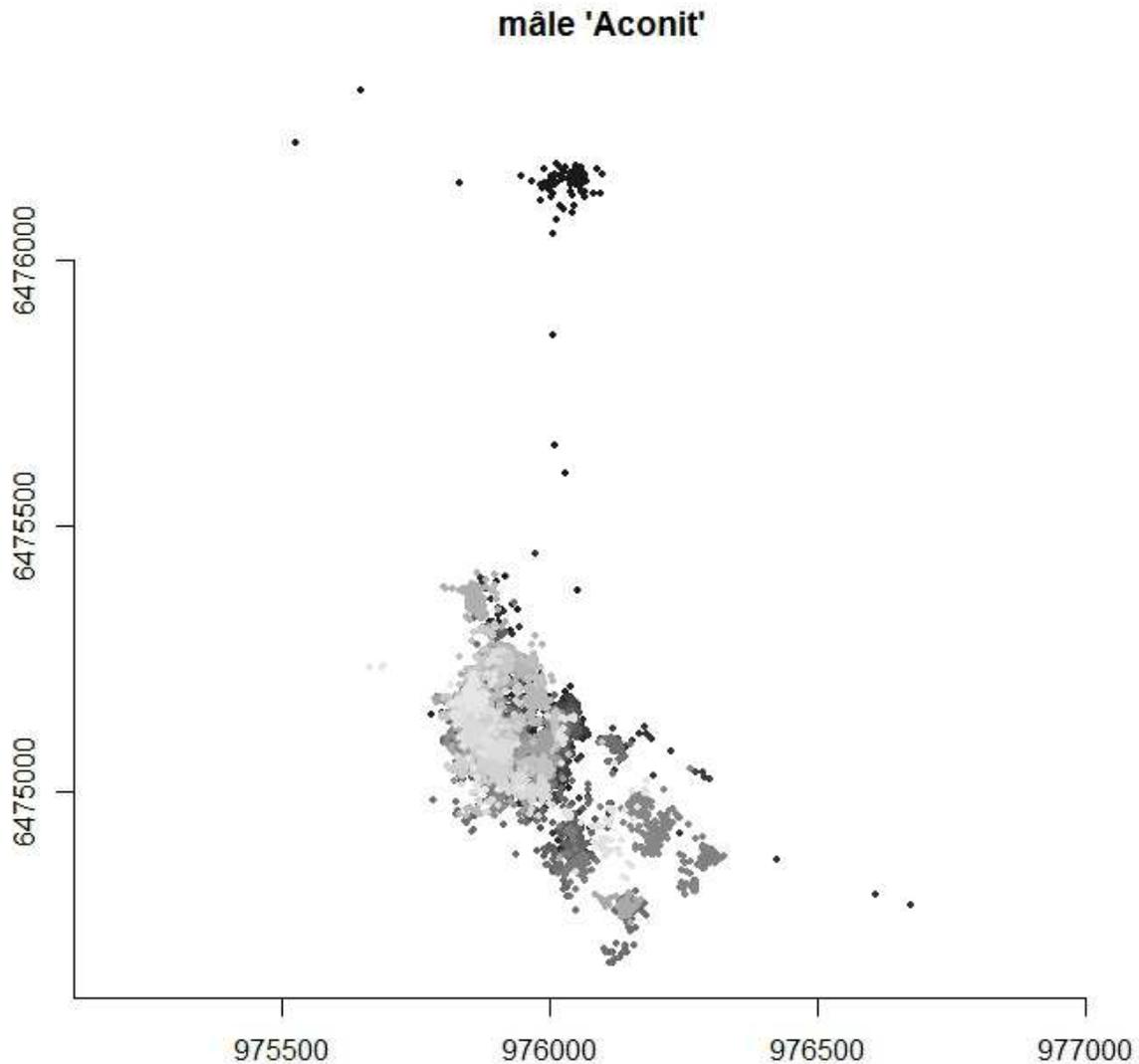


Figure 4 : Localisations du mâle "Aconit" entre le 23 mai et le 8 août 2017 sur le domaine skiable des Menuires (Télesiège du Rocher Noir). Les graduations sont en mètres.

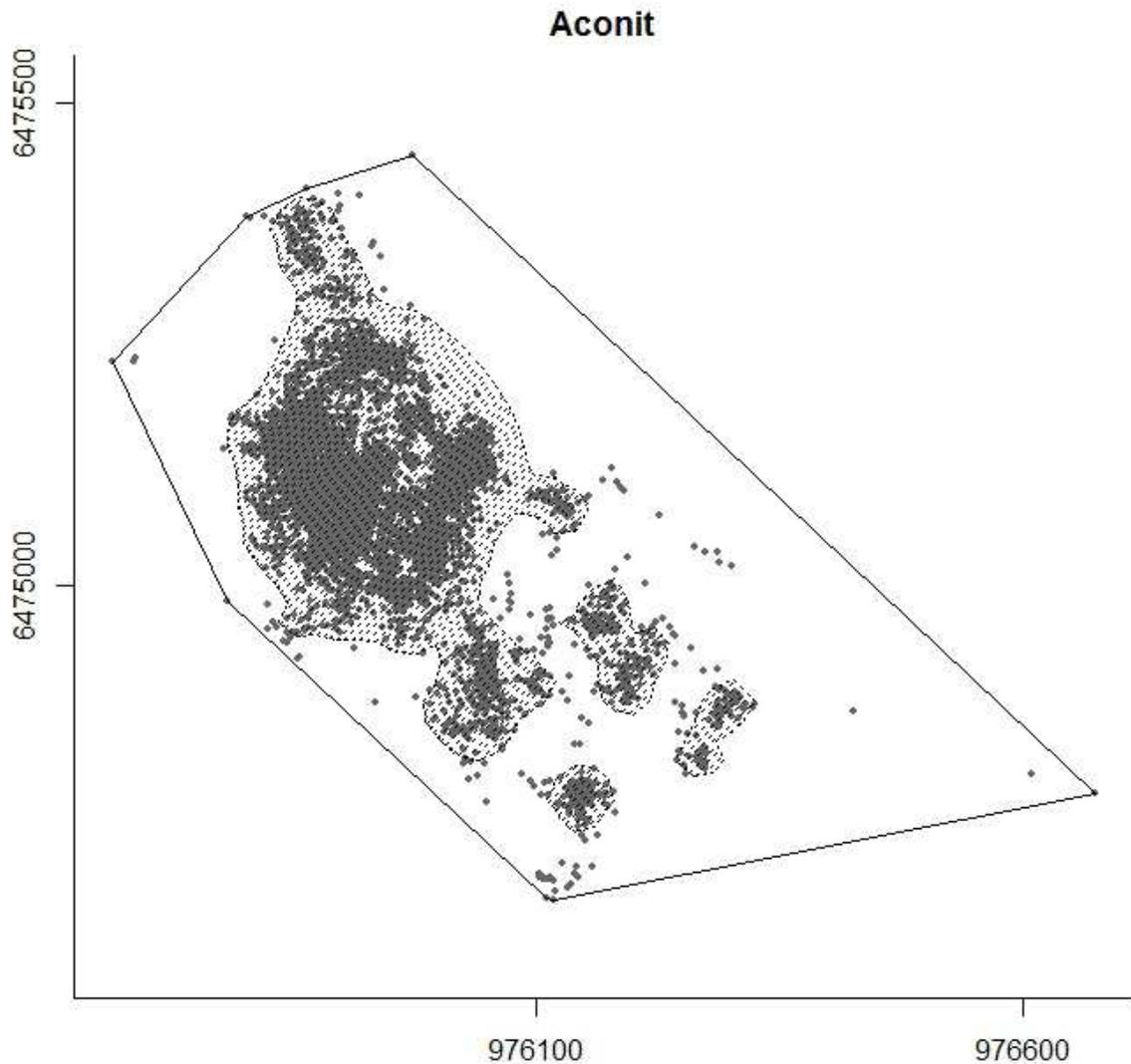


Figure 5 : Localisations et domaine vital du mâle "Aconit" du 24 mai au 8 août 2017 sur le domaine skiable des Menuires (Télésiège de Rocher Noir). Le trait plein détermine le contour du domaine vital de 100% des données par la méthode MCP. La zone hachurée détermine le domaine vital par la méthode BB (voir explication page 9).

