

Etude de la répartition spatio-temporelle de la population renforcée de Tétrasyres (Tetrao Tetrix) dans la réserve naturelle domaniale des Hautes-Fagnes

Auteur : Delvaux, Dylan

Promoteur(s) : Poncin, Pascal; Loneux, Michele

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/5107>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**ÉTUDE DE LA RÉPARTITION
SPATIO-TEMPORELLE DE LA POPULATION
RENFORCÉE DE TÉTRAS LYRES (*TETRAO TETRIX*)
DANS LA RÉSERVE NATURELLE DOMANIALE DES
HAUTES-FAGNES**

DYLAN DELVAUX



**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER BIOINGENIEUR EN GESTION DES FORETS ET ESPACES NATURELS**

ANNEE ACADEMIQUE 2017-2018

CO-PROMOTEURS : PR. P. PONCIN ET M. LONEUX (BIOLOGIE DU COMPORTEMENT ULIEGE)

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

**ÉTUDE DE LA RÉPARTITION
SPATIO-TEMPORELLE DE LA POPULATION
RENFORCÉE DE TÉTRAS LYRES (*TETRAO TETRIX*)
DANS LA RÉSERVE NATURELLE DOMANIALE DES
HAUTES-FAGNES**

DYLAN DELVAUX

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER BIOINGENIEUR EN GESTION DES FORETS ET ESPACES NATURELS**

ANNEE ACADEMIQUE 2017-2018

CO-PROMOTEURS : PR. P. PONCIN ET M. LONEUX (BIOLOGIE DU COMPORTEMENT ULIEGE)



Remerciements

Ce travail de fin d'études a été réalisé dans le cadre du projet de renforcement de la population de tétras lyres des Hautes-Fagnes initié par l'Unité de Biologie du Comportement de l'Université de Liège (P. Poncin, M. Loneux, A. Collard et G. Rimbaud), l'Unité de Biologie de la Conservation (R. Beudels, R.-M. Lafontaine, P. Devillers) et l'Unité de Baguage des oiseaux BeBirds (D. Vangeluwe) de l'Institut Royal des Sciences Naturelles, en collaboration avec le Service Public de Wallonie (SPW-DNF-DEMNA) et en partenariat financier avec le WWF, Spadel et la fondation Pairi Daiza.

A ce titre, je tiens à remercier chaleureusement les initiateurs, collaborateurs et les partenaires du projet ainsi que l'Agence Suédoise de Protection de l'Environnement, les collègues néerlandais et allemands de Sallandse Heuvelrug et de la Rhön et toutes les personnes ayant contribué par des actions ponctuelles à ce projet.

Mes remerciements vont également à Monsieur Léo Schlembach (ingénieur DNF) et à la Commission Consultative de Gestion de la Réserve Naturelle Domaniale des Hautes-Fagnes-Malmedy pour m'avoir autorisé à circuler dans la Réserve.

Je voudrais adresser toute ma gratitude à Monsieur le Professeur Pascal Poncin pour m'avoir permis de réaliser mon travail de fin d'études au sein de ce projet formidable, pour ses conseils avisés et son encadrement.

Toute ma reconnaissance va pareillement à Madame Michèle Loneux, pour son encadrement, son aide précieuse, le partage de ses connaissances, son enthousiasme et sa bienveillance.

Je tiens à remercier également Messieurs les Professeurs Marc Dufrêne et Phillipe Lejeune pour leurs recommandations et leurs avis éclairés.

Je tiens à remercier particulièrement Monsieur Didier Vangeluwe (IRSNB) pour m'avoir encadré et pour son implication dans ce travail.

Un énorme merci à Arnaud Collard (attaché scientifique) pour l'aide indispensable qu'il m'a apportée dans la réalisation de ce travail, ses relectures, son aide pour les transports et sa disponibilité.

Merci à Pascal Ghiette, attaché scientifique du DEMNA, pour m'avoir communiqué les couches cartographiques des Hautes-Fagnes et pour les conservations passionnantes que j'ai eu la chance d'échanger avec une très belle personne.

Merci à Lucien Hanon, pour avoir donné de son temps dans la réalisation de ce travail, pour ses vidéos du lâcher et son partage de connaissances sur la bioacoustique du tétras lyre.

Je voudrais également remercier les gardes forestiers du plateau, François Janssen et Thomas Wislet ainsi que l'ancien garde fagnard Julien Knott pour leur bonne humeur, leur gentillesse et leur dévouement dans leur travail qu'ils effectuent de manière irréprochable.

Je remercie grandement Michel Matthijs, concierge de la station scientifique des Hautes-Fagnes, pour sa disponibilité et sa bonhomie.

Je souhaite remercier tous les observateurs m'ayant permis de récolter autant de données précieuses.

Ensuite, je voudrais remercier ma famille pour m'avoir permis de réaliser ces études passionnantes et leur soutien quotidien.

Merci à mes colocataires et amis pour m'avoir supporté pendant ces 5 années. Merci pour tous ces bons moments passés ensemble. Merci particulièrement à Damien (vieux chameau) pour ton aide et tes relectures. La vie en kot avec vous va me manquer.

Merci également à mes amis TFistes sans qui ces 5 années n'auraient pas été pareilles. Un merci particulier à Luca, Gauthier, Stéphane et Adrien pour ces belles années. Vivement la suite.

Je remercie Madame Le Docteur Stéphanie Bonnet pour sa jovialité, son aide et pour avoir été la meilleure assistante.

Enfin merci à toi, Aurore Gerlach, non seulement pour ton soutien et tes multiples relectures, mais surtout pour la tendresse et le bonheur que tu m'apportes jour après jour.

Résumé

Depuis 1994, la dernière population belge de tétras lyres (*Tetrao tetrix*) décline dans la Réserve Naturelle des Hautes-Fagnes. Malgré les travaux de restauration menés, cette espèce reste en danger critique d'extinction. Ces deux dernières années, des tétras lyres ont été transloqués de Suède afin de restaurer et d'empêcher la disparition de cette espèce emblématique.

Ce travail vise à étudier les déplacements dans l'espace et dans le temps de cette population renforcée, d'une part, par un suivi visuel, et d'autre part, par un suivi télémétrique. Les données récoltées par ce dernier ont été analysées sur huit individus munis d'émetteurs UHF, UHF/GSM et GSM, sur une période de deux mois. Ce type de données revêt un caractère inédit pour l'étude de cette espèce, tant à l'échelle nationale qu'europpéenne.

Les résultats montrent que, malgré un taux de mortalité élevé en 2018, l'environnement semble convenir et suffire aux tétras lyres transloqués. Ils adoptent un rythme de vie jugé « normal » : ils occupent des zones et des habitats adéquats, correspondant à ceux utilisés par les tétras lyres belges et à la disponibilité en nourriture. Ils interagissent entre eux et paradent sur les arènes ancestrales. Enfin, en deux années successives, au moins deux poules ont niché dans le même habitat. L'une d'entre elles s'est établie dans une zone de nidification connue. Ces résultats ne montrent nullement des tendances populationnelles mais permettent, en revanche, de faire ressortir des généralités propres aux individus transloqués.

Mots clés : *Tetrao tetrix*, Hautes-Fagnes, renforcement de population, suivi télémétrique, restauration

Abstract

Since 1994, the last remaining black grouse population (*Tetrao tetrix*) declines in the High Fens Natural Reserve. Despite led restoration works, this species is still dramatically endangered. These two last years, black grouses have been translocated from Sweden to restore and prevent the disappearance of this emblematic species.

This work aims at studying this reinforced population movements into space and time by, on the one hand, a visual tracking and, on the other hand, by a radio-tracking. Collected data by the latter were analysed on eight individuals equipped with UHF, UHF/GSM et GSM tags, over a period of two months. This kind of data is hitherto unseen for the species study, both at national and European scale.

Results show that, despite a high mortality rate for 2018, the environment seems to be suitable and sufficient for translocated black grouses. They adopt a rhythm of life deemed "normal": they use appropriate areas and habitats, corresponding to those used by Belgian black grouses and food availability. They interact with each other and display on ancestral leks. Finally, in two successive years, at least two hens nested in the same habitat. One of them established itself in known nesting site. These results do not show in any way populational tendencies but allow however to bring specific generalities to translocated individuals.

Keywords : *Tetrao tetrix*, High Fens, population reinforcement, radio-tracking, restoration

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction | 10 |
| Synthèse bibliographique | 12 |
| 1. La translocation comme outil de restauration | 12 |
| 1.1. Définition du concept | 12 |
| 1.2. Quand réaliser une translocation | 13 |
| 1.3. Organisation d'une translocation | 13 |
| 1.4. Le monitoring | 14 |
| 1.5. Cas des Galliformes | 14 |
| 2. Radio-tracking de populations animales | 14 |
| 2.1. Définition et méthodes | 14 |
| 2.2. Domaine vital et trajectoire | 17 |
| 3. Les Hautes-Fagnes | 18 |
| 3.1. Généralités | 18 |
| 3.2. La flore | 19 |
| 3.3. La faune | 20 |
| 3.4. Actions de restauration | 20 |
| 4. Cas du tétras lyre | 22 |
| 4.1. Description de l'espèce | 22 |
| 4.2. Etat des lieux en Belgique | 25 |
| 4.3. Renforcement de la population belge de tétras lyres | 27 |
| Objectifs | 29 |
| Matériels et méthodes | 30 |
| 1. Zone d'étude | 30 |
| 2. Données télémétriques récoltées | 30 |
| 3. Emetteurs de la translocation de 2017 | 31 |
| 3.1. Système de suivi télémétrique | 31 |
| 3.2. Ecoute des transmissions télémétriques | 32 |
| 4. Emetteurs de la translocation de 2018 | 32 |
| 4.1. Systèmes de suivi télémétrique | 32 |
| 4.2. Ecoute des transmissions télémétriques | 33 |
| 5. Suivi visuel des arènes de parade | 33 |

| | | |
|------|---|-----------|
| 6. | Analyse des données | 35 |
| 6.1. | Données du suivi télémétrique | 35 |
| 6.2. | Nidification | 36 |
| 6.3. | Réalisation d'un maillage | 36 |
| 6.4. | Analyses multivariées | 36 |
| 6.5. | Suivi des arènes | 37 |
| 7. | Collecte de matériels | 37 |
| | Résultats et discussion | 38 |
| 1. | Suivi télémétrique des tétras lyres de 2017 (UHF) | 38 |
| 1.1. | Analyse des domaines vitaux et des habitats | 38 |
| 2. | Suivi télémétrique des tétras lyres de 2018 | 42 |
| 2.1. | Emetteurs UHF-GSM | 42 |
| 2.2. | Emetteurs GSM | 51 |
| 3. | Généralités sur les données télémétriques récoltées | 56 |
| 3.1. | Les domaines vitaux (Kernel 95% et MCP 95%) | 56 |
| 3.2. | Zones et habitats préférentiels | 57 |
| 3.3. | Déplacements | 61 |
| 3.4. | Nidification | 62 |
| 4. | Suivi des arènes et étude des interactions | 62 |
| 4.1. | Suivi visuel | 62 |
| 4.2. | Informations supplémentaires issues des données télémétriques | 63 |
| 5. | Mortalité | 66 |
| 6. | Utilités des émetteurs et recommandations | 68 |
| 7. | Les mesures de réintroduction/renforcement | 71 |
| | Conclusion | 72 |
| | Bibliographie | 73 |
| | Annexes | I |

Table des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. Evolution du poids des émetteurs (A), du nombre de données récoltées par animal équipé (B) et du nombre d'espèces de mammifères (C) ou d'oiseaux (D) pouvant être équipées d'un émetteur en fonction de leur masse corporelle (Kays et al., 2015)..... | 15 |
| Figure 2. Superficie de la réserve naturelle domaniale des Hautes-Fagnes en 1774 (A), 1962 (B) et en 2007 (C) et délimitation des trois secteurs principaux de celle-ci (d'après Robert, 1963 et Park Naturel Hautes-Fagnes-Eifel,s.d.)..... | 18 |
| Figure 3. Carte de la répartition du tétras lyre (<i>Tetrao tetrix</i>) (BirdLife International, 2016). | 22 |
| Figure 4. Activités du tétras lyre au cours d'une année (Klaus et al., 1990). | 23 |
| Figure 5. Evolution des effectifs des tétras lyres mâles de 1966 à 2013 dans la réserve naturelle domaniale des Hautes-Fagnes (Loneux et al., 2018a)..... | 25 |
| Figure 6. Représentation schématique des différents facteurs affectant les tétras lyres d'après la littérature européenne (Loneux, 2000)..... | 26 |
| Figure 7. Carte du secteur des fagnes de la Baraque-Michel incluant la Fagne Wallonne (A), la Fagnes des Deux Séries (B), les Potaies (C), la Grande Fagne (D), la Fagne de la Poleur (E), le Neûr Lowé (F), le Setay et le Fraineu (G) et la Fagne de Cléfaye (H) et localisation de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes au niveau de la Wallonie. | 30 |
| Figure 8. Photo de la station et de l'antenne unidirectionnelle (à gauche) et de la station et de l'antenne omnidirectionnelle (à droite) (©Dylan Delvaux). | 31 |
| Figure 9. Photographie du matériel utilisé lors de l'observation des arènes de parade des tétras lyres hormis les jumelles KITE IBIS 10x42 : antenne TL-ANT2412D Omnidirectionnelle et de 12 dBi, ordinateur ASUS, appareil photo CANON 600D et objectif TAMRON 150-600 5.6F, longue-vue LEICA 20-60x80 (de gauche à droite) (©Dylan Delvaux)..... | 34 |
| Figure 10. Cartographie des localisations et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95% des individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq). | 39 |
| Figure 11. Evolution au cours temps (date : année, mois, jour) des distances parcourues entre relocalisations et de la dispersion effectuée par rapport au point de lâcher réalisées par la poule HAR03 (1a. et 1b.) et le coq HAR05 (2a. et 2b.). | 41 |
| Figure 12. Cartographie des localisations et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 95% et Kernel 50% des coqs KRX08 et KRX09. | 43 |
| Figure 13. Cartographie des localisations et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 95% et Kernel 50% des coqs KRX06 et KRX10. Pour l'individu KRX10, une différence entre le jour et la nuit est réalisée pour les localisations. | 43 |
| Figure 14. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 1720,67 et écart-type =917,48) pour le coq KRX06. | 46 |
| Figure 15. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX06..... | 47 |
| Figure 16. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 1962,54 et écart-type =959,45) pour le coq KRX08. | 47 |
| Figure 17. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX08..... | 48 |
| Figure 18. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 2144,10 et écart-type =1207,05) pour le coq KRX09..... | 48 |
| Figure 19. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX09..... | 49 |

| | |
|---|----|
| Figure 20. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 3498.23 et écart-type =1799,62) pour le coq KRX10. | 49 |
| Figure 21. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX10..... | 50 |
| Figure 22. Cartographie des localisations en fonction du jour et de la nuit et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 95% et Kernel 50% des poules orn76 et orn78..... | 52 |
| Figure 23. Evolution des distances parcourues, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 2623.27 et écart-type =3429,50) au cours du temps pour la poule orn76. | 54 |
| Figure 24. Moyenne des distances effectuées par heure pour la poule orn76. | 54 |
| Figure 25. Evolution des distances parcourues, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 1495.10 et écart-type =750,16) au cours du temps pour la poule orn78. | 55 |
| Figure 26. Moyenne des distances effectuées par heure pour la poule orn78. | 55 |
| Figure 27. Classification des mailles occupées par les tétras lyres selon la méthode Ward. | 58 |
| Figure 28. Résultats de la CAP. Cette analyse en composante principale expose les groupes obtenus lors de la classification en fonction des contraintes environnementales. Dans le cas présent celles-ci sont des habitats. Les codes X135, D1.11, D1.11+D1.121 et D1.12 correspondent respectivement à : « zone à herbacées diversifiées et formation arbustive », « tourbière haute active », « mélange tourbière haute active et dégradée à molinie (Molinia) » et « tourbière dégradée ». Autres codes, voir annexe I. Significativité de la CAP : « hautement significatif » ($P<0.001$)..... | 58 |
| Figure 29. Classification des mailles occupées par les tétras lyres selon la méthode Ward. Cette classification est effectuée selon la période. « P1 » correspond aux trois premières semaines de données, « P2 » aux autres semaines. | 59 |
| Figure 30. Résultats de la PCoA réalisée sur les habitats utilisés par les tétras lyres en fonction de la période. | 59 |
| Figure 31. Représentation cartographique des zones comptant le plus grand nombre de tétras lyres tagués (à gauche) et des zones comptant les plus grandes densités de relocalisations (à droite) dans une maille de 50m. Pour la densité : 0 = absence de point, 1 = de 0 à 100, 2 = de 100 à 200, 3 = de 200 à 300, 4 = de 300 à 400 et 5 = supérieur à 400 relocalisations par maille. | 60 |
| Figure 32. Cartographie des arènes de parade des tétras lyres entre février et juin 2018. | 64 |
| Figure 33. Maillage comptabilisant le nombre de tétras lyres présents le même jour dans chacune des mailles de 50m (détails voir annexe VI). | 65 |
| Figure 34. Localisation des tétras lyres retrouvés morts au cours des deux premiers mois de la translocation de 2018..... | 68 |

Table des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Répartition des Fagnes dans les 3 secteurs principaux de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes..... | 19 |
| Tableau 2. Liste des habitats Natura 2000 et non Natura 2000 ciblés lors du Projet LIFE « Restauration des landes et des tourbières du Plateau des Hautes Fagnes » (LIFE06 NAT/B/000091) (Plunus et al., 2013)..... | 21 |
| Tableau 3. Nourriture affectionnée par les tétras lyres au cours des saisons (Keulen et al., 1997). ... | 24 |
| Tableau 4. Fiche d'identité des tétras lyres suédois relâchés en Belgique en 2017 incluant les informations relatives aux types d'émetteurs (source : D. Vangeluwe Bebids)..... | 31 |
| Tableau 5. Fiche d'identité des tétras lyres suédois relâchés en Belgique en 2018 incluant les informations relatives aux types d'émetteurs (source : D. Vangeluwe Bebids)..... | 33 |
| Tableau 6. Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse des individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq)..... | 38 |
| Tableau 7. Surface en hectares des domaines vitaux des individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq) calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95%. | 38 |
| Tableau 8. Proportion des habitats utilisés par la poule HAR03. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : F4.21= lande sèche submontagnarde à Vaccinium et Calluna ; 135= zone à herbacées diversifiées et formation arbustive ; 70= forêt résineuse sempervirente ; F4.11b= lande tourbeuse à Vaccinium et Erica tetralix. Autres codes voir annexe I. | 40 |
| Tableau 9. Proportion des habitats utilisés par le coq HAR05. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121= tourbière haute dégradée dominée par Molinia caerulea ; F9.2 + F4.11b + F4.13 = saussaie marécageuse, lande tourbeuse à Vaccinium et Erica tetralix et lande dégradée à Molinia caerulea ; F4.11b= lande tourbeuse à Vaccinium et Erica tetralix ; 70= forêt résineuse sempervirente ; D1.11 + D2.38 + F9.2 = Tourbière haute active, radeau de Sphagnum et d'Eriophorum et saussaie marécageuse. Autres codes voir annexe I. | 40 |
| Tableau 10. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima, minima et des sommes pour les individus HAR03 (poule) et HAR05 (cop). | 40 |
| Tableau 11. Tableau des moyennes, écarts-types et maxima de la dispersion par rapport au point de lâcher pour les individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq). | 40 |
| Tableau 12. Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse des coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10. Le KRX10 a un paramétrage sans interruption. | 42 |
| Tableau 13. Surface en hectares des domaines vitaux des coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10 calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95%. | 43 |
| Tableau 14. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX06. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.11= tourbière haute active ; D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par Molinia caerulea ; F4.21= lande sèche submontagnarde à Vaccinium et Calluna ; 70= forêt résineuse sempervirente. Autres codes voir annexe I. | 44 |
| Tableau 15. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX08. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par Molinia caerulea ; D1.12= tourbière haute dégradée ; F4.11b= lande tourbeuse à Vaccinium et Erica tetralix ; 70= forêt résineuse sempervirente. Autres codes voir annexe I. | 44 |

| | |
|--|----|
| Tableau 16. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX09. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WaEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par <i>Molinia caerulea</i> ; D1.11= tourbière haute active ; D1.12= tourbières haute dégradée ; F4.21= lande sèche submontagnarde à <i>Vaccinium</i> et <i>Calluna</i> . Autres codes voir annexe I. | 45 |
| Tableau 17. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX10. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WaEUNIS). Pour cet individu, une distinction entre jour et nuit est réalisée. Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par <i>Molinia caerulea</i> ; D1.11= tourbière haute active ; D1.12= tourbière haute dégradée ; F4.11b= lande tourbeuse à <i>Vaccinium</i> et <i>Erica tetralix</i> . Autres codes voir annexe I. | 45 |
| Tableau 18. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima, minima et des sommes pour les coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10. | 45 |
| Tableau 19. Tableau des moyennes, écarts-types et maxima pour les coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10. | 46 |
| Tableau 20. Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse des poules orn76 et orn78... 51 | 51 |
| Tableau 21. Surface en hectares des domaines vitaux des poules orn76 et orn78 calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95%. | 51 |
| Tableau 22. Proportion des habitats utilisés par la poule orn76. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WaEUNIS). Pour cet individu, une distinction entre jour et nuit est réalisée. Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : 135 = zone à herbacée diversifiée et formation arbustive ; 120= coupe à blanc récente avec de la régénération, incluant les clairières et les plantations de sapin de Noël ; 70 = forêt résineuse sempervirente ; D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par <i>Molinia caerulea</i> . Autres codes voir annexe I. | 53 |
| Tableau 23. Proportion des habitats utilisés par la poule orn78. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WaEUNIS). Pour cet individu, une distinction entre jour et nuit est réalisée. Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : F4.21 = lande sèche submontagnarde à <i>Vaccinium</i> et <i>Calluna</i> ; D1.121= Tourbière haute dégradée dominée par <i>Molinia caerulea</i> ; E5.3 = ptéridaie 70 = forêt résineuse sempervirente. Autres codes voir annexe I. | 53 |
| Tableau 24. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima, minima et des sommes pour les poules orn76 et orn78. | 53 |
| Tableau 25. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima pour les poules orn76 et orn78. | 53 |
| Tableau 26. Fréquentation en nombre de jours des arènes de parade des tétras lyres équipés d'émetteurs depuis leur lâcher jusqu'au 10 juin (10/06/17 pour HAR03 et HAR05 et 10/06/18 pour les autres de 2018). Les arènes du Drèlo et de la tourbière haute ne sont pas indiquées dû à leur imprécision et à l'absence de données visuelles de tétras lyres paradant dans ces zones pendant ce laps de temps. | 63 |
| Tableau 27. Caractéristiques des émetteurs utilisés lors des translocations de 2017 et de 2018 (source : D. Vangeluwe Bebards). | 70 |

Introduction

La perte de la biodiversité est l'une des plus grandes problématiques de notre siècle. Nous faisons actuellement face à une véritable crise. La biodiversité n'a aujourd'hui que peu de place au sein d'un monde de plus en plus marqué par les actions anthropiques (Cardinale *et al.*, 2012, WWF, 2016). En effet, les études ont montré que, chaque jour, la biodiversité mondiale diminue à un taux mille fois plus élevé que naturellement (Pimm *et al.*, 1995; IUCN, 2010). Cette érosion de la biodiversité concerne non seulement les espèces, mais également leurs gènes et écosystèmes (Convention on Biological Diversity; Cardinale, 2012). A l'heure actuelle, nous faisons face à la 6^{ème} grande extinction de l'Histoire (Pimm *et al.*, 1995). Son importance est sans précédent et les scientifiques s'accordent à dire que nous sommes entrés dans une nouvelle ère géologique : l'anthropocène (Crutzen *et al.*, 2000; Crutzen *et al.*, 2003; Steffen *et al.*, 2011; WWF, 2016)

Ce déclin de la biodiversité est directement ou indirectement lié aux activités humaines. Les menaces principales sont (IUCN, 2010; WWF, 2016):

- **La dégradation, la fragmentation et disparition des habitats.** Cette menace provient des activités anthropiques comme l'agriculture, l'exploitation forestière, les transports ou l'urbanisation.
- **L'introduction d'espèces invasives ou espèces exotiques envahissantes.** Cette introduction, délibérée ou non, est réalisée par la main de l'Homme, en dehors de l'aire de distribution naturelle des espèces. Ces dernières peuvent avoir plusieurs interactions néfastes avec les espèces indigènes comme la prédation, la compétition pour l'espace et la nourriture, la modification des conditions environnementales ou encore la transmission de pathogènes.
- **La surexploitation des ressources naturelles** concerne l'ensemble des animaux, qu'ils soient terrestres ou marins ainsi que les ressources extractibles. Elle est directe (prélèvements intentionnels commerciaux ou de subsistance) ou indirecte (non-intentionnelle).
- Les **pollutions** émises par les activités humaines. Celles-ci peuvent être de différents types (sonores, lumineuses, composés volatils, solides ou liquides) et rendent l'environnement inhospitalier. Ces pollutions peuvent également provoquer **des maladies**.
- **Le réchauffement climatique**, se traduisant par une élévation des températures, pousse les espèces à devoir s'adapter à de nouvelles conditions dans un laps de temps très court. De plus, ce dernier impacte les événements saisonniers tels que la migration ou la reproduction.

En Wallonie, tout comme à l'échelle du globe, nous constatons cette diminution de la biodiversité : 31% des espèces étudiées sont menacées de disparition et presque 9% ont disparu (Etat de l'Environnement Wallon, 2018). Les taxons les plus touchés sont les amphibiens, libellules (Odonates), papillons de jour (Rhopalocères), reptiles, poissons et chauves-souris (Chiroptères) pour lesquels plus de 50% des espèces sont en situation défavorable (SPW/DGO3; Etat de l'Environnement Wallon, 2018).

La classe des oiseaux présente un état de conservation jugé défavorable par l'Etat de l'Environnement Wallon. Les études montrent une diminution globale des effectifs sur le long terme (Paquet *et al.*, 2010a; Etat de l'Environnement Wallon, 2018; Derouaux *et al.*, 2018). L'évolution de la liste de rouge de Wallonie pour l'avifaune nicheuse montre que la proportion d'espèces menacées reste globalement stable entre 1997 et 2010. Pour autant, la situation n'en reste pas moins préoccupante (Paquet *et al.*, 2010a; Paquet *et al.*, 2010b; Derouaux *et al.*, 2018).

Heureusement, des actions sont menées pour préserver le peu de diversité biologique qu'il nous reste afin de laisser un héritage aux générations futures. C'est actuellement le cas dans la Réserve Naturelle des Hautes-Fagnes. En effet, afin de sauver et de renforcer la population relictuelle de tétras lyres (*Tetrao tetrix*) de Belgique, des individus provenant de Suède y ont été relâchés.

Il y deux ans, ce Galliforme emblématique, étudié depuis 1967 par l'unité d'Ethologie de l'Université de Liège, était au bord de l'extinction. On ne dénombrait plus que deux mâles et deux femelles (Loneux *et al.*, 2018a). C'est pourquoi, un premier lâcher de 10 individus a eu lieu en 2017. Celui-ci a été suivi d'un second lâcher de 18 individus en avril de cette année (2018). Ce dernier a été réalisé en 4 lâchers successifs, le temps de rapatrier les 18 oiseaux de Suède. Une partie de ces tétras lyres a été munie de GPS avec système UHF et/ou GSM (Loneux *et al.*, 2018a; Loneux *et al.*, 2018b).

Ce projet ambitieux et vital pour la population de tétras lyres belge a été initié par l'unité d'Ethologie de l'Université de Liège en collaboration avec l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique, le Service Public de Wallonie (SPW-DNF-DEMNA) et en partenariat financier avec le WWF, Spadel et la fondation Pairi Daiza. Ce projet a été réalisé en suivant les lignes directrices de l'IUCN « *Guidelines for Re-introduction of Galliformes for Conservation Purposes* » (Loneux *et al.*, 2018a; Loneux *et al.*, 2018b).

Le présent travail a comme objectif principal d'étudier la population belge renforcée de tétras lyres :

- Premièrement, par un suivi télémétrique. Au total, 22 oiseaux ont été équipés d'émetteurs, 13 utilisant les fréquences UHF et 8 le réseau GSM. Des transects pseudo-aléatoires et dirigés ont été réalisés afin de récupérer les données collectées par les GPS placés sur les oiseaux. Ces données ont ensuite été traitées et analysées afin d'étudier leurs déplacements et utilisations du territoire.
- Ensuite, par le suivi des arènes de parade. Ces oiseaux ont la particularité de parader sur des milieux ouverts, ce qui représente la meilleure opportunité pour les observer, les recenser et les étudier. Ce monitoring a non seulement pour but de relever la fréquentation des lieux de parade, mais aussi les interactions entre les individus belges et suédois.

Synthèse bibliographique

1. La translocation comme outil de restauration

1.1. Définition du concept

Dans un souci de répondre à l'accélération des changements écologiques auxquels nous devons faire face, le groupe de travail « *Reintroduction and Invasive Species Specialist Groups* » de l'IUCN/SSC a créé les « *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations* ». Celles-ci décrivent les principes primordiaux de l'ensemble des mesures de translocations et fournissent des conseils précieux sur les justifications, la construction et la mise en œuvre de ces mesures qui, bien que controversées, devraient être de plus en plus utilisées pour la conservation future de la biodiversité (IUCN/SSC, 2013). Les concepts expliqués ci-après proviennent de ces « *Guidelines* », référence la plus recommandée afin d'éviter toute confusion en termes de terminologie (Armstrong *et al.*, 2007; IUCN/SSC, 2013).

La translocation est un transfert intentionnel ou accidentel réalisé par l'Homme d'organismes vivants d'un site vers une zone de lâcher. Les individus transloqués peuvent avoir été prélevés à l'état sauvage ou avoir été élevés en captivité (IUCN/SSC, 2013).

Lorsqu'on utilise la translocation à des fins de restauration, on parle de « *translocation comme outil de restauration* » (*conservation translocation*). Cette dernière est quant à elle définie comme « *le déplacement intentionnel et le lâcher d'organismes vivants où l'objectif premier est un bénéfice sur la conservation : ceci comprend généralement l'augmentation du statut de conservation de l'espèce ciblée localement ou globalement, et/ou la restauration des fonctions et processus écologiques* » (IUCN/SSC, 2013).

L'utilisation de cette technique doit fournir un bénéfice à l'échelle d'une population, des espèces ou de l'écosystème. Les individus doivent être relâchés dans des conditions similaires à celles de leur aire de provenance en termes de densité, de sex-ratio, de taille de groupe, système de reproduction, conditions environnementales, de dépendance en approvisionnement et de pression sélective imposée. Néanmoins, ceux-ci peuvent être relâchés dans ou en dehors de leur aire d'indigénat¹ (IUCN/SSC, 2013).

Lorsque les organismes sont lâchés dans leur aire de répartition naturelle, cette technique permet de restaurer les populations². On parle alors de :

- Renforcement, qui est « *le transfert et le lâcher intentionnel d'organismes dans une population de la même espèce* » (IUCN/SSC, 2013). Cette technique vise à augmenter la viabilité de l'espèce ciblée en augmentant la taille de la population, sa diversité génétique ou encore la représentation d'un groupe ou stade démographique.
- Réintroduction, définie comme étant le transfert et le lâcher intentionnel d'organismes dans leur aire de distribution naturelle. Cette méthode vise à rétablir une population viable d'une espèce dans son aire d'indigénat de laquelle elle a disparu (IUCN/SSC, 2013).

¹ Aire d'indigénat d'une espèce : « Distribution connue ou présumée générée à partir de dossiers historiques (verbaux ou écrits), ou d'indices physiques de l'occurrence de l'espèce » (IUCN/SSC, 2013).

² Restauration de population : « Toute translocation d'individus dans son aire d'indigénat utilisée comme outil de restauration » (IUCN/SSC, 2013).

On parle en revanche d'introduction comme outil de la conservation (*conservation introduction*) lorsque les organismes sont lâchés hors de leur aire d'indigénat. Elle peut être de deux types (IUCN/SSC, 2013) :

- La colonisation assistée, dont le but est d'éviter l'extinction des espèces cibles.
- Le remplacement écologique, où les organismes sont relâchés afin de jouer un rôle écologique spécifique.

1.2. *Quand réaliser une translocation*

La translocation peut être un outil efficace pour la restauration de populations animales. Néanmoins, son utilisation, que ce soit avec d'autres mesures de conservation ou non, requiert des justifications précises et rigoureuses (IUCN/SSC, 2013).

Premièrement, une translocation d'individus ne peut être envisagée que si les causes et les menaces engendrant la dégradation ou l'extinction de la population de l'espèce ciblée sont toutes identifiées et, idéalement, supprimées ou au moins réduites autant que possible.

Ensuite, une translocation peut apporter des bénéfices, mais peut également engendrer de nombreux risques au niveau social, écologique et économique. C'est pourquoi, toute proposition de translocation doit contenir une évaluation des différents impacts potentiels, positifs ou négatifs.

Il est important de souligner que l'introduction d'une espèce en dehors de son aire de répartition est plus difficile à évaluer et donc à entreprendre. Il a été démontré que les introductions sont plus susceptibles de causer des dommages écologiques, économiques et sociaux importants. De plus, ces risques sont plus difficiles, voire impossibles à prévoir et peuvent survenir dans un laps de temps assez long après que la mesure ait été mise en œuvre (IUCN/SSC, 2013).

Les risques devront toujours être confrontés aux bénéfices attendus en tenant compte de l'échelle sur laquelle la mesure est réalisée. Dans le cas où une trop grande incertitude demeure quant aux risques encourus, il sera préférable de se diriger vers des mesures conservatoires alternatives (IUCN/SSC, 2013).

1.3. *Organisation d'une translocation*

Les buts d'une translocation diffèrent en fonction du type, de l'espèce ciblée, mais aussi du contexte dans lequel elle est réalisée. C'est pourquoi une mesure de translocation doit toujours avoir des buts clairement définis (IUCN/SSC, 2013).

Les buts doivent contenir les résultats et bénéfices attendus. Ces derniers sont préférablement exprimés en termes de taille et nombre escomptés de la population pour l'espèce manipulée. Les objectifs détaillent comment atteindre les buts fixés. Ils doivent prendre en compte les menaces réelles ou présumées. Pour atteindre les objectifs, les actions précisent l'ensemble des modalités de mise en œuvre. Ce sont ces dernières qui seront mesurées et réévaluées (IUCN/SSC, 2013).

Toutes les mesures de translocation doivent suivre une suite logique permettant d'évaluer la faisabilité du projet au niveau biologique, social, légal et économique, les risques d'échecs et les éventuels dommages. Ensuite, les méthodes et moyens pour la mise en place des actions et des monitorings ainsi que leurs évaluations doivent être désignés (IUCN/SSC, 2013).

1.4. *Le monitoring*

Avant toute translocation d'individus dans une aire, il est préférable de réaliser une étude afin de détenir l'ensemble des informations nécessaires. Sans celle-ci, il sera difficile de constater les changements et impacts de la manœuvre mise en place (IUCN/SSC, 2013).

Le suivi après lâcher est une étape essentielle et intégrante d'une translocation. Il s'agit d'un moyen de mesurer les performances des organismes lâchés en regard des objectifs, d'évaluer les impacts et fournir les informations nécessaires à tout ajustement. Il doit permettre de caractériser les différentes phases de développement de la population à conserver. Sa conception doit pouvoir répondre au moins aux quatre questions suivantes (IUCN/SSC, 2013) :

- Quels indicateurs mesureront les progrès, les succès et les échecs ?
- Quelles données devront être collectées afin de fournir ces évidences ? Où, quand et par quelles méthodes et quels protocoles ?
- Qui sera chargé de collecter les données et de leur analyse ?
- Qui sera chargé de la communication des informations aux différents partis ?

Ce monitoring peut porter sur différents points (IUCN/SSC, 2013) :

- La démographie.
- Le comportement.
- La santé et la mortalité.
- La génétique.
- L'écologie.
- Les aspects sociaux, culturels et économiques.

1.5. *Cas des Galliformes*

Les populations de Galliformes étant de plus en plus dégradées et en danger, il est souvent suggéré de mener des mesures conservatoires comme la réintroduction afin de les restaurer (WPA/IUCN, 2009). Il y a un besoin manifeste de rassembler les informations nécessaires à de telles mesures et d'en dresser les lignes directrices. C'est pourquoi, afin d'augmenter l'efficacité des mesures conservatoires spécifiques aux Galliformes, l'« *IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group* » (RSG), le « *World Pheasant Association* » (WPA) et le « *Galliformes Specialist Group* » se sont regroupés pour rédiger « *Guidelines for Re-introduction of Galliformes for Conservation Purposes* ». Il s'agit d'une version approfondie de « *IUCN Re-introduction Guidelines* », focalisée sur ce groupe taxonomique. Elle suggère de définir le succès en 3 étapes : le taux de survie des fondateurs, la reproduction des fondateurs et la persistance sur le long-terme des individus transloqués (WPA/IUCN, 2009).

2. *Radio-tracking de populations animales*

2.1. *Définition et méthodes*

Etudier les déplacements d'un animal au cours de son cycle biologique n'est pas chose aisée, mais présente un grand nombre d'intérêts. Ce sont les mouvements des animaux qui permettent de connecter notre monde, en disséminant les pollens, les graines, les nutriments et les maladies. A une échelle plus fine, l'étude des déplacements d'un animal fournit des informations essentielles à la compréhension des phénomènes biologiques, écologiques et évolutifs (Kremen *et al.*, 2007; Nathan *et al.*, 2008; Bridge *et al.*, 2011; Kays *et al.*, 2015). A ses prémices (années 1960), ce champ d'études est resté marginal dans la recherche écologique. Les données étaient trop difficiles à récolter, la plupart du temps trop éparpillées pour décrire avec précision les phénomènes observés (Lord *et al.*, 1962; Urbano *et al.*, 2010).

Néanmoins, les récentes avancées technologiques ont permis de s'affranchir de la plupart des contraintes. Les améliorations dans la miniaturisation, les batteries et les microprocesseurs au cours de ces dernières années ont permis de lever simultanément les barrières de la taille et de la résolution temporelle de la collecte de données, révolutionnant notre compréhension de l'écologie des animaux (Bridge *et al.*, 2011 ; Kays *et al.*, 2015) (figure 1). En d'autres termes, ces prouesses technologiques ont permis d'accroître considérablement la variété des espèces traçables étant donné qu'il est recommandé de ne pas dépasser 5% du poids de l'animal pour ne pas entraver son comportement (Pearl, 2000; Kays *et al.*, 2015) (figure 1). Kays *et al.* (2015) suggèrent même que nous rentrons dans l'âge d'or du suivi animal.

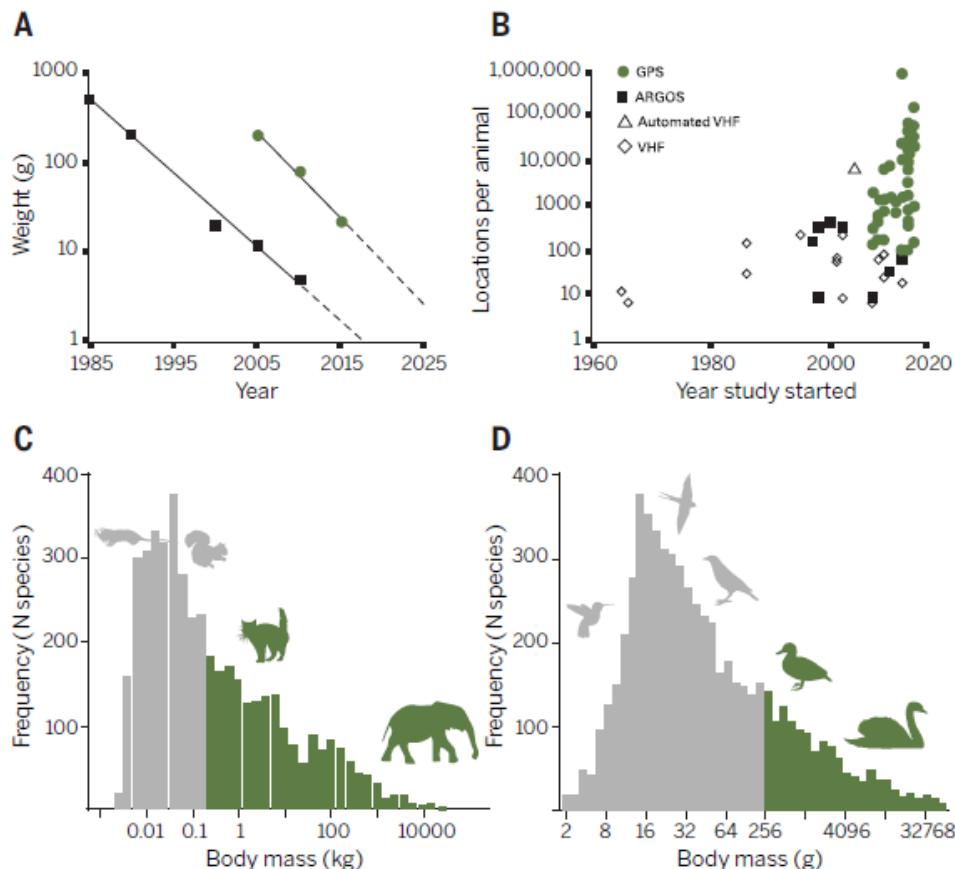


Figure 1. Evolution du poids des émetteurs (A), du nombre de données récoltées par animal équipé (B) et du nombre d'espèces de mammifères (C) ou d'oiseaux (D) pouvant être équipées d'un émetteur en fonction de leur masse corporelle (Kays *et al.*, 2015).

Toute technique de radiopistage utilise un système télémétrique permettant la transmission d'informations. Un système de radiopistage est constitué de deux composants majeurs (Mech *et al.*, 2002) :

- Un sous-système émetteur avec une source d'énergie et une antenne de propagation.
- Un sous-système de réception comprenant une antenne de réception, un récepteur de signaux avec un indicateur de réception, et une source d'énergie.

Afin d'étudier les déplacements d'un animal, on peut utiliser trois grands types de *radio-tracking* (Mech *et al.*, 2002; Frair *et al.*, 2010; Urbano *et al.*, 2010; Bridge *et al.*, 2011; Kays *et al.*, 2015):

- Le “Very High Frequency (VHF) tracking”

Le *VHF radio-tracking* est une méthode standard utilisée depuis 1963. Un émetteur VHF est un tag électronique envoyant de très hautes fréquences radio, utilisé afin de localiser l'animal équipé. À l'aide d'un récepteur et d'une antenne directionnelle, l'utilisateur suit le signal émis par l'émetteur. L'animal peut être suivi à partir de véhicules, à pied ou encore en plaçant des systèmes stationnaires dans l'aire d'étude. Cependant, le suivi n'en demeure pas moins laborieux, et est généralement utilisé pour des populations occupant des zones géographiquement restreintes. Le VHF, bien qu'étant la plus ancienne des méthodes, est toujours utilisé mais se fait peu à peu remplacer par de nouvelles techniques plus récentes (Mech *et al.*, 2002; Bridge *et al.*, 2011; Kays *et al.*, 2015).