Si on exclut les données du premier jour, ce mâle a donc occupé un domaine vital extrêmement réduit d'une dizaine d'hectares, centrée sur la place de chant où il a été capturé. Cela illustre sans doute le comportement typique d'un mâle dominant pour qui la place de chant constitue le déterminant essentiel de son comportement, même en période de mue estivale quand l'activité de chant est pratiquement nulle.

Mâle "Arcosse"

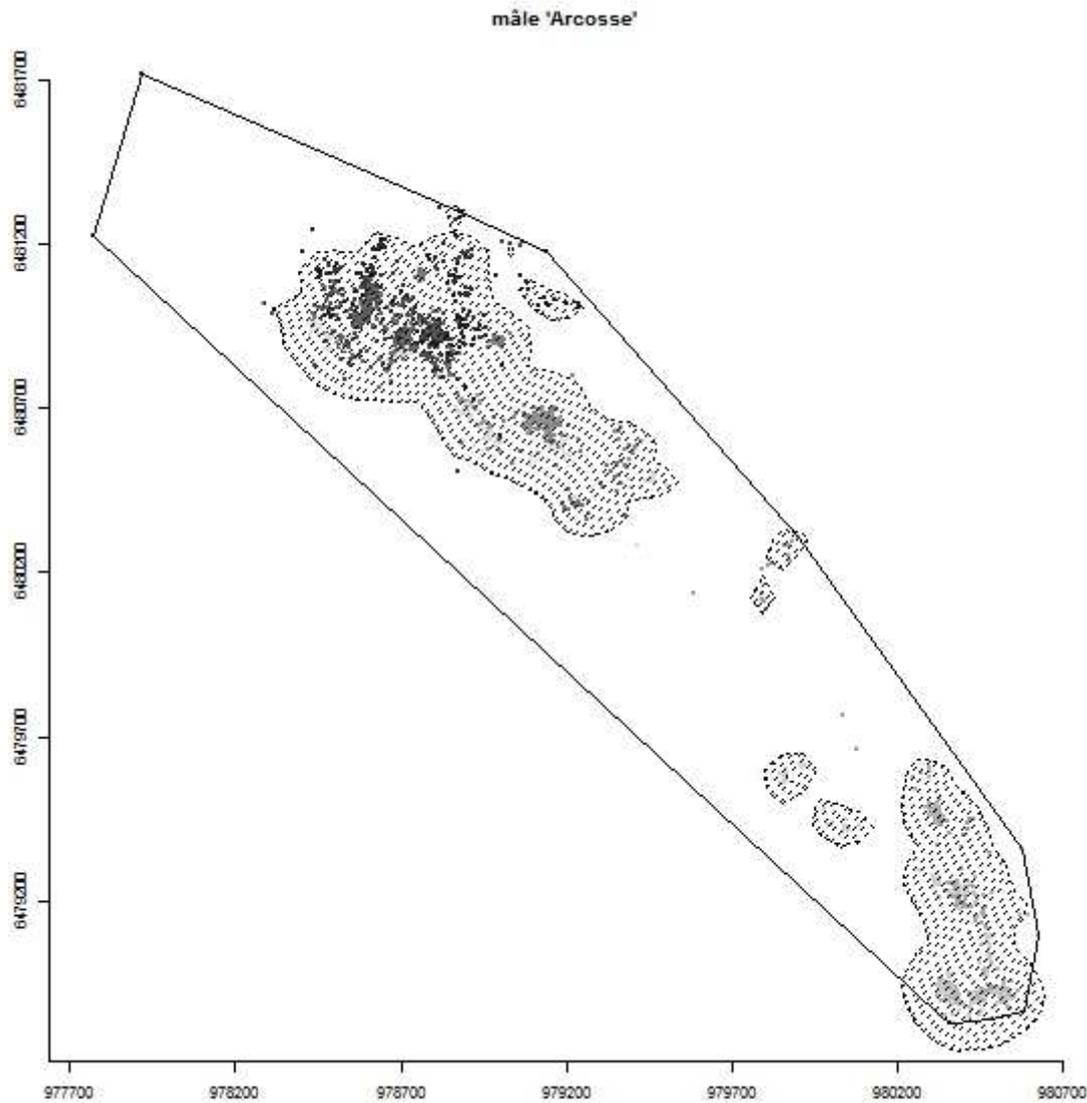


Figure 6 : Localisations et domaine vital du mâle "Arcosse" du 12 mai au 27 août 2017 sur le domaine skiable de Méribel (l'Arpasson). Le trait plein détermine le contour du domaine vital de 100% des données par la méthode MCP. La zone hachurée détermine le domaine vital par la méthode BB (voir explication page 6).

Ce mâle a montré un comportement spatial bien différent du précédent, avec 80 ha occupé (BB) et plus de 200 ha quand on intègre les localisations les plus extérieures. On constate en particulier, que le domaine est composé de deux parties : l'une au nord, d'une soixantaine d'hectares centrée sur la place de chant, l'autre au sud d'une vingtaine d'ha occupée uniquement pendant la période estivale.

Une présentation différente de ce jeu de données dans la figure 6 où le jeu de localisations a été standardisé à une localisation par heure et les trajets reliant les points représentés, montre bien que l'oiseau n'a fait qu'un seul aller-retour entre ces deux secteurs distants d'environ 3 km.

On peut interpréter ce comportement comme un déplacement entre la zone de chant et la zone de mue occupée durant un mois, du 19 juillet au 19 août.