Les avantages de ce type de dispositif sont un coût relativement faible, une longue durée de vie, un faible poids et une précision raisonnable. Cependant, cette technique demande beaucoup de main-d'œuvre et est sensible aux conditions météorologiques (Frair *et al.*, 2010; Urbano *et al.*, 2010; Kays *et al.*, 2015).

Il existe plusieurs moyens de suivre un animal par VHF (Cochran *et al.*, 1965 dans Mech *et al.*, 2002) :

- La méthode du **Homing** consiste à suivre un signal vers sa plus grande intensité. Au fur et à mesure que le chercheur se rapproche de l'émetteur, le signal augmente en même temps que le gain du récepteur se réduit, permettant de discriminer les directions prises par l'animal. Ce processus est répété jusqu'à ce que l'utilisateur arrive à déterminer sa position (Mech 1983 dans Mech *et al.*, 2002). Notons que cette méthode peut déranger les individus, introduisant un biais quant à leurs déplacements (White & Garrott, 1990 dans Mech *et al.*, 2002).
- La **triangulation** vise à obtenir deux signaux à différents endroits (de préférence à des angles d'environ 90 degrés l'un par rapport à l'autre) qui se croisent avec celui de l'émetteur porté par l'animal. Pour pallier les imprécisions de l'antenne directionnelle, il est préférable de prendre plusieurs points d'écoute permettant de tracer un polygone où se trouve théoriquement l'animal. (Heezen & Tester 1967, White & Garrott 1990 dans Mech *et al.*, 2002). En triangulant, les chercheurs n'influencent pas les déplacements de l'animal comme la méthode précédente, néanmoins, la localisation est moins précise.
- Le **radiopistage automatique** est une méthode permettant de récolter les données des émetteurs en installant les dispositifs de réception de manière fixe sur le terrain. Celle-ci permet dès lors de s'affranchir de l'inconvénient principal des deux méthodes susmentionnées : le besoin de main-d'œuvre sur le terrain. De plus, il n'y a plus aucun risque d'induire un biais sur les déplacements. Le désavantage majeur de cette méthode est le temps investi à son installation initiale et à sa maintenance (Angerbjorn & Becker, 1992 dans Mech *et al.*, 2002).

- Le “Satellite tracking”

Les émetteurs utilisés pour le pistage par satellite envoient un signal puissant aux satellites, calculant et communiquant les positions de l'animal.

Cette méthode de suivi est intéressante par le fait qu'elle ne nécessite qu'une seule fois du personnel de terrain afin de placer l'émetteur sur l'animal (Kays *et al.*, 2015). Elle est particulièrement utile pour les espèces réalisant des déplacements sur des longues portées. C'est notamment le cas de celles qui vivent au large des côtes pour lesquelles le *satellite tracking* représente l'unique moyen de suivi (Kays *et al.*, 2015).

Cependant, cette technique ne permet pas fournir des données sur les comportements, les tendances et habitudes des individus et populations (Ancel *et al.*, 1992 dans Mech *et al.*, 2002). Le coût initial est assez élevé et la durée de vie estimée est plus courte que pour le VHF. La télémétrie par satellite est nettement moins précise que les méthodes VHF et GPS (précision d'environ 150m) (Keating *et al.*, 1991 dans Mech *et al.*, 2002).

- Le “Global Position System (GPS) tracking”

Afin de suivre les déplacements par *GPS tracking*, l'appareillage télémétrique placé sur l'animal reçoit des informations d'au moins trois satellites afin de le positionner. Les positions sont généralement calculées périodiquement (Mech *et al.*, 2002). En fonction du type de GPS utilisé, les localisations sont stockées et sont recueillies *a posteriori* par récupération du GPS, par téléchargement à distance de ses données, par relais satellite ou encore par envoi programmé (Mech *et al.*, 2002). Cette méthode permet de fournir aux chercheurs des informations de grande précision tout en diminuant le temps d'investigation sur le terrain. Ce système de positionnement est particulièrement adapté aux recherches pour lesquelles une prise élevée d'emplacements par jour est nécessaire (Mech *et al.*, 2002).

Le pistage par GPS possède donc des avantages évidents sur la précision (5m) et sur le temps investi pour les obtenir, comme mentionné ci-dessus, mais permet également d'avoir des informations sur les emplacements d'un animal par tous les temps (Moen *et al.*, 1996 dans Mech *et al.*, 2002). Néanmoins, cette précision n'est pas sans contrepartie : le « *Global Position System* » possède une longévité bien inférieure au système VHF conventionnel, est sensible au type de couvert végétal, et a un coût initial bien plus élevé (Merrill, 2002 dans Mech *et al.*, 2002). Cependant, si on rapporte les coûts aux nombres de positions récoltées, ces derniers peuvent être compensés ceux de la récupération VHF. De plus, le *GPS tracking* permet d'obtenir des données de positionnement généralement corrélées en série (Mech *et al.*, 2002).

2.2. *Domaine vital et trajectoire*

Darwin (1861) fut le premier à constater que les déplacements des animaux étaient limités à un espace restreint. Brut (1943) décrit ensuite les concepts de base du domaine vital, ou « *home range* », d'un animal. Il définit le domaine vital comme étant l'aire traversée par un animal durant ses activités normales de recherche de nourriture, de reproduction et d'élevage des jeunes. Les sorties occasionnelles ne doivent pas être incluses dans ce domaine (Powell *et al.*, 2012; Burt, 1943 dans Calenge, 2015).

De nos jours, les chercheurs perçoivent le domaine vital comme une densité d'utilisation calculée sur base d'estimations des localisations des animaux à travers le paysage. Pour analyser ce type de données, les approches non paramétriques sont devenues populaires du fait que les animaux ne se répartissent pas dans l'espace selon un patron statistique bien défini (Worton, 1989; Seaman *et al.*, 1996; Getz *et al.*, 2004; Laver *et al.*, 2008; Powell, 2012).

L'utilisation de l'espace peut être définie comme une probabilité de distribution pour l'utilisation de l'espace en fonction du temps. Elle permet de montrer les probabilités de retrouver un animal à un endroit et à un moment donné (Powell *et al.*, 2012). L'utilisation de l'espace permet par la suite de déterminer les préférences des individus en fonction des habitats, de l'effet de la topographie sur la localisation du domaine vital et de sa forme, et de la probabilité que les individus se rencontrent (Seaman, 1996; Powell, 1998; Mitchell *et al.*, 2002; Fieberg *et al.*, 2005; Ryan *et al.*, 2006).

Une trajectoire est la courbe décrite par les mouvements d'un animal. Le mouvement est continu, ce qui implique que l'échantillon d'une trajectoire divise la courbe de la trajectoire en une série de points de relocalisations (Turchin, 1996).

Deux classes de trajectoires peuvent être déterminées (Calenge *et al.*, 2009) :

- Les trajectoires de type I pour lesquelles le temps n'est pas connu avec précision ou n'est pas pris en compte pour la relocalisation de la trajectoire.
- Les trajectoires de type II pour lesquelles le temps est connu pour chaque relocalisation.

De plus, les trajectoires peuvent être régulières ou irrégulières. Dans le premier cas, le temps de relocalisation entre les points est constant alors qu'il est variable dans le second (Calenge *et al.*, 2009).

3. Les Hautes-Fagnes

3.1. Généralités

En septembre 2017, la Réserve Naturelle Domaniale des Hautes-Fagnes a fêté ses 60 ans. Ce lieu chargé d'histoire a subi les premières actions humaines au cours du second millénaire. Ces activités ont modifié le paysage originel des Hautes-Fagnes, qui n'était à l'époque qu'un mélange de massifs forestiers et de tourbières. Les progrès techniques ont rendu les pratiques agricoles possibles dans cet environnement difficile, permettant la production de charbon bois, l'afforestation et l'exploitation des tourbières, la culture et le pastoralisme. A partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, les besoins économiques ont changé, menant aux drainages excessifs des zones tourbeuses et aux plantations d'épicéas. Au fur et à mesure, ces activités ont conduit à la destruction, la disparition et la fragmentation des habitats (Ruwet *et al.*, 1997, Frankard, 2006) (figure 2). Afin de remédier à ces perturbations, les épicéas hors station ont été retirés depuis une dizaine d'années afin d'y planter des essences indigènes ou de maintenir les milieux ouverts (Fagnes-Eifel, s. d.; Frankard, 2006).

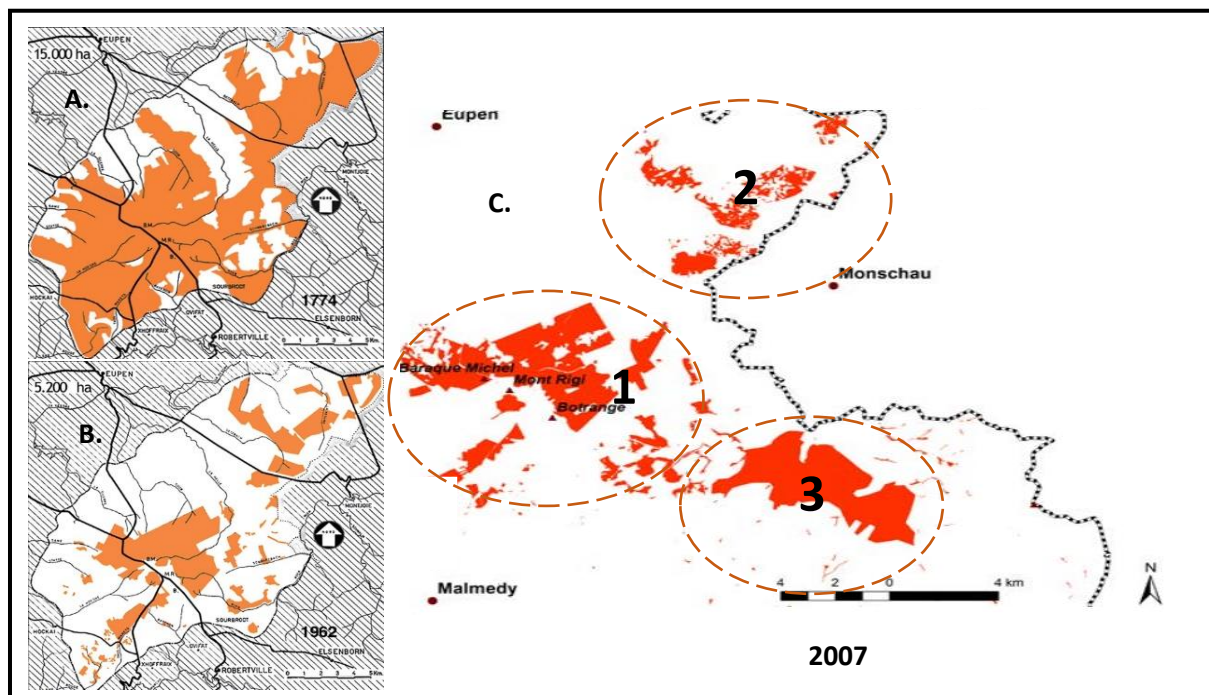


Figure 2. Superficie de la réserve naturelle domaniale des Hautes-Fagnes en 1774 (A), 1962 (B) et en 2007 (C) et délimitation des trois secteurs principaux de celle-ci (d'après Robert, 1963 et Park Naturel Hautes-Fagnes-Eifel, s.d.).

Cette réserve est l'une des plus fréquentées de Belgique (Ghiette et al., 1995). Suite à l'acquisition de terrains depuis sa création, elle occupe à l'heure actuelle 6000 hectares, ce qui en fait la plus grande réserve du pays (Ghiette et al., 1995 ; Keulen et al., 2005). Elle est principalement constituée de sols tourbeux et paratourbeux où l'on retrouve des tourbières, des boisements divers, des bas-marais et des landes (Frankart, 2006).

Les Hautes-Fagnes s'étendent entre 50°10' et 50°25' de latitude Nord et 5°45' et 6°25' de longitude Est et sont situées entre 500 et 694 mètres d'altitude (Wastiaux et al., 2003; Plunus et al., 2013). Cette situation procure à la réserve des Hautes-Fagnes des conditions climatiques uniques en Belgique où la température est en moyenne 4°C inférieure qu'ailleurs dans le pays (Mormal et al., 2004).

La réserve naturelle est constituée de plusieurs Fagnes réparties dans 3 secteurs principaux (Ghiette et al, 1995 ; Ruwet et al., 1997) (figure 2B et tableau 1) :

Tableau 1. Répartition des Fagnes dans les 3 secteurs principaux de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes.

| Fagnes de la Baraque-Michel ① | Fagnes du Nord-Est ② | Fagnes de Sourbrodt-Elsenborn ③ |
|--|-----------------------------|--|
| Duret (Potales, Brochepierre, Deux-Séries) | Kutenhart | Sourbrodt |
| Grande Fange | Allgemeines Venn | Elsenborn ouest |
| Fagne de Malmédy | Steinley | Elsenborn est |
| Fagne Wallonne | Brackvenn | |
| Fagne de Clefaye | Vennkreuz | |
| | Hoscheit | |

Toutes ces zones sont gérées par le Département de la Nature et des Forêts (DNF), sous la direction de Malmedy avec les cantonnements de Malmedy, d'Elsenborn, d'Eupen et de Bullange, et celle de Liège avec les cantonnements de Verviers et de Spa. Le DNF travaille en étroite collaboration avec le Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole (DEMNA) et la Commission Consultative de Gestion de la Réserve Naturelle Domaniale des Hautes-Fagnes composée des associations de défense de la Nature, du Pouvoir public (SPW, DNF et DEMNA) et de l'Université de Liège (Uliège) principaux (Ghiette et al, 1995).

3.2. La flore

Cette zone remarquable, façonnée durant des siècles par les conditions naturelles et les activités humaines, offre un cortège floristique particulier caractérisé par de nombreuses espèces rares et de grand intérêt patrimonial (Frankard, 2006). En fonction du degré d'hydromorphie, on retrouve potentiellement différents types milieux. Sur sols loessiques, on distingue les hêtraies acidophiles à luzule blanche (*Luzulo albidae-Fagetum*) sur bon drainage, et les chênaies à bouleaux et molinie (*Betulo-Quercetum roboris*) lorsque le drainage est défavorable. Les aulnaies (*Carici laevigatae-Alnetum glutinosae*) se retrouvent dans les fonds de vallées et quand les nappes affleurent ou émergent. Les amphithéâtres de sources et les cols aplanis sont potentiellement occupés par des tourbières hautes ombrogènes de pente ou en selle. A leurs périphéries, il est possible de trouver des bas-marais qui sont également présents sur les zones de suintement. Les bois tourbeux (*Sphagno palustris-Betuletum pubescentis*) se retrouvent quant à eux sur tourbe peu épaisse (Schwickerath, 1944; Vanden Berghen, 1951, 1952; Streel, 1959; Froment, 1968; Schumacker et al., 1974; Schumacker, 1980; Schumacker & De Zuttere, 1980; Tombal & Schumacker, 1983; Fabri & Schumacker, 1986; Frankard, 2000a et 2000b dans Wastiaux, 2003). Les associations végétales des tourbières hautes actives sont les plus caractéristiques de ce plateau (Wastiaux, 2003; Frankard, 2006). Celles-ci ont un intérêt biologique inestimable extrêmement rare en Belgique (125 hectares sur 200 en Belgique se trouvent dans les Hautes-Fagnes) (Frankard, 2006). Elles sont représentées majoritairement par les groupements à *Sphagnum papillosum*, à *S. magellanicum* et à *S. fallax* (Schumacker & De Zuttere, 1980). Les communautés végétales des tourbières sont assez pauvres, constituées d'espèces acidophiles ayant peu de besoins en azote et en cations bivalents, résistantes à la sécheresse et adaptées à la limitation de l'évapotranspiration (Tombal & Schumacker, 1983).

On y retrouve des biocénoses spécialisées pouvant abriter des plantes boréales, montagnardes ou encore boréo-montagnardes qui sont des espèces rares dans l'ouest de l'Europe et extrêmement localisées en Belgique, voire qu'on ne retrouve quand dans les Hautes-Fagnes (Lambinon *et al.* 2008, Frankard, 2006).

3.3. *La faune*

Les Hautes-Fagnes constituent également un refuge pour un bon nombre d'espèces animales. L'entomofaune y est généralement inféodée, particulièrement riche et variée en odonates, comme l'aesche des joncs (*Aeshna juncea*) ou encore la rare aesche subarctique (*Aeshna subarctica*) (Frankard *et al.*, 1998).

On a dénombré pas moins de 80 espèces d'oiseaux nicheurs en Fagnes. Cependant, aucune d'entre elles n'y est strictement liée. L'avifaune profite de cette aire protégée et s'y réfugie suite à la destruction de son habitat naturel (Frankard *et al.*, 1998). C'est le cas par exemple pour la pie-grièche grise (*Lanius excubitor*) et l'emblème des Hautes-Fagnes, le tétras lyre (*Tetrao tetrix*) (Frankard *et al.*, 1998). Cette réserve naturelle est également une zone où la grande faune prospère, la chasse y étant strictement contrôlée (Frankard *et al.*, 1998).

3.4. *Actions de restauration*

Les premières actions de restauration écologique³ ont été menées en 1993 suite à la diminution inquiétante des tourbières en Wallonie (Frankard, 2006). Ce premier projet avait pour but d'identifier les facteurs de perturbation et de dégradation de ces biotopes, de mettre en œuvre des méthodes de restauration pour ces milieux, et ce essentiellement au niveau de leurs conditions hydrologiques qui ont été largement dégradées par les activités anthropiques. Les actions consistaient à rehausser le niveau des nappes perchées en fermant et comblant les drains, à décaper et fraiser les tourbières dégradées ainsi qu'éliminer les espèces feuillues et résineuses empiétant sur les tourbières (Frankard, 2006).

Dans le but de restaurer les habitats de grand intérêt biologique de la réserve, le projet LIFE (*L'Instrument de Financement pour l'Environnement*) « Restauration des landes et des tourbières du Plateau des Hautes Fagnes » (LIFE06 NAT/B/000091) a débuté en 2007. Initialement prévu pour une durée de 5 ans, il s'est terminé en 2012 et a permis de restaurer pas moins de 2860 hectares de milieux humides, tourbeux et paratourbeux, soit le double des objectifs originels. Au total, 14 habitats, dont 9 étant repris dans l'Annexe I de la Directive Habitats, étaient ciblés dans 6 sites Natura 2000 (Plunus *et al.*, 2013) :

³ Action de restauration écologique : « action intentionnelle qui initie ou accélère l'autoréparation d'un écosystème en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable » (Society for Ecological Restoration International S.& P.W.G., 2004).

Tableau 2. Liste des habitats Natura 2000 et non Natura 2000 ciblés lors du Projet LIFE « Restauration des landes et des tourbières du Plateau des Hautes Fagnes » (LIFE06 NAT/B/000091) (Plunus et al., 2013).

| Habitats ciblés | |
|--|--|
| Natura 2000 | Non Natura 2000 |
| Tourbières hautes actives | Aulnaies riveraines |
| Tourbières hautes dégradées restaurables | Hêtraies du <i>Luzulo-Fagetum</i> |
| Tourbières de transition | Formations herbeuses à <i>Nardus stricta</i> |
| Tourbières boisées | Mégaphorbiaies |
| Chênaies pédonculées acidophiles | Prairies de fauche submontagnardes |
| Dépressions sur tourbe nue | |
| Landes humides atlantiques | |
| Genévrières | |
| Landes sèches à <i>Calluna vulgaris</i> | |

Le travail remarquable mené au cours de ces cinq années a conduit la Commission européenne à sélectionner ce projet comme "*Best of Best LIFE Nature project*" (SPW/DGO3).

Cependant, même après ces actions, les Hautes-Fagnes font toujours face à 4 grandes menaces qui sont responsables de la dégradation de l'état de conservation de ses milieux (Plunus et al., 2013) :

- Les propriétaires privés ou les pouvoirs communaux essaient de valoriser économiquement les zones tourbeuses et humides en plantant des épicéas (*Picea abies*). Cette **spéculation sylvicole résineuse** entraîne des perturbations importantes au niveau du régime hydrique et des sols et cause la destruction et la fragmentation des habitats.
- Les zones ouvertes ne subissant pas la spéculation sylvicole résineuse se font rapidement **coloniser par les graminées sociales, les feuillus et les résineux**. Leur colonisation provoque un appauvrissement en espèce des habitats. La plante la plus problématique à l'heure actuelle est la molinie (*Molinia caerulea*).
- Afin de réaliser les plantations de résineux sur les zones humides, de nombreux drains ont été creusés au XIX^{ème} afin d'évacuer l'eau. Cette évacuation des eaux ainsi que l'évapo-transpiration des épicéas provoquent un **assèchement des milieux**.
- Sur les hauteurs du pays, la régulation du gibier pose problème. En effet, en plus d'être un revenu important pour les propriétaires, la chasse tend actuellement à maintenir les populations de cervidés en excès afin d'offrir plus de possibilités de tirs aux chasseurs. Ceci est d'autant plus problématique sur le plateau des Hautes-Fagnes où les cervidés profitent des zones protégées pour se réfugier, compliquant la réalisation des plans de tir. Cet **excédent de cervidés a pour effet de diminuer grandement la régénération d'essences feuillues**.

Il est également à souligner que les Hautes-Fagnes sont sous la protection de la société royale « Les Amis de la Fagne », et cela avant même que celles-ci ne soient érigées en réserve domaniale (1957). Cette ASBL a pour but de faire découvrir et conserver les Hautes-Fagnes en menant de actions de sauvegarde bénévoles et en travaillant en collaboration avec les milieux scientifiques (Les Amis de la Fagnes).

4. Cas du tétras lyre

4.1. Description de l'espèce

Le tétras lyre (*Tetrao* (= *Lyrurus*) *tetrix* Linnaeus, 1758) est un oiseau de l'ordre des Galliformes, de la famille des Phasianidés et de la sous-famille des Tétraoninés (BirdLife International, 2016).

Les tétras lyres mâles ont une longueur de 49 à 58 cm et une envergure de 65 à 80 cm. Les femelles, ou poules, légèrement plus petites ont une longueur d'environ 40 cm pour la même envergure. Cette différence de taille entre genres provient de la queue des mâles. En effet, les coqs ont une queue plus longue (environ 15 cm), en forme de lyre, qu'ils déploient lors de la parade nuptiale. Leur plumage est noir avec des reflets bleutés alors que les femelles ont un plumage cryptique brun-roux barré de noir. Les coqs sont également dotés de caroncules⁴ rouges.

Ces dernières sont de taille variable et grossissent au printemps pour la parade. Les mâles, comme les femelles, ont le dessous des ailes et les barres alaires blancs. Les subadultes mâles de premier hiver ressemblent aux adultes, mais sont plus ternes, bruns avec les rectrices moins courbées. Les coqs adultes pèsent environ 1,3kg et les poules 1kg (Ruwet *et al.*, 1980; Klaus *et al.*, 1990; Bernard Laurent *et al.*, 1998; Müller & Müller, 2006; Storch, 2007; Keulen, 2010; BirdLife international, 2016).



Figure 3. Carte de la répartition du tétras lyre (*Tetrao tetrix*) (BirdLife International, 2016).

Les tétras lyres sont des oiseaux sédentaires boréo-montagnards (Storch, 2007; Keulen, 2010; BirdLife international, 2016). Ils vivent principalement en taïga ou en montagne où ils fréquentent des milieux variés qui font la transition entre zones boisées et ouvertes comme des marais, tourbières, landes et lisières forestières (Storch, 2007; Keulen, 2010). Ils sont présents à toute altitude. Dans les Alpes, on recense des tétras jusqu'à 2300 m d'altitude (Keulen *et al.*, 1997; Ruwet *et al.*, 1997; Storch, 2007; BirdLife International, 2016). Cette espèce est présente dans toute l'Eurasie, de la Grande-Bretagne jusqu'en Chine, en passant par la Sibirie (figure 3) (Bernard Laurent *et al.*, 1998; Storch, 2007).

⁴ Caroncule : Excroissance charnue rougeâtre située sur la tête ou la gorge de certains oiseaux (Dictionnaire de français Larousse).

Cette large gamme d'occupation géographique et de variété d'habitats engendre des variations dans les traits morphologiques donnant ainsi naissance à 6 (del Hoyo *et al.*, 1994 in Storch, 2007) ou 7 (Potapov 1985; Potapov and Flint 1989 in Storch, 2007; Corrales *et al.*, 2014) sous-espèces reconnues selon la définition utilisée. Seule la sous-espèce provenant d'Angleterre (*Tetrao tetrix britannicus*) est isolée géographiquement des autres (Storch, 2007).

Ces oiseaux occupent un domaine vital allant de 50 à 400 ha. Ils sont essentiellement actifs en début et en fin de journée. Pendant les saisons de reproduction (figure 4) les mâles paraded sur des arènes dès l'aube et le soir jusqu'à 6 heures par jour (Ruwet *et al.*, 1997; Ruwet *et al.*, 1980; Klaus *et al.*, 1990; Bernard Laurent *et al.*, 1998).

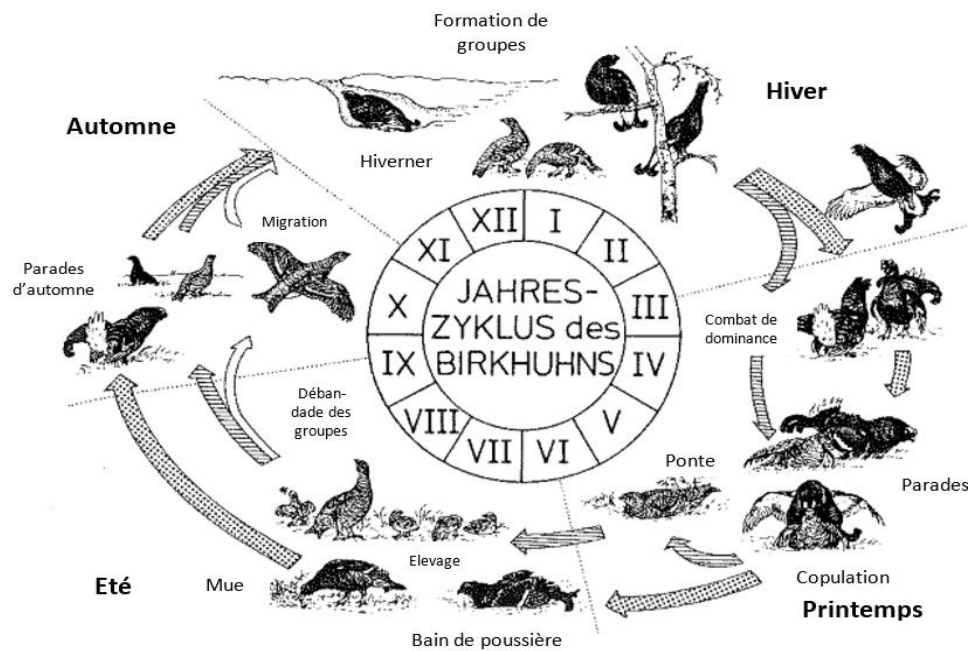


Figure 4. Activités du tétras lyre au cours d'une année (Klaus *et al.*, 1990).

L'hiver est la saison où l'activité des tétras est réduite au maximum (figure 4). Comme certaines autres espèces de Galliformes, les tétras lyres ont développé une parade contre le froid : ils creusent des igloos. Ce comportement leur permet en même temps de limiter les déperditions de chaleur et de se protéger contre leurs prédateurs (Klaus *et al.*, 1990).

Ce Galliforme grégaire polygame se nourrit de végétaux variés selon la période de l'année (tableau 3). Il peut s'agir d'akènes, de bourgeons de feuillus ou de conifères, de baies, de fruits secs. Ces oiseaux affectionnent tout particulièrement les *Ericaceae*. Occasionnellement, une part de petits arthropodes peut s'ajouter à ce régime herbivore (Klaus *et al.*, 1990; Bernard Laurent *et al.*, 1998; Müller & Müller, 2006).

Tableau 3. Nourriture affectionnée par les tétras lyres au cours des saisons (Keulen et al., 1997).

| Printemps | Été |
|--|--|
| Bouleau pubescent (<i>Betula pendula</i>) Myrtille commune (<i>Vaccinium myrtillus</i>) Callune (<i>Calluna vulgaris</i>) Saule à oreillettes (<i>Salix aurita</i>) Linaigrette vaginée (<i>Eriophorum vaginatum</i>) Laîche vulgaire (<i>Carex nigra</i>) Renoncule rampante (<i>Ranunculus repens</i>) | Myrtille commune (<i>Vaccinium myrtillus</i>) Oseille (<i>Rumex sp.</i>) Laîche vulgaire (<i>Carex nigra</i>) Saule à oreillettes (<i>Salix aurita</i>) Scirpe cespiteux (<i>Trichophorum cespitosum</i>) Invertébrés |
| Automne | Hiver |
| Bouleau pubescent (<i>Betula pendula</i>) Callune (<i>Calluna vulgaris</i>) Myrtille commune (<i>Vaccinium myrtillus</i>) Renoncule rampante (<i>Ranunculus repens</i>) Airelle (<i>Vaccinium sp.</i>) Bruyère quaternée (<i>Erica tetralix</i>) Myrtille de loup (<i>Vaccinium uliginosum</i>) | Bouleau pubescent (<i>Betula pendula</i>) Myrtille commune (<i>Vaccinium myrtillus</i>) Callune (<i>Calluna vulgaris</i>) Andromède (<i>Andromeda polifolia</i>) Bourgeon de dicotylées |

Entre mai et juin, la poule pond 6 à 11 œufs blancs-jaunâtres tachés de brun dans un nid au sol. Il s'agit d'une petite dépression où la poule a gratté le sol et déposé des plantes. Afin de se nourrir, la poule quitte son nid quelques fois par jour. L'incubation dure environ 25 jours. Les poussins, nidifuges, sont élevés uniquement par la poule et se nourrissent d'insectes. A l'âge d'un mois, ils sont capables de voler et adoptent progressivement le même régime phytophage que les adultes (Bernard Laurent *et al.*, 1998; Müller & Müller, 2006).

Le tétras lyre est une espèce « *Least Concern* » selon les critères IUCN. En effet, cette espèce occupe un territoire très large et présente un effectif total élevé. Par conséquent, même si une diminution des effectifs est observée, celle-ci n'est pas assez conséquente pour que l'espèce soit qualifiée de vulnérable⁵. Cependant, en Europe centrale et occidentale, cet oiseau est menacé et les tendances sont plus qu'alarmantes. Depuis 1970, les populations diminuent et leurs habitats disparaissent. Les dernières populations sont souvent petites et isolées (Klaus *et al.* 1990; Holst-Jørgensen 1995, 2001; Loneux & Ruwet 1997; Kamieniarz 2000, 2003; Ten Den & Niewold 2001; Loneux *et al.* 2004; Prüter & Wübbenhorst 2004; Niewold *et al.* 2005). Les directives européennes ont dès lors classé le tétras lyre dans les Annexes I, II/2 et III/2 de la Directive européenne relative à la conservation des espèces animales 79/409/CEE (Storch, 2007).

⁵ Les critères pour qu'une espèce soit jugée vulnérable selon l'IUCN sont : une aire d'occurrence inférieure à 20 000 km² présentant des fluctuations ou un déclin en dimension, en taille ou qualité d'habitat, en taille de population ou ayant un faible nombre de localisations ou en sévère fragmentation ; un déclin du nombre d'individus de plus de 30% sur 10 ans ou sur 3 générations ; un nombre d'individus matures inférieur à 10 000 avec un déclin continu estimé à plus de 10% en 10 ans ou en 3 générations, ou avec une structure spécifique de population (BirdLife International, 2016).

4.2. Etat des lieux en Belgique

4.2.1. Evolution et répartition

En Belgique, le tétras lyre n'est plus chassé depuis 1966, date de sa mise en protection. Ensuite, l'espèce a été également reprise sur l'Annexe I de la Directive européenne relative à la conservation des espèces animales 79/409/CEE et classée en espèce « Natura 2000 » en 1991 (Keulen, 2010).

Au début des années 1980, les populations de tétras lyres étaient réparties dans l'est du pays. Il n'était pas rare que les groupes soient constitués de plus 50 individus. Néanmoins, suite aux diverses menaces et pressions, on ne retrouve dorénavant plus cet oiseau que dans la Réserve Naturelle Domaniale des Hautes-Fagnes, dernier refuge de cet emblème en Belgique (Keulen, 2010).

Les populations de tétras lyres y sont étudiées depuis 1966 par le Service d'Ethologie de l'Université de Liège. Les premiers travaux consistaient à étudier le comportement, les structures et dynamiques des populations ainsi qu'à inventorier et décrire les arènes de parade (Ruwet *et al.*, 1997). Chaque année, un recensement est effectué dans les Hautes-Fagnes afin de suivre l'évolution des effectifs (Ruwet *et al.*, 1997). Celui-ci se déroule aux arènes, lorsque les mâles y paradent. Il s'agit en effet de la période où les oiseaux sont le plus facilement visibles et dénombrables. De plus les études ont montré que le rapport de genre était de 1:1 (Bernard Laurent *et al.*, 1998). A l'époque des premiers recensements, les tétras lyres étaient présents dans l'ensemble de la réserve des Hautes-Fagnes (Loneux *et al.*, 2018a). Ensuite, à partir de 1994, la population n'a fait que décliner de sorte qu'il ne subsiste qu'une population relictuelle ne comptant que 10 coqs en 2013 (figure 5) (Loneux *et al.*, 2018a).

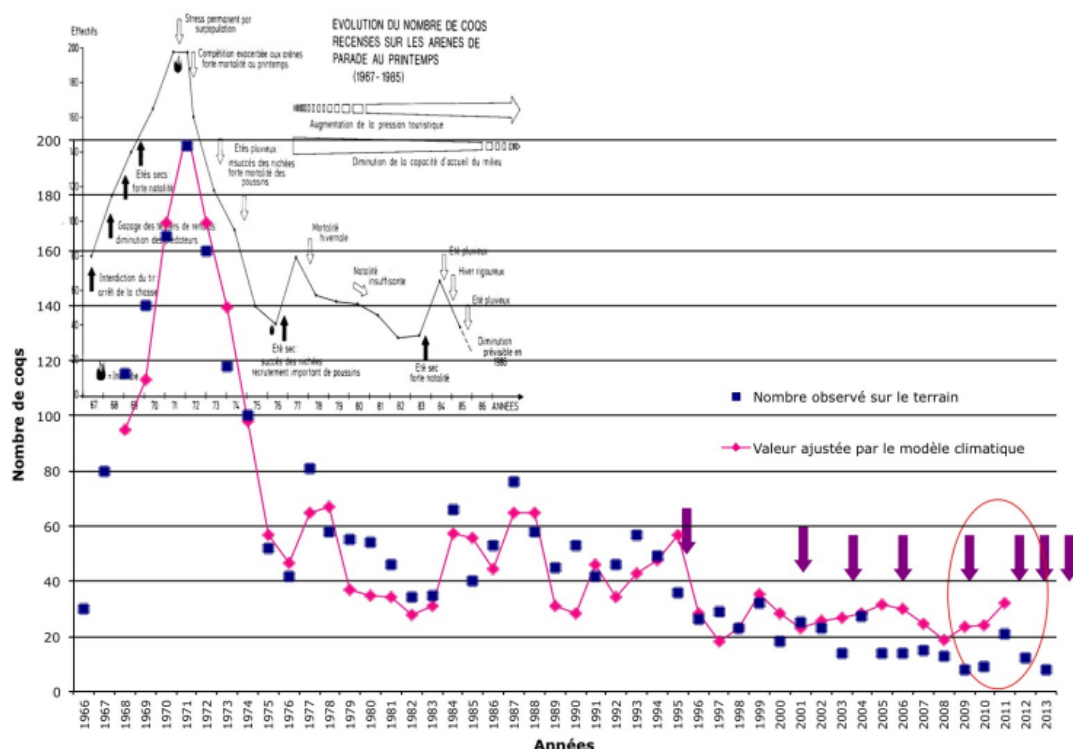


Figure 5. Evolution des effectifs des tétras lyres mâles de 1966 à 2013 dans la réserve naturelle domaniale des Hautes-Fagnes (Loneux *et al.*, 2018a).

Après 2013, en dépit des travaux de restauration de ses habitats, l'état de conservation de l'espèce n'a fait qu'empirer. Le dernier recensement officiel de 2017 avant renforcement a dénombré deux coqs et deux poules.

4.2.2. Menaces

En Belgique, la diminution des effectifs de tétras lyres est due à différents facteurs (figure 6) (Loneux *et al.*, 1997; Loneux, 2000; Storch, 2000; Loneux *et al.*, 2003; Storch, 2007).

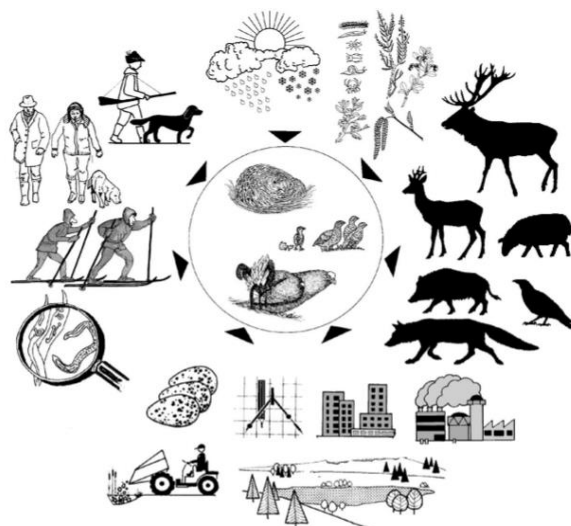


Figure 6. Représentation schématique des différents facteurs affectant les tétras lyres d'après la littérature européenne (Loneux, 2000).

Anthropiques :

- Dégradation des habitats et disponibilité des ressources

Cette menace ne touche pas seulement notre pays mais concerne toute l'Europe de l'Ouest et centrale. Les changements d'occupation du sol par les activités humaines entraînent une perte et une dégradation des habitats des populations de tétras lyres. La source majeure de dégradation est l'intensification de l'agriculture. Dans les Hautes-Fagnes, la dégradation de l'habitat du tétra provient essentiellement de l'afforestation de zones humides, du drainage et de la destruction des zones humides et des landes (Keulen *et al.*, 2005).

- Perturbation humaine

La réserve des Hautes-Fagnes est la réserve naturelle la plus fréquentée en Belgique, non seulement à cause de ses paysages, mais également pour ses pistes de ski de fond. Il est donc indéniable que cette fréquentation perturbe la quiétude des oiseaux comme l'ont montré certaines études (Keulen *et al.*, 2005; Storch, 2007). Néanmoins, dans cette réserve, une canalisation des touristes est réalisée depuis 1985 afin de ne pas perturber la parade, la reproduction et la quiétude du tétra lyre, ce qui réduit fortement l'impact de cette nuisance sur la population (Keulen *et al.*, 2005).

- Changement climatique

D'après Loneux *et al.* (2003), les changements des tendances climatiques influencent en partie la diminution des effectifs en Europe et en Belgique. Dans les Hautes-Fagnes, les facteurs climatiques influençant les effectifs sont :

- La rigueur des hivers : au plus ceux-ci sont doux et pluvieux, au plus ils sont néfastes pour les tétras lyres. En effet, les tétras seront dans l'incapacité de se protéger de l'humidité et du froid s'ils ne savent pas creuser des igloos dans une couverture neigeuse.
 - Le temps en juin-juillet : une météo pluvieuse et froide sera néfaste pour les poussins qui viennent de naître.
 - Automne pluvieux : la pluie entravera la recherche de nourriture en vue de faire des réserves de graisse pour l'hiver, ce qui peut affecter la survie hivernale.
- Collision

Bien que pas encore documentée en Belgique, cette menace est bien réelle et prise en compte dans d'autres régions d'Europe comme en France, Allemagne, Pologne, Scandinavie ou en Ecosse, où les oiseaux percutent les lignes hautes-tensions, barrières, grillages, clôtures et autres (Loneux *et al.*, 1997; Montadert, 2013).

- Exploitation

La chasse de cette espèce, qu'elle soit légale ou non, n'est pas d'actualité en Belgique mais représente un réel danger dans d'autres pays comme l'Autriche, la Grèce, la Roumanie, la Suisse, l'Ukraine ou encore la Chine (Storch, 2007).

Semi-naturelles :

- La prédation

Bien que n'ayant pas fait l'objet d'études, la pression de prédation sur les tétras lyres semble avoir augmenté dans les Hautes-Fagnes au cours des dernières décennies dû à l'accroissement de leur nombre et de leurs effectifs. Cette prédation est réalisée par le renard (*Vulpes vulpes*), le grand corbeau (*Corvus corax*), la corneille noire (*Corvus corone*), le geai des chênes (*Garrulus glandarius*), la pie bavarde (*Pica pica*), l'autour des palombes (*Accipiter gentilis*), le busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*), le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) mais aussi le sanglier (*Sus scrofa*), le blaireau (*Meles meles*), la martre des pins (*Martes martes*), la fouine (*Martes foina*) et l'hermine (*Mustela ermina*). De plus, les cervidés sauvages et les moutons peuvent impacter grandement la disponibilité et la qualité des ressources alimentaires du tétras lyre (Loneux *et al.*, 1997; Loneux *et al.*, 2003).

- Densité de la population

Les petites populations d'oiseaux isolées sont plus vulnérables et sensibles à l'extinction suite à la pression de prédation, à des événements aléatoires défavorables ou climatiques par exemple. Par contre, lorsque les densités sont trop élevées, ceci peut mener à la propagation de parasites (Klaus *et al.*, 1990).

4.3. Renforcement de la population belge de tétras lyres

4.3.1. Les actions

Comme défini dans le point 1.1., le renforcement est « le transfert et le relâchage intentionnel d'organismes dans une population de la même espèce » (IUCN/SSC, 2013). Il n'est donc pas question de transférer des individus dans une zone où l'espèce est absente, mais bien de les transférer dans une population existante afin d'augmenter ses effectifs et de la restaurer.

En 2017, une première translocation de 10 tétras lyres suédois (5 mâles et 5 femelles) a été réalisée dans les Hautes-Fagnes afin de renforcer sa population. Une seconde a eu lieu à partir du 26 avril 2018. Elle a été étalée sur plusieurs jours en fonction des arrivées des oiseaux (26 avril, 28 avril, 30 avril et 1^{er} mai 2018) (Loneux *et al.*, 2018a; Loneux *et al.*, 2018b). Initialement, il était prévu de ramener 25 individus de Suède. Néanmoins, les conditions météorologiques étaient exceptionnellement compliquées et seuls 18 individus (10 mâles et 8 femelles) ont pu être transloqués dans le temps imparti. Le but recherché par l'Université de Liège et ses collaborateurs est d'aboutir à une population viable dans les Hautes-Fagnes (Loneux *et al.*, 2018a; Loneux *et al.*, 2018b). Pour atteindre cet objectif, la population fagnarde devrait comprendre entre 80 et 160 individus.