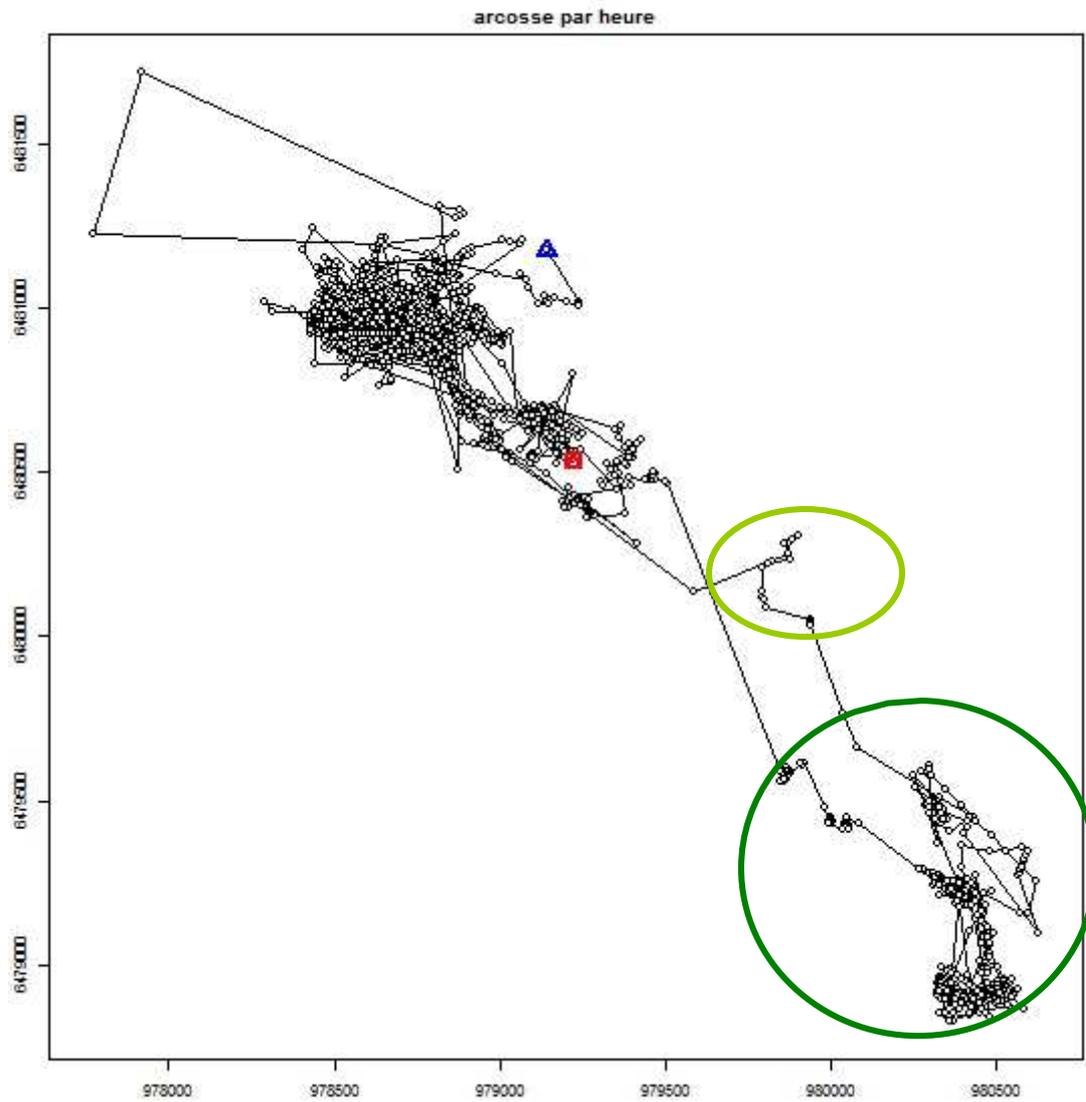


Figure 7 : Localisations et trajets suivis par le mâle "Arcosse" du 12 mai au 27 août 2017 sur le domaine skiable de Méribel (l'Arpasson. Le triangle bleu correspond au site de capture, le carré rouge à la dernière localisation. Le cercle vert clair indique la zone occupée le 18 juillet, jour de départ vers la zone d'estive. Le cercle vert foncé indique la zone d'estive occupée du 19 juillet au 19 août.

Mâle "Adonis"

Il s'agit du seul mâle immature capturé en fin de période de chant en limite de la Réserve de Tuéda. Comme mentionné plus haut la balise de cet oiseau n'a pas montré un fonctionnement optimal mais néanmoins suffisant pour pouvoir caractériser son comportement spatial.

Mâle Adonis

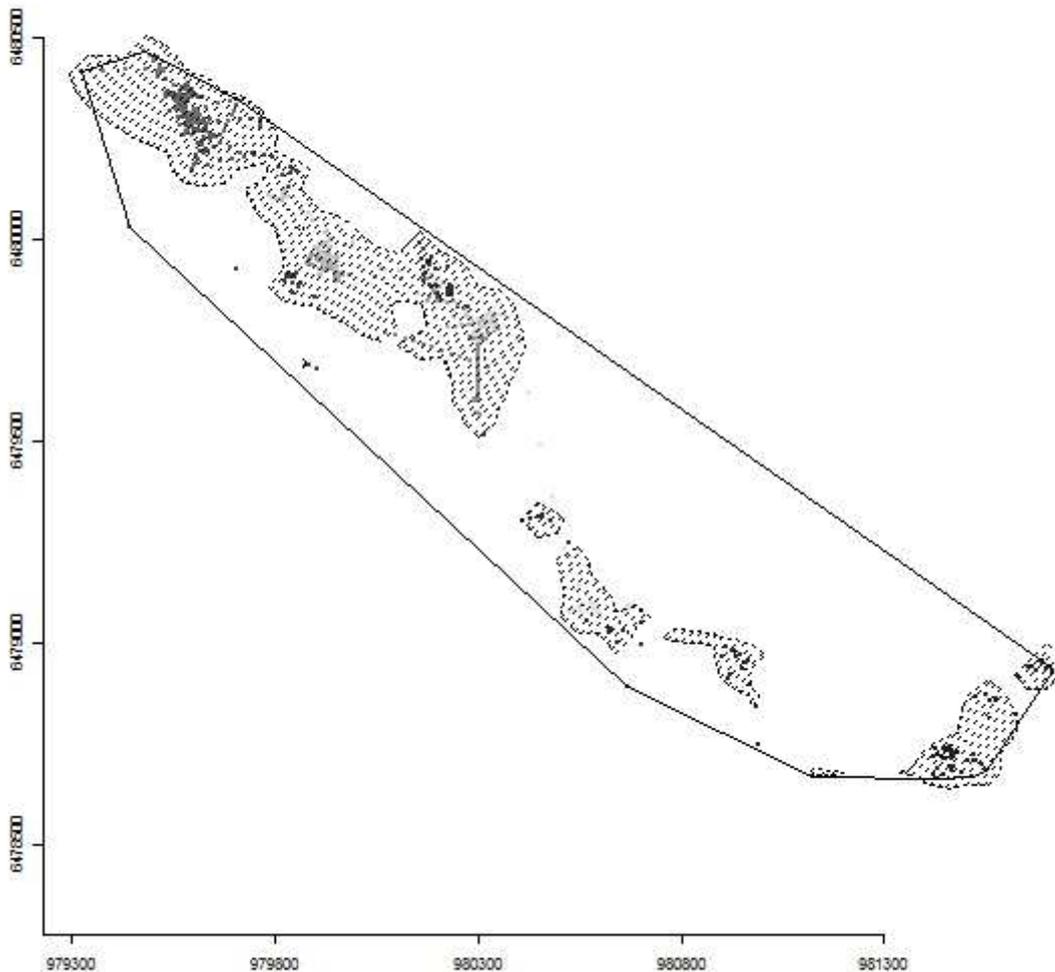


Figure 8 : Localisations et domaine vital du mâle "Adonis" du 1 juin au 20 juillet 2017 sur le domaine skiable de Méribel (Mont vallon). Le trait plein détermine le contour du domaine vital de 100%. La zone hachurée détermine le domaine vital par la méthode BB (voir explication page 9).

Cet oiseau a montré une distribution spatiale assez éclatée avec l'occupation successive de plusieurs zones distinctes distribuées le long de plus de 3 km de versant. Compte tenu de la date tardive de capture, nous ne pouvons pas connaître son comportement pendant le pic de chant en mai. Par ailleurs il est possible qu'un ou deux mouvements erratiques aient eu lieu mais la qualité des localisations et le traitement appliqué à ce jeu de données ont peut-être conduit à les éliminer.

Pendant 3 jours après la capture (zone sud-est) il s'est cantonné dans la cembraie de Tuéda. Puis en 2 jours, a gagné le 6 juin la partie est du noyau nord du domaine vital. Le 10 juin il s'est déplacé pour atteindre la partie nord de la zone nord de son domaine jusqu'au 26 juin. Le

27 juin il est retourné occuper la partie est de ce noyau nord jusqu'au 18 juillet quand il s'est déplacé de 1 km vers le sud, pour occuper un petit secteur jusqu'à la date de sa mort le 20 juillet. La figure 9 illustre ces déplacements.