4.3.2. Raisons du renforcement

Comme mentionné précédemment, l'effectif de la dernière population de tétras lyres belge ne cesse de diminuer depuis 1994 malgré les actions entreprises. En 2011, la population avait doublé par rapport à l'année précédente et avait laissé entrapercevoir un espoir pour cette population relictuelle. Néanmoins, c'était sans compter sur l'incendie du 25 avril 2011. Le feu, qui peut se révéler comme étant un remarquable outil de gestion, n'a fait, dans ce cas précis, que rendre la situation des tétras lyres encore plus précaire. En effet, ce gigantesque feu de landes a eu des répercussions dévastatrices sur les effectifs en détruisant les pontes et temporairement l'habitat des oiseaux (Poncin *et al.*, 2011). En 2016, selon les recensements officiels, on ne dénombrait que deux individus mâles et deux femelles. Afin de redresser cette population, il était urgent et indispensable de la renforcer.

Il est également important de souligner qu'en plus d'être le symbole des Hautes-Fagnes, le tétras lyre est une espèce que l'on peut qualifier de parapluie (*Umbrella species*) (Loneux *et al.*, 2003). Ceci signifie que sa « conservation confère un parapluie protecteur pour de nombreuses espèces concomitantes » (Feishmann *et al.*, 2000). L'enjeu de la restauration de la population du tétras lyre dépasse donc les limites de l'espèce même et touche toute une faune et une flore associées (Keulen *et al.*, 1997).

4.3.3. Provenance et capture des individus

La Suède a été sélectionnée comme pays de provenance, ceci pour différentes raisons (Loneux *et al.*, 2018a) :

- 1) Afin d'éviter de placer les oiseaux en quarantaine avant de les lâcher, leur provenance devait être interne à l'Europe.
- 2) La Suède est le seul pays en Scandinavie autorisant le transport et le déplacement d'animaux vivants en dehors de ses frontières.
- 3) Suite aux analyses, les populations suédoises semblent être les plus proches génétiquement de notre population belge.

La chasse au tétras lyre est autorisée en Suède. Les oiseaux capturés font partie du plan de tir et leur prélèvement n'impacte pas les populations locales. Les tétras sont capturés à l'aide de pièges puis rapatriés au plus vite en voiture jusqu'en Belgique.

Objectifs

L'objectif principal du présent travail est d'analyser les déplacements dans l'espace et le temps des tétras lyres transloqués dans la Réserve Naturelle Domaniale des Hautes-Fagnes. Le domaine vital des oiseaux ainsi que les habitats utilisés seront déterminés. De plus, une analyse du comportement des oiseaux aux arènes de parade permettra de déterminer si les individus suédois et belges interagissent entre eux.

Ce travail de fin d'études permettra dès lors de vérifier les hypothèses et questions suivantes par suivi télémétrique et visuel :

- Les habitats et la surface conviennent et suffisent aux tétras lyres transloqués.
 - Quel est le domaine vital des individus ?
 - Quels sont les déplacements effectués ?
 - Quels habitats utilisent-ils ?
 - Quels sont les taux de reproduction et de mortalité ?
- Les tétras lyres belges et suédois interagissent entre eux.
- Les tétras lyres belges et suédois utilisent les arènes de parade connues.

Matériels et méthodes

1. Zone d'étude

La zone d'étude se situe en Province de Liège (Belgique), sur l'ensemble de la Réserve Naturelle Domaniale des Hautes-Fagnes, en Ardenne (Figure 7). Cette aire protégée est connue comme étant l'ultime sanctuaire de la dernière population de tétras lyres de Belgique (Loneux *et al.*, 2003; Keulen *et al.*, 2005). La zone d'étude comprend les différentes fagnes associées de la réserve ainsi que les zones avoisinantes (cf. synthèse bibliographique 3.1.).



Figure 7. Carte du secteur des fagnes de la Baraque-Michel incluant la Fagne Wallonne (A), la Fagnes des Deux Séries (B), les Potaies (C), la Grande Fagne (D), la Fagne de la Poleur (E), le Neûr Lowé (F), le Setay et le Fraineu (G) et la Fagne de Cléfaye (H) et localisation de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes au niveau de la Wallonie.

Les principales fagnes prises en compte pour ce travail sont celles du secteur de la Baraque-Michel qui sont le cœur de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes (figure 2 et 7 et tableau 1).

2. Données télémétriques récoltées

Les données télémétriques récoltées lors de ce travail proviennent de trois types de systèmes de suivi GPS différents, placés et paramétrés par Didier Vangeluwe (Service de Baguage BEBirds de l'Institut Royal de Sciences Naturelles de Belgique - Museum), partenaire du projet. Ce type de données est inédit en Belgique pour cette espèce, même à l'échelle européenne (exemple : Montadert *et al.*, 2018).

3. Emetteurs de la translocation de 2017

3.1. Système de suivi télémétrique

Avant de les lâcher dans les Hautes-Fagnes, 6 tétras lyres (2 coqs et 4 poules) sur les 10 provenant de Suède ont été équipés d'un système télémétrique GPS automatique UHF avec batterie solaire de la marque Ecotone (tableau 4). Les émetteurs ont été paramétrés pour que les positions des oiseaux soient relevées toutes les heures de 06:00 à 10:00 au matin (heure UTC+2). Ceci avait pour but de cibler l'activité des oiseaux au petit matin pour les parades sur les arènes et pour l'installation de nids, tout en économisant la batterie des appareils. Les GPS ont été programmés pour émettre un signal toutes les 10 minutes, toujours dans un souci d'économie de batterie. La poule HAR03 a été reparamétrée à partir du 16 juin 2017 à un point toutes les heures, de 06:00 à 18:00 inclus (heure UTC+2).

Tableau 4. Fiche d'identité des tétras lyres suédois relâchés en Belgique en 2017 incluant les informations relatives aux types d'émetteurs (source : D. Vangeluwe Bebids).

| bague | couleur | id émetteur GSM | id émetteur UHF | date | localité | sexe | age | aile | poids | poids émetteur | % poids émetteur vs tétras |
|---------|---------|-----------------|-----------------|----------|----------|------|-----|------|-------|----------------|----------------------------|
| H150687 | WL'A/1 | | | 28-04-17 | Botrange | m | >II | 257 | 1098 | | |
| H150688 | WL'A/2 | | | 28-04-17 | Botrange | f | >I | 230 | 811 | | |
| H150689 | WL'A/3 | | | 28-04-17 | Botrange | m | >II | 263 | 1049 | | |
| H150690 | WL'A/4 | | HAR04 | 28-04-17 | Botrange | f | >I | 239 | 973 | 15,5 | 1,6 |
| H150691 | WL'A/5 | | HAR06 | 28-04-17 | Botrange | m | >II | 266 | 1217 | 15,3 | 1,3 |
| H150692 | WL'A/6 | | | 28-04-17 | Botrange | m | >II | | 1182 | | |
| H150693 | WL'A/7 | | HAR02 | 28-04-17 | Botrange | f | >II | 236 | 863 | 15,2 | 1,8 |
| H150694 | WL'A/8 | | HAR01 | 28-04-17 | Botrange | f | >I | 244 | 852 | 15,4 | 1,8 |
| H150695 | WL'A/9 | | HAR03 | 28-04-17 | Botrange | f | >I | 239 | 895 | 15,6 | 1,7 |
| H150696 | WL'A/10 | | HAR05 | 28-04-17 | Botrange | m | >II | | 1208 | 15,6 | 1,3 |

Afin de télécharger les données enregistrées par les GPS, les signaux émis par ces derniers doivent être captés à l'aide d'une antenne reliée à une station. Les antennes utilisées sont de type omnidirectionnel et unidirectionnel (figure 8). Elles doivent être reliées à une station de base alimentée (figure 8).



Figure 8. Photo de la station et de l'antenne unidirectionnelle (à gauche) et de la station et de l'antenne omnidirectionnelle (à droite) (©Dylan Delvaux).

L'alimentation de base provient d'un ordinateur (ASUS), d'un cylindre à piles ou d'une batterie 12V. Les programmes « SatelliteTracker » et « LoggerAnalyser » de la firme Ecotone sont également nécessaires pour télécharger les données enregistrées par la station de base sur l'ordinateur.

3.2. *Ecoute des transmissions téléométriques*

Deux méthodes sont utilisées sur le terrain pour détecter les signaux UHF :

1. Soit la station est couplée à un ordinateur en utilisant les programmes (cf. Matériels et Méthodes 2.1.).

Afin de télécharger les données enregistrées par les GPS, des transects pseudo-aléatoires sont réalisés quotidiennement en utilisant l'antenne et l'ordinateur décrits au point 3.1. Il faut entendre par pseudo-aléatoire le fait que les transects sont réalisés dans les zones propices aux tétras lyres et facilement accessibles. Par conséquent, ils se matérialisent majoritairement par des pistes, des sentiers, des chemins et des routes. Ils sont réalisés à pied ou en voiture en fonction de la zone explorée.

En hiver, les parcours réalisés sont fonction de la présence de neige. En effet, afin de laisser un maximum de quiétude aux oiseaux, il faut éviter de laisser des traces de passage dans la neige pour ne pas inciter les marcheurs à pénétrer dans les zones interdites. De plus, des passages successifs dans la neige faciliteraient celui des prédateurs tel que le renard (Loneux, communication personnelle). Il faut également tenir compte du fait que l'équipement n'est pas adapté à un temps pluvieux. Par conséquent, les transects ne sont réalisés que lorsque les conditions météorologiques le permettent. Dans le but de conduire les recherches dans les bons secteurs, les transects tiennent compte des informations provenant de plateformes d'encodage (Observation.be, OFFH), des informations transmises par les équipes du DNF (Département de la Nature et des Forêts) et également des données téléométriques téléchargées au cours de l'étude.

2. Soit la station est utilisée de manière fixe.

Pour étendre la possibilité de télécharger des données, l'antenne est utilisée de manière fixe, alimentée par une batterie placée durant un certain laps de temps sur le terrain (week-ends généralement).

Son positionnement tient également compte de la connaissance de l'opérateur sur la présence des oiseaux dans le secteur, des informations d'observateurs (observations.be, OFFH, DNF) et des informations fournies par les données des tétras déjà téléchargées.

4. *Emetteurs de la translocation de 2018*

4.1. *Systèmes de suivi téléométrique*

Pour cette nouvelle translocation, les oiseaux ont été équipés de deux systèmes GPS différents. Les émetteurs de la marque Ornitela transmettent à l'aide du réseau GSM. Une position GPS est enregistrée toutes les 30 minutes, cette fréquence pouvant être adaptée à tout moment selon la charge de la batterie. Les émetteurs de la marque Ecotone transmettent en GSM et en UHF. Un point GPS est enregistré de manière régulière toutes les 3 heures *via* le système GSM et toutes les 15 minutes *via* le système UHF avec une interruption entre 19:00 et 05:00 (heure UTC) excepté pour le coq KRX10. La fréquence des enregistrements GPS peut être également adaptée à tout moment.

Etant plus légers (23 grammes), les émetteurs Ornitela ont été préférentiellement équipés sur les femelles. Sept poules et deux coqs ont été équipés de ces émetteurs GSM. Les sept autres tétras, une poule et six coqs, ont été équipés d'émetteurs Ecotone (avec antenne externe), plus lourds de 5 grammes (28 grammes pour 3 émetteurs placés sur trois coqs : Modèle STORK H2S) ou du même poids (23 grammes pour les quatre derniers émetteurs, placés sur une poule et trois coqs : Modèle KITE-H) (tableau 5).

Tableau 5. Fiche d'identité des tétras lyres suédois relâchés en Belgique en 2018 incluant les informations relatives aux types d'émetteurs (source : D. Vangeluwe Bebids).

| bague | couleur | id émetteur GSM | id émetteur UHF | date | localité | sexe | age | aile | poids | poids émetteur | % poids émetteur vs tétras |
|---------|---------|-----------------|-----------------|----------|----------|------|-----|------|-------|----------------|----------------------------|
| H188625 | RR'A | orn/180977 | | 25-04-18 | Botrange | m | >II | 265 | 1175 | 23 | 2,0 |
| H188626 | RR'B | BGRO04 | LKRX09 | 25-04-18 | Botrange | m | >II | 261 | 1119 | 23 | 2,1 |
| H188627 | RR'C | BGRO06 | LKRX12 | 25-04-18 | Botrange | m | >II | 260 | 1233 | 23 | 1,9 |
| H188628 | RR'D | BGRO02 | LKRX06 | 28-04-18 | Botrange | m | >II | 256 | 1123 | 28 | 2,5 |
| H188629 | RR'E | orn/180981 | | 28-04-18 | Botrange | f | >II | 231 | 835 | 23 | 2,8 |
| H188630 | RR'G | orn/180982 | | 28-04-18 | Botrange | f | >II | 234 | 863 | 23 | 2,7 |
| H188631 | RR'H | orn/180983 | | 28-04-18 | Botrange | f | >II | 226 | 830 | 23 | 2,8 |
| H188632 | RR'J | BGRO03 | LKRX07 | 28-04-18 | Botrange | m | >II | 264 | 1146 | 28 | 2,4 |
| H188633 | RR'K | orn/180984 | | 28-04-18 | Botrange | m | >II | 257 | 1102 | 23 | 2,1 |
| H188634 | RR'L | orn/180980 | | 30-04-18 | Botrange | f | >II | 229 | 909 | 23 | 2,5 |
| H188635 | RR'K | orn/180979 | | 30-04-18 | Botrange | f | >II | 228 | 880 | 23 | 2,6 |
| H188636 | RR'N | | | 30-04-18 | Botrange | m | >II | 252 | 1164 | | |
| H188637 | RR'P | | | 30-04-18 | Botrange | m | >II | 258 | 1167 | | |
| H188638 | RR'T | orn/180976 | | 01-05-18 | Botrange | f | >II | 236 | 898 | 23 | 2,6 |
| H188639 | RR'R | BGRO07 | LKRX11 | 01-05-18 | Botrange | f | >II | 230 | 917 | 23 | 2,5 |
| H188640 | RR'S | orn/180978 | | 01-05-18 | Botrange | f | >II | 238 | 904 | 23 | 2,5 |
| H188641 | RR'X | BGRO05 | LKRX10 | 01-05-18 | Botrange | m | >II | 261 | 1082 | 23 | 2,1 |
| H188642 | RR'Y | BGRO01 | LKRX08 | 01-05-18 | Botrange | m | >II | 264 | 1131 | 28 | 2,5 |

Le reste du matériel utilisé demeure le même que celui utilisé pour la translocation de 2017 excepté l'antenne qui est désormais une TL-ANT2412D Omnidirectionnelle et de 12 dBi, plus puissante (figure 9).

4.2. Ecoute des transmissions téléométriques

Les écoutes de transmissions ne sont réalisées que pour le système Ecotone, utilisant l'UHF. Contrairement à la méthode utilisée pour la translocation de 2017, le système UHF couplé au système GSM permet cette fois-ci de diriger les transects dans les zones où se trouvent les tétras lyres équipés, d'après leurs positions envoyées par GSM. Les transects restent néanmoins toujours contraints par les conditions climatiques.

5. Suivi visuel des arènes de parade

Les tétras lyres parquent sur des arènes. La connaissance des localisations et de l'occupation de celles-ci est donc extrêmement importante. En effet, on peut, grâce à cela, non seulement observer le comportement des individus mâles et femelles, mais également vérifier s'il y a eu reproduction l'année précédente (oiseaux subadultes), si les femelles ont été fécondées, avoir une estimation de l'effectif de la population, mais surtout constater les interactions entre individus suédois et indigènes.

En complément des données téléométriques, les arènes ont été suivies du 1^{er} février 2018 au 31 mai 2018 afin de relever les interactions entre les coqs, l'arrivée des poules sur les arènes et les accouplements (Ruwet *et al.*, 1980). La première étape consiste à trouver les sites de parade des tétras lyres. Pour ce faire, les observations effectuées lors de la réalisation des transects et les données téléométriques téléchargées sont utilisées en plus de la connaissance des arènes occupées et ancestrales des tétras lyres belges. Une fois les arènes découvertes, celles-ci sont surveillées dès le lever du soleil. Chaque zone de parade est monitorée au minimum une fois par semaine à l'aide de jumelles Kite IBIS 10x42, d'une longue vue Leica 20-60x80, d'un appareil photo canon 600D avec objectif Tamron 150-600 F5.6 ainsi que de l'antenne de réception de signaux UHF (figure 9). Le jeu de données des observations visuelles prend également en compte les observations fournies par la plateforme d'encodage Observations.be, celles des agents DNF, du DEMNA, des Amis de la Fagne.



Figure 9. Photographie du matériel utilisé lors de l'observation des arènes de parade des tétras lyres hormis les jumelles KITE IBIS 10x42 : antenne TL-ANT2412D Omnidirectionnelle et de 12 dBi, ordinateur ASUS, appareil photo CANON 600D et objectif TAMRON 150-600 5.6F, longue-vue LEICA 20-60x80 (de gauche à droite) (@Dylan Delvaux).

L'objectif de ce suivi est de relever le comportement des oiseaux en portant une attention particulière aux interactions entre ces derniers. Les comportements sont observés en continu en ne prenant en compte que les comportements relatifs à la parade nuptiale.

En plus des comportements et interactions, les caractéristiques suivantes sont également recueillies dans la mesure du possible lors des relevés visuels :

1. *Sexe* : Pour chaque individu, le sexe sera identifié.
2. *Stade pour les mâles* :
 - a. *Subadulte belge*. Ce terme se réfère à tout individu ne montrant pas toutes les caractéristiques d'un adulte (présence de plumes immatures) (Ruwet *et al.*, 1980). Cette caractéristique ne concerne que les individus mâles. Le terme « belge » fait référence à tout oiseau né en Belgique et par conséquent, ne portant pas de bague. Il est en effet impossible de distinguer si l'individu est issu de la reproduction entre suédois, entre suédois et belge ou entre 2 belges. Néanmoins, dans tous les cas, les subadultes observés sans bague sont issus d'une reproduction en Belgique.
 - b. *Adulte belge ou suédois*. La provenance des tétras est identifiée dans la mesure du possible afin de comparer les comportements. Les oiseaux suédois arrivés en 2017 sont munis d'une bague colorée blanche et ceux de 2018 d'une bague colorée rouge (en plus d'une bague métallique) permettant de les différencier. Tous les mâles adultes sans bague sont belges. Cependant, il est possible de confondre un subadulte avancé avec un individu adulte.

6. Analyse des données

6.1. Données du suivi télémétrique

Les données télémétriques collectées sont traitées à l'aide des logiciels ArcGIS®, Excel®, et R®. Les analyses des habitats occupés par les tétras lyres sont effectuées à l'aide de la couche Ecotope (LIFEWATCH -2015) ainsi que les cartes des habitats détaillées de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes (2012), fournies par le DEMNA (Pascal Ghiette).

Les analyses sur les données collectées se font sur les tétras lyres présumés en vie à la fin de la prise de celle-ci et sur ceux dont les GPS ne présentent pas d'anomalies apparentes et n'ayant pas nécessité un recalibrage au cours de l'étude.

Une méthodologie est d'abord élaborée pour analyser les données des tétras lyres relâchés en 2017 équipés d'émetteurs UHF. Cette dernière est ensuite adaptée aux nouvelles configurations des tétras transloqués en 2018 équipés de systèmes UHF+GSM et GSM.

• Cas 1 : Tétras lyre 2017 UHF

Pour chaque individu, mâle ou femelle, le « *Home Range* » est établi selon les méthodes MCP 95% et Kernel 50% -95% via le package *adehabitatHR* (Worton, 1989; Powell *et al.*, 2012; Calenge, 2015). La méthode MCP calcule et trace le plus petit polygone convexe englobant les relocalisations. La méthode Kernel, quant à elle, est basée sur l'estimation d'une moyenne pondérée par la distance pour chaque relocalisation (Calenge, 2015). Le MCP 95% et le Kernel 95% sont les plus utilisés pour le calcul de domaines (Gula *et al.*, 2013). Les 95% signifient que le calcul du domaine vital est effectué en retirant 5% des points extrêmes (Calenge, 2015). Le Kernel 50% permet quant à lui de cibler le « cœur » des domaines vitaux en ne ciblant que 50% des relocalisations. Les habitats présents dans le « *Home Range* » sont d'abord analysés globalement grâce à la couche écotope dans le but de faire ressortir les habitats dominants. Ceci sera uniquement réalisé pour les deux Kernel, plus utilisés pour l'avifaune (Gula *et al.*, 2013).

Les habitats occupés par l'oiseau sont par la suite analysés plus en détail d'après les cartes de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes adaptées du DEMNA et de la couche Ecotope. Pour chaque point GPS enregistré, l'habitat utilisé est ressorti. Pour chaque individu, les pourcentages de relocalisations inférieurs à 1 sont classés dans la catégorie « Autres ». La disponibilité en habitat est déterminée sur la zone d'étude.

Les déplacements quotidiens et totaux ainsi que la dispersion par rapport au point de lâcher ont été calculés par la distance euclidienne dans le logiciel Excel®. Les distances parcourues sont calculées par jour afin de ne pas prendre en compte les distances entre le dernier point GPS et le premier du jour suivant.

Le jeu de données est par la suite divisé en trois périodes en fonction du cycle vital du tétras lyre (figure 4) :

- Du 1^{er} février au 15 mai : parade et accouplement.
- Du 16 mai au 31 octobre : couvaison et élevage des poussins.
- Du 1^{er} novembre au 31 janvier : automne et période d'hivernage.

Le travail effectué sur l'ensemble des relocalisations est effectué séparément sur les trois périodes.

- Cas 2 : Tétrasyres 2018 UHF+GSM

Les méthodes d'analyse du domaine vital, de leurs habitats, de leur déplacement et de leur dispersion demeurent identiques à celles présentées dans le cas 1. La moyenne des sommes des distances effectuées par heure est calculée.

- Cas 3 : Tétrasyres 2018 GSM

Ce GPS est le seul ayant été paramétré avec une trajectoire de type II continue. Ceci permet donc des analyses plus poussées et les méthodes présentées dans les cas précédents ont été adaptées. Pour ce qui est des analyses des domaines vitaux et des habitats, celles-ci restent inchangées. L'ininterruption des relocalisations a également permis d'analyser les habitats occupés ainsi que les déplacements effectués de jour et de nuit.

Pour le cas 2 et 3, l'analyse en fonction des périodes n'a pas été envisagée étant donné que les relocalisations des tétrasyres ont cessé d'être récoltées le 30 juin 2018.

6.2. Nidification

Lorsqu'une poule présente un comportement laissant penser qu'une nidification s'est produite, un Kernel 20% est tracé sur base des relocalisations de cette période sensible. Le nid est défini comme le centroïde de ce Kernel. Afin de déterminer la date de ponte et d'éclosion, la distance entre chaque relocalisation et ce centroïde est calculée. L'habitat utilisé est également déterminé à l'aide des couches cartographiques Ecotope et du DEMNA décrites ci-dessus.

6.3. Réalisation d'un maillage

Un maillage est placé sur l'aire étudiée, sur l'ensemble du jeu de données récolté. Dans un premier temps, l'ensemble des points GPS de tous les tétrasyres confondus ont été comptés dans chacune des mailles de 50 mètres de côté. Ensuite, les différents tétrasyres ont été comptés dans tout le quadrillage. Dans le même maillage, le nombre de tétrasyres par jour sera comptabilisé. De cette façon, il a été possible de mettre en évidence les zones de fréquentation préférentielles et d'exclusion des tétrasyres.

6.4. Analyses multivariées

Afin de vérifier les tendances de sélection des habitats, des analyses multivariées sont menées. Dans un premier temps, une matrice de distance Bray-Curtis a été réalisée sur chacune des mailles (voir ci-dessus) occupées par les tétrasyres (Bray *et al.*, 1957). Après normalisation des variables par une transformation logarithmique, les mailles sont groupées de manière hiérarchique par le groupement de Ward. Ensuite, une CAP (*Canonical Analysis of Principal Coordinates*) permet de mettre en évidence les habitats principaux influençant la sélection des mailles. Pour ce faire, le pourcentage de chaque habitat a été comptabilisé dans chaque maille. Une catégorie « Autres » reprend les habitats les moins représentés (<1% des relocalisations). La méthode IndVal, établie par Dufrêne et Legendre (1997) indique les tétrasyres indicateurs de chaque groupe. Le résultat obtenu est sous forme de pourcentage. Sa valeur est maximale lorsque la fidélité et la spécificité le sont également.

Dans un deuxième temps, une PCoA (*Principal Coordinate Analysis*) est réalisée sur les tétrasyres selon leurs sélections en habitats (Legendre & Legendre, 1998). Pour ce faire, les tétrasyres sont ordonnés et groupés selon leur fréquentation des habitats respectivement *via* une matrice de distance Bray-Curtis et un groupement de Ward.

Les habitats les moins représentatifs (<1% des relocalisations) sont classés dans la catégorie « Autres ». La méthode IndVal fournit le caractère indicateur des habitats pour chaque groupe de tétras lyres.

6.5. Suivi des arènes

6.5.1. Suivi de manière visuelle

Les données obtenues grâce au suivi visuel seront traitées par le logiciel Excel© où le nombre maximum de tétras lyres observés par semaine sera calculé.

Pour les données comportementales, un éthogramme est réalisé à l'échelle de la réserve des Hautes-Fagnes afin de faire ressortir les comportements dominants lors des parades des tétras lyres belges et suédois.

6.5.2. Suivi par le jeu de données télémétriques

Pour chaque arène fréquentée, le nombre de jours de fréquentation pour chaque tétras lyre est calculé. Ceci apporte des données supplémentaires au suivi des arènes de manière visuelle.

7. Collecte de matériels

Au cours des transects effectués, des traces de présence, comme des défécations, des plumes ou encore des cadavres de tétras lyres peuvent être découverts. Les plumes et les crottes sont laissées au sec, dans des enveloppes en papier. Ces dernières constituent une source potentielle de données génétiques et d'informations sur les régimes alimentaires pour des analyses ultérieures.

Quant aux cadavres des tétras lyres, ils sont placés dans un congélateur à une température de -40°C afin de conserver toute trace de matériel génétique. Les dépouilles peuvent servir de source de données sur l'alimentation des oiseaux par l'analyse de leur contenu stomacal, sur leur génétique et sur les causes de la mort et la nature de la prédation.

Résultats et discussion

1. Suivi télémétrique des tétras lyres de 2017 (UHF)

Au cours de la translocation de 2017, seules les données de trois tétras lyres sur six ont pu être téléchargées (HAR03, HAR05 et HAR06). Cependant, les données du coq HAR06 étaient insuffisantes pour analyse. L'émetteur de la poule HAR03 a été recalibré à 1 point toutes les heures de 06:00 à 18:00 à partir du 16 juin 2018. Ceci explique la différence du nombre de points téléchargés entre les deux individus dans le tableau 6.

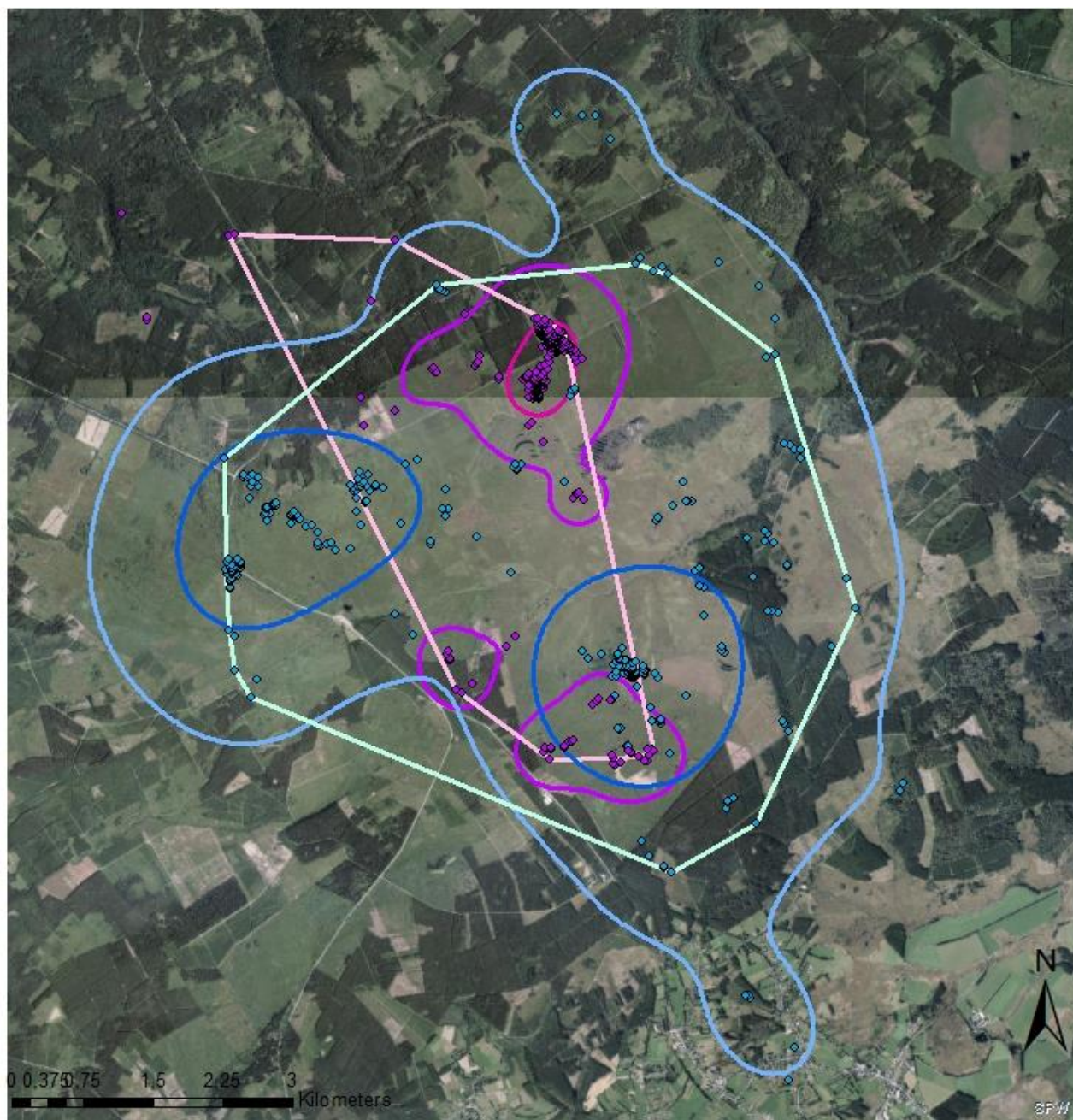
Tableau 6. Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse des individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq).

| <i>Tétras lyre 2017</i> | <i>Nombre de points</i> | <i>Date premier point</i> | <i>Date dernier point</i> |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| HAR03 | 518 | 29-04-17 | 07-07-17 |
| HAR05 | 339 | 29-04-17 | 04-07-17 |

1.1. Analyse des domaines vitaux et des habitats

Tableau 7. Surface en hectares des domaines vitaux des individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq) calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95%.

| <i>Tétras lyre 2017</i> | <i>MCP 95% (ha)</i> | <i>Kernel 50% (ha)</i> | <i>Kernel 95% (ha)</i> |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| HAR03 | 1316,79 | 55,17 | 608,5 |
| HAR05 | 3151,95 | 819,04 | 4909,43 |



Légende

| | | |
|---------------|---------------|-------------|
| ◆ HAR03 | □ HAR05_K95 | □ HAR03_k50 |
| ◆ HAR05 | □ HAR05_k50 | □ HAR_k95 |
| □ HAR05_MCP95 | □ HAR03_MCP95 | |

Figure 10. Cartographie des localisations et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95% des individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq).

Tableau 8. Proportion des habitats utilisés par la poule HAR03. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : F4.21= lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna* ; 135= zone à herbacées diversifiées et formation arbustive ; 70= forêt résineuse sempervirente ; F4.11b= lande tourbeuse à *Vaccinium* et *Erica tetralix*. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage |
|---------------------|--------------------|
| F4.21 | 43,55 |
| 135 | 19,27 |
| 70 | 12,91 |
| F4.11b | 8,09 |
| D1.121 | 7,13 |
| 180 | 3,08 |
| F4.13 | 3,08 |
| Autres | 2,89 |

Tableau 9. Proportion des habitats utilisés par le coq HAR05. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121= tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea* ; F9.2 + F4.11b + F4.13 = saussaie marécageuse, lande tourbeuse à *Vaccinium* et *Erica tetralix* et lande dégradée à *Molinia caerulea* ; F4.11b= lande tourbeuse à *Vaccinium* et *Erica tetralix* ; 70= forêt résineuse sempervirente ; D1.11 + D2.38 + F9.2 = Tourbière haute active, radeau de *Sphagnum* et d'*Eriophorum* et saussaie marécageuse. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage |
|------------------------|--------------------|
| D1.121 | 30,09 |
| F9.2 + F4.11b + F4.13 | 15,04 |
| 70 | 7,37 |
| D1.11 + D2.38 + F9.2 | 6,20 |
| F4.11b | 6,19 |
| F4.21 | 4,72 |
| 120 | 4,42 |
| D1.121 + F9.2 | 3,24 |
| 135 | 2,95 |
| G1.51 | 2,95 |
| G1.51 + G1.9a + F4.11b | 2,65 |
| 60 | 2,06 |
| G1.93 [G1.61] | 2,06 |
| 180 | 1,77 |
| F4.13 | 1,47 |
| D1.12 | 1,19 |
| Autres | 5,60 |

Tableau 10. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima, minima et des sommes pour les individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq).

| Tétras lyre 2017 | Moyenne (m) | Ecart-type (m) | Maximum (m) | Minimum (m) | Somme (m) |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| HAR03 | 56,74 | 128,28 | 1171,84 | 0,00 | 25417,81 |
| HAR05 | 179,47 | 388,23 | 2677,48 | 1,00 | 58866,64 |

Tableau 11. Tableau des moyennes, écarts-types et maxima de la dispersion par rapport au point de lâcher pour les individus HAR03 (poule) et HAR05 (coq).

| Tétras lyre 2017 | Moyenne (m) | Ecart-type (m) | Maximum (m) |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| HAR03 | 3314,97 | 805,19 | 7283,82 |
| HAR05 | 2369,14 | 1724,60 | 6138,15 |

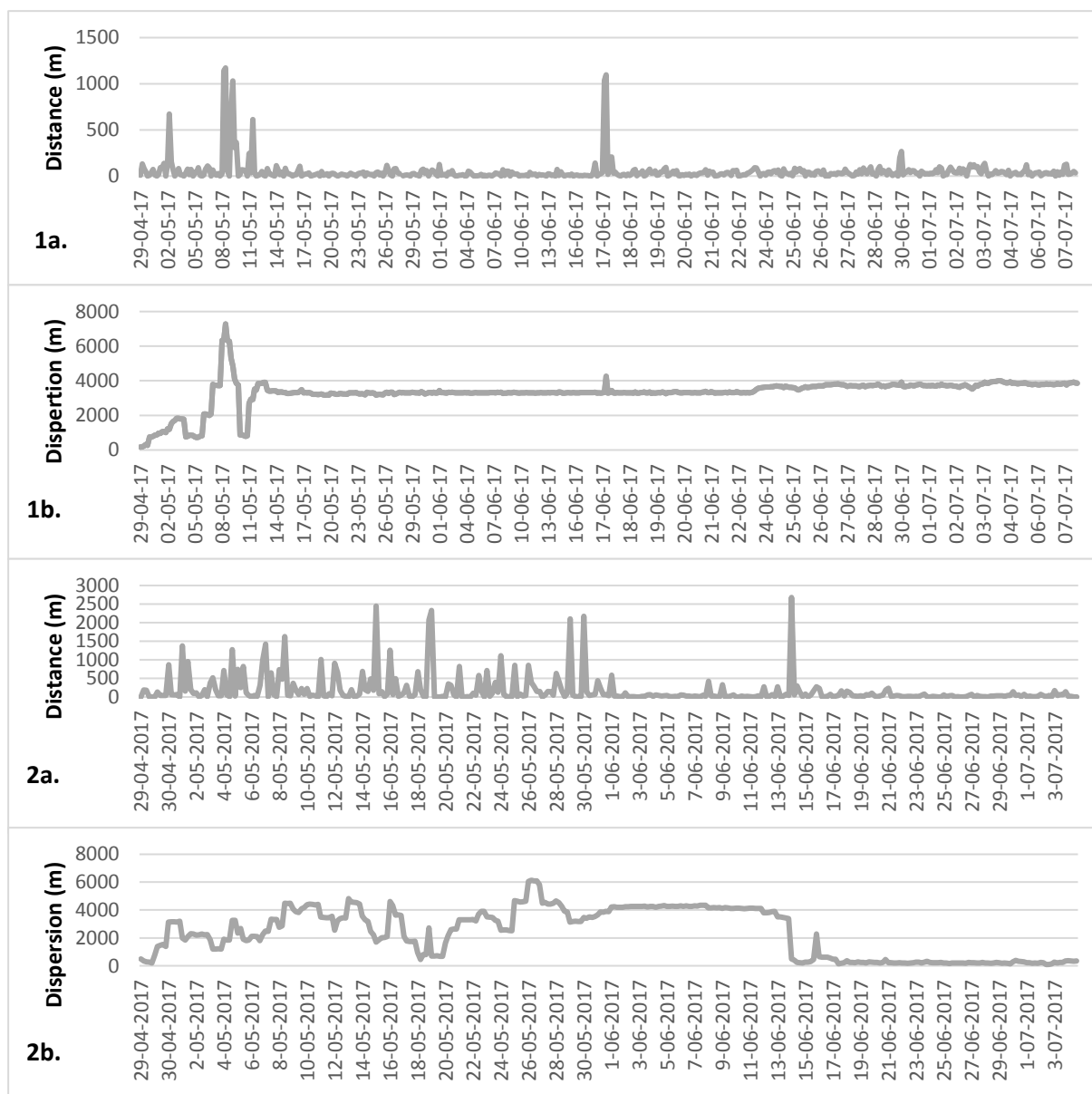


Figure 11. Evolution au cours temps (date : année, mois, jour) des distances parcourues entre relocalisations et de la dispersion effectuée par rapport au point de lâcher réalisées par la poule HAR03 (1a. et 1b.) et le coq HAR05 (2a. et 2b.).

Les individus HAR03 et HAR05 adoptent deux comportements différents. Le coq a d'abord exploré les Fagnes pendant un mois (figure 11). Ce dernier a parcouru en moyenne 179,5m entre deux relocalisations, avec des pics pouvant atteindre 2500m (figures 11 et tableau 10). Ensuite, il s'est cantonné dans les Potaes pendant une dizaine de jours, puis en Fagnes Wallonnes (figures 7, 10 et 11). Il est resté en moyenne à environ 2300m du site de lâcher (figure 11).

Au cours des deux mois de données téléchargées, ce tétras mâle est essentiellement resté en milieu ouvert, en tourbière ou lande (tableau 9). La majorité des points de relocalisation se trouve en tourbière dégradée par la molinie (*Molinia caerulea*). Les autres milieux affectionnés sont des milieux semi-ouverts (exemple : saussaies marécageuses). Les forêts de conifères représentent 7% des relocalisations (tableau 9).

La poule, quant à elle, a effectué la majorité de ses déplacements au cours des 10 premiers jours (figure 10). Elle s'est ensuite installée dans une zone d'environ 50 hectares dans les Deux-Séries (figure 10, 11 et tableau 7). Dans cette zone, elle a adopté le comportement d'une poule nicheuse. Elle est restée au même endroit du 14-05-17 au 23-06-17 (figure 11). L'habitat dans lequel la poule a niché est une lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna* (annexe IV). Ensuite, elle s'est déplacée dans une zone herbacée ouverte avec des formations arbustives, adoptant de ce fait le comportement d'une femelle suitée. Il est à noter que ces deux habitats sont issus des travaux de restauration et de coupes d'épicéas réalisées lors du projet LIFE (annexe XI). Au cours de la nidification, on constate que la poule s'est éloignée de son nid d'une distance légèrement supérieure à 1000m. Cette observation peut s'expliquer par une imprécision de l'émetteur ou l'apparition d'un dérangement : le nid se trouve à proximité d'un chemin, d'une piste et d'une zone de travaux de restauration (annexe XI et XII).

Plus de 60% des points de la poule sont situés en tourbière dégradée, en lande tourbeuse et en lande sèche. Les 40% de lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et à *Calluna* correspondent à l'habitat de nidification. Tout comme le coq, les autres habitats majoritaires sont les zones à mélanges herbacés-arbustes et forêts de conifères. Pour cet individu, les conifères représentent un peu plus de 10% des relocalisations (tableau 8).

Le fait que la poule ait moins exploré son territoire et ait niché donne lieu à un *Home Range* beaucoup plus petit que pour le coq. HAR05 a établi un domaine vital de 3000 ha à presque 5000 ha selon la méthode de calcul utilisée (MCP 95% et Kernel 95%) (tableau 7). Ce domaine englobe toutes les fagnes de la Baraque Michel. Le domaine de la poule, quant à lui, ne dépasse pas les 1500 ha. Les domaines cœurs (Kernel 50%) montrent que l'individu HAR05 est resté essentiellement dans deux fagnes : la Fagne Wallonne et les Potales. Le domaine cœur de l'individu HAR03 représente le site de nidification ainsi que la zone de nourrissage des jeunes (figures 7, 10 et annexe II).

2. Suivi télémétrique des tétras lyres de 2018

2.1. Emetteurs UHF-GSM

Les données récoltées grâce à ce type d'émetteur et à ces calibrages sont largement supérieures en nombre, en détails et en réussites de téléchargements de données. La totalité des émetteurs a été contactée plusieurs fois avec téléchargement alors que seule la moitié des émetteurs avait été contactée avec téléchargement pour les oiseaux de 2017. En seulement deux mois, entre 3000 et 6000 points ont été récoltés, contre à peine 300 pour le coq et 500 pour la poule de 2017 (tableaux 6 et 12).