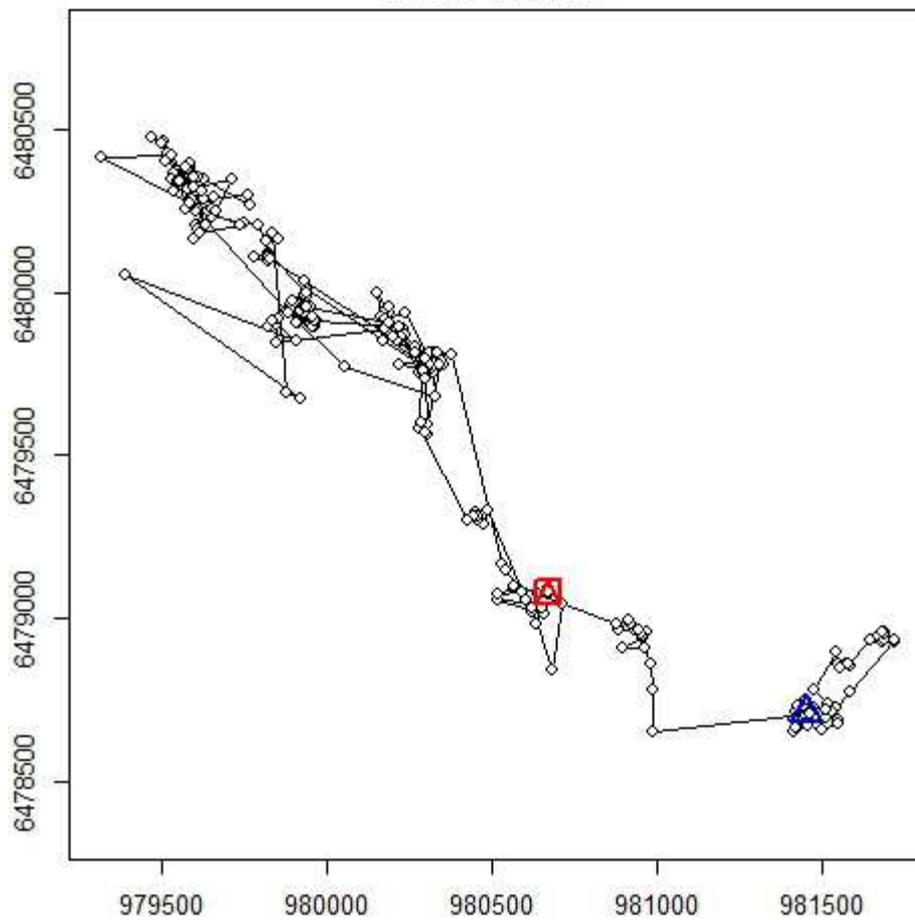


Figure 9 : Localisations et trajets suivis par le mâle "Adonis" du 1 juin au 20 juillet 2017 sur le domaine skiable de Méribel (Mont vallon). Le triangle bleu correspond au site de capture, le carré rouge à la dernière localisation.

Femelle "Abel"

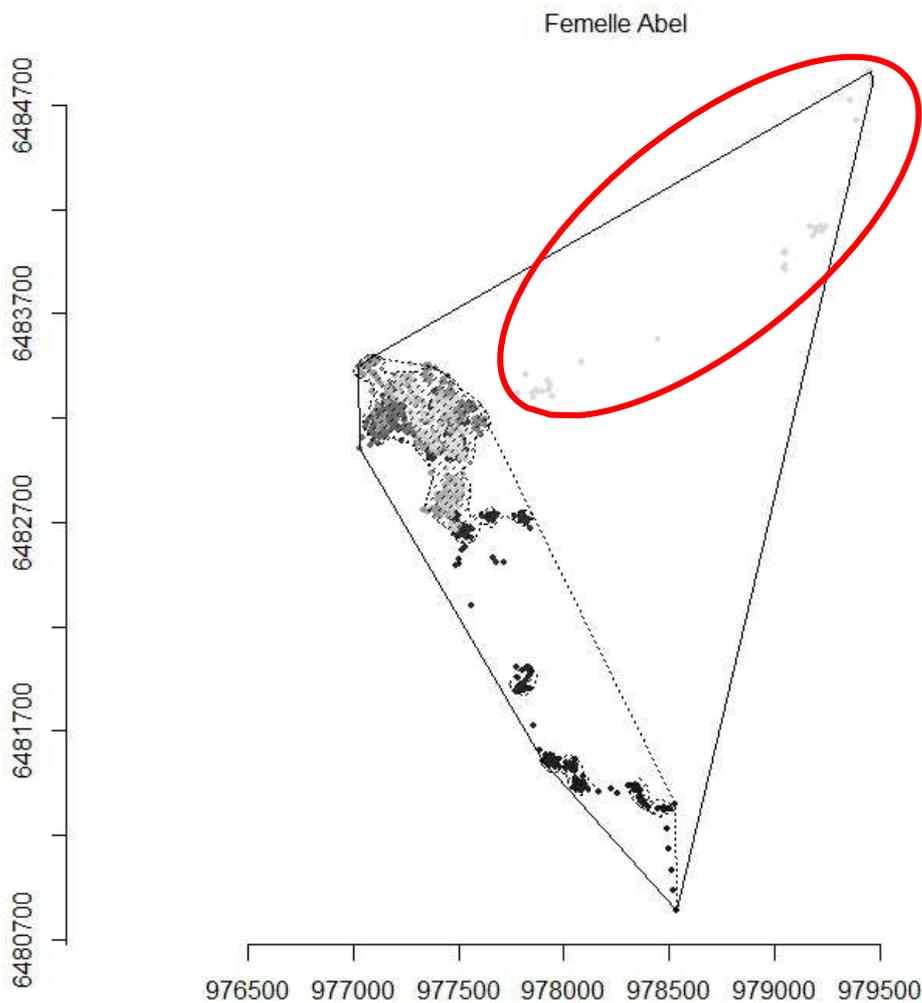


Figure 10 : Localisations et domaine vital de la femelle "Abel" du 18 mai au 15 septembre 2017 sur le domaine skiable de Méribel (l'Arpasson). Le trait plein détermine le contour du domaine vital de 100%. Le trait pointillé le domaine MCP des données sans la phase d'erratisme. La zone hachurée détermine le domaine vital par la méthode BB après exclusion de la phase d'erratisme. Le cercle rouge entoure les localisations obtenues entre le 6 et le 8 septembre (voir explication page 9 et ci-dessous)

Notre unique femelle suivie n'a pas montré de comportement reproducteur. Elle a quitté progressivement la zone de capture sur la place de chant après une période de quelques jours où elle est restée immobile sur le site de capture. Il faut noter que cette femelle était apparemment en mauvais état physique au moment de sa capture avec en particulier des plumes de vol extrêmement usées, ce qui nous a empêché de déterminer son âge (détermination basée sur l'examen de la forme et la présence de taches sur l'apex des deux rémiges primaires externes). Elle n'a pas pu s'envoler lors du lâcher. Manifestement elle a réussi à se remettre de cet état puisqu'elle est non seulement toujours vivante mais qu'elle a en plus, réalisé quelques grands déplacements en vol (voir plus loin).

Après la capture, elle s'est cantonnée dans une première zone intermédiaire jusqu'au 28 mai puis a rejoint son domaine vital principal d'une superficie d'une vingtaine d'ha à environ 3,7 km au nord du site de capture.