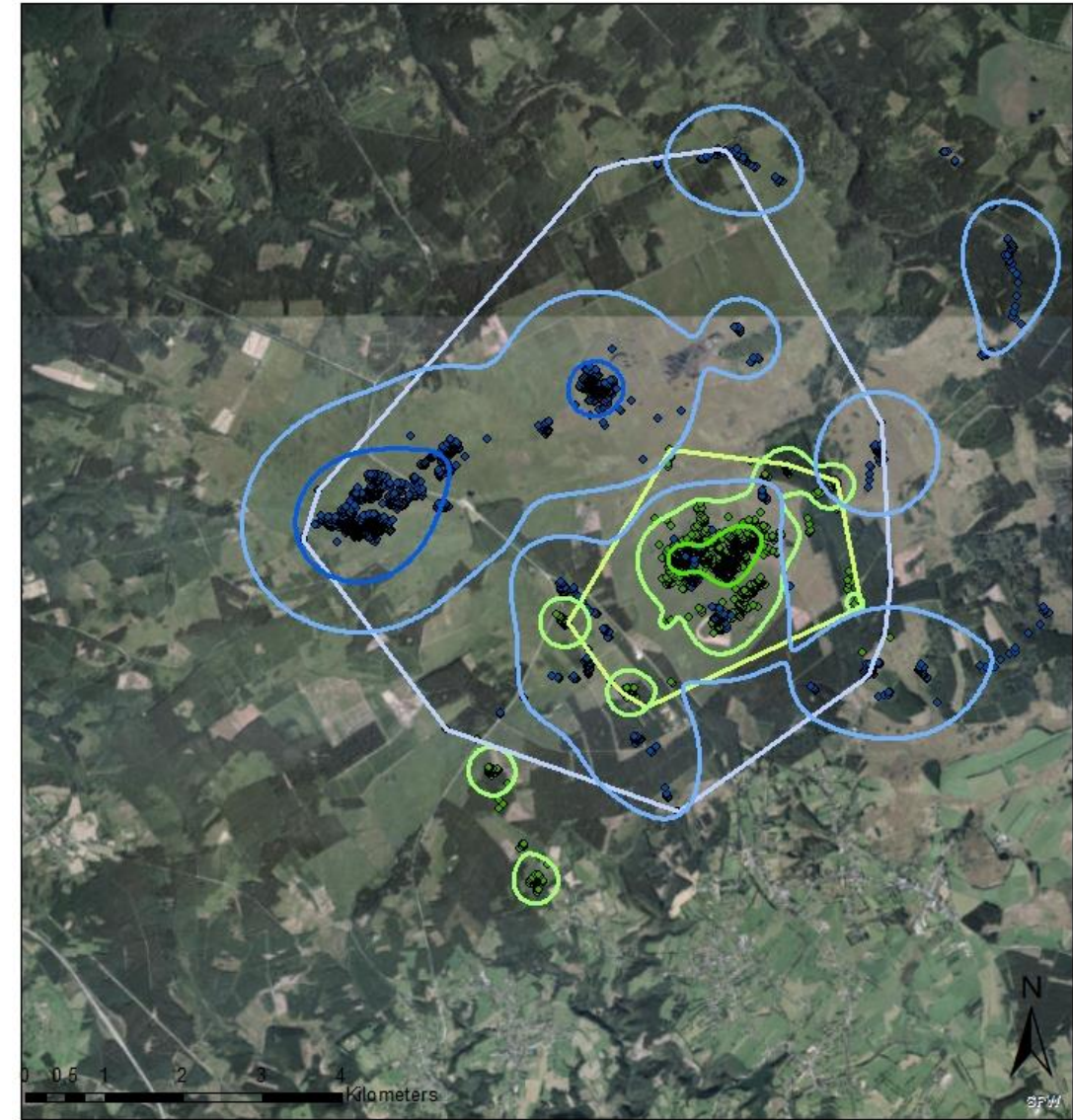
Tableau 12. Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse des coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10. Le KRX10 a un paramétrage sans interruption.

| Tétras lyre 2018 UHF+GSM | Nombre de points | Date premier point | Date dernier point |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| KRX06 | 3389 | 28-04-18 | 27-06-18 |
| KRX08 | 3391 | 01-05-18 | 30-06-18 |
| KRX09 | 3256 | 26-04-18 | 26-06-18 |
| KRX10 | 5809 | 01-05-18 | 01-07-18 |

2.1.1. Analyse des domaines vitaux et des habitats

Tableau 13. Surface en hectares des domaines vitaux des coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10 calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95%.

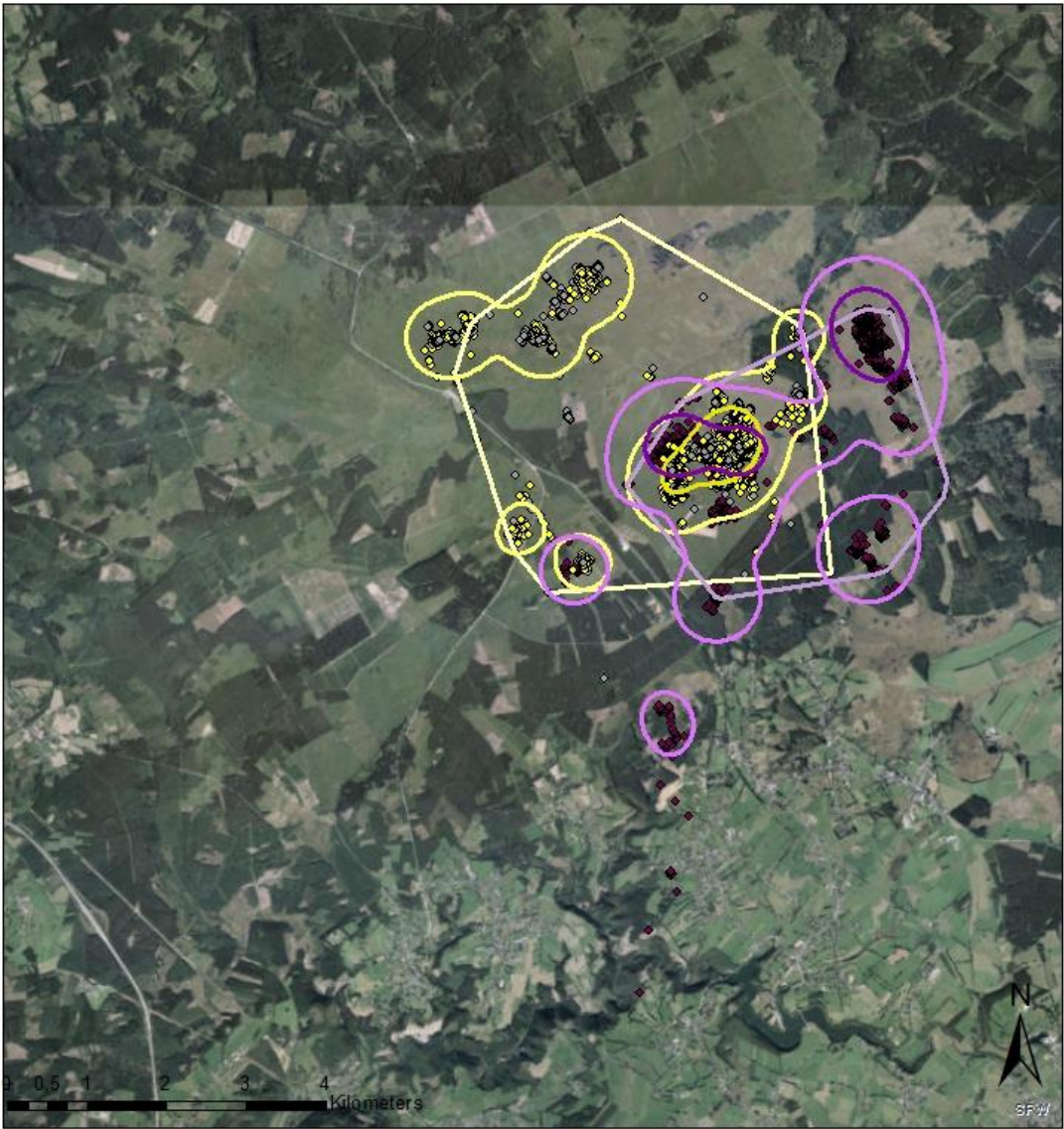
| Tétras lyre 2018 UHF+GSM | MCP 95% (ha) | Kernel 50% (ha) | Kernel 95% (ha) |
|--------------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| KRX06 | 962,74 | 174,10 | 1132,42 |
| KRX08 | 4121,67 | 289,74 | 3362,32 |
| KRX09 | 785,94 | 54,63 | 475,26 |
| KRX10 | 1651,36 | 85,14 | 735,64 |



Légende

- ◆ KRX08
- ◆ KRX09
- KRX08_k50
- KRX08_K95
- KRX08_MCP95
- KRX09_K95
- KRX09_MCP95
- KRX09_k50

Figure 12. Cartographie des localisations et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 95% et Kernel 50% des coqs KRX08 et KRX09.



Légende

- ◆ KRX06
- ◆ KRX10_jour
- ◆ KRX10_nuit
- KRX06_k50
- KRX06_K95
- KRX06_MCP95
- KRX10_k50
- KRX10_K95
- KRX10_MCP95

Figure 13. Cartographie des localisations et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 95% et Kernel 50% des coqs KRX06 et KRX10. Pour l'individu KRX10, une différence entre le jour et la nuit est réalisée pour les localisations.

Tableau 14. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX06. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.11= tourbière haute active ; D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea* ; F4.21= lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna* ; 70= forêt résineuse sempervirente. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage |
|---------------------|--------------------|
| D1.11 | 38,06 |
| D1.121 | 24,64 |
| F4.21 | 14,13 |
| 70 | 6,882 |
| G1.93 [G1.61] | 3,30 |
| G3. F | 1,98 |
| 135 | 1,86 |
| 120 | 1,68 |
| 180 | 1,62 |
| D1.1 | 1,42 |
| Autres | 4,40 |

Tableau 15. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX08. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea* ; D1.12= tourbière haute dégradée ; F4.11b= lande tourbeuse à *Vaccinium* et *Erica tetralix* ; 70= forêt résineuse sempervirente. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage |
|-----------------------|--------------------|
| D1.121 | 46,62 |
| D1.12 | 9,50 |
| F4.11b | 5,78 |
| 70 | 5,34 |
| D2.22 + D2.38 + D2.39 | 4,51 |
| F9.2 + F4.21 | 4,25 |
| D1.11 + D1.121 | 3,98 |
| F4.21 | 3,98 |
| 120 | 2,92 |
| F4.13 | 2,74 |
| F4.11b + D2.38 + F9.2 | 1,89 |
| 135 | 1,36 |
| Autres | 7,14 |

Tableau 16. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX09. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea* ; D1.11= tourbière haute active ; D1.12= tourbières haute dégradée ; F4.21= lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna*. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage |
|---------------------|--------------------|
| D1.121 | 35,60 |
| D1.11 | 23,50 |
| D1.12 | 10,66 |
| F4.21 | 9,98 |
| 70 | 7,31 |
| G1.93 [G1.61] | 3,29 |
| 135 | 1,87 |
| F4.11b | 1,47 |
| E5.3 | 1,41 |
| G1.51 | 1,20 |
| F9.2 | 1,12 |
| Autres | 2,61 |

Tableau 17. Proportion des habitats utilisés par le coq KRX10. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Pour cet individu, une distinction entre jour et nuit est réalisée. Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea* ; D1.11= tourbière haute active ; D1.12= tourbière haute dégradée ; F4.11b= lande tourbeuse à *Vaccinium* et *Erica tetralix*. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage jour | Pourcentage nuit | Pourcentage total |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| D1.121 | 19,78 | 14,39 | 34,17 |
| D1.11 | 22,62 | 6,25 | 28,87 |
| D1.12 | 6,63 | 4,15 | 10,78 |
| F4.11b | 3,44 | 1,10 | 4,54 |
| F9.2+F4.11b | 2,75 | 1,62 | 4,37 |
| F4.21 | 2,26 | 0,57 | 2,82 |
| F9.2 + F4.21 | 1,70 | 1,10 | 2,81 |
| 135 | 1,77 | 0,60 | 2,38 |
| F4.13 | 1,45 | 0,84 | 2,29 |
| 70 | 1,43 | 0,77 | 2,20 |
| Autres | 2,43 | 2,31 | 4,73 |

2.1.2. Analyse des trajectoires

Tableau 18. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima, minima et des sommes pour les coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10.

| Tétras lyre 2018 UHF+GSM | Moyenne (m) | Ecart-type (m) | Maximum (m) | Minimum (m) | Somme (m) |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| KRX06 | 31,54 | 61,24 | 1160,66 | 0,00 | 104960,90 |
| KRX08 | 35,94 | 76,31 | 1242,59 | 0,00 | 119714,97 |
| KRX09 | 40,95 | 103,12 | 2285,73 | 0,00 | 130788,24 |
| KRX10 | 37,34 | 100,61 | 2616,99 | 0,00 | 216890,13 |

Tableau 19. Tableau des moyennes, écarts-types et maxima pour les coqs KRX06, KRX08, KRX09 et KRX10.

| Tétras lyre 2018 UHF+GSM | Moyenne (m) | Ecart-type (m) | Maximum (m) |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| KRX06 | 1742,21 | 1161,51 | 6851,64 |
| KRX08 | 3511,94 | 1151,98 | 6068,43 |
| KRX09 | 688,37 | 749,34 | 4684,93 |
| KRX10 | 1067,07 | 920,12 | 3549,91 |

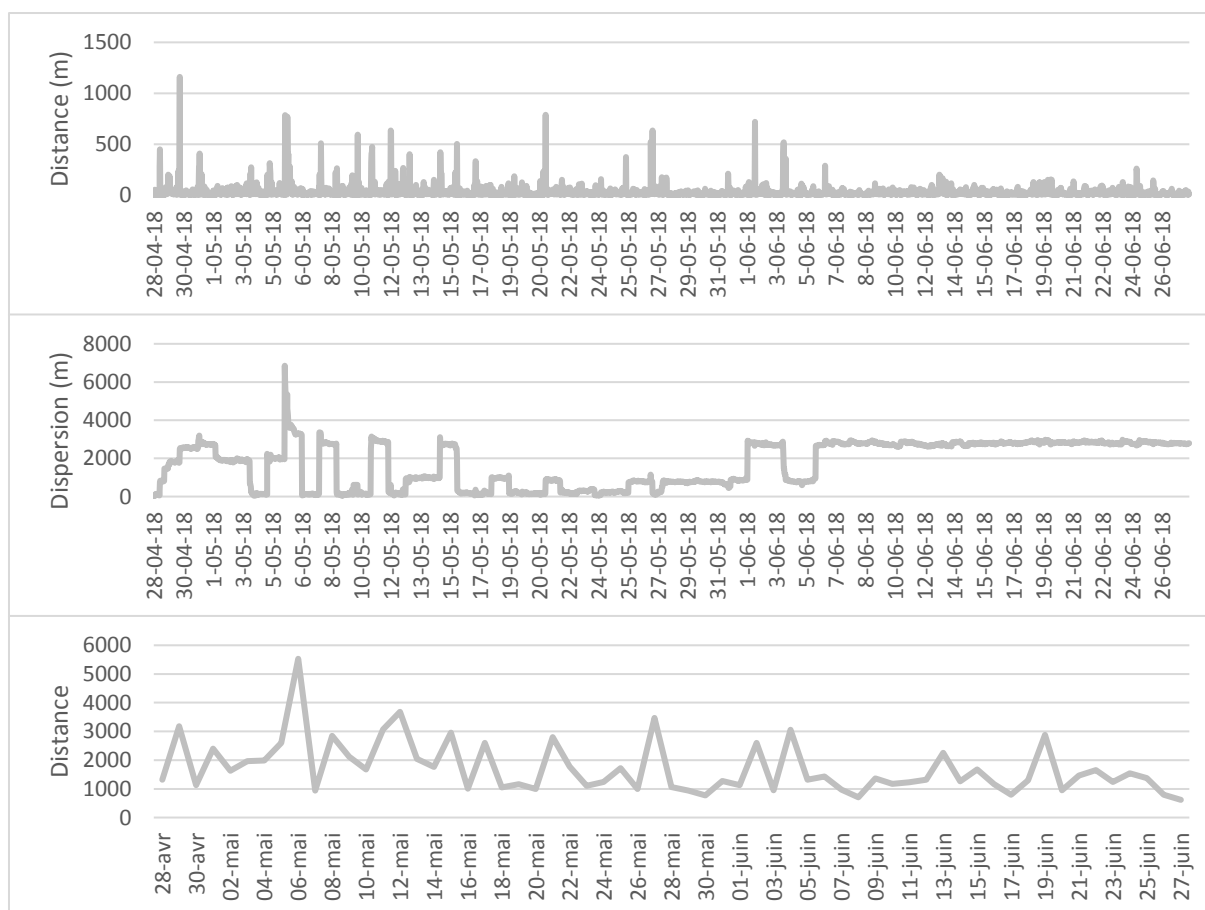


Figure 14. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 1720,67 et écart-type = 917,48) pour le coq KRX06.

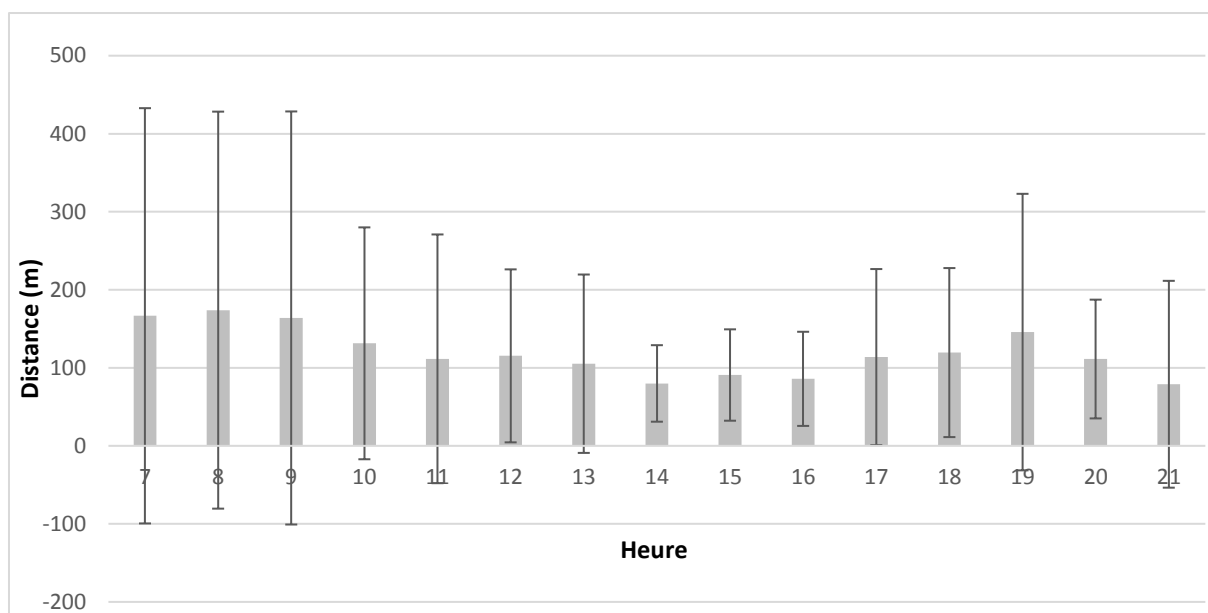


Figure 15. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX06.

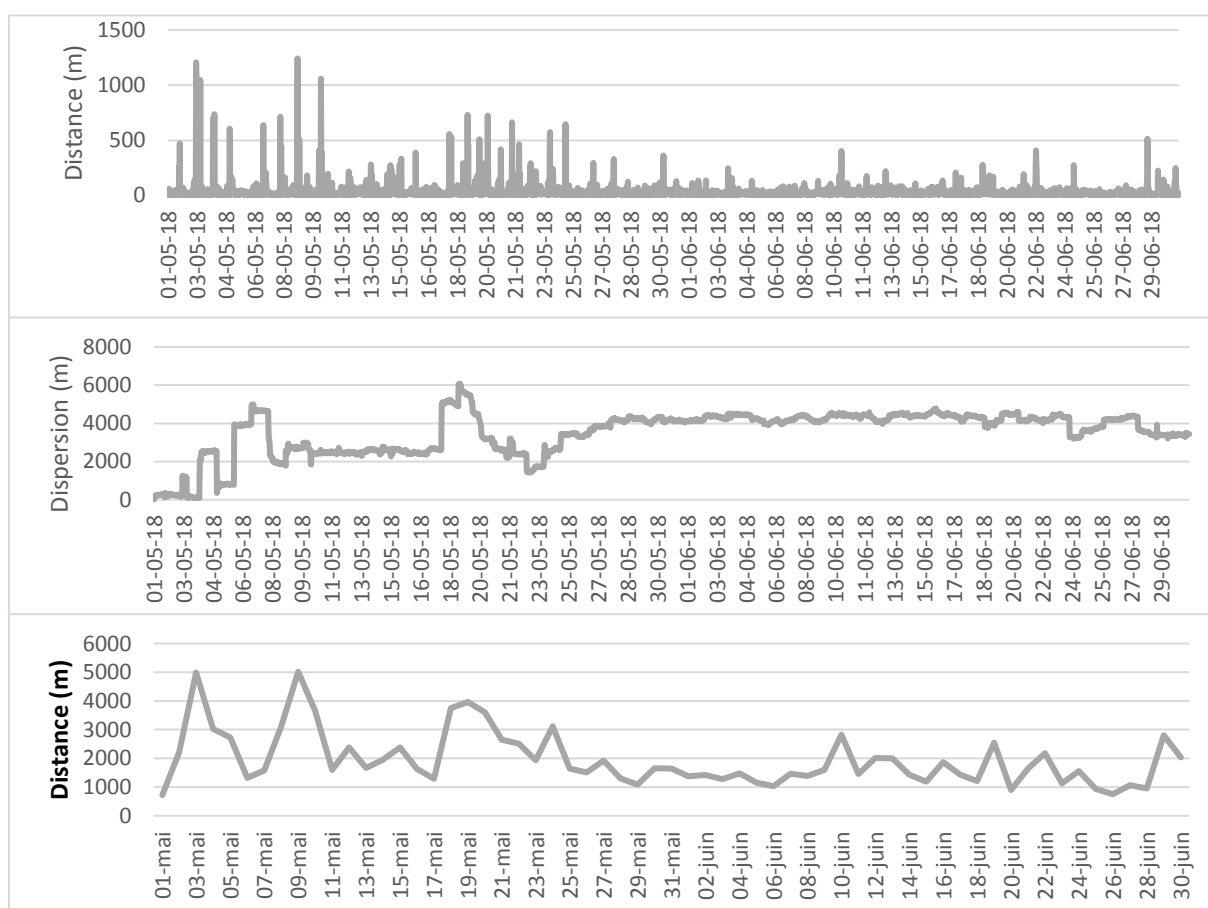


Figure 16. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 1962,54 et écart-type =959,45) pour le coq KRX08.

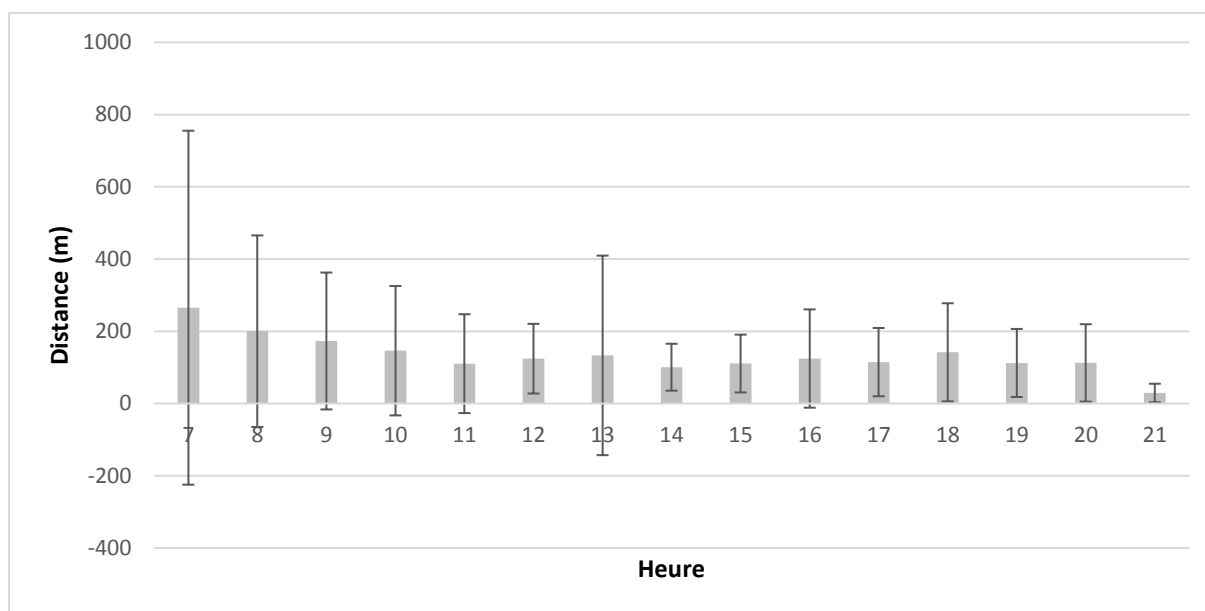


Figure 17. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX08.

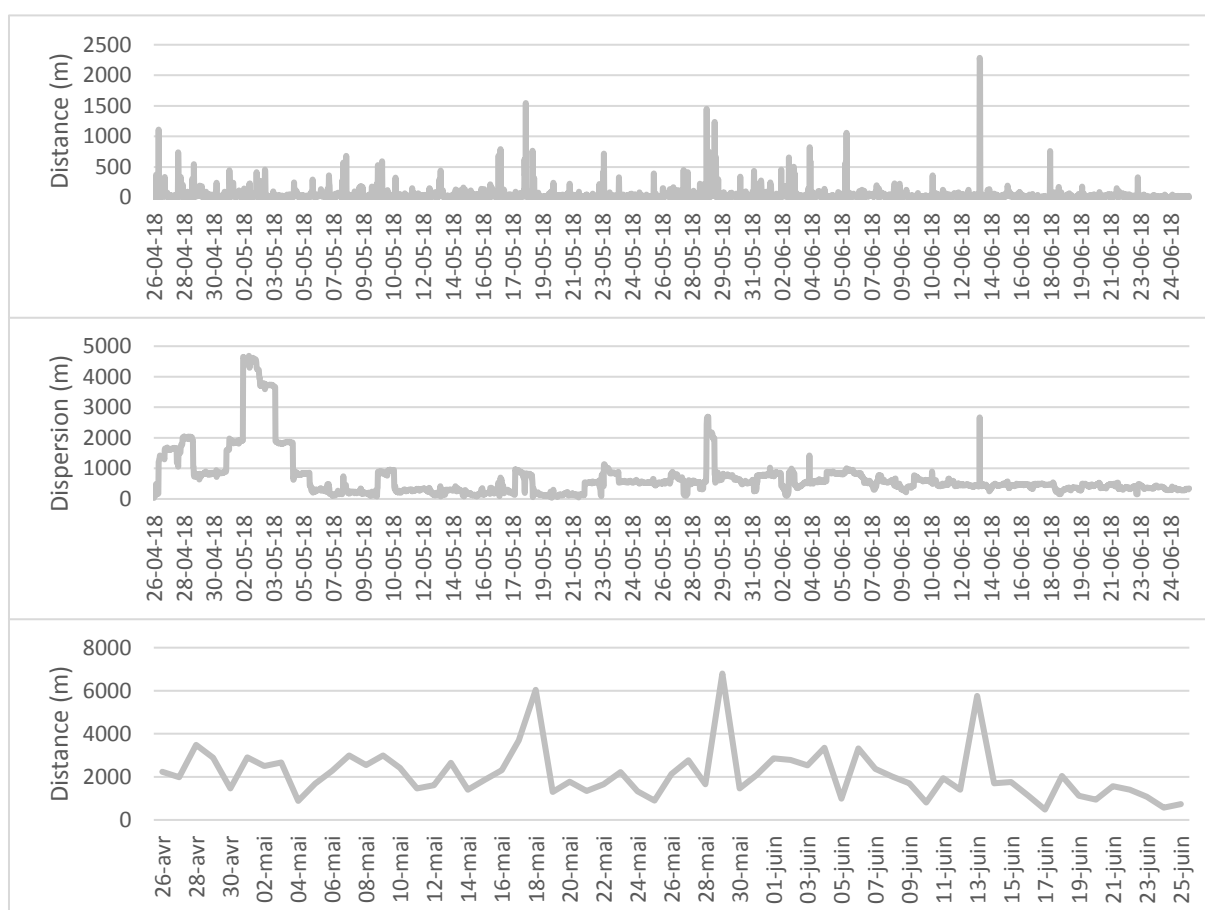


Figure 18. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 2144.10 et écart-type =1207,05) pour le coq KRX09.

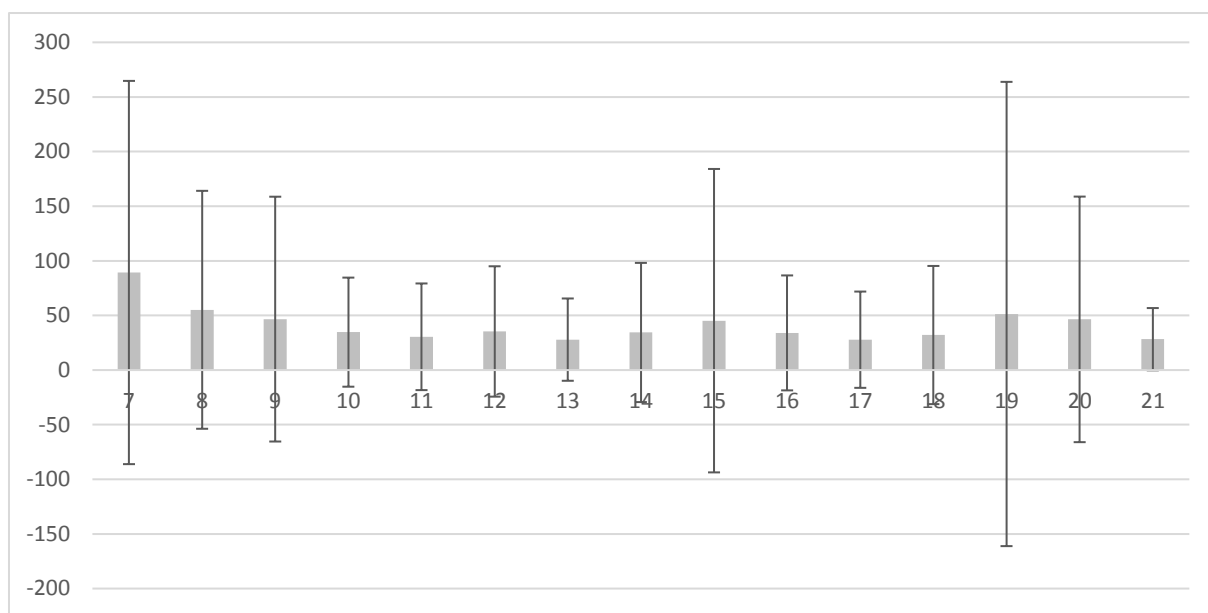


Figure 19. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX09.

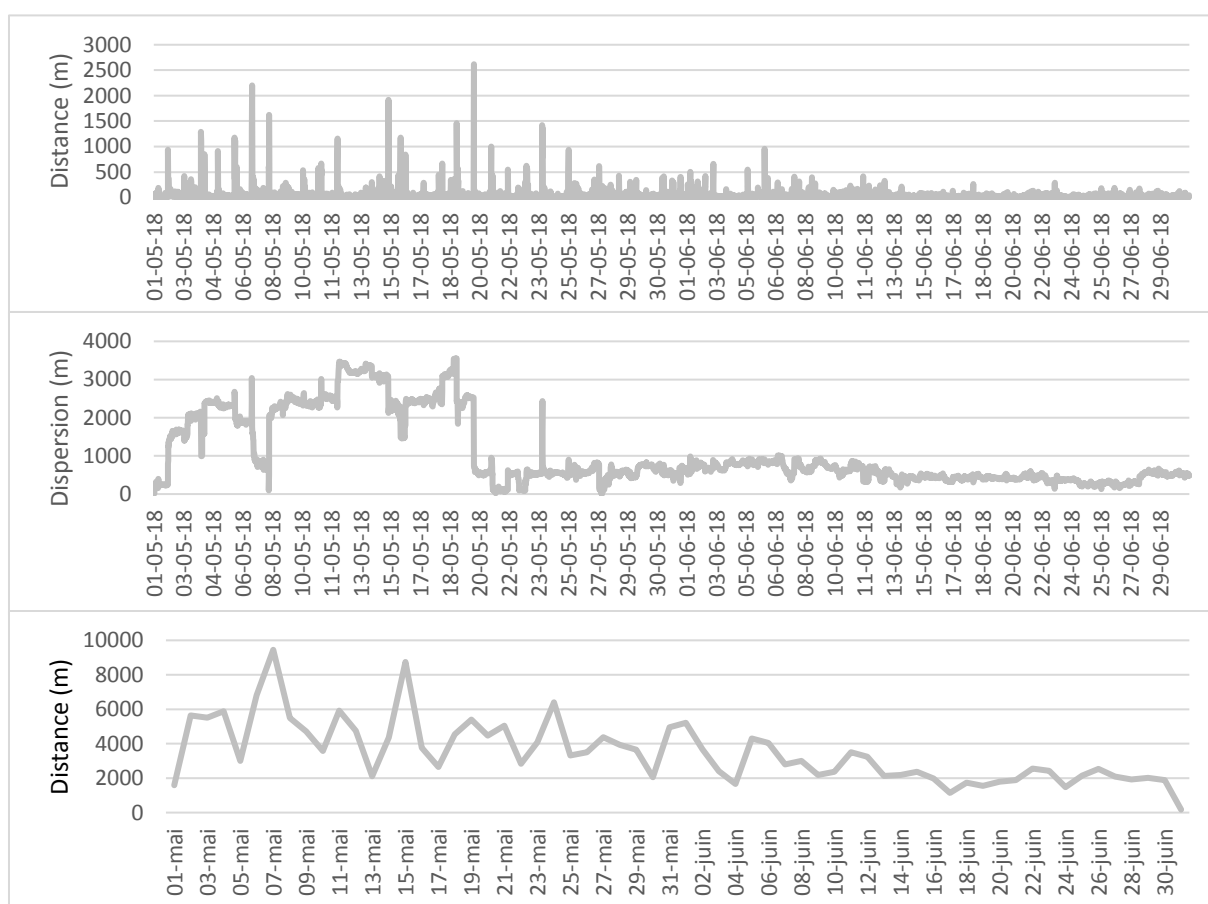


Figure 20. De haut en bas : Evolution au cours du temps des distances parcourues entre relocalisations, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 3498.23 et écart-type =1799,62) pour le coq KRX10.

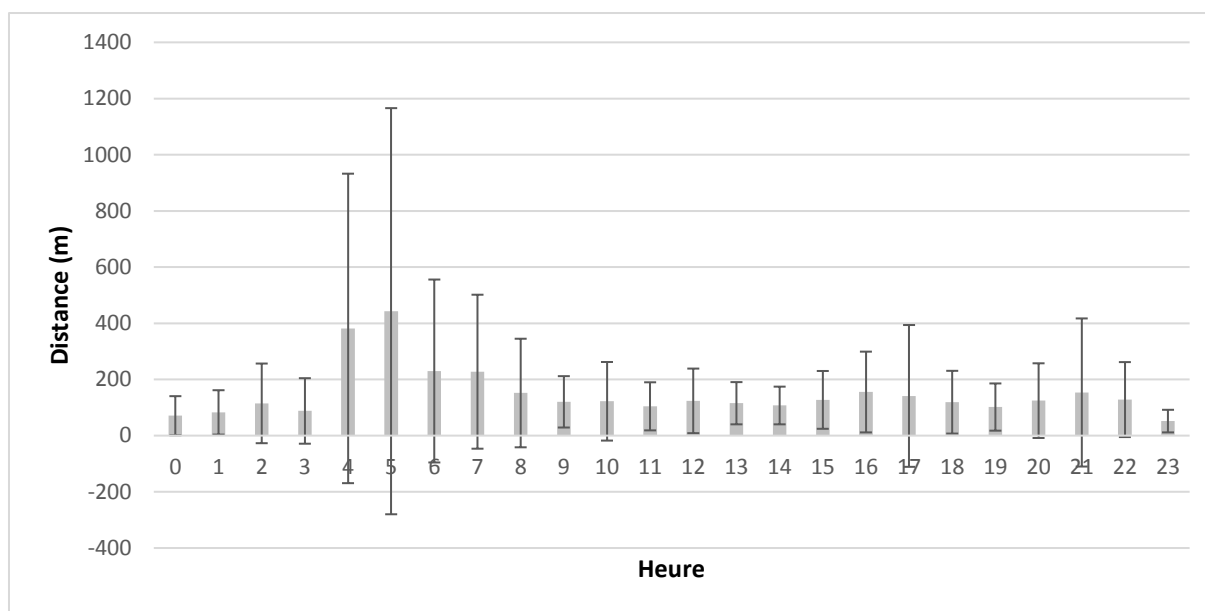


Figure 21. Moyenne des distances effectuées par heure pour le coq KRX10.

Tout comme les individus de 2017, des comportements différents après lâcher ont été adoptés par ces 4 coqs. Les individus KRX09 et KRX10 n'ont que peu visité le territoire, KRX08 a parcouru l'ensemble des Fagnes de la Baraque Michel et l'étendue visitée par KRX06 est intermédiaire (figures 12, 13, 14, 16, 18, 20 et tableaux 18 et 19).

L'individu KRX08 s'est beaucoup déplacé au cours des 10 premiers jours, parcourant une distance journalière comprise entre 2000 et 5000m. Il est ensuite resté 10 jours près de Brochepierre, puis s'est à nouveau déplacé pendant 9 jours. Ensuite, il s'est rendu dans la Grande Fange, où il est resté jusqu'à la fin de la récolte de données (figures 12 et 16). Des quatre individus portant ce type d'émetteur, celui-ci possède le domaine vital le plus étendu (toutes méthodes confondues) et est celui qui a visité le plus de Fagnes (figure 7 et 12 et tableau 13 et 19). En effet, il s'est rendu dans la Fagne du Neûr Lowé, les Fagnes Wallonnes, Cléfaye, Deux-Séries, les Potaes et la Grande Fange, où il est resté le plus longtemps. Ce tétras a même été jusqu'à se rendre au bord des Fagnes du Nord-Est (figures 7 et 12).

Au cours de la première quinzaine, le coq KRX06 a visité son nouvel environnement en réalisant 5 séjours successifs éloignés de 2000 à 6800m du lieu de lâcher. Ces séjours sont entrecoupés par des retours d'environ une journée à proximité de ce lieu. Après ces cinq allers-retours, l'individu y est resté une quinzaine de jours (figure 14). Il s'est rendu par la suite dans la Fagne de Cléfaye dans laquelle il est resté jusqu'à la fin des prises de données (figures 7 et 13).

Le coq KRX09 a exploré les Fagnes uniquement durant les 5 premiers jours après sa translocation. Ensuite, il est retourné au site de lâcher duquel il ne s'est plus éloigné à plus de 1000 m (hormis deux pics). De tous les coqs ayant les mêmes paramétrages, il est celui qui réalise le plus de déplacements quotidiens au cours des transmissions (07:00 – 21:00). Ce coq a parcouru en moyenne 2144m par jour (figure 12 et 18).

L'individu KRX10, tout comme KRX09, n'a que peu visité son territoire. Durant les 7 premiers jours, il a effectué des séries de déplacements proches de 1500m, parcourant 6000m par jour. Ensuite, il est revenu au point initial et s'est immédiatement rendu dans les Potaes et les Deux-Séries où il est resté une dizaine de jours. A partir du 20-05-18, il est revenu à proximité de la zone de lâcher, aux alentours de la tourbière haute active de la Fagne Wallonne (figures 13 et 20).

Enfin, on remarque que les individus KRX06 et 09 ne se sont pas rendus de l'autre côté de la vallée de la Helle, restant presque exclusivement dans la Fagne Wallonne pour le 09 et dans les Fagnes Wallonnes et Cléfaye pour le 06 (figures 7, 12 et 13).

Ces déplacements ont engendré des domaines vitaux plus petits et semblables pour le KRX09 et 10, intermédiaire pour le 06 et largement supérieur pour le 08. On constate que les kernel50 des individus KRX06, 09 et 10 se superposent dans la zone de la tourbière haute, le coq 06 ayant également une zone sur la tourbière haute active de Cléfaye (figures 7, 12 et 13).

Au cours des deux mois écoulés, ces quatre tétras ont parcouru en moyenne 27 habitats différents, le coq 08 en parcourant 37. Les quatre individus ont comme habitats principaux les tourbières hautes actives et les tourbières hautes dégradées. Entre 70% et 80% des points se situent en milieux tourbeux et en landes (sèches ou tourbeuses) (tableaux 14, 15, 16 et 17). L'habitat principal occupé au cours de la nuit pour KRX10 est la tourbière haute dégradée par la molinie.

Le calibrage de ces émetteurs permet également de connaître les activités des oiseaux au cours des différents moments de la journée. Les KRX06, 08 et 09 se déplacent entre 30 et 40m en moyenne entre chaque point de relocalisation. Les distances parcourues ne sont néanmoins pas réparties de la même façon au cours de la journée. On remarque que les activités sont légèrement plus élevées de 07:00 à 09:00 et de 18:00 à 20:00. Les activités en milieu de journée sont fortement réduites, ne dépassant généralement pas les 100 mètres (figures 15, 17 et 19).

Les données horaires du KRX10 nous apportent des informations supplémentaires à celles des précédentes. Nous voyons que l'oiseau est actif toutes les heures avec des maxima compris entre 4 et 5h du matin. Ensuite, son activité diminue peu à peu pour remonter légèrement à partir de 16 et 17h jusqu'à 20 et 22h. Le moment où l'oiseau est le moins actif se situe entre 23 et 3h (figure 21).

2.2. *Emetteurs GSM*

Tout comme les émetteurs UHF-GSM Ecotone, les émetteurs GSM Ornitela permettent d'obtenir un grand nombre de données avec une grande efficacité (100% de données collectées). En deux mois, pas moins de 3200 points GPS ont été enregistrés par les émetteurs (tableau 20).

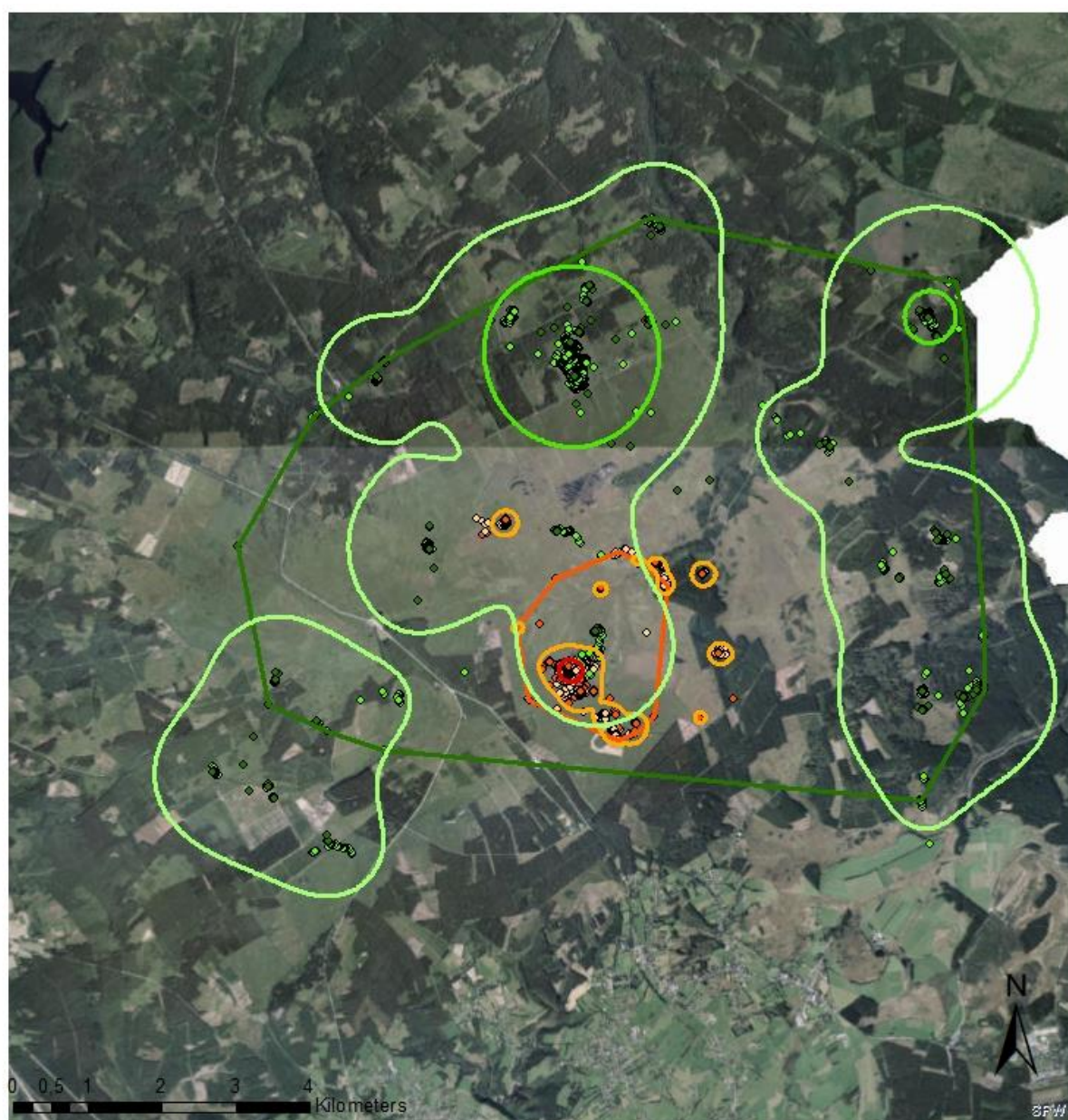
Tableau 20. *Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse des poules orn76 et orn78.*

| <i>Tétras lyre 2018 GSM</i> | <i>Nombre de points</i> | <i>Date premier point</i> | <i>Date dernier point</i> |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| orn76 | 3219 | 01-05-18 | 01-07-18 |
| orn78 | 3251 | 01-05-18 | 01-07-18 |

2.2.1. *Analyses des domaines vitaux et des habitats*

Tableau 21. *Surface en hectares des domaines vitaux des poules orn76 et orn78 calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 50% et Kernel 95%.*

| <i>Tétras lyre 2018 GSM (ha)</i> | <i>MCP 95% (ha)</i> | <i>Kernel 50% (ha)</i> | <i>Kernel 95% (ha)</i> |
|---|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| orn76 | 6162,61 | 492,53 | 5612,97 |
| orn78 | 375,39 | 7,51 | 129,23 |



Légende

- | | | |
|--------------|-------------|-------------|
| ◆ orn76_jour | orn76_k50 | orn78_K95 |
| ◆ orn76_nuit | orn76_K95 | orn78_mcp95 |
| ◆ orn78_jour | orn76_mcp95 | |
| ◆ orn78_nuit | orn78_k50 | |

Figure 22. Cartographie des localisations en fonction du jour et de la nuit et des domaines vitaux calculés selon les méthodes MCP 95%, Kernel 95% et Kernel 50% des poules orn76 et orn78.

Tableau 22. Proportion des habitats utilisés par la poule orn76. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Pour cet individu, une distinction entre jour et nuit est réalisée. Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : 135 = zone à herbacée diversifiée et formation arbustive ; 120= coupe à blanc récente avec de la régénération, incluant les clairières et les plantations de sapin de Noël ; 70 = forêt résineuse sempervirente ; D1.121 = tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea*. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage jour | Pourcentage nuit | Pourcentage total |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 135 | 43,43 | 21,12 | 64,55 |
| 120 | 9,72 | 4,38 | 14,10 |
| 70 | 4,47 | 1,74 | 6,21 |
| D1.121 | 1,18 | 1,09 | 2,27 |
| F9.2 + F4.11b | 1,12 | 0,68 | 1,80 |
| 110 | 0,90 | 0,47 | 1,37 |
| F4.21 | 0,78 | 0,53 | 1,30 |
| G1.5 | 0,84 | 0,47 | 1,30 |
| 60 | 0,75 | 0,40 | 1,15 |
| Autres | 3,51 | 2,42 | 5,93 |

Tableau 23. Proportion des habitats utilisés par la poule orn78. Les codes des habitats proviennent de la couche Ecotope 2015 (code Ecotope) et du DEMNA 2012 (code WalEUNIS). Pour cet individu, une distinction entre jour et nuit est réalisée. Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : F4.21 = lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna* ; D1.121= Tourbière haute dégradée dominée par *Molinia caerulea* ; E5.3 = ptéridaie 70 = forêt résineuse sempervirente. Autres codes voir annexe I.

| Code Habitat | Pourcentage jour | Pourcentage nuit | Pourcentage total |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| F4.21 | 41,62 | 19,32 | 60,94 |
| D1.121 | 8,24 | 10,46 | 18,70 |
| E5.3 | 8,34 | 0,65 | 8,98 |
| 70 | 2,37 | 0,83 | 3,20 |
| D1.12 | 1,32 | 0,18 | 1,51 |
| G1.93 [G1.61]/F4.21 | 1,35 | 0,12 | 1,48 |
| F4.11b | 0,65 | 0,62 | 1,26 |
| F9.2 | 1,02 | 0,12 | 1,14 |
| Autres | 1,72 | 1,08 | 2,80 |

2.2.2. Analyse des trajectoires

Tableau 24. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima, minima et des sommes pour les poules orn76 et orn78.

| Tétras lyre 2018 GSM | Moyenne (m) | Ecart-type (m) | Maximum (m) | Minimum (m) | Somme (m) |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| orn76 | 50,54 | 240,24 | 4821,47 | 0,00 | 162642,59 |
| orn78 | 28,52 | 83,37 | 1342,76 | 0,07 | 92695,92 |

Tableau 25. Tableau des moyennes, écarts-types, maxima pour les poules orn76 et orn78.

| Tétras lyre 2018 GSM | Moyenne (m) | Ecart-type (m) | Maximum (m) |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| orn76 | 4489,51 | 1138,89 | 7247,76 |
| orn78 | 402,01 | 418,93 | 2610,28 |

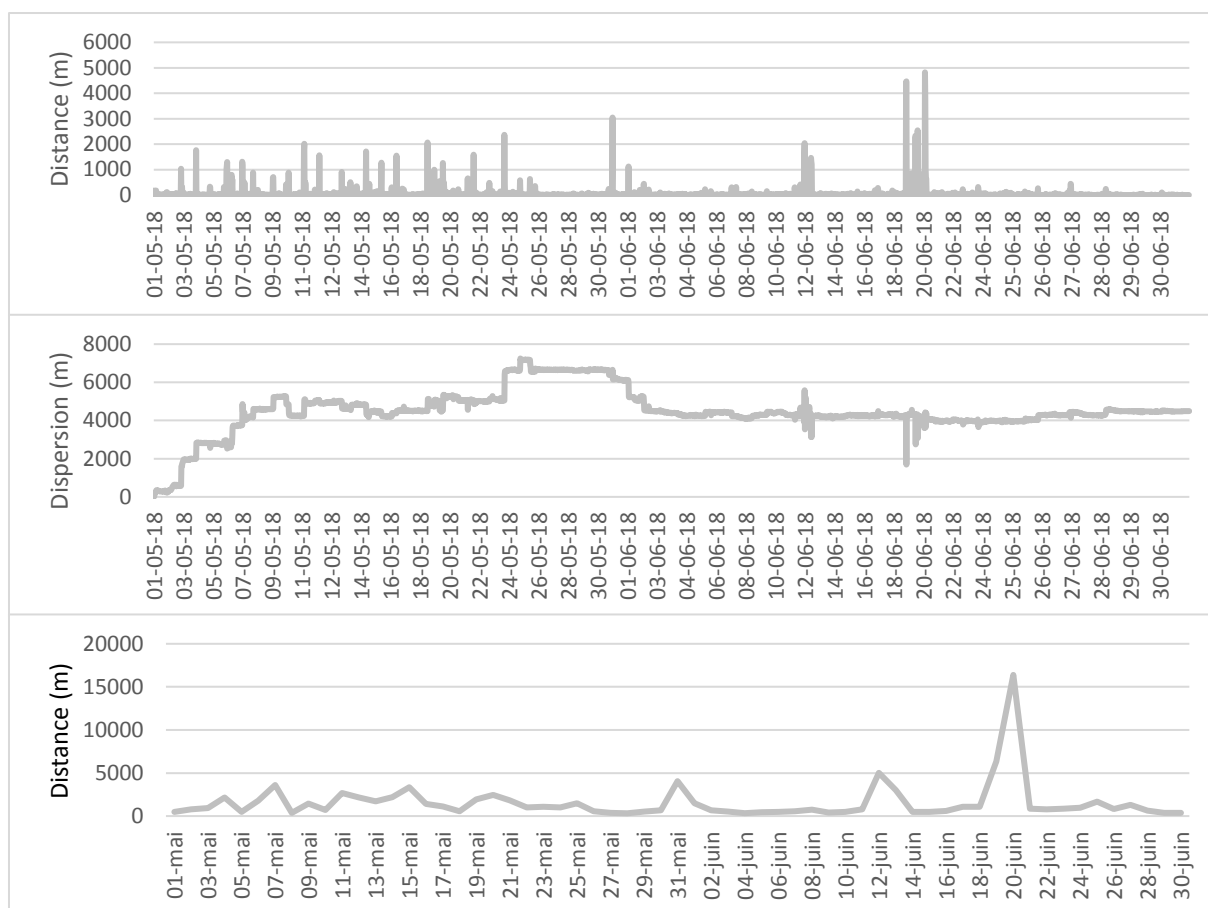


Figure 23. Evolution des distances parcourues, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 2623.27 et écart-type =3429,50) au cours du temps pour la poule orn76.

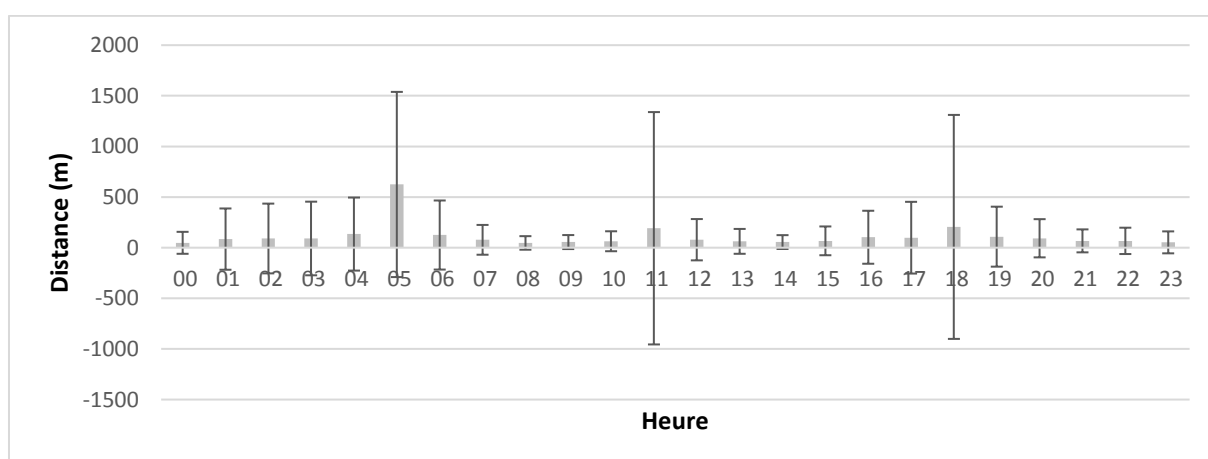


Figure 24. Moyenne des distances effectuées par heure pour la poule orn76.

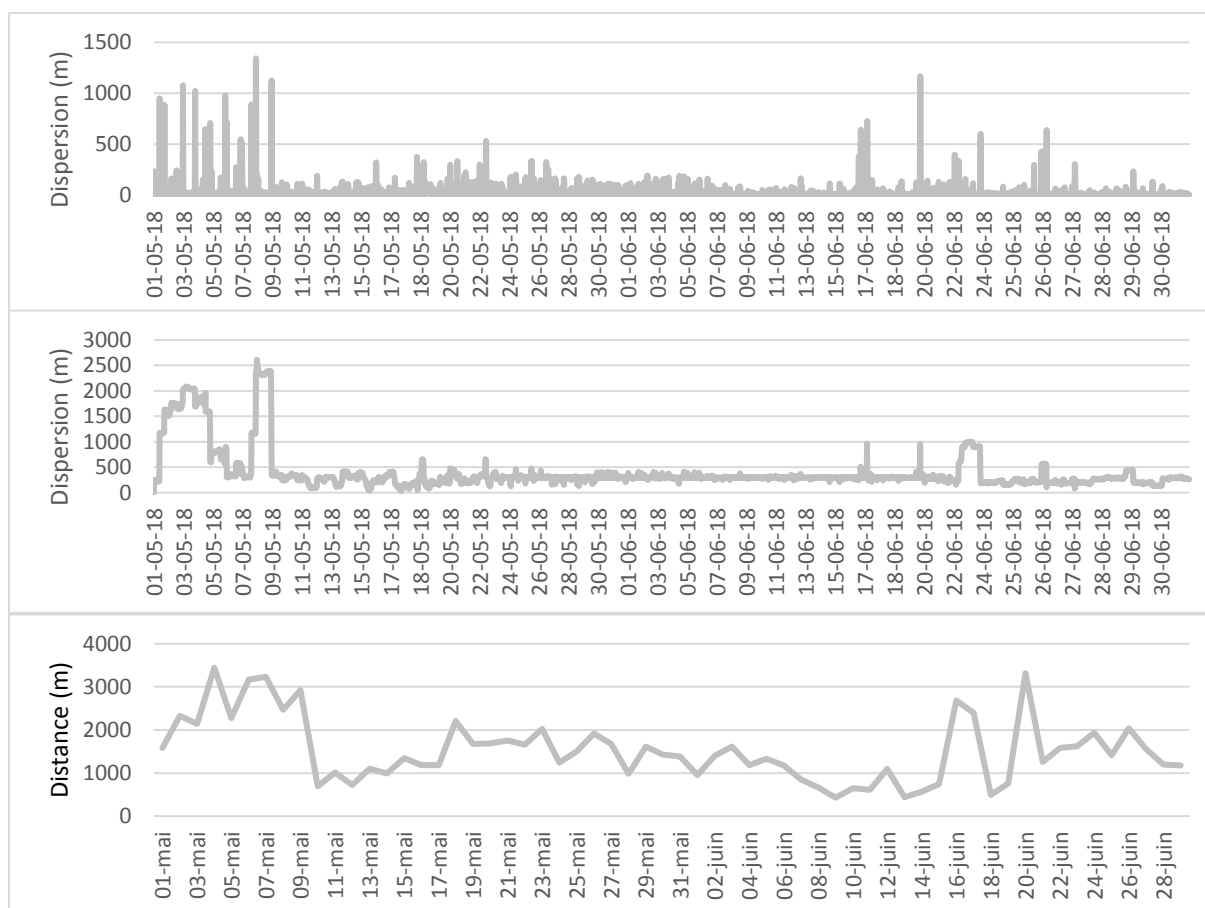


Figure 25. Evolution des distances parcourues, de la dispersion par rapport au lieu de lâcher et de la distance effectuée par jour (moyenne = 1495.10 et écart-type = 750,16) au cours du temps pour la poule orn78.

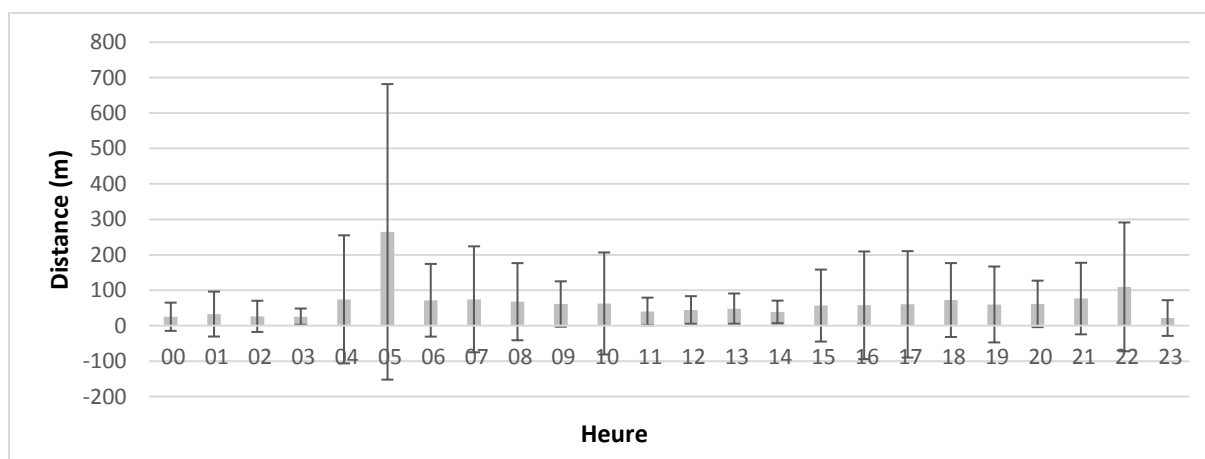


Figure 26. Moyenne des distances effectuées par heure pour la poule orn78.

Les deux poules ont adopté des comportements différents. La poule 78 ne s'est éloignée qu'à maximum 2600m du lieu de lâcher pour ensuite revenir à 400m de ce dernier, dans le Drêlo (lieu-dit) (figures 22,25 et tableau 25). La majorité des déplacements est effectuée à 5h du matin et en soirée (21-22h) (figure 26). Tout comme l'individu HAR03, orn78 a adopté le comportement d'une femelle nicheuse et semble s'être installée du 09-05-18 au 22-06-18. Au cours de cette période, la poule a parcouru entre 1000 et 2000m avec des déplacements d'environ 250m toutes les 30 minutes (figure 25). Il est important de noter que cette poule s'est installée dans une lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna* (F4.21), qui est le même habitat utilisé que la poule HAR03 (annexe II).

La poule 76, quant à elle, a parcouru beaucoup plus de distances, s'éloignant jusqu'à plus de 7km du site de lâcher (figure 23 et tableaux 24 et 25). Après avoir quitté la Fagne Wallonne, elle n'y est plus revenue. En moyenne, les déplacements effectués par ces individus sont proches du double de ceux réalisés par le 78 (figure 23). Elle a parcouru en moyenne 2600m par jour, ce qui peut s'expliquer par son comportement plus explorateur et le fait qu'elle ne soit pas restée sur site de nidification au cours de la période où la poule 78 a niché. Au cours des derniers jours, l'individu orn76 s'est installé dans une coupe réalisée lors du projet LIFE (figures 22,23 et annexe XI).

Les trajets de cette poule ont donné lieu à des domaines vitaux très étendus, le Kernel 95% étant 40 fois plus grand que celui de la poule 78 (tableau 21). Le domaine cœur de l'individu orn76 se trouve à proximité des Fagnes du Nord-Est et dans une coupe réalisée lors du LIFE. Il s'agit du seul individu (toutes données confondues) étant resté si peu de temps dans les fagnes de la Baraque Michel (figure 22).

Les habitats occupés par les deux poules sont très différents. La poule 78 a passé 60% de son temps en lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna* (site de nidification) (annexe II). Le reste du temps, on la retrouve presque exclusivement en tourbière dégradée à molinie et en ptéridaie (pourtour du site de nidification) (tableau 23). Les habitats de la poule 76 sont majoritairement issus de la couche écotope. Par conséquent, l'occupation des habitats est moins précise (tableau 22).

La plus grande partie des relocalisations se trouve en zone herbacée avec des formations arbustives, en forêt résineuse et en coupes à blanc (tableaux 22 et 23).

3. Généralités sur les données télémétriques récoltées

3.1. Les domaines vitaux (Kernel 95% et MCP 95%)

Les résultats décrits ci-dessus montrent que les tétras lyres adoptent des comportements différents. Soit ils se déplacent beaucoup et explorent leur nouvel environnement, soit ils restent à proximité de lieu de lâcher.

Ces mouvements ont donné lieu à des domaines vitaux très différents compris entre 130 et près de 5000 ha selon la méthode Kernel 95% (tableaux 7, 13 et 21). Les *Home Range* calculés selon la méthode des *Minimum Polygon Convex 95%* sont à prendre avec précaution. Ceux-ci sont généralement de taille supérieure aux Kernel 95% et/ou englobent des zones non fréquentées par les tétras lyres. Les MCP 95% peuvent soit être surestimés, soit être biaisés, étant donné que les tétras se déplacent en volant et restent dans des secteurs parfois éloignés les uns des autres. C'est pourquoi la méthode Kernel est la plus utilisée pour les études des domaines vitaux aviaires (Gula *et al.*, 2013).

On remarque également que la taille des domaines vitaux, établie selon les méthodes Kernel 50% et 95% est supérieure à celle que l'on retrouve dans la littérature. Selon une étude suédoise, le domaine vital des tétras lyres adultes ne dépasserait pas les 10ha pour la période printanière selon la méthode Kernel 95% (Borecha *et al.*, 2017). Cependant, les études françaises ont permis de montrer que le

domaine vital varie en fonction des conditions de l'habitat et est généralement compris entre 15 et 400ha (Bernard Laurent *et al.*, 1998). Du plus, le domaine vital est différent selon le genre (femelle > 70 ha et mâle > 200 ha) (White *et al.*, 2015).

Dans le cas présent, les domaines vitaux Kernel 95% sont encore largement supérieurs. Pour les individus HAR05, KRX08 et orn76, ceci peut s'expliquer par leur comportement après lâcher. Quant aux autres individus, ils se sont majoritairement cantonnés dans certaines zones. A l'heure actuelle, il est trop tôt pour qualifier les subdivisions des *Home Range* Kernel 95% des individus KRX06, KRX09, KRX10 et orn78 comme étant un phénomène causé par leur translocation. Néanmoins, dans leurs cas respectifs, les subdivisions formées sont de faible superficie. La surface des domaines vitaux de ces individus peut dès lors être considérée comme représentative pour ces deux mois d'étude.

3.2. Zones et habitats préférentiels

Les domaines vitaux cœurs (Kernel 50%) permettent de mettre en évidence les zones préférentielles des tétras lyres et sont moins sensibles aux comportements exploratoires des oiseaux. Pour les poules, ils dépendent des nidifications, tout comme les Kernel 95%. Les coqs, hormis KRX08, ont préféré séjourner en Fagne Wallonne. Ils varient entre 50 et 800ha. Leurs domaines vitaux cœurs sont toujours constitués à plus de 60% de végétation arbustive et herbacée inondée (habitat 180 couche Ecotope 2015) (annexe II).

Dans la carte de droite de la figure 31, le nombre de tétras lyres a été calculé dans chaque maille de 50m. Dans celle de gauche, c'est le nombre d'individus qui a été relevé par maille. Cette dernière permet de mettre en évidence les zones qui ont été parcourues par le plus grand nombre de tétras lyres. Les zones les plus occupées, par ordre croissant, sont : la Fagne de Cléfaye, l'arène des Potaes, l'arène de Brochepierre, et enfin, la Fagne Wallonne. Le centre de cette dernière semble particulièrement convenir aux tétras lyres. En effet, ceux-ci ont fréquenté le bois de l'Oneux (à proximité immédiate de l'arène), la tourbière haute et le bois du Drèlo, d'où les oiseaux ont été lâchés (la maille comptant le plus de tétras lyres étant celle du site de lâcher) (figure 7 et 31).

La carte de densité permet de faire ressortir les zones les plus occupées par un ou plusieurs tétras lyres. Celle-ci fait ressortir les deux sites de nidification, mais également des zones dans la Grande Fange, Cléfaye et surtout la tourbière haute de la Fagne Wallonne (figure 7 et 31).

Ces deux cartes croisées permettent dès lors de faire ressortir les zones préférentielles des tétras lyres transloqués au cours de leurs deux premiers mois dans notre pays (figure 31). Hormis les sites de nidification et le lieu de lâcher, les tétras lyres sont essentiellement restés en tourbière haute active et tourbière haute dégradée (annexe II). De plus, la majorité des relocalisations des différents tétras lyres étudiés se situe soit en tourbière (dégradée ou non), soit en lande. Or, ce type de milieu ne représente qu'un faible pourcentage des habitats disponibles (annexe IX).

Pour vérifier les tendances dans la sélection des habitats des tétras lyres, une analyse multivariée CAP et une PCoA ont été réalisées.

Le recours à l'analyse multivariée CAP permet de visualiser les habitats influençant la sélection des mailles occupées. La méthode de Ward permet de classer les mailles utilisées par les tétras lyres en quatre groupes (figure 27).



Figure 28. Résultats de la CAP. Cette analyse en composante principale expose les groupes obtenus lors de la classification en fonction des contraintes environnementales. Dans le cas présent celles-ci sont des habitats. Les codes X135, D1.11, D1.11+D1.121 et D1.12 correspondent respectivement à : « zone à herbacées diversifiées et formation arbustive », « tourbière haute active », « mélange tourbière haute active et dégradée à molinie (Molinia) » et « tourbière dégradée ». Autres codes, voir annexe I. Significativité de la CAP : « hautement significatif » ($P < 0.001$).

- « 135 » caractérisant le groupe 1.
- « D1.11 » caractérisant principalement le groupe 2.
- « D1.11+D1.121 » caractérisant le groupe 3.
- « D1.12 » caractérisant le groupe 4.

L'indice IndVal a permis d'évaluer la spécificité et la fidélité relative de chaque tétras dans ces groupes de manière hautement significative ($p\text{-value} < 0,01$). Ainsi, la poule orn76 est « indicatrice » du groupe 1 (0,99), les individus HAR03 (0,13), HAR05 (0,16), KRX06 (0,34), KRX09 (0,13) et orn78 (0,14) du groupe 2, KRX08 (0,89) du groupe 3 et KRX10 (0,93) du groupe 4. La sélection des grilles par les tétras lyres est donc majoritairement liée à l'habitat de tourbière « D1.1 », avec une préférence pour la tourbière haute active « D1.11 ».

La PCoA a été réalisée sur le jeu de données des individus de 2018 en excluant la poule orn76, à cause de son utilisation marginale de l'habitat, et les deux individus de 2017, étant donné le faible nombre de relocalisations.

Le jeu de données a été divisé en deux selon la période. La période 1 (P1) correspond aux trois premières semaines. Un dendrogramme a d'abord été tracé classant et groupant les tétras lyres en fonction des habitats utilisés et de la période (figure 29). Celui-ci forme trois groupes. Le troisième est constitué des tétras lyres en « P1 », et de KRX08 en « P2 ». Le second groupe est uniquement constitué de la poule orn78. Le premier groupe est constitué du reste des individus en « P2 ».

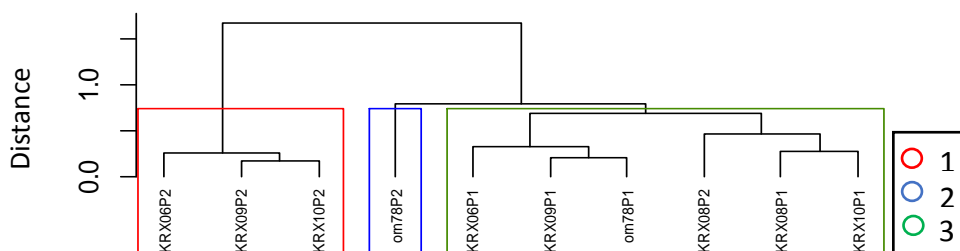


Figure 29. Classification des mailles occupées par les tétras lyres selon la méthode Ward. Cette classification est effectuée selon la période. « P1 » correspond aux trois premières semaines de données, « P2 » aux autres semaines.

La méthode d'ordination PCoA permet de représenter les résultats du groupement dans un espace à dimension réduite. Les deux premiers axes expliquent 65,17% de la variance totale, dont près de 50% étant expliqué uniquement par le premier de ceux-ci (figure 30).

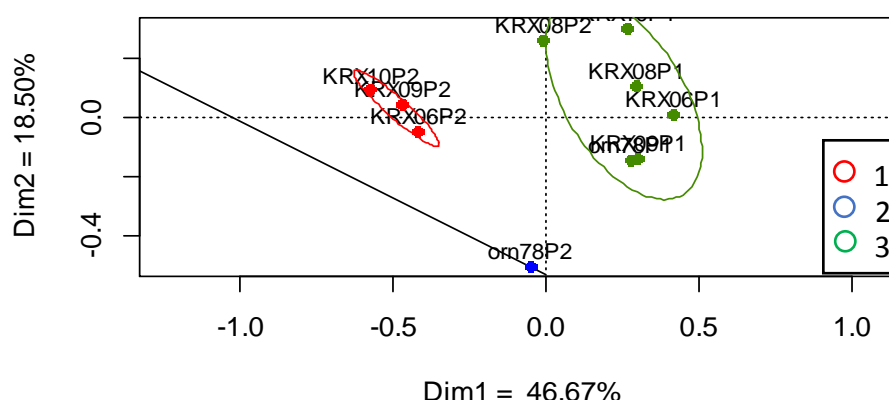


Figure 30. Résultats de la PCoA réalisée sur les habitats utilisés par les tétras lyres en fonction de la période.

La méthode IndVal a permis d'identifier les habitats « indicateurs » de chaque groupe. Pour les groupes 1 et 2, il s'agit respectivement de la « tourbière haute active » (IndVal = 0,97) et de la « ptéridaie » (IndVal = 0,91). Les habitats « indicateurs » du groupe 3 sont pour leur part : « forêt résineuse sempervirente » (IndVal = 0,93), « lande tourbeuse à *Vaccinium* et *Erica tetralix* » (IndVal = 0,90) et « Autres » (IndVal = 0,89). Cette investigation du jeu de données permet de mettre en évidence qu'il n'y a pas une réelle sélection de l'habitat au cours de la première période. En revanche, en P2, ces individus, hormis la poule orn78 (nicheuse) et KRX08, ont choisi la « tourbière haute active ».

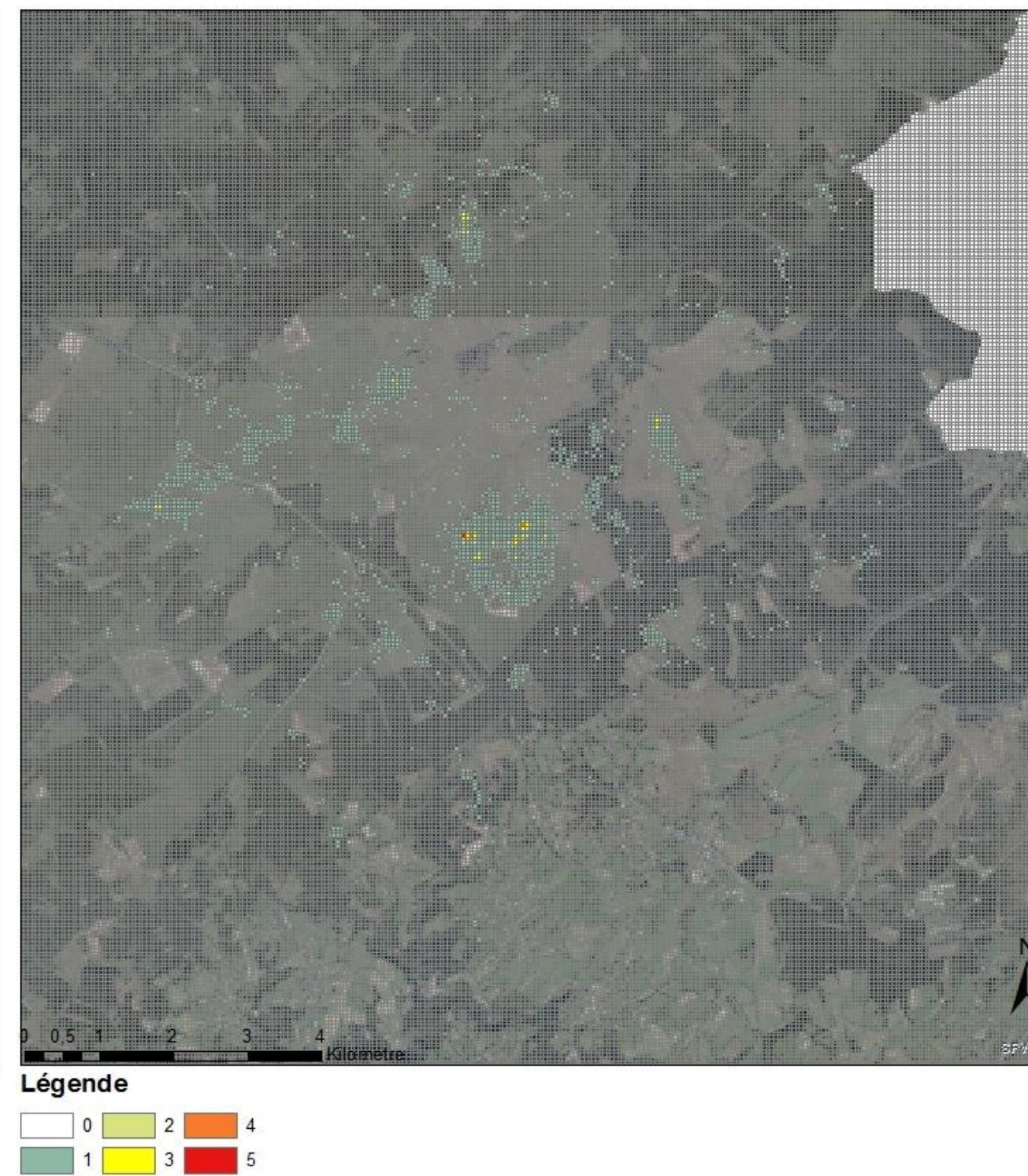


Figure 31. Représentation cartographique des zones comptant le plus grand nombre de tétras lyres tagués (à gauche) et des zones comptant les plus grandes densités de relocalisations (à droite) dans une maille de 50m. Pour la densité : 0 = absence de point, 1 = de 0 à 100, 2 = de 100 à 200, 3 = de 200 à 300, 4 = de 300 à 400 et 5 = supérieur à 400 relocalisations par maille.

Entre 2001 et 2002, le domaine vital de la population fagnarde a été cartographié *via* une méthode d'observation visuelle. Ce domaine vital, pour la période printanière, recouvre environ 80 ha dans la Fagne Wallonne (Keulen *et al.*, 2005). Ce dernier est semblable par sa forme et sa taille aux domaines vitaux cœurs utilisés par les individus HAR05, KRX06, KRX09 et KRX10 (si on exclut les zones se trouvant dans les Potaes et à Cléfaye pour HAR05 et KRX09). Ces domaines recouvrent principalement une tourbière haute active, entourée par de la tourbière haute dégradée à molinie (annexe 2). Comme l'ont montré les analyses multivariées (CAP et PCoA), cet habitat est le principal sur lequel s'effectue la sélection des individus transloqués (figure 28 et 30).

La végétation phanérogame de la tourbière haute active est (SPW/DGO3) :

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| • <i>Riophorum vaginatum</i> | • <i>Empetrum nigrum</i> |
| • <i>Eriophorum polystachion</i> | • <i>Carex pauciflora</i> |
| • <i>Erica tetralix</i> | • <i>Scirpus cespitosus</i> |
| • <i>Calluna vulgaris</i> | • <i>Drosera rotundifolia</i> |
| • <i>Andromeda polifolia</i> | • <i>Narthecium ossifragum</i> |
| • <i>Vaccinium oxycoccos</i> | • <i>Rhynchospora alba</i> |
| • <i>Vaccinium uliginosum</i> | |

Selon Keulen *et al.*, 1997, cette végétation est la principale source de nourriture des tétras lyres en Belgique pour cette période (tableau 3). Cette végétation est également la base du régime alimentaire des tétras lyres en Angleterre (Starling-Westerberg, 2001). Keulen *et al.*, 2005 a également montré que les facteurs influençant la sélection des habitats par le tétras lyre belge sont :

- La qualité des zones à *Ericaceae*.
- L'ouverture du milieu.
- La possibilité de trouver des terrains plats et dégagés pour les arènes de parade.
- La présence de bois clairs (bouleaux et sorbiers).
- La possibilité de creuser des igloos durant les périodes neigeuses.

Au cours de ce travail, il n'a malheureusement pas été possible d'évaluer l'occupation de l'espace au cours des différentes périodes du cycle de vie des oiseaux. Néanmoins, la sélection des habitats par la majorité des coqs transloqués correspond avec celle des coqs belges pour la période définie.

3.3. Déplacements

Les déplacements quotidiens des oiseaux (individus de 2018) sont compris entre 1700 et 2140m en moyenne par jour pour les individus dont les émetteurs sont calibrés entre 07:00 et 21:00 (figures 15, 17 et 19). Au cours de la période de prise de données, les plus grands déplacements sont effectués entre 07:00 et 09:00 et entre 16:00 et 20:00. En journée, les tétras lyres sont moins actifs, parcourant moins de la moitié des distances mesurées lors des pics d'activités (figures 15, 17 et 19).

Pour les individus calibrés pendant 24 heures (KRX10, orn76 et orn78), cette moyenne est comprise entre 1500m et 3500m (figures 20, 23 et 25). Ceci montre que les tétras lyres sont actifs dans les heures qui ne sont pas reprises par les émetteurs précédents. De plus, les figures 21, 24 et 26 mettent en évidence le fait que les réels pics d'activité des tétras lyres se trouveraient entre 04:00 et 05:00. Un pic plus faible d'activité est également présent en fin d'après-midi - début de soirée.

Celui-ci commence vers 16:00 et se termine entre 20:00 et 22:00. Les tranches horaires où les tétras lyres sont le moins actifs sont situées entre 23:00 et 03:00 et en journée de 11:00 à 16:00 (figures 21, 24, et 26).

Les données obtenues sur les déplacements horaires corroborent parfaitement les observations de Pauli (1974), qui a mis en évidence que les tétras lyres ont deux phases d'activité entrecoupées par une période de repos (dans les Alpes). La principale, matinale, correspond à une période de 5 heures pendant laquelle les tétras lyres paradent et se nourrissent. Au cours de cette période, les tétras lyres sont essentiellement actifs une heure avant le lever du soleil et jusqu'à 40 minutes après le lever afin de chercher de la nourriture. La seconde période d'activité commence au début ou en milieu d'après-midi et se termine vers 20:00.

3.4. Nidification

Enfin, l'un des faits les plus importants est qu'au moins deux poules ont niché en deux années successives. Celles-ci se sont établies dans le même type habitat : une lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna*, à un peu moins de 4km de distance (annexe V). Il est important de souligner que la poule orn78 s'est installée dans une zone de nidification connue (Keulen *et al.*, 2005). Les poules de tétras lyres couvent dans des milieux riches en végétation herbacée mésophile, en *Vaccinium*, en lande herbacée, là où la végétation est haute (25 à 50 cm) (Baines *et al.*, 1994; Bainesi *et al.*, 1994; Bernard Laurent *et al.*, 1998). La poule de 2017 s'est établie sur le site de nidification à partir du 14 mai et celle de 2018 à partir du 09 mai. L'annexe VII permet de montrer que la poule HAR03 (lâchée le 28 avril 2017) a commencé à nicher le 27 mai et la poule orn78 (lâchée le 1^{er} mai 2018) le 23 mai.

Les éclosions sont survenues le 23 juin 2017 et le 21 juin 2018. Ceci correspond avec les dates de l'étude sur la période des éclosions des tétras lyres et grands tétras et avec la période d'incubation d'environ 25 jours (Baines, 1994; Bainesi *et al.*, 1994; Müller & Müller, 2006). Malheureusement, il n'existe à l'heure actuelle aucune preuve visuelle de ces événements.

4. Suivi des arènes et étude des interactions

4.1. Suivi visuel

Le suivi visuel fait ressortir plusieurs faits importants :

Premièrement, malgré le faible effectif de tétras lyres, le dernier tétras belge est resté fidèle à l'arène connue (l'Oneux), dernière arène fréquentée par les tétras lyres belges avant translocation. Ce tétras s'est également déplacé sur une autre arène (observation personnelle) où il a interagi avec d'autres tétras (arène de la tourbière haute) (figure 32 et annexe VIII). Selon les travaux et observations du professeur Ruwet, les coqs sont fidèles aux arènes qu'ils occupent et n'en changent pas au cours de la période de parade nuptiale. Ce comportement résulte donc de la faible densité de la population. Afin de ne pas parader seul sur l'arène et d'avoir plus de chance d'attirer des femelles, ce coq n'a eu d'autre choix que de se déplacer sur une autre arène (Ruwet *et al.*, 1980).

Ensuite, les interactions entre individus belges et suédois sont réparties sur deux arènes (l'Oneux et tourbière haute) dont la principale est celle de l'Oneux. Sur cette arène, le tétras lyre belge paraît majoritairement seul (annexe VIII). Mais à plusieurs reprises, des poules s'y sont également rendues, dont deux suédoises. Les autres mâles tétras observés n'ont qu'« approché » l'arène, et n'ont jamais été observés paradant sur celle-ci, contrairement aux poules suédoises (annexe VIII).

Ce suivi a donc permis de constater que les poules suédoises interagissent avec l'individu belge. Cependant, les coqs suédois semblent s'isoler, paradant majoritairement sur l'arène des Potaies-Brochepierre.

4.2. Informations supplémentaires issues des données télémétriques

Nous pouvons également établir la fréquentation des arènes grâce aux informations télémétriques récoltées et aux données connues sur l'emplacement des arènes ancestrales (figure 32).

Tableau 26. Fréquentation en nombre de jours des arènes de parade des tétras lyres équipés d'émetteurs depuis leur lâcher jusqu'au 10 juin (10/06/17 pour HAR03 et HAR05 et 10/06/18 pour les autres de 2018). Les arènes du Drèlo et de la tourbière haute ne sont pas indiquées dû à leur imprécision et à l'absence de données visuelles de tétras lyres paradant dans ces zones pendant ce laps de temps.

| | Brochepierre | Deux-Séries | Oneux | Potaies |
|--------------|--------------|-------------|-------|---------|
| HAR03 | / | / | 2 | / |
| HAR05 | 1 | / | / | 1 |
| KRX08 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| KRX10 | 8 | 9 | 1 | 6 |
| orn76 | 4 | / | / | / |
| orn78 | / | 2 | 1 | / |

Cette méthode de récolte de données apporte des informations supplémentaires au suivi visuel (tableau 26) :

- La poule HAR03 n'a fréquenté que l'arène de l'Oneux.
- Les coqs suédois de 2018 ont fréquenté toutes les arènes.
- Le coq KRX08 s'est essentiellement limité à l'arène des Deux-Séries et des Potaies.
- Le coq KRX10 a fréquenté au moins un jour chacune des arènes.
- La poule 76 n'a visité que l'arène de Brochepierre.
- La poule orn78, nichant à proximité de l'Oneux, a fréquenté cette arène et également celle des Deux-Séries.