Une image *google-earth* sur une partie de ce domaine illustre la sélection fine de l'habitat que l'oiseau opère dans ce milieu de lande, non ou très faiblement boisé présentant une mosaïque

de pierriers, d'aulnes verts, myrtilles et genévriers. La végétation rase de la piste de ski (en bas de l'image) apparaît clairement évitée (Fig. 9).

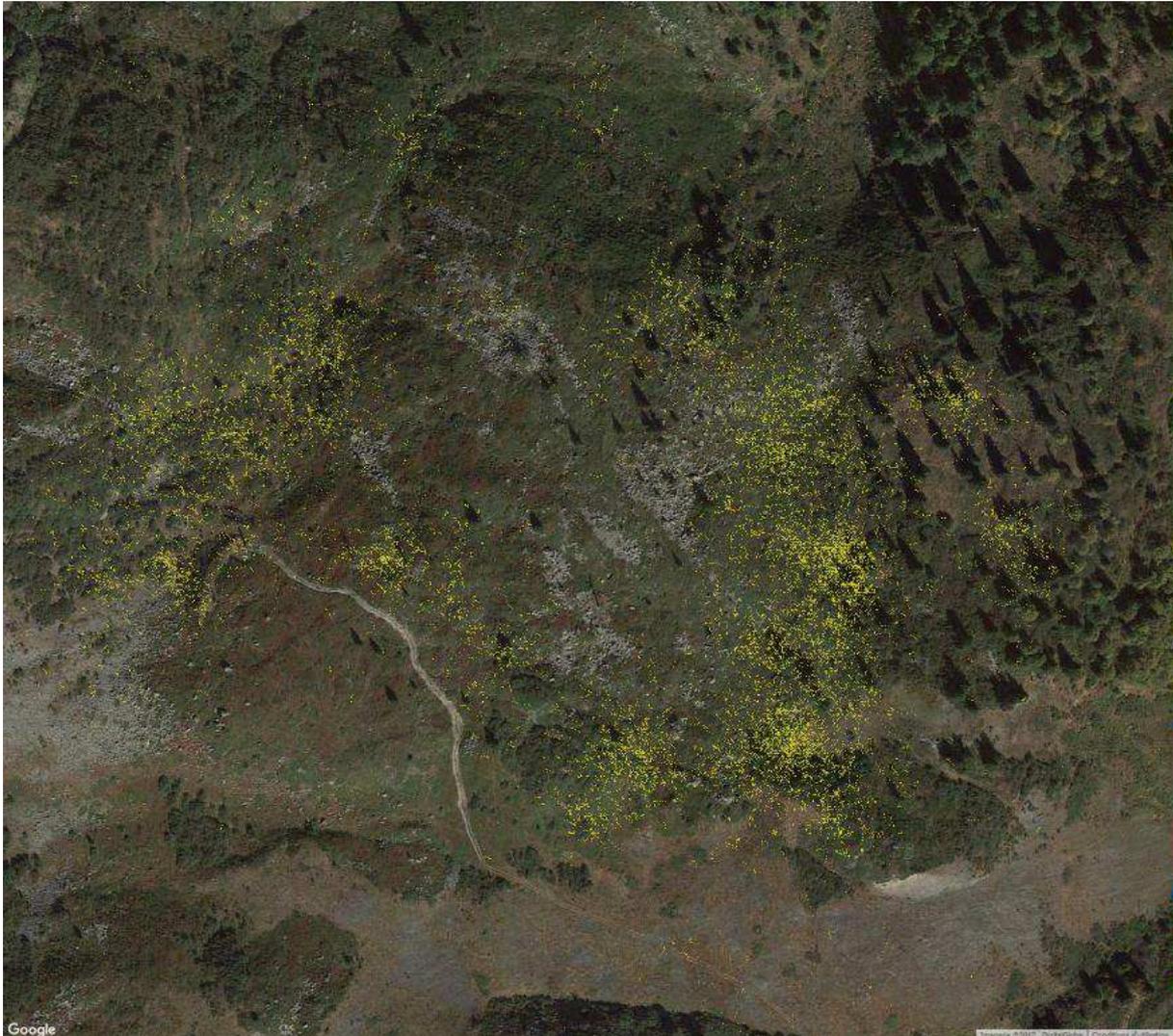


Figure 11 : Image satellite illustrant une partie des localisations de la femelle "Abel" sans jeune (points jaunes) à l'intérieur de son domaine vital estival. On reconnaît les pierriers, la piste de ski (au sud), les aulnaies en vert foncé, les genévriers en vert plus clair, les myrtilles de coloration rouge. Les grands arbres (épicéas principalement dans la partie droite de l'image) se reconnaissent à leur ombre portée. Echelle $\approx 1/6000^{\text{ème}}$.

L'élément marquant du comportement de cette femelle a été un déplacement brutal qui l'a conduit à traverser la vallée de Méribel (Fig. 12). Le 6 septembre vers 11 h 30 elle quitte son domaine vital et se retrouve après un vol de 3.7 km à 12h50 dans un petit bois au dessus du village de Mussillon (lieu dit *Chantemouche*) en lisière d'un golf. Elle y reste, probablement perchée jusqu'au lendemain matin quand elle s'envole à nouveau pour se poser dans le quartier pavillonnaire de Méribel en contrebas. On constate qu'elle passe la journée du 7 septembre dans les arbres de ce quartier. Il n'est pas certain qu'elle y passe la nuit car le lendemain le 8 septembre à 6h30, elle est repassée dans l'autre versant à 1530 m d'altitude (lieu-dit *Pré gras*) et remonte la pente progressivement pour arriver 2 h plus tard à 1740 m d'altitude en contrebas de son domaine vital habituel (*Pracoua*) où elle passe la journée et la nuit pour finalement rejoindre son domaine le 9 septembre à 10 h du matin. Son domaine vital habituel

est compris entre 1850 et 2050 m d'altitude. Il semble qu'une fois retraversée la vallée, le dénivelé de 300 m ait été réalisé à pied dans la forêt.

Nous ignorons les raisons d'un tel mouvement. Mais ceci illustre à la fois l'intérêt du dispositif pour étudier le comportement spatial et la capacité des tétras-lyres de se cantonner temporairement dans des lieux insoupçonnés !

On peut constater que seul le premier mouvement de départ a eu lieu en plein jour en fin de matinée. Les deux autres mouvements en vol ont eu lieu entre 6h30 et 7h30 et (heure d'été) et le deuxième, soit le soir après 18h50, ou à l'aube avant 6h30. Ceci renforce l'idée qu'un dérangement, humain ou prédateur, a provoqué ce déplacement important et qu'il a été finalement sans conséquence dommageable pour l'oiseau.

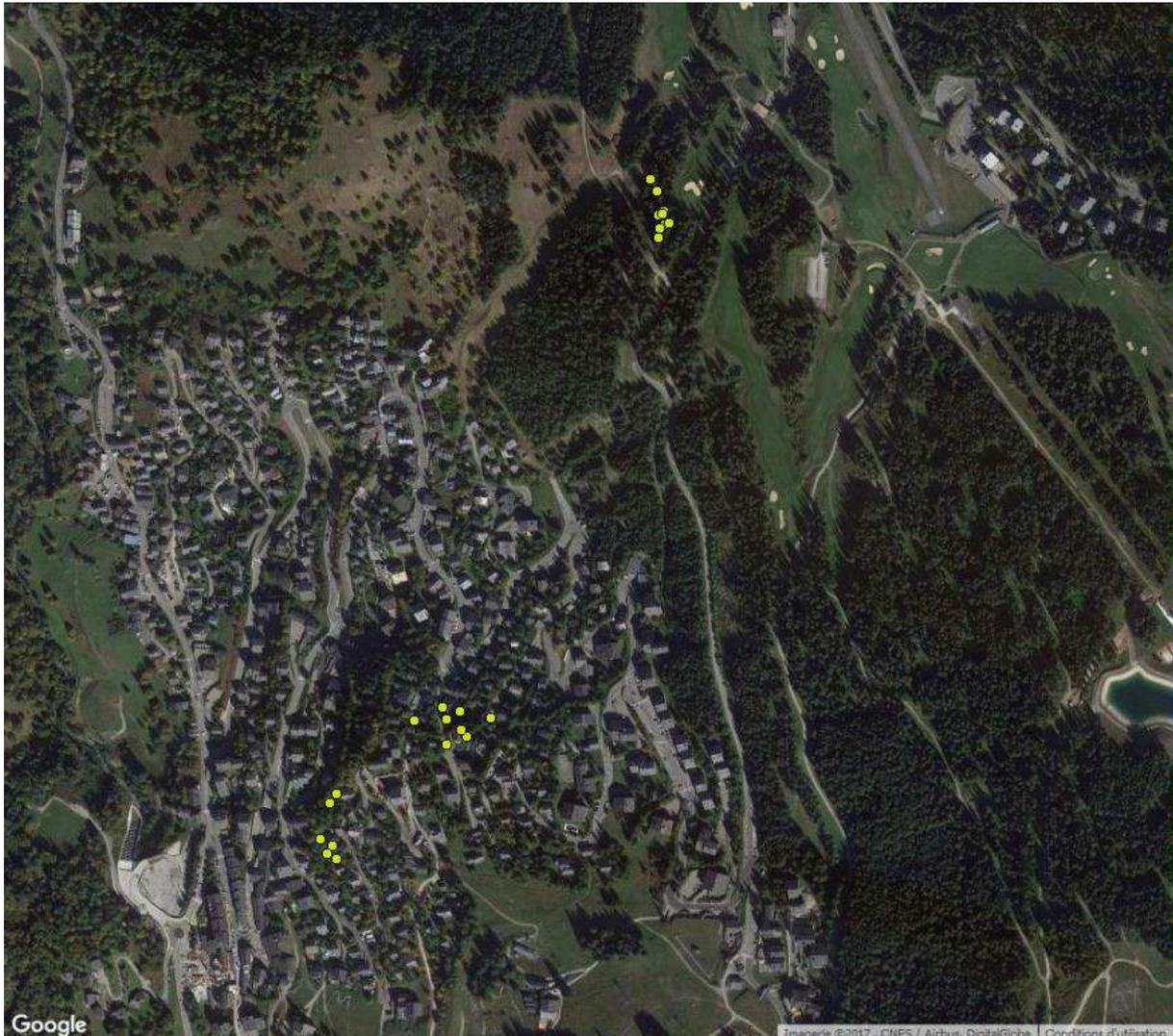


Figure 12 : Image satellite illustrant les localisations de la femelle "Abel" lors de son périple de deux jours au dessus de Méribel, les 6 et 7 septembre 2017. Les points jaunes groupés au nord correspondent aux localisations du 6, ceux du sud aux localisations de 7. Echelle : 1/10000^{ème}.

Mâle "Alpha"

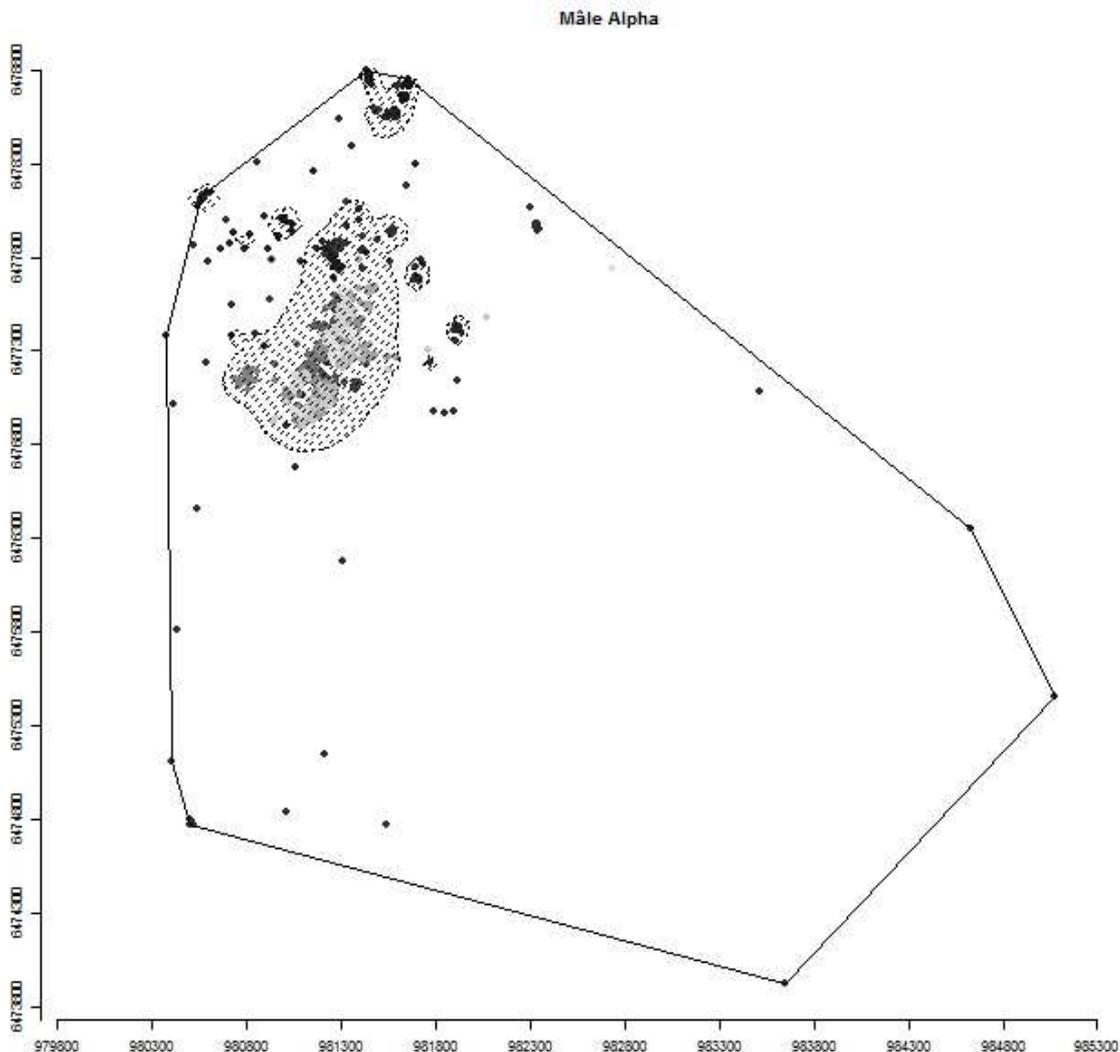


Figure 13 : Localisations et domaine vital du mâle "Alpha" du 24 mai au 15 septembre 2017 sur le domaine skiable de Méribel (Mont vallon). Le trait plein détermine le contour du MCP à 100%. La zone hachurée détermine le domaine vital par la méthode BB une fois exclus les mouvements erratiques (voir explication page 6).

Ce mâle est, avec la femelle "Abel", l'autre individu qui a montré d'importants déplacements erratiques.