Le maillage réalisé sur l'étendue des Fagnes permet de déterminer les jours où les tétras lyres tagués se situent dans la même maille (figure 33 et annexe VI). Les tétras lyres ayant fréquenté les arènes le même jour sont :

- KRX08, KRX09 et orn78 à l'arène de l'Oneux.
- KRX08 et KRX10 à l'arène de Brochepierre.

Les zones hors arènes où il y a eu présence d'au moins deux tétras par maille le même jour sont (figure 33 et annexe VI) :

- La bande de conifères entre Cléfaye et la Fagne Wallonne (orn78 et KRX10).
- Le pourtour du lieu de lâcher (KRX06, KRX08, KRX09, KRX10 et orn78).
- Les abords du site de nidification de la poule orn78 (KRX06, KRX09 et orn78).
- La tourbière haute de la Fagne Wallonne (KRX06, KRX09 et KRX10).

Il ressort des suivis visuels et télémétriques des arènes que les tétras lyres transloqués occupent les arènes de parade ancestrales définies et localisées par Ruwet *et al.*, 1997 et Keulen *et al.*, 1997.

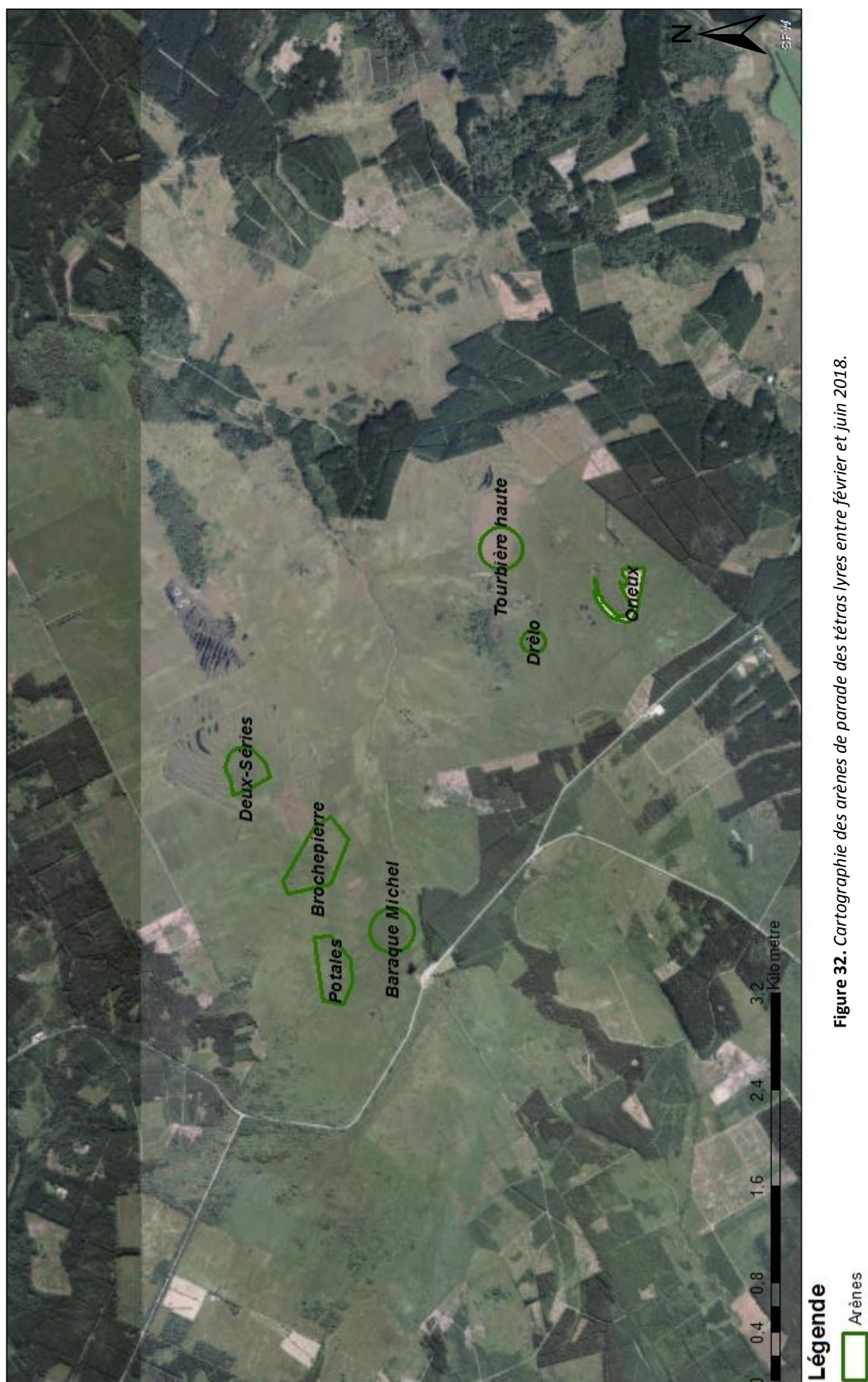


Figure 32. Cartographie des arènes de parade des tétras lyres entre février et juin 2018.

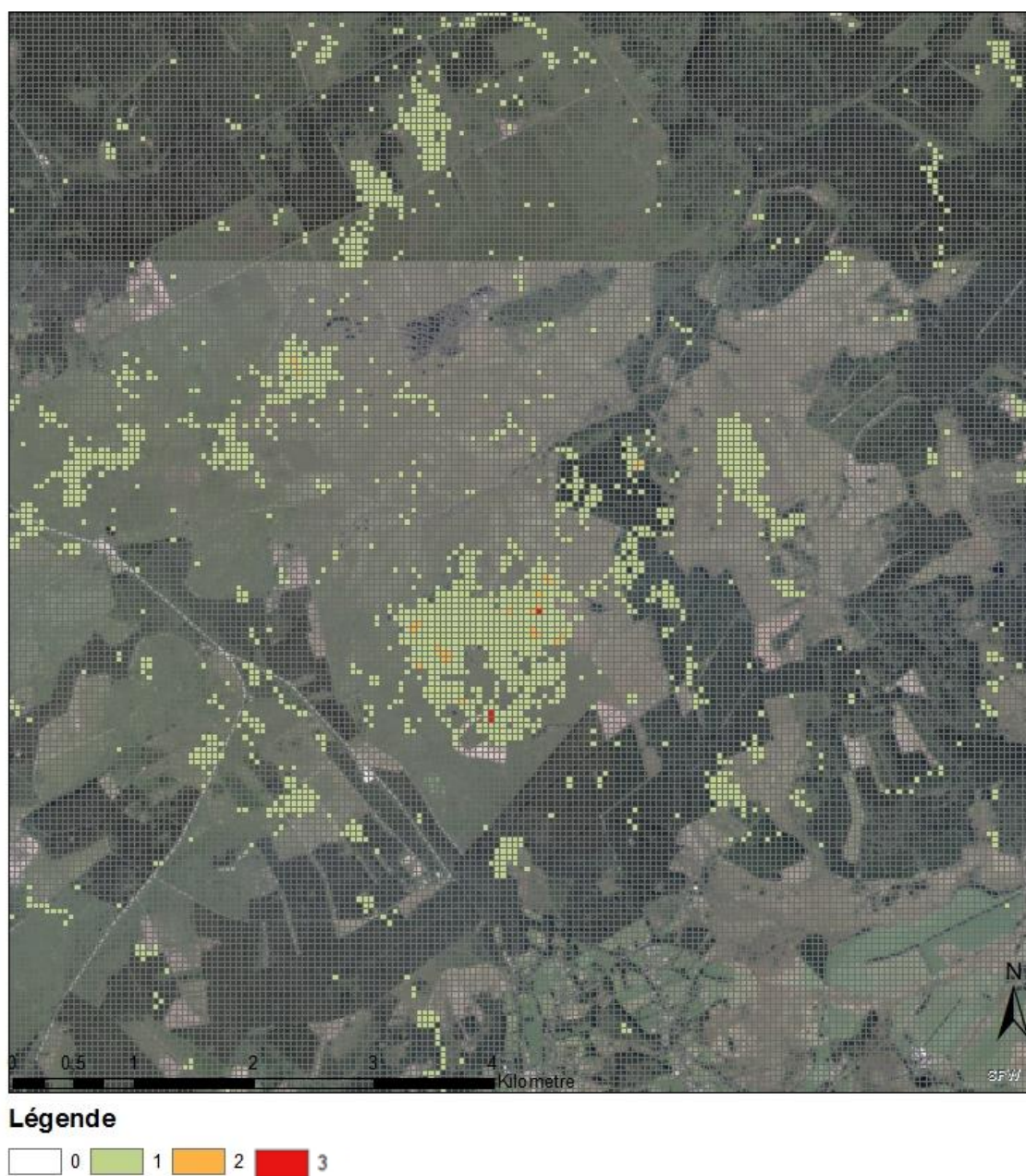


Figure 33. Maillage comptabilisant le nombre de tétras lyres présents le même jour dans chacune des mailles de 50m (détails voir annexe VI).

5. Mortalité

La mortalité des individus transloqués en 2017 est difficile à évaluer étant donné le manque de données. Néanmoins, grâce aux observations et aux informations récoltées, le taux de mortalité des tétras est estimé en avril 2018 à 25% pour les coqs (1 individu sur 4). Le taux de mortalité n'a pas pu être calculé pour les femelles étant donné le manque de données.

Pour les tétras lyres de 2018, l'évaluation est bien plus aisée. Les émetteurs Ecotone et Ornitela sont tous deux équipés d'un accéléromètre, permettant de déterminer quand l'oiseau est potentiellement mort. Dans ce cas, l'individu et l'émetteur sont récupérés. Le taux de mortalité des tétras lyres tagués de 2018 pour le 1 juillet 2018 est de 62,5% (50% pour les coqs et 75% pour les poules) (figure 34).

Ce taux de mortalité est relativement élevé. En effet, les tétras lyres ont un taux de mortalité naturelle, pour 6 mois, estimé à 34% pour les adultes et à près de 80% pour les juvéniles (Bowker *et al.*, 2007). Par ailleurs, aucune différence de mortalité entre genres n'a été constatée. Selon une autre étude anglaise, le taux de mortalité naturelle annuel des tétras lyres adultes se situerait entre 34% et 56% (Baines *et al.*, 2007). Il n'y a pas encore eu de parution de taux de mortalité par les projets similaires de réintroduction et de renforcement de tétras lyres aux Pays-Bas et en Allemagne. Néanmoins, les taux semblent relativement semblables à ceux observés dans les Fagnes (Kirchner, 2018 et Loneux, communication personnelle).

Ce taux de mortalité élevé des individus transloqués en 2018 peut s'expliquer par :

- Des événements aléatoires.

Les événements aléatoires pouvant impacter la survie des individus transloqués en 2018 sont par exemple : le stress lié à la translocation, les conditions de transport ou encore les conditions climatiques particulièrement rudes cette année.

- Le port d'un émetteur.

Bien qu'inférieur à ce qui est généralement recommandé (5%) (tableaux 4 et 5), le poids des émetteurs pourrait influencer le comportement et la mobilité des tétras lyres équipés. Néanmoins, un travail néerlandais étudiant le comportement des tétras lyres transloqués équipés d'émetteurs de 21-21,5 grammes, semblables à ceux utilisés dans les Fagnes, a montré que ceux-ci n'impactaient nullement leur santé (Boon, 2016; Park *et al.*, 2016). La mortalité semble également ne pas être impactée par l'utilisation de colliers émetteurs de 15 ou 17 grammes selon une étude anglaise (Starling-Westerberg, 2001; Warren *et al.*, 2012; Kirchner, 2018).

Outre le poids, les émetteurs pourraient jouer un rôle sur la mortalité des tétras lyres par sa visibilité. La détectabilité des tétras lyres par les prédateurs pourraient être plus aisée.

- Un grand nombre de menaces.

La cause principale de mortalité des tétras lyres de 2018 est la prédation par renard (incertitude si prédateur primaire ou secondaire) et autour des palombes. Néanmoins, des solutions existent afin de réduire cette prédation et de permettre aux tétras lyres venant de Suède de s'épanouir dans nos contrées. Dans les Hautes-Fagnes, des nasses à corvidés ainsi que des pièges à mammifères ont été placés à partir du mois de mai 2018 afin de lutter contre les nombreux prédateurs du tétras lyre.

En Allemagne, afin de préserver la population de tétras lyres dans le Réserve Biosphère de la Rhön, un chasseur professionnel est engagé pour la régulation des prédateurs depuis plus de 15 ans (Kolb *et al.*, 2004; Kirchner, 2018). Leurs effectifs ont grandement été réduits, ce chasseur étant capable de tuer près de 180 renards par an sur une surface proche de celle des Hautes-Fagnes (Kirchner, 2018).

En Pologne, dans le cadre du projet LIFE (LIFE11/PL/ 428) visant à renforcer la population de grands tétras par la translocation et l'élevage « *Born to be free* », des autorisations ont été délivrées pour chasser les prédateurs. Les mammifères sont piégés intensivement. Par ailleurs, suite à une attaque réussie d'autour des palombes sur une femelle de grand tétras (*Tetrao urogallus*) en volière, une dérogation a été accordée pour diminuer l'impact de la prédation par ce rapace (espèce protégée à l'échelle internationale par la Convention de Berne - Annexe 2, à l'échelle européenne par la directive CEE/79/709 – article 5 et à l'échelle wallonne par LCN 1973 – Article 1 et 2 législation sur la conservation de la Nature). Ils sont piégés et capturés vivants, bagués et déplacés de 150 à 200 km pour être relâchés hors de la zone occupée par les tétras. Par exemple, en 4 mois sur une zone de 20000 hectares, 18 autours ont été déplacés (Merta *et al.*, 2013). En 4 ans d'intervention, sur les 169 autours déplacés, quatre seulement sont revenu sur site d'origine (Merta, Bad Liebenwerda et Loneux, communication personnelle).

Les principaux éléments ayant provoqué la forte mortalité des individus transloqués en 2018 seraient donc, probablement, une densité de prédateurs trop élevée avec l'action conjointe de facteurs aléatoires. Le port de l'émetteur pourrait également avoir joué un rôle en termes de visibilité. Il est donc indispensable de poursuivre les efforts afin de lutter et diminuer la pression des menaces présentes dans les Hautes-Fagnes.

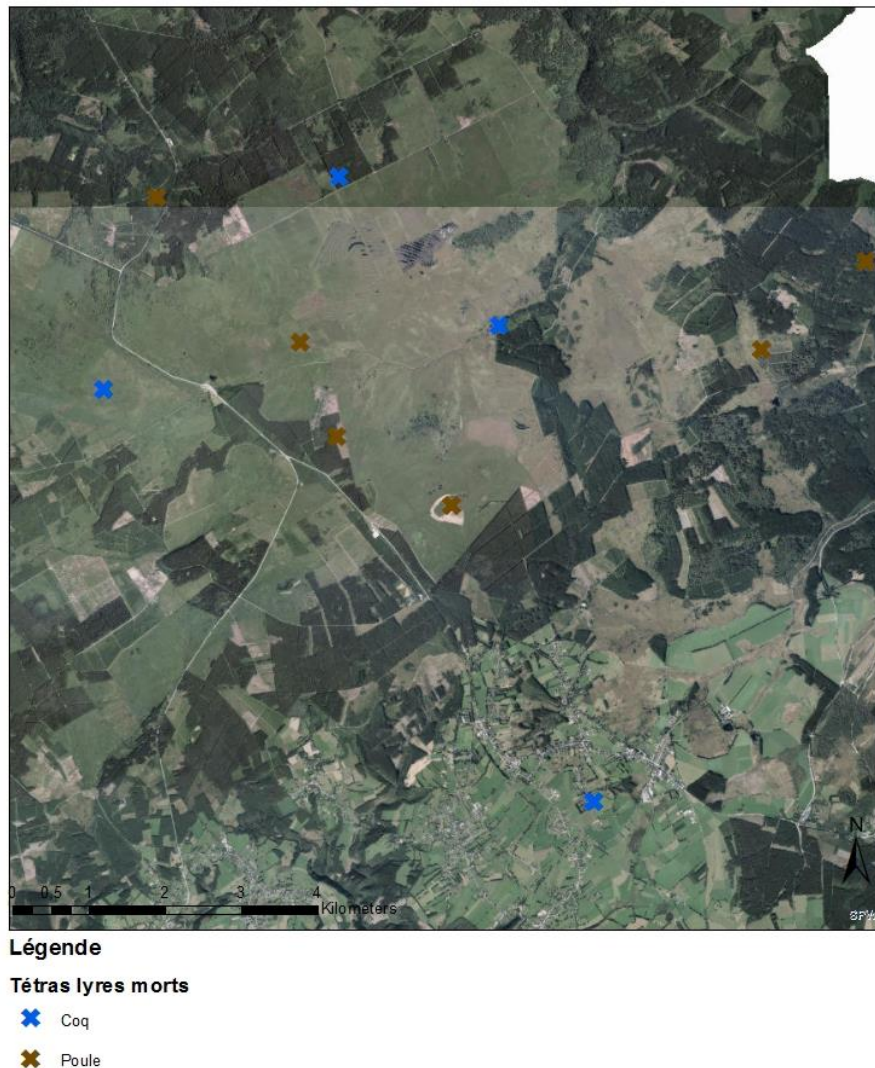


Figure 34. Localisation des tétras lyres retrouvés morts au cours des deux premiers mois de la translocation de 2018.

6. Utilités des émetteurs et recommandations

L'efficacité des émetteurs placés sur les oiseaux lâchés en 2018 (UHF-GSM et GMS) est sans équivoque comparée à celle des émetteurs placés en 2017. La faible performance des émetteurs de 2017 provient de difficultés de terrain. Annoncés pour une distance de téléchargement de 6 kilomètres, les tests effectués lors du travail de fin d'études de Michael Hansen (2018) montrent que les téléchargements sont très sensibles à la distance émetteur-antenne et, dans la zone des Hautes-Fagnes étudiée, ne sont généralement efficaces qu'en dessous des 500m de distance de l'émetteur. Cette faible performance est certainement à imputer aux microreliefs ainsi qu'à la couverture herbacée et arborée (Hansen, 2018). Le fait que l'antenne de cet émetteur soit interne pourrait également impacter sa performance.

Les émetteurs UHF-GSM de 2018 sont extrêmement performants et précis, malgré le couvert végétal et la couverture réseau GSM qui n'est pas idéale (voir annexe III). Ils ont cette fois une antenne externe permettant des téléchargements à plus longue distance (maximum réalisé 3100m). Le nombre de localisations enregistrées avoisine les 3000 points pour chaque individu et le double pour le KRX10. Cette quantité d'informations permet non seulement de suivre l'évolution des oiseaux lâchés dans le cadre du renforcement, mais aussi de mieux comprendre les comportements des individus.

Coupler l'UHF avec un envoi de données par réseau GSM garantit la récolte d'un minimum de données. Il permet également et surtout de se diriger directement vers l'oiseau localisé afin de télécharger les données intermédiaires à celles envoyées par GSM. Ce système comble le principal inconvénient des émetteurs Ecotone de 2017 pour lesquels la recherche des oiseaux, déjà laborieuse au vu de l'étendue et des conditions de terrain difficiles (milieu tourbeux, neige, brouillard, ...), devait se faire à « l'aveugle ». Néanmoins, ce type de système requiert toujours l'intervention d'un agent de terrain, et nécessite que l'oiseau ne s'éloigne pas au cours du téléchargement.

L'émetteur Ornitela, tout comme l'Ecotone de 2018, permet de récolter un grand nombre de données. Il utilise uniquement le réseau GSM pour transmettre les données, ce qui constitue son principal défaut, mais aussi son plus grand avantage. En effet, lorsque la couverture réseau le permet, cet émetteur n'exige aucune intervention, permettant de s'affranchir de la principale contrainte des systèmes de suivi animal : le temps investi à la récolte de données. Le fait qu'un individu se rende dans un espace sans réseau n'entraîne pas de perte des données. Les points GPS récoltés seront envoyés dès que l'individu repassera en zone couverte par le réseau GSM. Cependant, si l'animal demeure dans un espace sans réseau, ceux-ci ne seront pas envoyés. Le temps gagné peut être alloué à une étude complémentaire.

L'utilisation du système GSM (couplé ou non avec UHF) permet également d'évaluer les causes de mortalité. Dans l'avenir, il permettra également de coordonner les activités de terrain des agents forestiers et du DEMNA en fonction des positions des tétras lyres. En effet, seules ces personnes peuvent circuler librement dans l'ensemble de la réserve. Cependant, leurs interventions peuvent déranger les oiseaux. Il est donc indispensable que ces agents soient informés des positions des individus, essentiellement des femelles nicheuses, afin de leur offrir un maximum de quiétude. Les zones C sont fermées à toute personne sans autorisation du week-end de la mi-mars (17 mars en 2018) au 15 juin ou 30 juillet, selon les secteurs de zones, afin de ne pas perturber la reproduction de l'avifaune, dont celle des tétras lyres (Hautes-Fagnes.be). Ce système permettrait également d'ajuster les dates d'ouvertures des pistes au public. Par exemple, les poules nicheuses HAR03 et orn76 se sont installées en bordure de piste. Si cette situation se reproduisait, les pistes devraient rester fermées afin de minimiser les perturbations dues au public durant cette période critique.

Le tableau 27 ci-dessous reprend les principales caractéristiques des émetteurs utilisés. L'émetteur le moins lourd est celui utilisé en 2017. Ceci était d'ailleurs la principale raison de ce choix (Poncin, communication personnelle). Néanmoins, ce dernier ne convient pas aux conditions de terrain rencontrées. Les deux autres émetteurs sont légèrement plus lourds. Ceux-ci sont plus chers, mais permettent d'obtenir un grand nombre de données. Pour les prochaines mesures de translocation, il sera dès lors préférable d'utiliser les émetteurs de 2018 de 23g. Utiliser ces émetteurs simultanément permettra de répartir les coûts entre le besoin d'une personne de terrain et les transmissions GSM tout en garantissant la récupération de données si l'une des firmes (Ecotone et Ornitela) a une défaillance. Il est important de souligner qu'une défaillance est survenue avec la firme Ecotone en 2017. En effet, les émetteurs ne récoltent plus de données GPS depuis le 1^{er} janvier 2018. Par ailleurs, aucun émetteur n'a transmis de données depuis début juillet 2017, malgré plusieurs observations d'oiseaux équipés et à distance de téléchargement.

Tableau 27. Caractéristiques des émetteurs utilisés lors des translocations de 2017 et de 2018 (source : D. Vangeluwe *Bebirds*).

| | Ecotone 2017 | Ecotone 2018 | Ornitela 2018 |
|---|--------------|--------------|---------------|
| Prix unitaire émetteur (€) | 1020 | 1700 | 1020 |
| Antenne unidirectionnelle+ station de base | 880 | | / |
| Prix antenne omnidirectionnelle | 220 | 47 | / |
| Batterie 12V | 1000 (4x250) | | / |
| Forfait de 360 transmissions GSM par mois (HTVA) (€) | / | 160 | 160 |
| Salaire mensuel de l'agent de terrain (€) | 1500-2000 | 1500-2000 | / |
| Temps investi à la récupération des données | CONSIDERABLE | MOYEN | TRES FAIBLE |
| Poids (g.) | 15,3 | 23 ou 28 | 23 |

Dans le futur, il est indispensable de coupler suivi visuel et suivi télémétrique. La réussite du projet dépend du taux de natalité des tétras lyres dans les Hautes-Fagnes. Or l'unique moyen de l'évaluer est par suivi visuel des arènes de parade. Cette étude n'a malheureusement pas su évaluer ce taux dû aux conditions d'observations difficiles. Il est impératif d'arriver à améliorer le suivi, au moyen d'affût fixe et caché du public par exemple. Il est également possible de mettre en place un système de suivi par « piège photo ». En effet, cette technique a déjà fait ses preuves en Norvège (Gregersen *et al.*, 2014)

Cette étude ne porte que sur deux mois de jeux de données télémétriques. Il est évident que l'adaptabilité des individus transloqués doit s'effectuer sur plusieurs années consécutives. L'adaptation doit également être évaluée en fonction du cycle biologique de l'espèce (figure 4). Ainsi, l'occupation des zones d'igloos devra également être effectuée afin de vérifier l'adaptation des oiseaux à nos conditions hivernales.

7. Les mesures de réintroduction/renforcement

A l'heure actuelle, les exemples de mesures visant à restaurer les populations aviaires par la réintroduction ou le renforcement sont de plus en plus nombreux (IUCN/SSC, 2013). Ces mesures peuvent autant porter sur des oiseaux de petite taille comme l'échelet brun (*Climacteris picumnus*) ou le Merlebleu de l'Ouest (*Sialis mexicana*), que sur des palmipèdes, des galliformes comme le tétras de armoises (*Centrocercus urophasianus*) et le grand tétras, ou encore des rapaces, allant des faucons aux vautours (Schroth, 1991; Reese *et al.*, 1997; Robert *et al.*, 2004; Taylor *et al.*, 2005; Siano *et al.*, 2006; Murn *et al.*, 2008; Slater *et al.*, 2011; Bennett *et al.*, 2012; Merta *et al.*, 2013; Reynolds *et al.*, 2013; Carrlson *et al.*, 2014; Morandini *et al.*, 2017).

Pour les galliformes, ces techniques de restauration sont de plus en plus utilisées (WPA/IUCN, 2009). Plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre afin de sauvegarder ces oiseaux. Soit les oiseaux sont capturés à l'état sauvage, soit ils proviennent d'élevages. Cette dernière méthode est même devenue commune pour restaurer les populations de grands tétras (Klaus & Bergmann 1994; Klaus 1998; Seiler *et al.* 2000; Siano & Klaus 2013). A l'heure actuelle, il semblerait que la méthode la plus efficace soit de lâcher des oiseaux sauvages. Cette méthode a en effet mené à d'excellents résultats. Par exemple, au Kazakhstan, une soixantaine de grands tétras ont été lâchés dans une zone forestière isolée. Après 20 ans, la population formée par ces fondateurs est estimée à 700 individus (Romanov 1988 dans Merta *et al.*, 2013). Cependant, des nouvelles méthodes voient le jour. La création d'un centre d'élevage « *Born to be free* » en Pologne a mené à des résultats concluants et prometteurs dans la restauration de grands tétras et des galliformes (Merta *et al.*, 2013; Strzała *et al.*, 2015).

Le taux de mortalité observé lors de réintroductions ou de renforcements est généralement élevé, surtout lorsque les oiseaux lâchés proviennent de captivité (Klaus & Bergmann 1994; Klaus *et al.*, 2000; Seiler *et al.* 2000; Siano *et al.* 2006, Kirchner, 2018). Des taux élevés de mortalité ont été observés pour la perdrix grise (*Perdix perdix*) et pour le faisan (*Phasianus colchicus*) dans des programmes de réintroduction par élevage mais aussi par lâcher d'individus sauvages de lagopèdes alpins (*Lagopus muta*) ou de tétras lyres (Majewska *et al.* 1979; Putaala & Hissa, 1995; Panek 1998; David Parish *et al.*, 2007; Novoa *et al.*, 2013; Kirchner, 2018). Cette mortalité est à imputer à un manque de réactivité face aux prédateurs des individus élevés et à l'augmentation du nombre de prédateurs mammifères, surtout des renards (Storch, 2007; Kirchner, 2018). La forte mortalité des tétras lyres dans les Hautes-Fagnes n'est donc pas un cas isolé.

Les mesures de renforcement et de réintroduction sont des actions dont les résultats ne sont que perceptibles sur le long terme. Une étude a été réalisée sur les résultats de 29 programmes de réintroduction et de renforcement de gélinotte des bois (*Bonasa bonasia*), de grands tétras et de tétras lyres réalisés entre 1980 et 2000 dans 6 pays d'Europe. Elle a permis de montrer, au vu des résultats de ces programmes, que les projets ayant le plus de chance de réussite sont ceux dans lesquels un lâcher annuel d'au moins 30 individus est réalisé pendant 6 ans (Seiler *et al.* 2000).

Conclusion

Ce travail a permis de montrer que les oiseaux transloqués présentent des comportements adaptés à leur nouveau milieu. Ils développent différentes stratégies concernant l'exploration des Fautes-Fagnes au cours des deux mois de données : certains individus explorent la majorité des Fagnes, tandis que d'autres se cantonnent dans une seule Fagne. Il semble que les tétras lyres transloqués adoptent un rythme de vie « normal ». Le pic d'activité est situé entre 04:00 et 05:00. Ensuite, les déplacements se réduisent fortement entre 10:00 et 16:00, puis reprennent plus légèrement jusqu'en fin de soirée (22:00).

Les domaines vitaux (Kernel 95%) sont compris entre 500 et 5000 hectares selon les coqs. Cette surface est supérieure à celles référées dans la littérature (Baines *et al.*, 2007; Bowker *et al.*, 2007). Ceci peut survenir d'une surestimation due à un comportement explorateur pour certains individus. Si on ne tient pas compte des individus ayant présenté ce comportement exploratoire, les *Home Range* devraient couvrir une surface d'environ 600ha. Pour les poules, le domaine vital (Kernel 95%) est fonction des nidifications, variant ainsi de 130 à 5000 hectares. Les domaines vitaux (Kernel 95%) sont établis sur des jeux de données plus riches et donc plus précis. Les connaissances actuelles des *Home Range* des tétras pourraient dès lors être sous-estimées. Cette hypothèse ne pourra cependant être vérifiée qu'avec un jeu de données pluriannuel sur les individus transloqués.

Les déplacements effectués entre les habitats ne montrent aucune sélectivité particulière de ceux-ci au cours des premiers jours. Par la suite, les individus sont restés dans un habitat plus en adéquation avec la disponibilité en nourriture : la tourbière, avec une préférence pour la tourbière haute active.

Le suivi des arènes (par observations visuelles et données télémétriques) a permis de montrer que les tétras lyres transloqués ont utilisé les arènes ancestrales. Des poules ont interagi avec le dernier coq belge sur l'arène de l'Oneux. Les coqs suédois ont essentiellement fréquenté d'autres arènes. Suite à cela, au moins deux poules équipées ont niché : la première en 2017 et la seconde en 2018. La nidification a débuté au même moment et a eu lieu dans le même type d'habitat : la lande sèche submontagnarde à *Vaccinium* et *Calluna*. La poule nicheuse de 2018 s'est installée dans une zone de nidification connue (Keulen *et al.*, 2005).

Néanmoins, on déplore un taux de mortalité élevé (62,5%) des individus transloqués en 2018. Pour les prochaines années, dans la mesure du possible, il faudra veiller à atteindre le nombre planifié de tétras lyres à capturer (25), à réduire les impacts des prédateurs, poursuivre la canalisation du public et l'améliorer par les données télémétriques, éliminer les risques de collision ainsi qu'à adapter au mieux les émetteurs en fonction des objectifs visés.

Ce travail de fin d'études a permis de récolter des données uniques sur les déplacements quotidiens des tétras lyres équipés d'émetteurs. Les informations récoltées apportent des renseignements jamais obtenus auparavant avec ces fréquences et cette précision. De plus, elles sont utiles à la compréhension du comportement d'exploration des tétras lyres lâchés ainsi qu'à la connaissance de l'exploitation qu'ils font des habitats mis à leur disposition. Ces données permettront d'améliorer les mesures connexes du projet de renforcement de la population de tétras lyres dans les Hautes-Fagnes.

Bibliographie

- Armstrong D.P. & Seddon P.J., 2007. Directions in reintroduction biology. *Trends Ecol. Evol.*, **23**(1), 20-25.
- Les Amis de la Fagnes | Qui sommes-nous. <http://www.amisdelafagne.be/AF/AFpg1.htm>, (26/2/2018).
- Baines D., 1994. Seasonal differences in habitat selection by Black Grouse *Tetrao tetrix* in the northern Pennines, England. *Ibis*, **136**(1), 39–43
- Baines D., Warren P. & Richardson M., 2007. Variations in the Vital Rates of Black Grouse *Tetrao tetrix* in the United Kingdom Variations in the vital rates of black grouse *Tetrao tetrix* in the United Kingdom., **13**, 109-116.
- Baines D., Wilson I. & Beeley G., 1994. Timing of breeding in Black Grouse *Tetrao tetrix* and Capercaillie *Tetrao urogallus* and distribution of insect food for the chicks. *Ibis*, **138**, 181-187.
- Bennett V.A. Doerr V.A.J, Doerr E.D., Manning A.D., Linder Mayer D.B. & Yoon H.J., 2012. Habitat Selection and Post-Release Movement of Reintroduced Brown Treecreeper Individuals in Restored Temperate Woodland. *PLoS One*, **7**(12), 1-12.
- Bernard Laurent A., Corti R., Ellison L., Leonard P. & Magnani Y., 1998. Le tétras lyre. ONC, *Brochure technique* **26**. 36p.
- BirdLife International, 2016. *Lyrurus tetrix*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22679480A85944601. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22679480A85944601.en>.
- Boon L., 2016. *Reintroduction and GPS tracking of the black grouse in the National Park De Hoge Veluwe*, 1-29.
- Borecha D.E., Willebrand T. & Nielsen O.K., 2017. Lek site defines annual spatial use of male Black Grouse (*Tetrao tetrix*). *Ornis Fenn.*, **94**(3), 150-160.
- Bowker G., Bowker C. & Baines D., 2007. Survival Rates and Causes of Mortality in Black Grouse *Tetrao Tetrix* Survival rates and causes of mortality in black grouse *Tetrao tetrix* at Lake Vyrnwy, North Wales, UK. *Nord. Board Wildl. Res.*, **13**(3), 231-237.
- Bray J.R. & Curtis J., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs.*, **27**(4), 325-349.
- Bridge E.S., Thorup K., Bowlin M.S., Chilson P.B., Diehl R.H. & Fléron R.W., 2011. Technology on the Move: Recent and Forthcoming Innovations for Tracking Migratory Birds. *Bioscience*, **61**(9), 689-698. <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2011.61.9.7>.
- Calenge C., 2015. Home Range Estimation in R : the adehabitatHR Package. *R vignette*, 1-60.
- Calenge C., Dray S. & Royer-Carenzi M., 2009. The concept of animals' trajectories from a data analysis perspective. *Ecol. Inform.*, **4**(1), 34-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2008.10.002>.
- Cardinale B. J., Duffy E., Gonzalez A., Hooper D. U., Perrings C., Venail P., Narwani A., MacE G. M., Tilman D., Wardle D. A., Kinzig A. P., Daily G. C., Loreau M., Grace J. B. Larigauderie A. Srivastava D. S. & Naeem S., 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, **486**(7401), 59-67. Convention on Biological Diversity, Global Biodiversity Outlook 3. <https://www.cbd.int/gbo3/?pub=6667§ion=6711>, (12/2/2018).

- Carrlson K.M., Kesler D.C. & Thompson T.R., 2014. Survival and habitat use in translocated and resident greater prairie-chickens. *J. Nat. Conserv.*, **22**(5), 405-412.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2014.03.008>.
- Crutzen P.J. & Steffen W., 2003. How long have we been in the Anthropocene era? *Climatic Change*, **61**, 251–257.
- Crutzen P.J. & Stoermer E.F., 2000. The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, **41**, 17–18.
- Dictionnaire de français Larousse, caroncule.
<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/caroncule/13372>, (28/6/2018).
- Dufrêne M. & Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol Monogr*, **67**, 345–366
- Etat de l'Environnement Wallon, 2018. Évolution des populations d'oiseaux communs.
<http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/FFH 8.html>, (15/2/2018).
- Fieberg J. & Kochanny C.O., 2005. Quantifying home-range overlap: the importance of the utilization distribution. *J. Wildl. Manage.*, **69**(4), 1346.
- Frair, J. L., Fieberg, J., Hebblewhite, M., Cagnacci, F., DeCesare, N. J. & Pedrotti, L. 2010. Resolving issues of imprecise and habitat-biased locations in ecological analyses using GPS telemetry data. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, **365**(1550), 2187-2200.
<http://rspb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rspb.2010.0084>.
- Frankard P., 2006. Les techniques de gestion des milieux naturels et semi-naturels mises tourbières hautes dans la réserve naturelle domaniale des Hautes Fagnes (Est de la Belgique). *Hautes Fagnes*, **3**, 21-29.
- Frankard P., Ghiette P., Hindryckx M.-N., Schumacker R. & Wastiaux C., 1998. Peatlands of Wallony (S-Belgium). *Suo*, **49**(2), 33-47.
- Getz W.M. & Wilmers C.C., 2004. A local nearest neighbor convex-hull construction of home ranges and utilization distribution. *Ecography* (Cop.), **27**, 1-17. Getz_&_Wilmers_2004_Nearest-neighbour_convex-hull_for_home_ranges_and_utilization_distributions.pdf.
- Ghiette P., Frankard P. & Schumacker R., 1995. Le plan de gestion de la réserve naturelle des Hautes-Fagnes. *Hautes-Fagnes*, **217**, 11-18.
- Gregersen H. & Gregersen F., 2014. Wildlife cameras effectively survey black grouse *Lyrurus tetrix* leks. *Ornis Nor.*, **37**, 1-6.
- Group S. for E.R.I.S. & P.W., 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration.
www.ser.org Tucson Soc. *Ecol. Restor. Int.* 1-13
- Gula R. & Theuerkauf J., 2013. The need for standardization in wildlife science: Home range estimators as an example. *Eur. J. Wildl. Res.*, **59**(5), 713-718.
- Hansen M., 2018. *Suivi télémétrique appliqué au tétras lyre (Tetrao tetrix) dans les Hautes-Fagnes en 2017*.
- Hautes-Fagnes.be, Accessibilité. <https://www.hautesfagnes.be/accesmarsjuin.htm>, (5/8/2018).
- Holst-Jørgensen B., 1995. The black grouse in Denmark, 1978-1993. 163-164 in: Jenkins, D. (ed.). *Proceedings International Symposium on Grouse 6*, Udine, Italy, 1993. World Pheasant Association, Reading, UK.

- Holst-Jørgensen B., 2001. The Black Grouse in Denmark 1978-2000. Actes du Colloque Tétrasy Lyre, Liège 26-29 Septembre 2000. *Cahier d'Ethologie*, **20** (2-3-4), 505-508.
- IBPT, Cartes de couverture : réseaux mobiles. <http://ibpt.be/fr/consommateurs/telephone/qualite-de-service/cartes-de-couverture-reseaux-mobiles>, (7/8/2018).
- IUCN, 2010. The IUCN red list of threatened species, IUCN Global Species Programme Red List Unit. <http://www.iucnredlist.org/news/biodiversity-crisis>, (8/2/2018).
- IUCN/SSC, 2013. *IUCN guidelines for reintroductions and other conservation translocations*, www.iucnssc.org. 34 p.
- Kays R., Crofoot M.C., Jetz W. & Wikelski M., 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, **348**(6240), aaa2478
- Keulen C., 2010. Tétrasy lyre, *Tetrao tetrix*. 140 -141. Dans : Jacob J.-P., Dehem C., Burnel A., Dambiermont J.L., Fasol M., Kinet T., Van der elst D. & Paquet J.Y., 2010. *Atlas des oiseaux nicheurs de Wallonie 2001-2007*. Série Faune Flore Habitats n°5, Aves et la Région Wallonne, Gembloux, 524 p.
- Keulen C., Charlet O., Poncin P. & Ruwet J.-C., 2005. Evolution des populations de Tétrasy lyres (*Tetrao tetrix*) sur le plateau des Hautes-Fagnes en regard des modifications des paramètres écologiques du milieu. *Aves*, **42**(1-2), 103-120.
- Keulen C., Houbart S. & Ruwet J.-C., 1997. Les arènes de parade des tétrasy lyres (*Tetrao tetrix*) dans les Hautes-Fagnes de Belgique : caractéristiques paysagères et propositions de gestion. *Cahier d'Ethologie*, **17** (2-3-4), 387-529
- Kirchner T., 2018. *Eight years of Black Grouse Reinforcement in the Rhön Hills*. Dans: Information day 27th JUNE 2018 - Black Grouse Reinforcement Project.
- Klaus S., 1998. Breeding and releasing project for capercaillie in Germany – Reintroduction-*Nesw/IUCN*, **16**, 7-9.
- Klaus S. & Bergmann H.H., 1994. Distribution, status and limiting factors of capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Central Europe, particularly in Germany, including an evaluation of reintroductions. *Gibier Faune Sauvage*, **11** (special number Part 2), 57-80.
- Klaus S., Bergmann H.-H., Marti C., Müller F., Vitovič O. A., & Wiesner J., 1990. *Die Birkhühner : Tetrao tetrix* u. T. mlokosiewiczzi. Leipzig: A. Ziemsen Verlag
- Klaus S. & Graf K., 2000. Russian capercaillie *Tetrao urogallus* from the wild released into Thuringian forests. *Grouse News*, **19**, 4-7
- Kolb K.H., 2004. *Bestandsituation des Birkhuhns (Tetrao tetrix) und Massnahmen zur Erhaltung, Entwicklung und Erweiterung seiner Lebensräume im Biosphärenreservat Rhön*. Tagungsband Erzgebirge Avril 2000 und Schneverdingen 2003.
- Kremen C., Williams N.M., Aizen M.A., Gemmill-Herren B., LeBuhn G., Minckley R., Packer L., Potts S.G., Roulston T., Steffan-Dewenter I., Vázquez D.P., Winfree R., Adams L., Crone E.E., Greenleaf S.S., Keitt T.H., Klein A.M., Regetz J., Ricketts T.H., 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol. Lett.*, **10**(4), 299-314.
- Krujit J.P. & Hogan J.A., 1967. Social behavior on lek in black grouse *Lyrurus tetrix tetrix* (L). *Ardea*, **55**(3-4), 203-240.