Si l'on exclut la phase erratique la plus importante, le domaine vital principal reste cependant encore le plus grand avec 91 ha occupé (Tab. II). Ce domaine vital principal est composé de deux parties, l'une au nord, a été utilisée essentiellement en période de chant et alternativement jusqu'au 9 juin, l'autre au sud à la période estivale. Toutefois les déplacements de ce mâle apparaissent plus complexes qu'un simple mouvement aller-retour entre deux zones. La figure 14 illustre ce fait. Même en faisant abstraction du grand déplacement (voir plus loin) ce mâle a fait plusieurs déplacements de courte durée en dehors de son domaine d'estive habituel qui l'ont éloigné temporairement à 1 à 3 km. En dehors de ceux-ci on peut considérer que le domaine d'estive a été occupé sans discontinuer du 10 juin au 15 septembre.

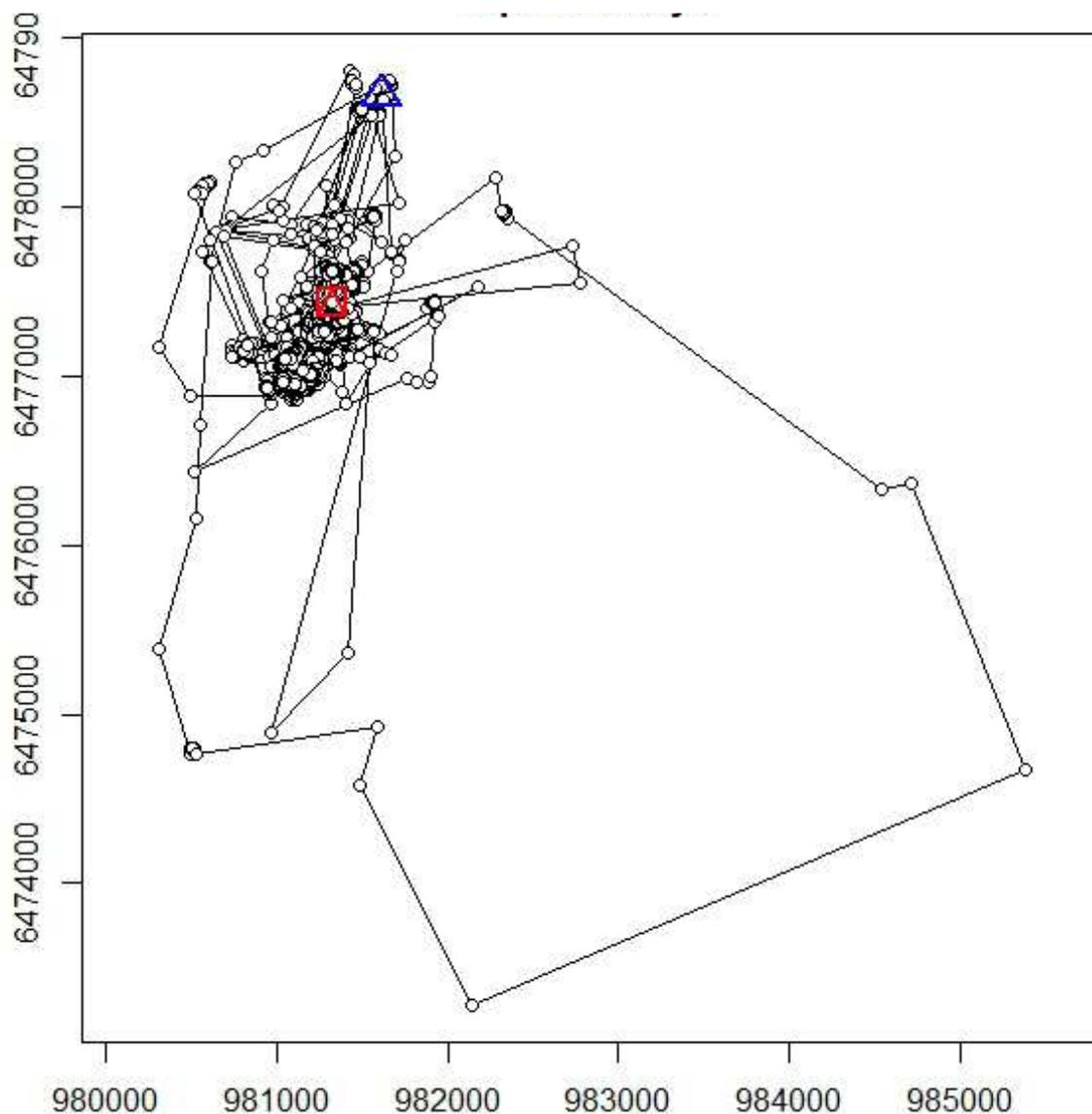


Figure 14 : Localisations et trajets suivis par le mâle "Alpha" du 24 mai au 15 septembre 2017 sur le domaine skiable de Méribel (Mont vallon). Le triangle bleu correspond au site de capture, le carré rouge à la dernière localisation. Les localisations sont retraitées pour exclure les localisations anormales et réduire le jeu de données à une localisation par heure.

Ce domaine estival d'une cinquantaine d'hectares compris entre 2150 et 2300 m d'altitude est caractérisé par une lande à rhododendrons et myrtilles, pratiquement sans arbres mais avec d'importants pierriers en limite avec le fond du vallon dominé par des pelouses subalpines pâturées et quelques taches de landes à myrtilles qui elles, n'ont pratiquement pas été utilisées.

Les déplacements excentrés réalisés par ce mâle ont trouvé leur apogée entre les 4 et 5 juin (Fig. 13). Dès le 3 juin, un petit aller-retour est constaté vers le sud entre 5h10 et 6h10 avec retour sur la zone estivale. Le 4 juin à 5h10 il part vers le sud directement jusqu'au col de la Chambre à 2800m où il stationne une grande partie de la journée, puis repart pour aller dormir sur le versant nord du Mont Peclat à 1870m. Ce premier trajet représente environ 7,7 km. Le 5 juin, il part à l'aube pour un trajet de 14 km, par la pointe du borgne, le versant Est au dessus Val Thorens à 2850, le grand Mont Coua à 2930m et la Roche Pellier où il s'arrête brièvement entre 7h10-8h10. Ce trajet le mène finalement sur l'arrête de Bois Marin à 2460 m où il passe la nuit. Le 6 juin il part à l'aube pour rentrer dans son domaine vital habituel.

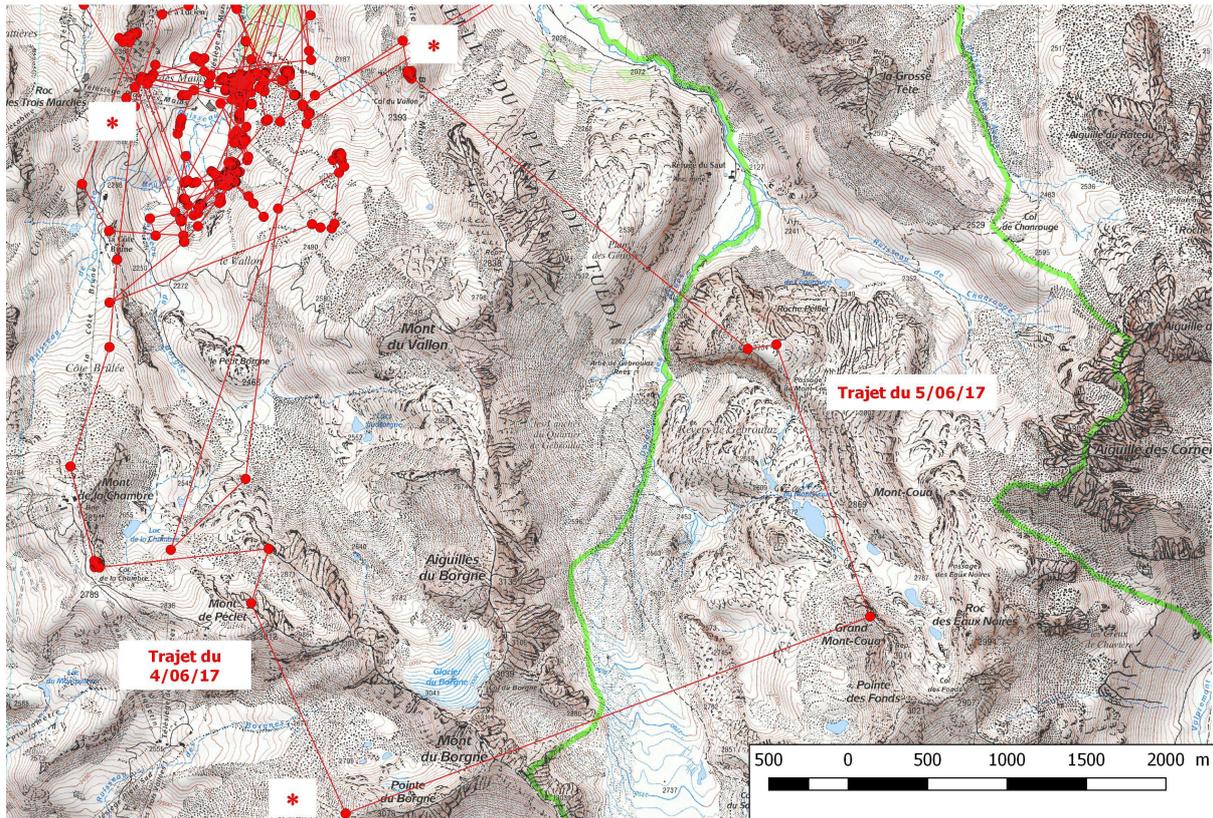


Figure 15 : Déplacements erratiques du mâle "Alpha" entre le 4 et le 5 juin. Les étoiles rouges signalent les sites où l'oiseau a passé la nuit.

Pendant ce trajet l'oiseau s'est arrêté dans des habitats qui ressemblent plus à de l'habitat de Lagopède que de celui du Tétrás-lyre, comme l'illustre une vue *google-earth* du stationnement près du col de la Chambre entre 9 h et 20h le 4 juin (Fig. 16).



Figure 16 : Stationnement temporaire du mâle "Alpha" le 4 juin lors d'un déplacement erratique. Altitude 2800m.

IV – PERSPECTIVES

Afin d'étayer ces hypothèses, et de répondre à l'ensemble des objectifs identifiés dans cette étude, le travail sera poursuivi comme envisagé sur l'année 2018.

Techniquement afin de tenter d'atténuer l'impact du port de la balise, au printemps 2018, nous équiperons les oiseaux d'autres dispositifs ayant une taille et un poids inférieur (15 grammes au lieu de 25 grammes).

A l'automne 2018 le comité d'experts constitué de Marc Montadert et de ses collègues de l'unité petite faune sédentaire de l'ONCFS (Claude Novoa, Ariane Bernard Laurent, Emmanuel Ménoni), de Jérôme Cavailles du PN Vanoise et de Philippe Auliac de la FDC 73, se réunira et réévaluera la situation. En fonction des survies observées sur les oiseaux dans les mois qui suivent le port de la balise, le comité apportera un éclairage sur les suites à donner à ce travail.

Références citées

- Arlettaz, R., Patthey, P. & Braunisch, V. 2013. Impacts of outdoor winter recreation on alpine wildlife and mitigation approach: A case study of the black grouse. *In: The impacts of skiing and related winter recreational activities on mountain environments.* (Eds. C. Rixen & A. Rolando), pp. 137-154. Bentham eBooks.
- Bjorneraas, K., Moorter Van, B., Rolandsen, C. M. & Herfindal, I. 2010. Screening global positioning system location data for errors using animal movement characteristic. *Journal of Wildlife Management*, 74: 1361-1366.
- Brown, D. D., Kays, R., Wikelski, M., Wilson, R. & Klimley, A. P. 2013. Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. *Animal Biotelemetry*, 1: 20.
- Buffet, N. & Dumont-Dayot, E. 2013. Bird collisions with overhead ski-cables: A reducible source of mortality. *In The impacts of skiing and related winter recreational activities on mountain environments* (Eds. C. Rixen & A. Rolando), pp. 123-136. Bentham eBooks.
- Burt, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24: 346-352.
- Cagnacci, F., Boitani, L., Powell, R. A. & Boyce, M. S. 2010. Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: a perfect storm of opportunities and challenges. *Philosophical Transactions of Royal Society B-Biol Science*, 365: 2157-2162.
- Caizergues, A. & Ellison, L. N. 1997. Survival of black grouse *Tetrao tetrix* in the French Alps. *Wildlife Biology*, 3: 177-186.
- Calenge, C. 2006. The package "adehabitat" for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197: 516-519.
- Canonne Coline. 2017. Caractérisation des tendances par sites des populations de Tétrasyre dans les Alpes françaises. Rapport ONFS- CEFÉ-EPHE-OGM. 49 p.
- Formenti, N., Vigano, R., Bionda, R., Ferrari, N., Trogu, T., Lanfranchi, P. & Palme, R. 2015. Increased hormonal stress reactions induced in an Alpine Black Grouse (*Tetrao tetrix*) population by winter sports. *Journal of Ornithology*, 156: 317-321.
- Horne, J. S., Garton, E. O., Krone, O. & Lewis, K. P. 2007. Analyzing animal movements using Brownian bridges. *Ecology*, 88: 2354-2353.
- Kranstauber, B., Kays, R., LaPoint, S. D., Wikelski, M. & Safi, K. 2012. A dynamic Brownian bridge movement model to estimate utilization distributions for heterogeneous animal movement. *Journal of Animal Ecology*, 81: 738-746.

- Miquet, A. 1986a. Contribution à l'étude des relations entre Tétrás-Lyre *Tetrao tetrix* L. *Tetraonidae* et tourisme hivernal en Haute-Tarentaise. *Acta Oecologica, Oecol. Appl.*, 7: 325-355.
- Miquet, A. 1986b. Impact de la pratique du ski sur une population de Tétrás-lyre en période d'hivernage. *Bulletin Mensuel de l'O.N.C.*, 99: 22-25.
- Miquet, A. 1986c. Impacts des aménagements des stations de ski sur une population de Tétrás-lyre en période de reproduction. *Bulletin Mensuel de l'O.N.C.*, 99: 26-32.
- Miquet, A. 1986d. Premiers résultats d'une enquête sur la mortalité du Tétrás-lyre par percussion dans les câbles. *Bulletin Mensuel de l'O.N.C.*, 99: 33-36.
- Miquet, A. 1988. Effets du dérangement hivernal sur les déplacements et la reproduction du Tétrás-lyre *Tetrao tetrix*. *Gibier Faune Sauvage*, 5: 321-330.
- Mohr, C. O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist*, 37: 223-249.
- R-Development-Core-Team. 2004. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Tomkiewicz, S. M., Fuller, M. R., Kie, J. G. & Bates, K. K. 2010. Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. *Philosophical Transactions of Royal Society B-Biol Science*, 365.
- Worton, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies. *Ecology*, 70: 164-168.
- Zeitler, A. 2000. Human disturbance, behaviour and spatial distribution of black grouse in skiing areas in the Bavarian Alps. *Cahiers d'Ethologie*, 20: 381-402.