- Lambinon J., Delvosalle L. & Duvigneaud J., 2008. *Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines*. Jardin botanique national de Belgique, Meise, 5e édition (2e tirage). 1167 p.
- Laver P.N. & Kelly M.J., 2008. A Critical Review of Home Range Studies. *J. Wildl. Manage.*, **72**(1), 290-298. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2193/2005-589>.
- Legendre P. & Legendre L., 1998. Numerical ecology. *Elsevier*, Amsterdam, The Netherlands
- Loneux M., 2000. Modélisation de l'influence du climat sur les populations de Tétrasyre en Europe. *Cahiers d'Ethologie*, **20** (2-3-4), 191–217.
- Loneux M., Lindsey J.K., Vandiepenbeeck M., Charlet O., Keulen C., Poncin P. & Ruwet J.-C. 2003. Climatic influence on Black grouse population dynamic in Belgian Hautes Fagnes nature reserve: an update. *Sylvia*, **49**, 53-57
- Loneux M. & Ruwet J.C. 1997. Evolution des populations du Tétrasyre en Europe, un essai de synthèse. *Cahier d'Ethologie*, **17** (2-3-4), 287-343.
- Loneux M., Vangeluwe D., Collard A., Beudels R., Devillers P., Lafontaine R.-M., Rimbaud G. & Poncin P., 2018a. *Aide au renforcement de la population de Tétrasyres en Belgique : Opération urgente de renforcement 2017 de la dernière population de Tétrasyres dans la Réserve Naturelle des Hautes-Fagnes*. Rapport final-mars2018.1-80.
- Loneux M., Vangeluwe D., Collard A., Beudels R., Devillers P., Lafontaine R.-M., Rimbaud G. & Poncin P., 2018b. *Appui au renforcement de la lyre en Belgique : Rapport de l'opération de translocation 2018 de 18 tétrasyres suédois dans la Réserve Naturelle des Hautes-Fagnes*. Rapport intermédiaire-juin2018. 1-27.
- Lord R., Bellrose F. & Cochran W., 1962. Radio telemetry of the respiration of a flying duck. *Science*, **137**, 39–40.
- Mech L.D. & Barber S.M., 2002. a Critique of Wildlife Radio-Tracking and Its Use in National Parks a Critique of Wildlife Radio-Tracking and Its Use in National Parks. *Wildl. Res.*, 80 p.
- Merta M., Kobielski J., Krzywiński A. & Rzońca Z., 2013. Preliminary results of the Capercaillie *Tetrao urogallus* recovery program in Bory Dolnośląskie Forest, SW Poland. *VOGELWELT* **134**, 65-74.
- Mitchell M.S., Zimmerman J.W. & Powell R.A., 2002. Test of a habitat suitability index for black bears in the southern Appalachians data. *Wildl. Soc. Bull.*, **30**(3), 794-808.
- Montadert M., 2013. *Tétrasyre et dérangement touristique : synthèse bibliographique*. 49 p.
- Montadert M., Cavailhes J., Gomez N. & Auliac P., 2018. *Programme d'étude comportementale du Tétrasyre-lyre en domaine skiable Premiers résultats du suivi de 5 oiseaux équipés de balises satellitaires.*, 1-27.
- Morandini V. & Ferrer M., 2017. How to plan reintroductions of long-lived birds. *PLoS One*, **12**(4), 1-13.
- Mormal P. & Tricot C., 2004. *Aperçu climatique des Hautes-Fagnes*. *Inst. R. météorologique Belgique. Bruxelles*. 27 p.
- Müller F. & Müller D., 2006. Wildbiologische Informationen für den Jäger. *Verlag Kessel*, 339 - 341.
- Murn C. & Hunt S., 2008. An assessment of two methods used to release red kites (*Milvus milvus*). *Avian Biol. Res.*, **1**(2), 53-57.

- Nathan R., Getz W.M., Revilla E., Holyoak M., Kadmon R., Saltz D. & Smouse P.E., 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **105**(49), 19052-19059. <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0800375105>.
- Niewold F.J.J., ten Den P.G. & Jansman H.A.H., 2005: Het korhoen blijft in de gevarenzone. Ecologische en genetische monitoring van de populatie van de Sallandse Heuvelrug in 2003-2004. Alterra-rapport 1177, *ISSN 1566-7197*. 58 p.
- Novoa C., Ressegier J., Ferré D.G., Martinez-Vidal R. & Sola de la Torre J., 2013. Les translocations d'oiseaux sauvages: une voie pour la restauration des populations de tétraonidés? *Faune Sauvage*, 52-57.
- Panek M., 1988. Study on introduction of aviary-reared partridges. In: Polish Hunting Association (ed.). Proc. Of Common Partridge (*Perdix perdix*) International Symposium, *Poland 1985*, 217-224.
- Paquet J.-Y., Jacob J.-P., Kinet T. & Vansteenwegen C., 2010a. Les tendances des populations d'oiseaux communs en Wallonie de 1990 à 2009. *Aves*, **47**(1), 1-19.
- Paquet J.-Y. & Jacob J.-P., 2010b. *Liste rouge 2010 des oiseaux nicheurs Principes de la procédure UICN*. <http://biodiversite.wallonie.be/servlet/Repository/2010-listerouge.pdf?ID=21119>, (15/2/2018).
- Parc naturel Hautes Fagnes - Eifel, 2014. Visualisation de l'avancement des travaux de restauration par site Natura 2000 - LIFE Tourbières Hautes-Fagnes 2007-2012. <http://biodiversite.wallonie.be/fr/bilan-par-site.html?IDC=3402>, (7/8/2018).
- Parish D.M.B. & Sotherton N.W., 2007. The fate of released captive-reared grey partridges *Perdix perdix*: implications for reintroduction programmes. *Wildlife Biol.*, **13**(2), 140-149.
- Park Naturel Hautes-Fagnes-Eifel,s.d., *Le patrimoine naturel et écologique du parc naturel Hautes Fagnes-Eifel*.
- Park N. & Veluwe D.H., 2016. *Evaluation black grouse project 2016*. 9 p.
- Pauli H.-R., 1974. Zur Winterökologie des Birkhuhns Tetrao tetrix in den Schweizer Alpen. Bern 71: *Orn. Beob.*
- Pearl M.C., 2000. Research Techniques in Animal Ecology Methods and Cases in Conservation Science. *J. Wildl. Manage.*, **65**(3), 599. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Research+Techniques+in+Animal+Ecology#0>.
- Pimm S.L., Russell G.J., Gittleman J.L. & Brooks T.M., 1995. The future of biodiversity. *Science*, **269**(5222), 347-350.
- Plunus J., Loute M., Mackels D., Arens D. & Dumoulin V., 2013. *Restauration des landes et tourbières du Plateau des Hautes Fagnes*, 121 p.
- Powell R.A., 2012. *Movements, home ranges, activity, and dispersal. Carnivore ecology and conservation: a handbook of techniques* (L. Boitani and R. A. Powell, eds.). Oxford University Press, London, United Kingdom.
- Powell R.A. & Mitchell M.S., 2012. What is a home range? *J. Mammal.*, **93**(4), 948-958. <https://academic.oup.com/jmammal/article-lookup/doi/10.1644/11-MAMM-S-177.1>.
- Powell R.A. & M.S.M., 1998. Topographical_Constraints.pdf. *Ecography* (Cop.), **21**, 337-341.

- Prüter J. & Wübbenhorst J., 2004. Zur Situation des Birkhuhns (*Tetrao tetrix*) im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. Jahrbuch des Naturwissenschaftlichen Vereins für das Fürstentum Lüneburg **43**, 9-34.
- Putala A. & Hissa R., 1995. Effects of hand-rearing on physiology and anatomy in the grey partridge. *Wildl. Biol.*, **1**, 27-31.
- Reese K. & Connolly J.W., 1997. Translocations of Sage Grouse *Centrocercus urophasianus* in North America. *Wildlife Biol.*, **6**(1), 235-241.
<http://www.wildlifebiology.com/Downloads/Article/139/en/oldpath.pdf>.
- Reynolds M.H. Weiser E., Jamieson I. & Hartfield J., 2013. Demographic variation, reintroduction, and persistence of an island duck (*Anas laysanensis*). *J. Wildl. Manage.*, **77**(6), 1094-1103.
- Robert F., 1963. Le problème des Hautes-Fagnes. Edition Art et Technique, Bruxelles. *Cahier d'Urbanisme*, **44-45**, 50 p.
- Robert A. Sarrazin F., Couvet D. & Legendre S., 2004. Releasing young versus adults in reintroductions: interactions between demography and genetics. *Conserv. Biol.*, **18**(4), 1078-1087.
- Ruwet J-C., Fontaine S. & Houbart S., 1997. Inventaire et évolution des arènes de parade, dénombrement des tétras lyres (*Tetrao tetrix*) et évolution de leurs effectifs sur le plateau des Hautes-Fagnes 1967-1996. *Cahiers d'Ethologie*, **17** (2-3-4), 137-286.
- Ruwet J-C. & Hanon L., 1980. Les arènes de parade du tétras lyre (*Tetrao tetrix* L.). Film sonore 16mm couleurs, et version VHS 28 minutes. *Prod. Service d'Ethologie et de Psychologie animale, Université de Liege*.
- Ryan S.J., Knechtel U.C. & Getz W., 2006. Range and habitat selection of African buffalo in South Africa. *J. Wildl. Manage.*, **70**(3), 746-776.
- Schroth K.-E., 1991. Survival, Movements, and Habitat Selection of Released Capercaillie in the North-East Black Forest in 1984-1989. *Ornis Scand.*, **22**(3), 20-24.
- Schumacker R. & De Zuttere P., 1980. Aperçu de la végétation de la tourbière du Misten (Eupen, province de Liège, Belgique). Réflexions sur les associations des Oxycocco-Sphagnetum en Belgique. *Colloques Phytosociologiques*, **7**, 437-459.
- Seaman D.E. & Powell R. a, 1996. An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Ecology*, **77**(7), 2075-2085.
- Seiler C., Angelstam P. & Bergmann H.H., 2000. Conservation releases of captive-reared grouse in Europe: What do we know and what do we need? *Cahiers d'Ethologie*, **20** (2-3-4), 235-252.
- Siano R., Bairlein F., Exo K.M., Herzog S.A., 2006. Überlebensdauer, Todesursachen und Raumnutzung gezüchteter Auerhühner (*Tetrao urogallus* L.), ausgewildert im Nationalpark Harz. *Vogelwarte*, **44**(3), 145-158.
- Siano R. & Klaus S., 2013. Auerhuhn *Tetrao urogallus* –Wiederansiedlungs- und Bestandsstützungsprojekte in Deutschland nach 1950 .eine Übersicht. *Vogelwelt*, **134**, 3-18.
- Slater G.L. & Altman B., 2011. Avian Restoration in the Prairie-Oak Ecosystem: A Reintroduction Case Study of Western Bluebirds to San Juan Island, Washington. *Northwest Sci.*, **85**(2), 223-232.
<http://www.bioone.org/doi/abs/10.3955/046.085.0211>.
- Society for Ecological Restoration International S.& P.W.G., 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org Tucson Soc. *Ecol. Restor. Int.*, **2**(2), 206-207.

- SPW/DGO3, 2014. La biodiversité en Wallonie - Carte d'identité du projet.
<http://biodiversite.wallonie.be/fr/life-tourbieres-hautes-fagnes-2007-2012.html?IDC=3391>,
 (21/2/2018).
- SPW/DGO3, La biodiversité en Wallonie - La biodiversité. <http://biodiversite.wallonie.be/fr/la-biodiversite.html?IDC=3290>, (8/2/2018b).
- Starling-Westerberg A., 2001. The habitat use and diet of black grouse *tetrao tetrix* in the pennine hills of northern england. *Bird Study*, **48**(1), 76-89.
- Strzała T., Kowalczyk A. & Łukaszewicz E., 2015. Reintroduction of the European Capercaillie from the Capercaillie Breeding Centre in Wisła Forest District: Genetic Assessments of Captive and Reintroduced Populations. *PLoS One*, **10**(12), 1-13.
- Storch I., 2007. Grouse: Status Survey and Conservation Action Plan 2006 –2010. Gland, Switzerland: IUCN and Fordingbridge, UK: *World Pheasant Association*. 114p.
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2007-034.pdf>, (9/2/2018).
- Taylor S.S., Jamieson I.G. & Armstrong D.P., 2005. Successful island reintroductions of New Zealand robins and saddlebacks with small numbers of founders. *Anim. Conserv.*, **8**(4), 415-420.
- Ten Den P. & Niewold F. 2001. The Black Grouse in the Netherlands: Monitoring the last (?) surviving Population. Actes du Colloque Tétrás Lyre, Liège 26-29 Septembre 2000. *Cahiers d'Ethologie*, **20** (2-3-4), 299-310.
- Tombal P. & Schumacker R., 1983. Pour une politique de protection des tourbières. 2. Essai d'approche scientifique des tourbières. In: Institut européen d'Ecologie (Ed.) Inventaire des tourbières de France. Région lorraine. Metz, 1-14.
- Turchin P., 1996. Fractal Analyses of Animal Movement : A Critique Author (s): Peter Turchin
 Published by : *Ecological Society of America Stable URL* : <http://www.jstor.org/stable/2265702>.,
77(7), 2086-2090.
- Urbano F., Cagnacci F., Calenge C., Dettki H., Cameron A. & Neteler M., 2010. Wildlife tracking data management: a new vision *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, **365**(1550), 2177-2185.
- Warren P., Baines D. & Richardson M., 2012. Black Grouse *Tetrao tetrix* nest-site habitats and fidelity to breeding areas in northern England. *Bird Study*, **59**(2), 139-143.
- Wastiaux C. & Schumacker R., 2003. Topographie de surface et de subsurface des zones tourbeuses des réserves naturelles domaniales des Hautes-Fagnes, **52**.
- White P.J.C., Warren P. & Baines D., 2015. Habitat use by Black Grouse *Tetrao tetrix* in a mixed moorland-forest landscape in Scotland and implications for a national afforestation strategy. *Bird Study*, **62**(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1080/00063657.2014.1000261>.
- Worton B., 1989. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies
 Author (s): B . J . Worton Published by : Wiley on behalf of the Ecological Society of America
 Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1938423> REFERENCES Linked references. *Ecology*,
70(1), 164-168.
- WPA/IUCN, 2009. *Guidelines for the Re-introduction of Galliformes for Conservation Purposes*.
 Prepared by the World Pheasant Association and IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. 79 p.
- WWF, 2016. *Rapport Planète Vivante 2016 Synthèse*. <https://wwf.be/assets/Uploads/PDF/Living-planet-report/LPR-2016-summary-FR-DEF.pdf>, (8/2/2018). 35 p.

Annexes

Annexe I : Description des habitats selon les codes Ecotope et WaEUNIS

Tableau 28. Description des habitats selon les codes Ecotope et WaEUNIS (Partie 1).

| Code habitat | Nom habitat | Carte d'origine |
|--|---|-----------------|
| 10 | Périodiquement herbacé | ECOTOPE |
| 100 | Mélange de plantes herbacées et d'arbres (avec une majorité d'arbres) | ECOTOPE |
| 110 | Mélange de plantes herbacées et d'arbres (avec une majorité de plante herbacées) | ECOTOPE |
| 120 | Coupe à blanc récente avec de la régénération, incluant les clairières et les plantations de sapin de Noël | ECOTOPE |
| 130 | prairie productive permanente monospécifique | ECOTOPE |
| 135 | Zone à herbacées diversifiées et formations arbustives | ECOTOPE |
| 150 | Mélange de végétation et de sol nu | ECOTOPE |
| 180 | Végétation arbustive et herbacée innondée | ECOTOPE |
| 190 | Zone densément industrielle (>50% de surface industrielle) | ECOTOPE |
| 195 | Zone faiblement industrielle (>25% de surface industrielle) | ECOTOPE |
| 200 | Sol nu | ECOTOPE |
| 210 | Eau | ECOTOPE |
| 30 | Zone de culture (avec une minorité de culture) | ECOTOPE |
| 40 | Zone de culture (avec une majorité de culture) | ECOTOPE |
| 60 | Forêt feuillue décidue | ECOTOPE |
| 70 | Forêt résineuse sempervirente | ECOTOPE |
| 80 | Forêt résineuse décidue | ECOTOPE |
| 90 | Forêt mixte | ECOTOPE |
| Ancien trou de bombe | / | DEMNA |
| Boisement d'Ilex aquifolium sur sol hydromorphe non tourbeux | / | DEMNA |
| C1 | Eaux stagnantes | DEMNA |
| C1.1 | Eaux stagnantes oligotrophes | DEMNA |
| C1.2 | Eaux stagnantes mésotrophes | DEMNA |
| C1.4 | Eaux stagnantes dystrophes | DEMNA |
| C2.1 | Sources et ruisseaux de source | DEMNA |
| C2.2 | Cours d'eau rapides (zone salmonicole) | DEMNA |
| C3.1 | Végétations d'hélophytes du bord des eaux courantes | DEMNA |
| C3.2 | Peuplements littoraux de grands hélophytes | DEMNA |
| Coupe-feu | / | DEMNA |
| D1.1 | Tourbières hautes | DEMNA |
| D1.11 | Tourbières hautes actives | DEMNA |
| D1.11 - D2.38 | Tourbières hautes actives et radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] | DEMNA |
| D1.11 + D1.121 | Tourbières hautes actives et dégradées | DEMNA |
| D1.11 + D1.121 + D2.38 | Tourbières hautes actives, dégradées et radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] | DEMNA |
| D1.11 + D2.38 + F9.2 | Tourbières hautes actives, radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] et saussaies marécageuses | DEMNA |
| D1.12 | Tourbières hautes dégradées | DEMNA |
| D1.121 | Tourbières hautes dégradées dominées par [Molinia caerulea] | DEMNA |
| D1.121 + D2.38 | Tourbières hautes dégradées dominées par [Molinia caerulea] et radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] | DEMNA |
| D1.121 + F9.2 | Tourbières hautes dégradées dominées par [Molinia caerulea] et radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] et saussaies marécageuses | DEMNA |
| D2.2 | Bas-marais acides | DEMNA |
| D2.22 | Bas-marais à [Carex nigra], [Carex canescens] et [Carex echinata] | DEMNA |
| D2.22 + D2.38 + D2.39 | Bas-marais à [Carex nigra], [Carex canescens] et [Carex echinata] et radeaux de [Sphagnum], d'[Eriophorum], de [Menyanthes] et de [Comarum] | DEMNA |
| D2.25 | Bas-marais à [Narthecium ossifragum] et [Trichophorum cespitosum] | DEMNA |
| D2.26 | Bas-marais à [Eriophorum angustifolium] | DEMNA |
| D2.3 | Tourbières de transition et tremblantes | DEMNA |
| D2.31 | Cariçaies à [Carex lasiocarpa] | DEMNA |
| D2.33 | Cariçaies à [Carex rostrata] | DEMNA |
| D2.38 | Radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] | DEMNA |
| D5.2 | Magnocariçaies et cladiaies | DEMNA |
| D5.3 | Jonchaies | DEMNA |
| Décapé en 2014 | / | DEMNA |
| Décapé en 2015 | / | DEMNA |
| E1.7 | Nardaies | DEMNA |
| E1.71a | Nardaies oligotrophes à [Polygala serpyllifolia] | DEMNA |

Tableau 29. Description des habitats selon les codes Ecotope et WaEUNIS (Partie 2).

| Code habitat | Nom habitat | Carte d'origine |
|---------------------------------|---|-----------------|
| E1.71b | Nardaies acidoclines à [Lathyrus linifolius] | DEMNA |
| E2.1 | Pâtures permanentes et prairies mixtes | DEMNA |
| E2.2 | Prairies de fauche de basse altitude | DEMNA |
| E2.3 | Prairies de fauche de haute altitude | DEMNA |
| E3.4 | Prairies humides mésotrophes et eutrophes | DEMNA |
| E3.41 | Prairies de fauche humides | DEMNA |
| E3.5 | Prairies humides oligotrophes | DEMNA |
| E5.2 | Ourllets forestiers | DEMNA |
| E5.3 | Ptéradaies | DEMNA |
| E5.3/F4.21 | Ptéradaies et landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |
| E5.4 | Mégaphorbiaies et ourlets nitrophiles | DEMNA |
| E5.6 | Végétations rudérales | DEMNA |
| F3.1 | Fourrés (hors buxaias et genévrières) | DEMNA |
| F4.1 | Landes humides à paratourbeuses | DEMNA |
| F4.11 | Landes humides à [Erica tetralix] | DEMNA |
| F4.11b | Landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| F4.11b - D2.22 | Landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] et bas-marais à [Carex nigra], [Carex canescens] et [Carex echinata] | DEMNA |
| F4.11b + D2.38 + F9.2 | Landes humides à [Erica tetralix], radeaux de [Sphagnum] et d'[Eriophorum] et saussaies marécageuses | DEMNA |
| F4.11b + F9.2 + G1.911a | Landes humides à [Erica tetralix], saussaies marécageuses et faciès à bouleau des chênaies pédonculées à bouleau | DEMNA |
| F4.11b + G1.911a | Landes humides à [Erica tetralix] et faciès à bouleau des chênaies pédonculées à bouleau | DEMNA |
| F4.13 | Landes dégradées à [Molinia caerulea] | DEMNA |
| F4.2 | Landes sèches | DEMNA |
| F4.21 | Landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |
| F4.21 + E5.3 | Landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] et ptéradaies | DEMNA |
| F9.2 | Saussaies marécageuses | DEMNA |
| F9.2 - G1.93 + F4.21 | Saussaies marécageuses, sorbaies à sorbier des oiseleurs et landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |
| F9.2 + F4.1 | Saussaies marécageuses et landes humides à paratourbeuses | DEMNA |
| F9.2 + F4.11b | Saussaies marécageuses et landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| F9.2 + F4.11b + F4.13 | Saussaies marécageuses, landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] et landes dégradées à [Molinia caerulea] | DEMNA |
| F9.2 + F4.13 | Saussaies marécageuses et landes dégradées à [Molinia caerulea] | DEMNA |
| F9.2 + F4.21 | Saussaies marécageuses et landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |
| Fraisage avec andains Life 2009 | / | DEMNA |
| G1.2 | Aulnaies-frênaies alluviales et forêts mélangées à chêne-orme-frêne | DEMNA |
| G1.5 | Forêts marécageuses feuillues sur tourbe acide | DEMNA |
| G1.51 | Boulaies tourbeuses à sphaignes | DEMNA |
| G1.51 + F4.11b | Boulaies tourbeuses à sphaignes et landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G1.51 + F9.2 | Boulaies tourbeuses à sphaignes et saussaies marécageuses | DEMNA |
| G1.51 + G1.9a + F4.11b | Boulaies tourbeuses à sphaignes, forêts mélangées à bouleau, tremble, sorbier des oiseleurs et/ou saule marsault et landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G1.51 + G5.8c | Boulaies tourbeuses à sphaignes et mises à blanc, clairières, trouées récentes en milieu marécageux | DEMNA |
| G1.51/D5.3 | Boulaies tourbeuses à sphaignes et jonchaies | DEMNA |
| G1.52 | Aulnaies marécageuses acidophiles | DEMNA |
| G1.6 | Hêtraies | DEMNA |
| G1.61 | Hêtraies acidophiles médio-européennes | DEMNA |
| G1.61 + E5.3 | Hêtraies acidophiles médio-européennes et ptéradaies | DEMNA |
| G1.8 | Chênaies acidophiles | DEMNA |
| G1.81 | Chênaies pédonculées à bouleau | DEMNA |
| G1.81 - G1.51 | Chênaies pédonculées à bouleau et boulaies tourbeuses à sphaignes | DEMNA |
| G1.81 # G1.911a | Faciès à bouleau de la chênaie pédonculée à bouleau | DEMNA |
| G1.87a | Chênaies acidophiles médio-européennes non thermophiles | DEMNA |
| G1.9 | Forêts avec bouleau, tremble, sorbier des oiseleurs, coudrier ou saule | DEMNA |
| G1.911a | Faciès à bouleau des chênaies pédonculées à bouleau | DEMNA |
| G1.911a/F4.11b | Faciès à bouleau des chênaies pédonculées à bouleau et landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G1.911b [G1.61] | Faciès à bouleau des chênaies pédonculées à bouleau et hêtraies acidophiles médio-européennes | DEMNA |
| G1.922 | Tremblaies planitiaies de la zone némorale | DEMNA |
| G1.922/F4.21 | Tremblaies planitiaies de la zone némorale et landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |

Tableau 30. Description des habitats selon les codes Ecotope et WaLEUNIS (Partie 3).

| Code habitat | Nom habitat | Carte d'origine |
|---------------------------------------|--|-----------------|
| G1.93 (G1.61) | Sorbaies à sorbier des oiseleurs et hêtraies acidophiles médio-européennes | DEMNA |
| G1.93 (G1.81) | Sorbaies à sorbier des oiseleurs et chênaies pédonculées à bouleau | DEMNA |
| G1.93 [G1.61]/F4.21 | Sorbaies à sorbier des oiseleurs, hêtraies acidophiles médio-européennes et landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |
| G1.93 [G1.81]/F4.11b | Sorbaies à sorbier des oiseleurs, chênaies pédonculées à bouleau et landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G1.93/F4.21 | Sorbaies à sorbier des oiseleurs et landes sèches submontagnardes à [Vaccinium] et [Calluna] | DEMNA |
| G1.9a | Forêts mélangées à bouleau, tremble, sorbier des oiseleurs et/ou saule marsault | DEMNA |
| G1.9a [G1.81] | Forêts mélangées à bouleau, tremble, sorbier des oiseleurs et/ou saule marsault et chênaies pédonculées à bouleau | DEMNA |
| G1.A | Forêts méso- et eutrophes à [Quercus], [Carpinus], [Fraxinus], [Acer], [Tilia], [Ulmus] et forêts apparentés | DEMNA |
| G1.A41b1 | Erablaies-ormaies ardennaises | DEMNA |
| G1.C | Plantations forestières feuillues | DEMNA |
| G3.F | Plantations de conifères | DEMNA |
| G3.Fbb(a) | Plantations de conifères sur tourbe | DEMNA |
| G3.Fbb(a) + F4.11b + D1.121 | Plantations de conifères sur tourbe, landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] et tourbières hautes dégradées | DEMNA |
| G3.Fbb(a)/F4.11b | Plantations de conifères sur tourbe et Landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G3.Fcc(a) | Plantations de conifères sur tourbe et Landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G3.Fcc(c) | Plantations de conifères sur tourbe et Landes tourbeuses à [Vaccinium] et [Erica tetralix] | DEMNA |
| G4.F | Plantations mixtes feuillus-conifères | DEMNA |
| G4.Fc(a) | Plantations mixtes à mélange intime de feuillus et de résineux | DEMNA |
| G4.Fc(a) # G1.61 | Mélange pied par pied de grands hêtres et de grands épicéas | DEMNA |
| G5.1 | Forêts marécageuses feuillues sur tourbe acide | DEMNA |
| G5.1b(a) | Alignements d'arbres en milieu ouvert hormis le long des cours d'eau | DEMNA |
| G5.1c(a) | Alignements d'arbres artificiels et intra-forestiers | DEMNA |
| G5.6ab | Régénération naturelle mixte en milieu forestier | DEMNA |
| G5.6bb | Colonisation forestière mixte spontanée de milieux ouverts non forestiers | DEMNA |
| G5.6bc | Colonisation forestière résineuse spontanée de milieux ouverts non forestiers | DEMNA |
| G5.6bc(a) | Colonisation forestière résineuse spontanée de milieux ouverts non forestiers | DEMNA |
| G5.6bc(c) | Colonisation forestière résineuse spontanée de milieux ouverts non forestiers | DEMNA |
| G5.8 | Mises à blanc et clairières | DEMNA |
| G5.8ba | Mises à blanc, clairières, trouées récentes en milieu oligotrophe, non marécageux | DEMNA |
| G5.8c | Mises à blanc, clairières, trouées récentes en milieu marécageux | DEMNA |
| G5.8c + D1.121 | Mises à blanc, clairières, trouées récentes en milieu marécageux et tourbières hautes dégradées | DEMNA |
| I | Habitats récemment ou régulièrement cultivés | DEMNA |
| I1.1 | Grandes cultures | DEMNA |
| I2 | Jardins et des parcs | DEMNA |
| I2.2 | Petits jardins privés et squares | DEMNA |
| J | Habitats construits | DEMNA |
| J1.2 | Immeubles résidentiels des villages ou des périphéries urbaines | DEMNA |
| J2 | Constructions à faible densité | DEMNA |
| J2.1 | Habitats résidentiels dispersés | DEMNA |
| J2.3 | Sites industriels ou commerciaux en activité en zones rurales | DEMNA |
| J3.3 | Carrières et sablières abandonnées | DEMNA |
| J4 | Réseaux de transport | DEMNA |
| J4.1 | Friches herbeuses associées aux réseaux de transport | DEMNA |
| J4.2 | Réseau routier | DEMNA |
| J4.3 | Réseau ferroviaire | DEMNA |
| J5.4 | Eaux courantes non salines fortement artificielles | DEMNA |
| Jardin | / | DEMNA |
| Plan d'eau derrière barrage Life | / | DEMNA |
| Plan d'eau dystrophe | / | DEMNA |
| Prairie à Agrostis capillaris | / | DEMNA |
| Tourbière flottante à Menyanthes | / | DEMNA |
| Tourbière flottante à Sphag et Er ang | / | DEMNA |
| Trou d'eau | / | DEMNA |
| Xa | Décapé en 2015 | DEMNA |

Annexe II : Proportion des habitats (couche Ecotope 2015) dans les domaines vitaux Kernel 50% et Kernel 95%

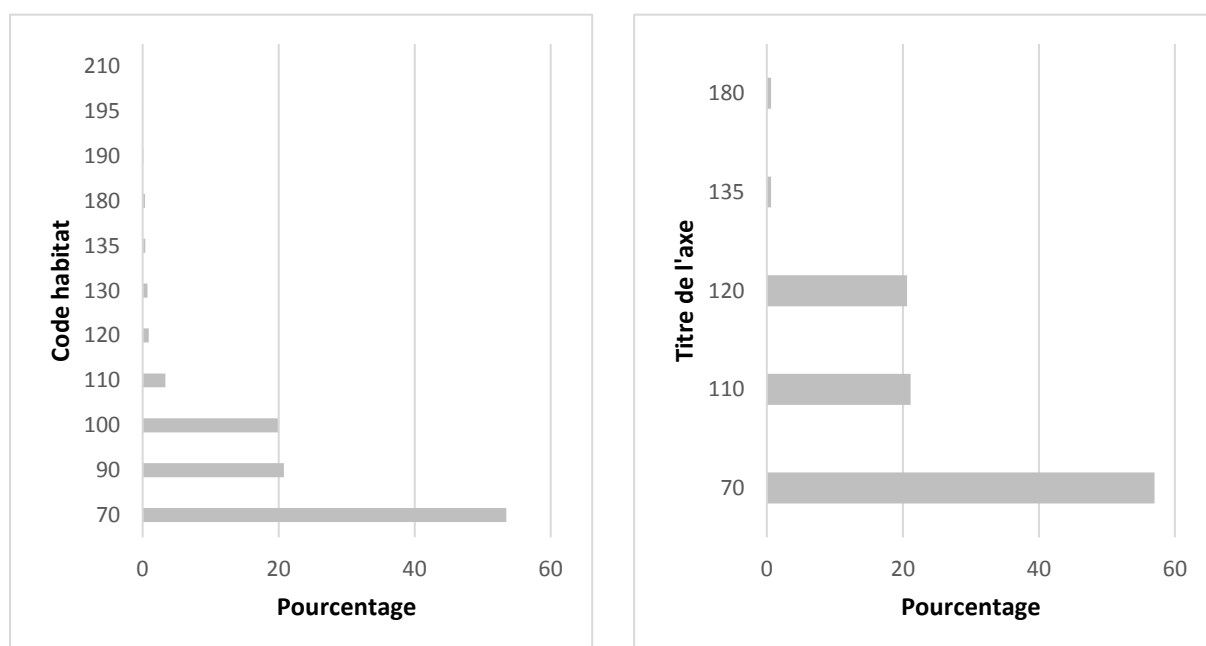


Figure 35. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu HAR03 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

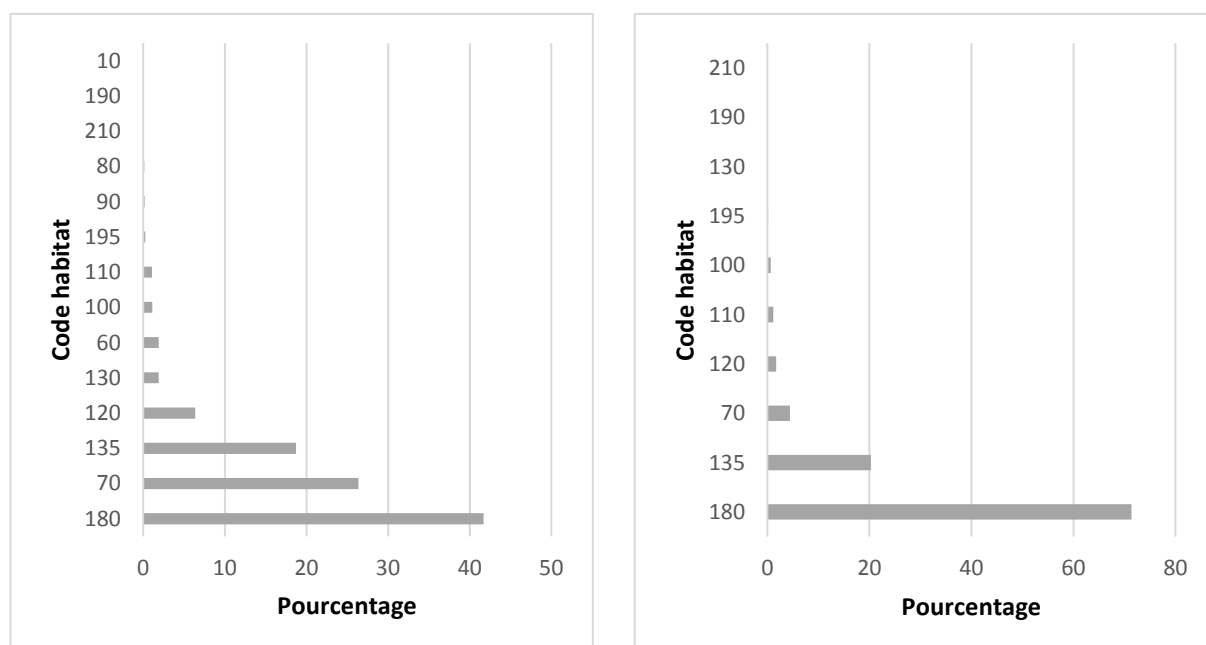


Figure 36. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu HAR05 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

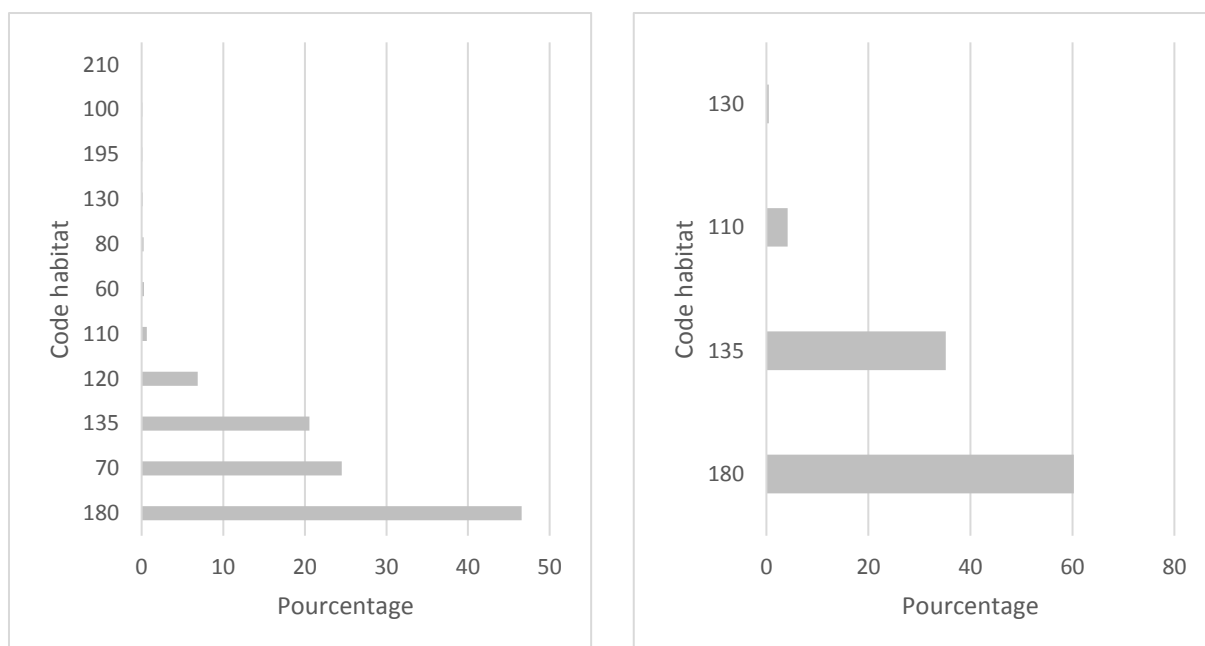


Figure 37. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu KRX06 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

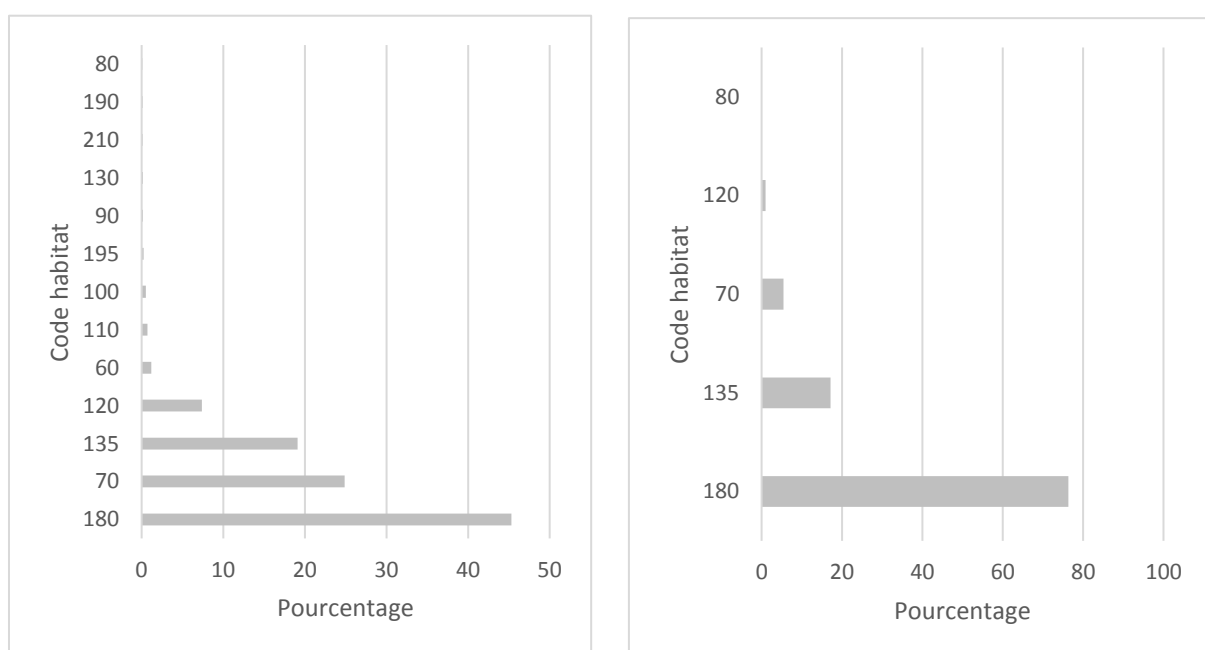


Figure 38. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu KRX08 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

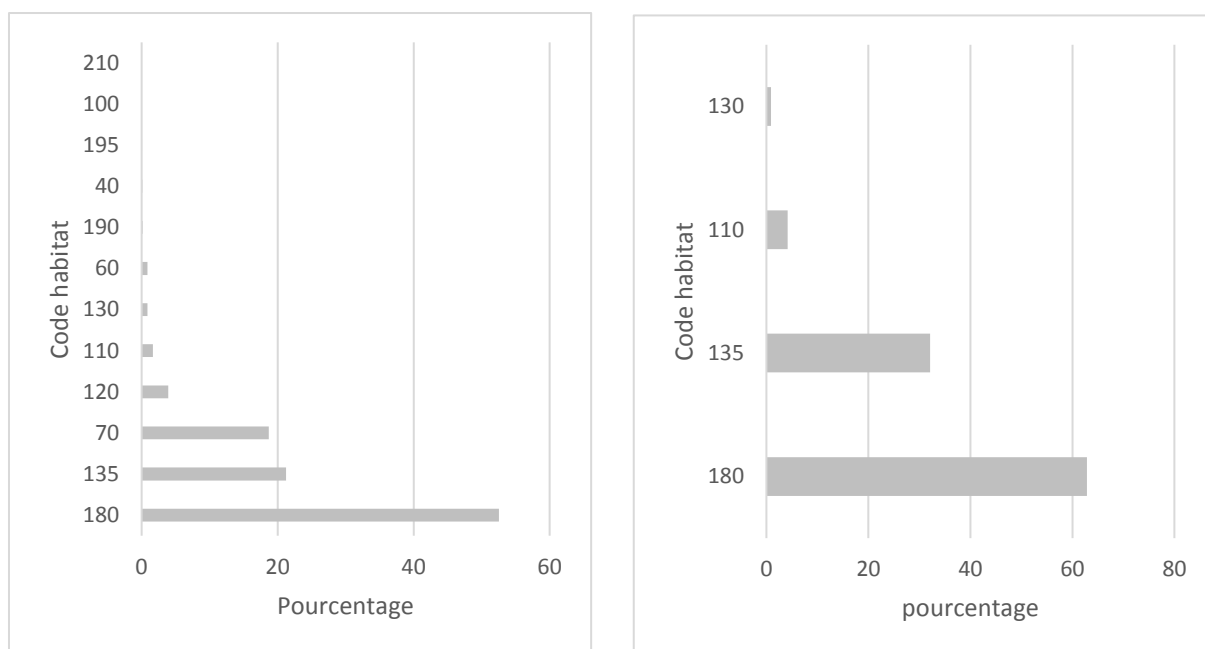


Figure 39. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu KRX09 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

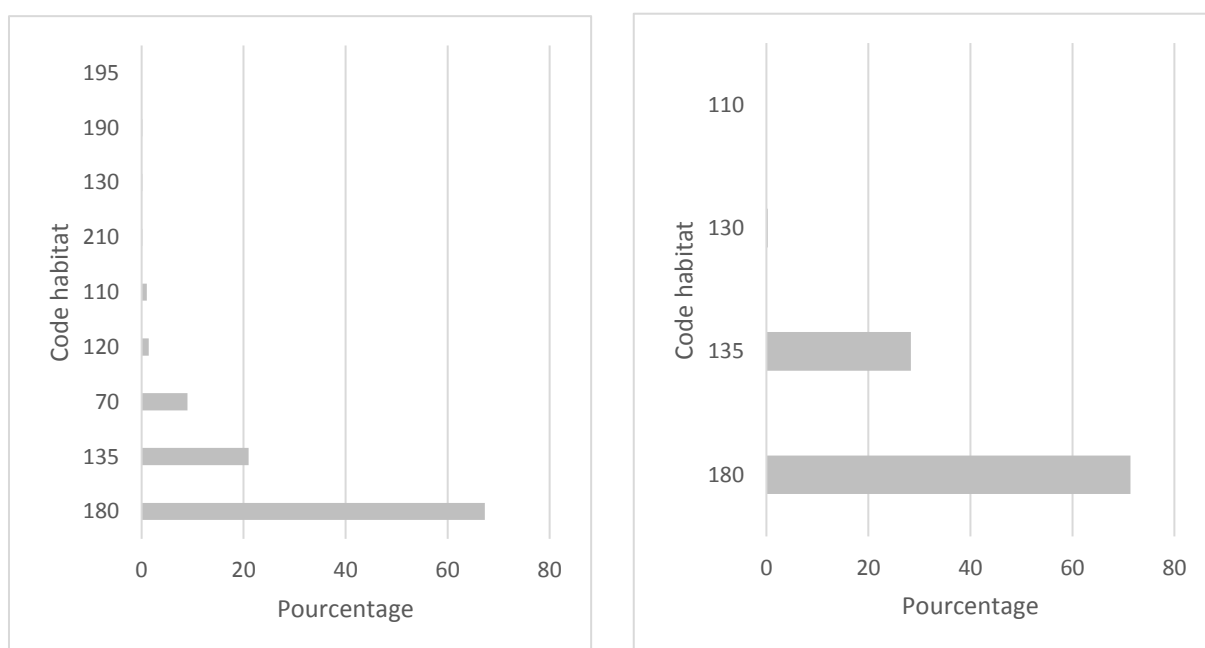


Figure 40. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu KRX10 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

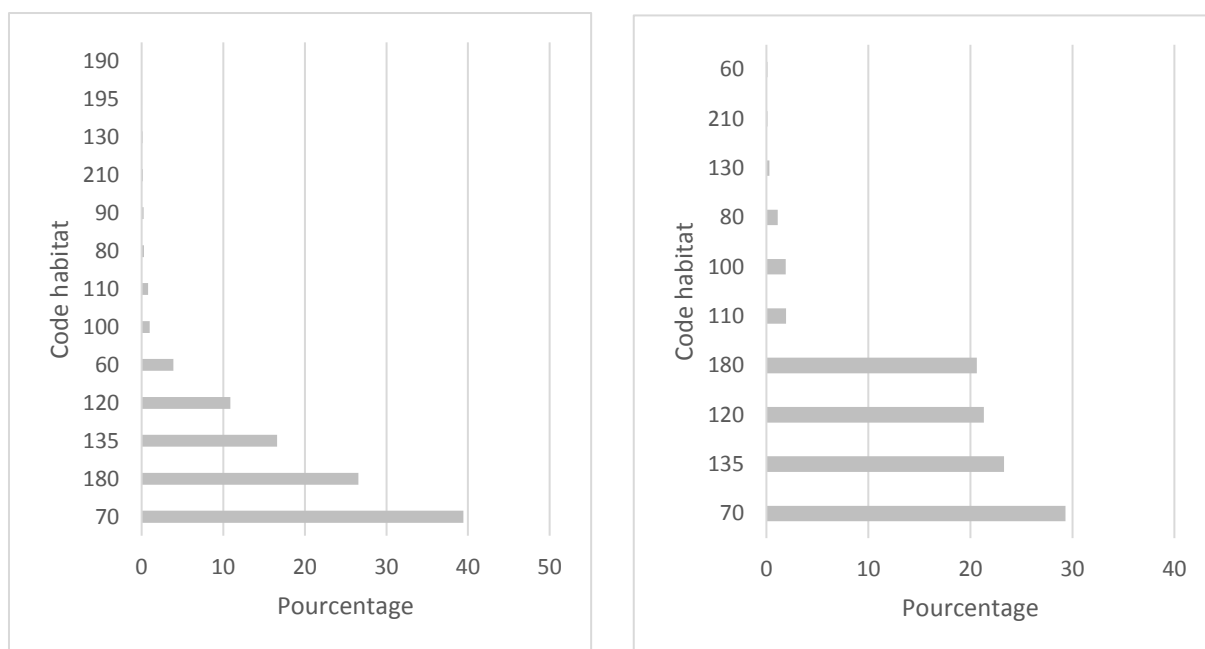


Figure 41. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu orn76 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

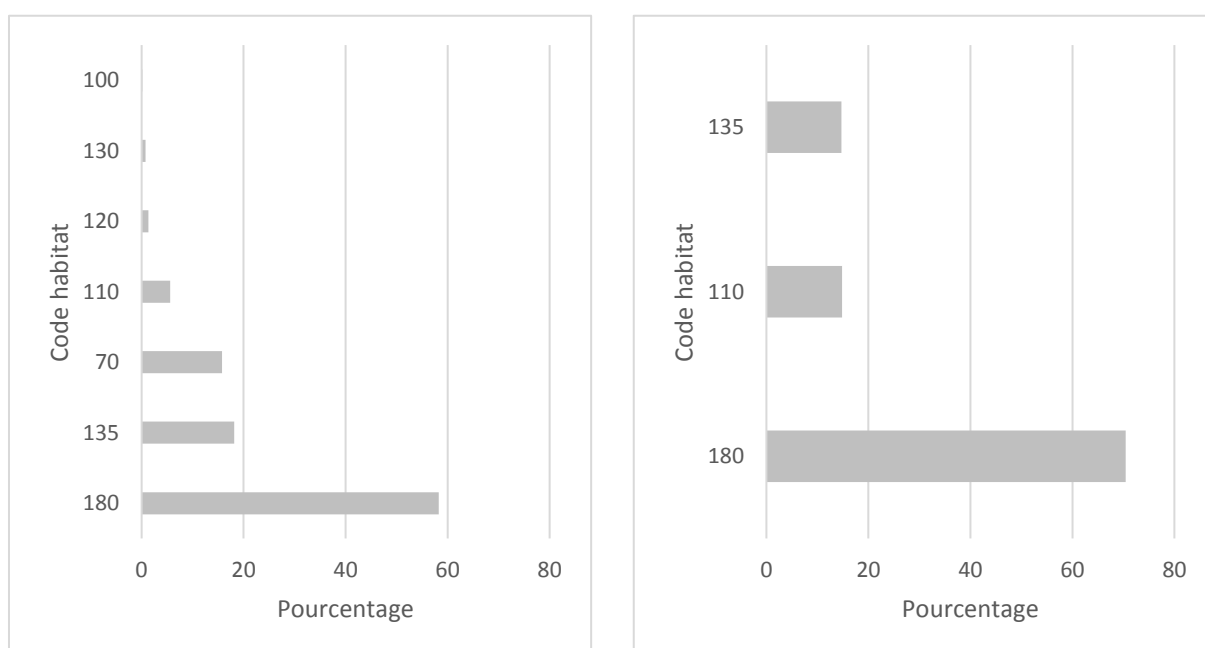


Figure 42. Proportion des habitats dans le domaine vital de l'individu orn78 selon les méthodes Kernel 95% (à gauche) et Kernel 50% (à droite) (habitats selon la couche Ecotope 2015). Code habitat en annexe I.

Annexe III : Carte de la couverture réseau GSM 4G en Belgique

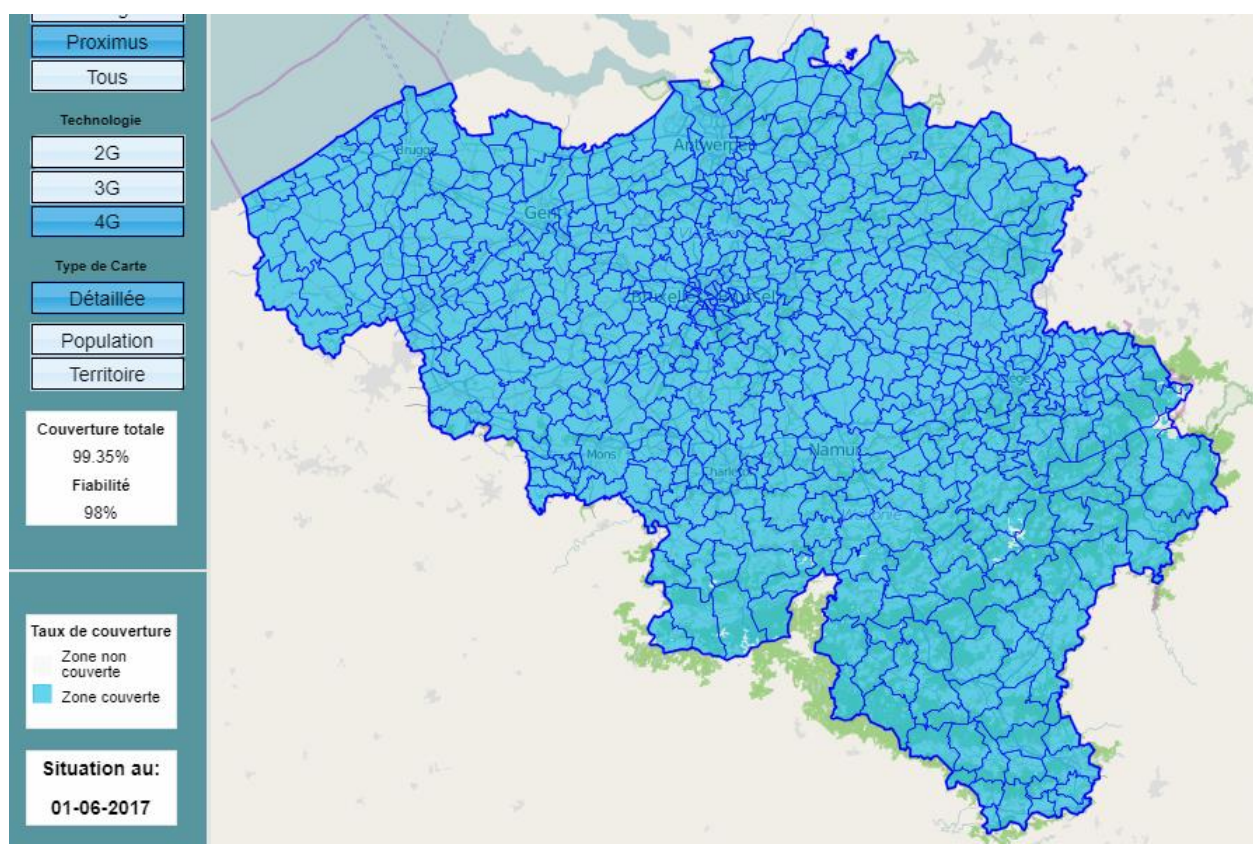


Figure 43. Carte de la situation de la couverture réseau GSM 4G en Belgique (source : IBPT).

Annexe IV : Histogramme de la proportion des habitats compris dans le maillage établi sur la zone d'étude

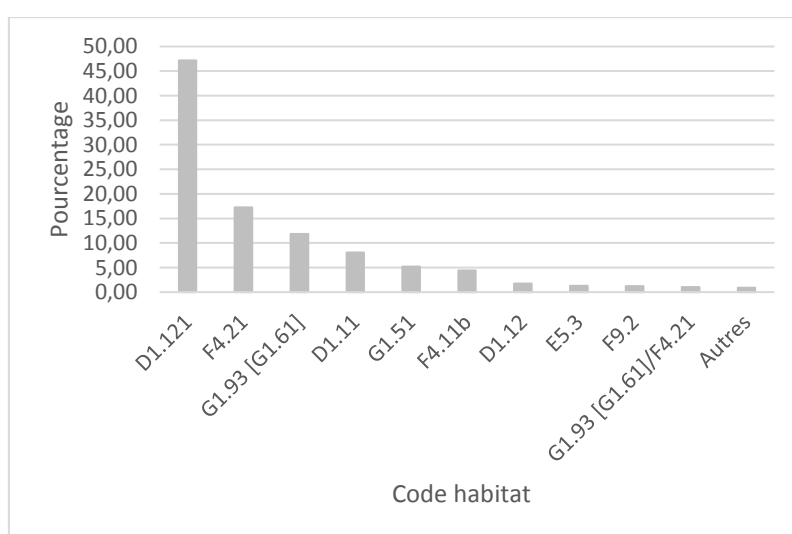


Figure 44. Proportion des habitats compris des mailles où trois tétras lyres ou plus ont été comptabilisés.
Code habitat en annexe I.

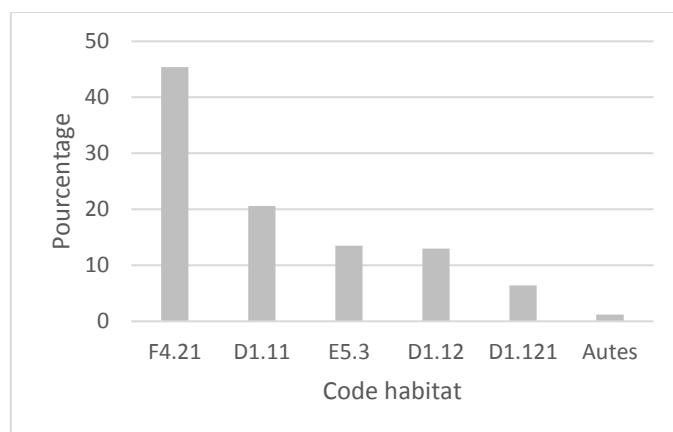


Figure 45. Proportion des habitats compris des mailles où 200 relocalisations de tétras lyres ou plus ont été comptabilisées. Code habitat en annexe I.

Annexe V : Cartographie des zones de nidification

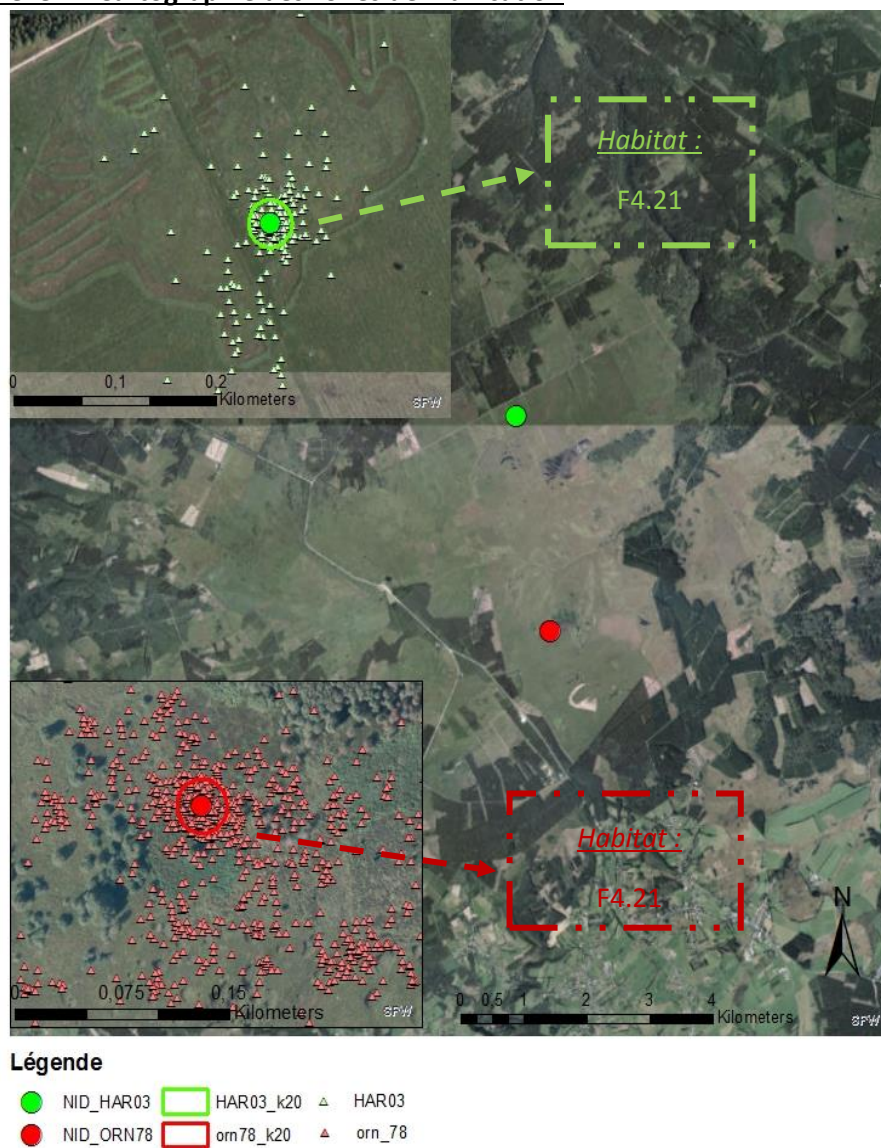


Figure 46. Cartographie des deux zones de nidification découvertes. Code habitat en annexe I.

Annexe VI : Mailles dans lesquelles plusieurs tétras lyres ont été comptabilisés le même jour

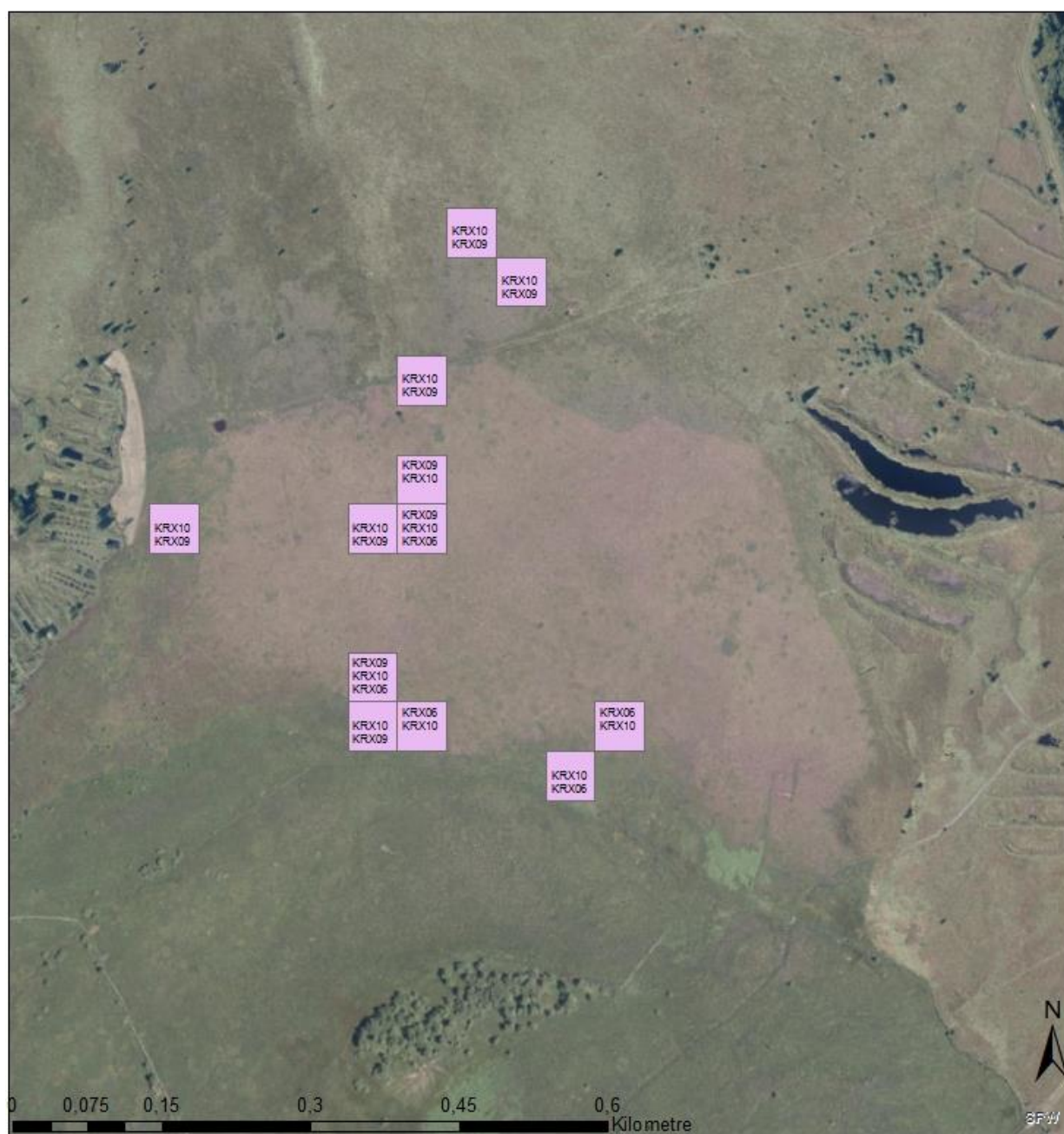


Figure 47. Mailles dans lesquelles plusieurs tétras lyres ont été comptabilisés le même jour dans la zone de la tourbière haute active de la Fagne Wallonne. Les codes des émetteurs sont indiqués dans chacune des mailles.

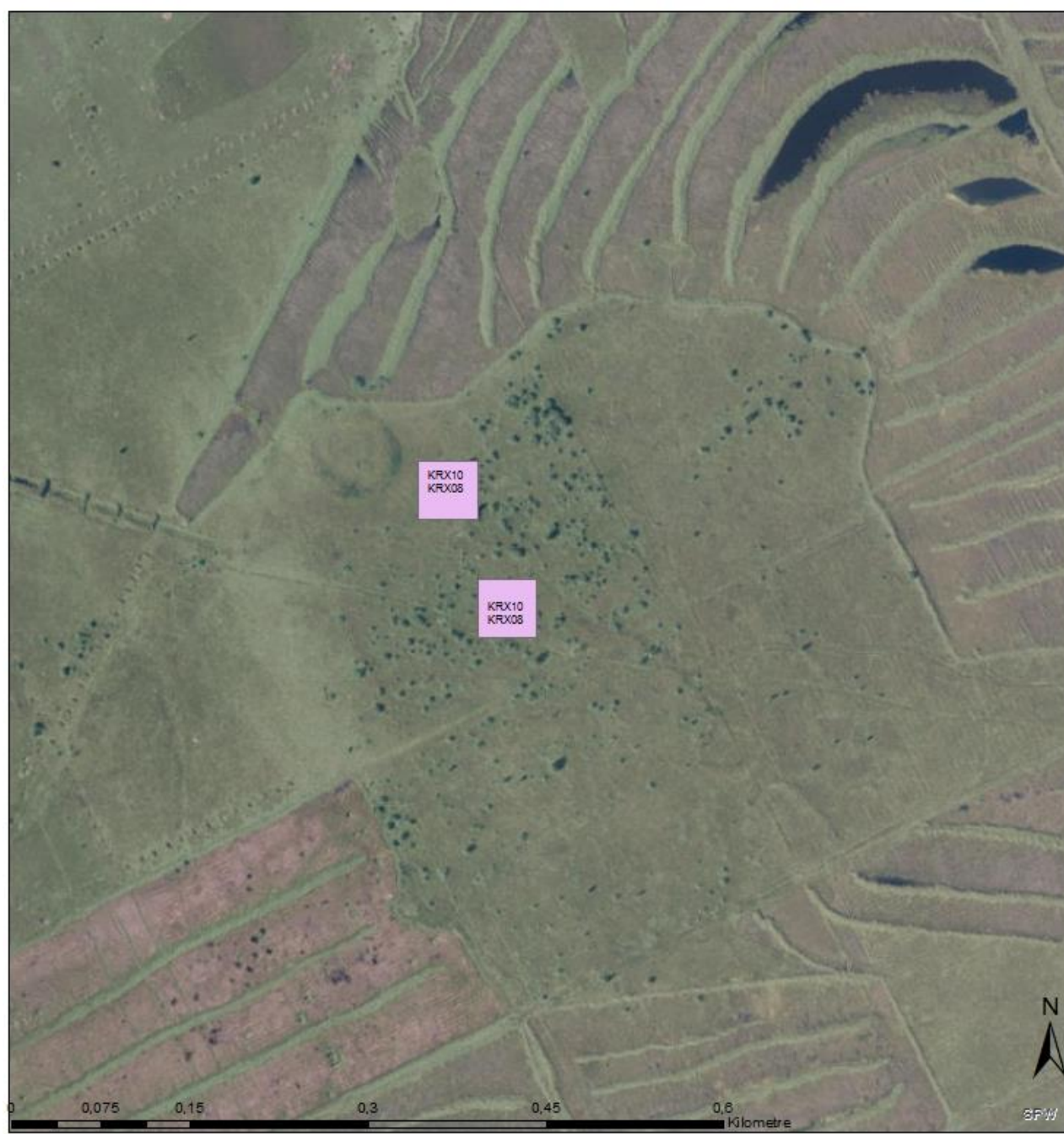


Figure 48. Mailles dans lesquelles plusieurs tétras lyres ont été comptabilisés le même jour dans la zone Brochepierre.
Les codes des émetteurs sont indiqués dans chacune des mailles.



Figure 49. Mailles dans lesquelles plusieurs tétras lyres ont été comptabilisés le même jour dans la bande boisée entre la Fagne Wallone et Cléfaye. Les codes des émetteurs sont indiqués dans chacune des mailles.

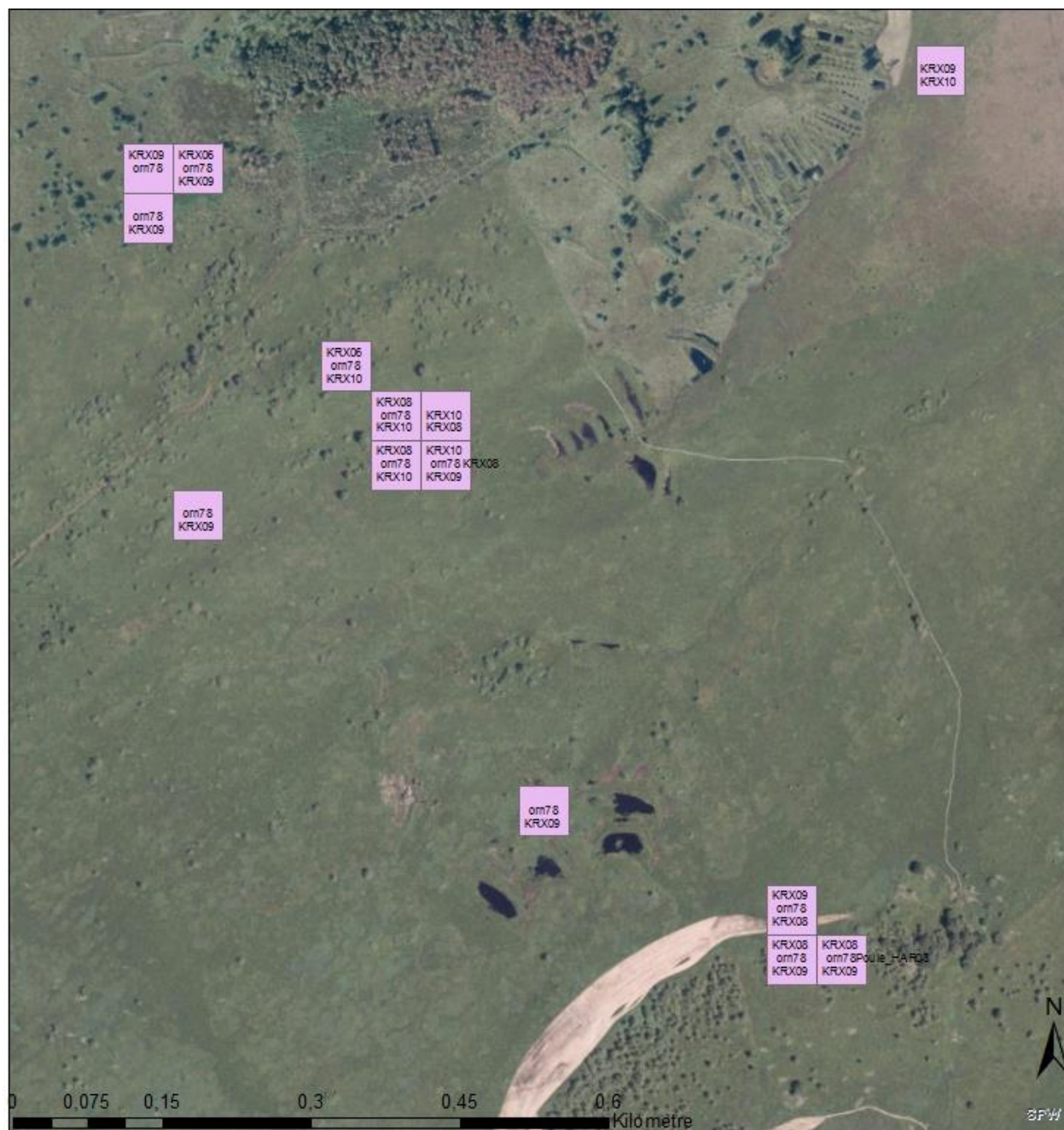


Figure 50. Mailles dans lesquelles plusieurs tétras lyres ont été comptabilisés le même jour dans la zone du Dèlo et de l'arène de l'Oneux. Les codes des émetteurs sont indiqués dans chacune des mailles.

Annexe VII : Distance parcourue par rapport aux nids

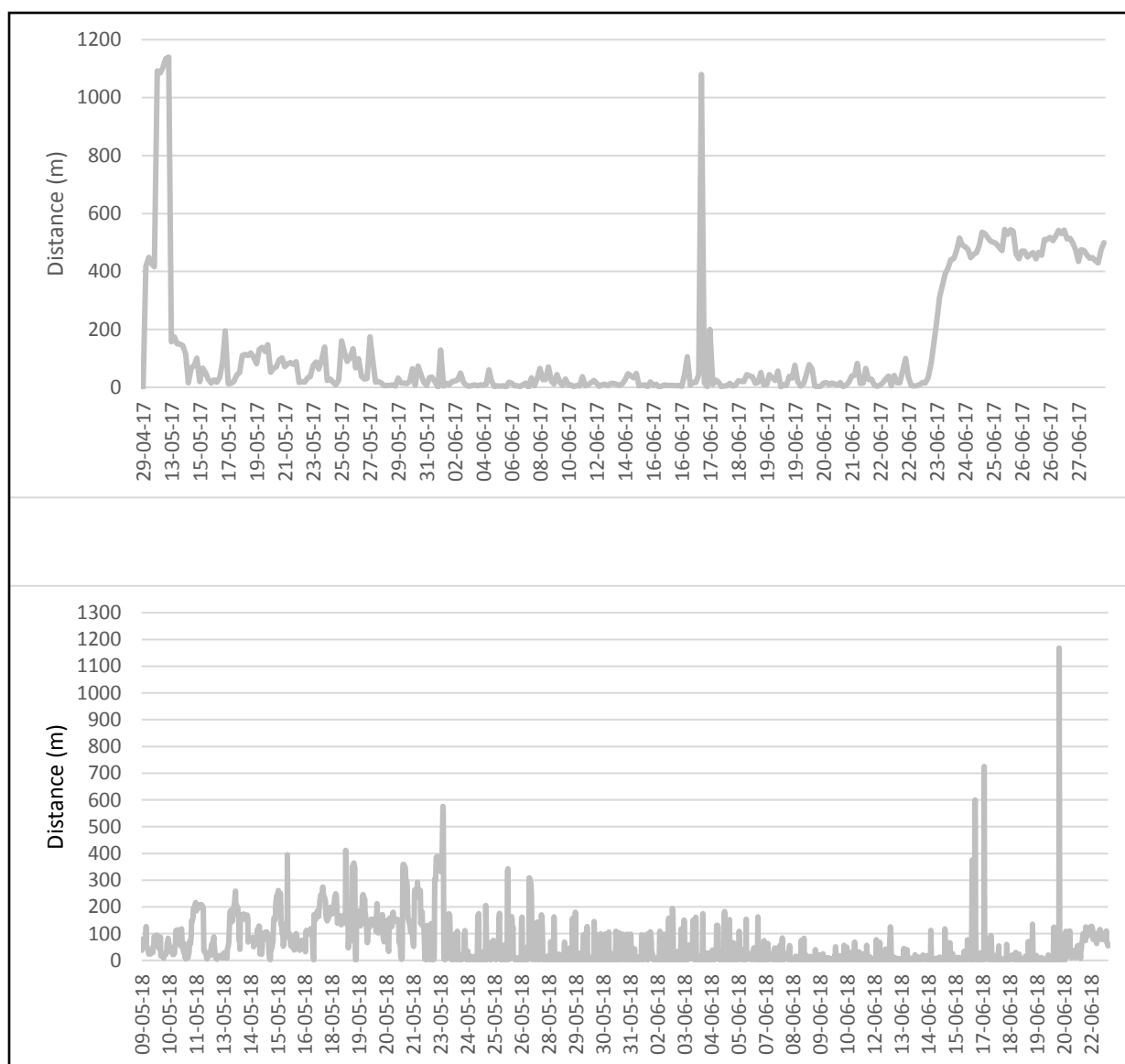


Figure 51. Evolution au cours du temps des déplacements effectués par rapport à la position estimée du nid de la poule HAR03 (en haut) et de la poule orn76 (en bas).

Annexe VIII : Tétrasyres observés lors du suivi visuel

Les comportements observés liés à un comportement de parade sur les arènes sont repris dans le tableau ci-dessous (tableau 28) :

Tableau 31. *Tableau reprenant les différents comportements observés liés à la parade du tétras lyre sur les arènes suivies du 01/01/18 au 31/05/18 (adaptation de Krujic et al., 1967 et Ruwet et al., 1980).*

| COMPORTEMENTS | DEFINITIONS |
|---------------------|---|
| Approche | L'individu (mâle ou femelle) reste à proximité de l'arène sans adopter un comportement de parade. |
| Parade seul | L'individu roucoule et adopte une posture horizontale. La queue est levée et déployée. |
| Parade | L'individu est accompagné dans sa parade par un ou plusieurs autres oiseaux (comportement social). Une femelle peut être perçue, ici, comme « paradant » lorsqu'elle se laisse approcher par un coq paradant. |
| Parade/accouplement | La parade d'un mâle se conclut par un accouplement. |

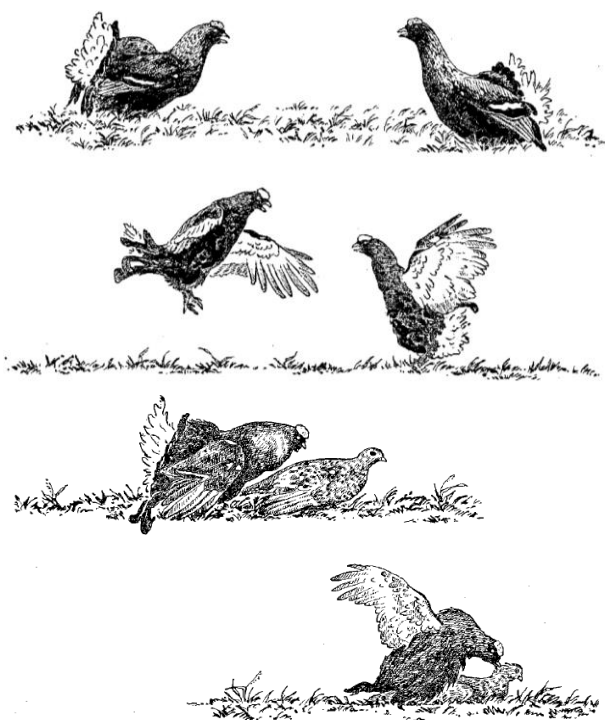
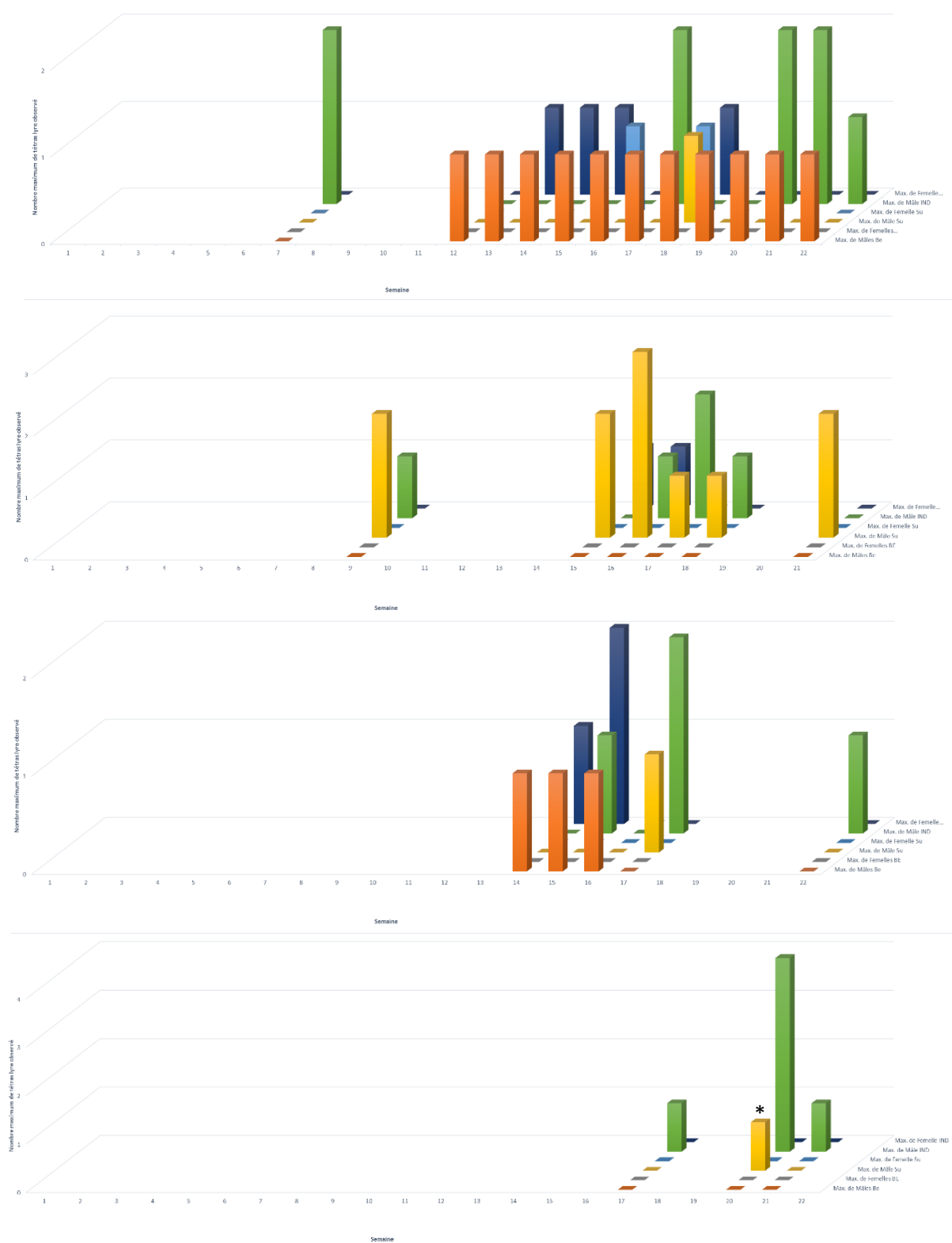


Figure 52. *Illustration de comportements de parade et d'accouplement des tétras lyres (krujic et al., 1967)*



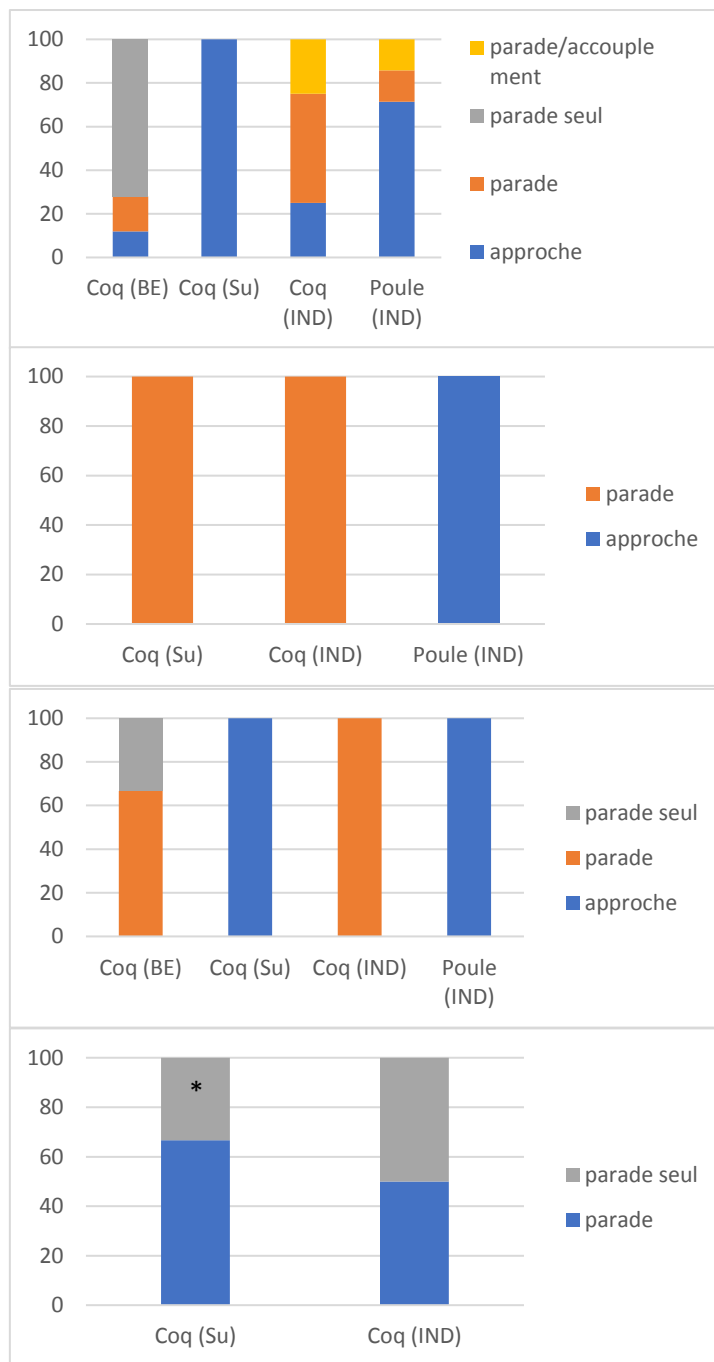


Figure 54. Ethogramme des tétras lyres observés sur les différentes arènes (du 01/01/18 au 31/05/18). **De haut en bas :** l'arène de l'Oneux, Potales-Brochepierre, tourbière haute et Deux-Séries. Pour l'arène du Drèlo : une observation (parade et approche) en semaine 19 et pour l'arène de la Baraque Michel : 2 observations (parade) en semaine 15. Be = belge ; Su = suédois ; IND = indéterminé. L'astérisque (*) indique la présence de coqs suédois de 2018.

Annexe IX : Proportion des habitats disponibles

Tableau 32. *Proportion des habitats disponibles dans la zone d'étude.* Les codes pour les 4 premiers habitats correspondent à : 70 = forêt résineuse sempervirente ; 130 = prairie productive permanente monospécifique ; 120 = coupe à blanc récente avec de la régénération, incluant les clairières et les plantations de sapin de Noël ; 135= zone à herbacées diversifiées et formations arbustives. Autres codes voir annexe I.

| <i>Code habitat</i> | <i>Pourcentage</i> |
|----------------------------|---------------------------|
| 70 | 37.02 |
| 130 | 11.38 |
| 120 | 9.00 |
| 135 | 8.74 |
| D1.121 | 7.18 |
| 60 | 4.14 |
| 180 | 3.78 |
| 110 | 2.09 |
| 100 | 2.02 |
| G3.F | 1.61 |
| D1.1 | 1.34 |
| 195 | 1.05 |
| F4.13 | 1.01 |
| Autres | 9.62 |

Annexe X : Photographie de tétras lyre



Figure 55. Photographie d'un tétras lyre mâle (coq) équipé d'un émetteur Ecotone (2018) (©Dylan Delvaux).



Figure 56. Photographie d'un tétras lyre femelle (poule) équipé d'un émetteur Ornitela (©Dylan Delvaux).



Figure 57. Photographie réalisée lors du suivi des arènes, d'un coq (belge) et d'une poule (provenance indéterminée) paradant (©Dylan Delvaux).



Figure 58. Photographie réalisée lors du suivi des arènes, d'un coq (belge) paradant (©Dylan Delvaux).



Figure 59. Photographie de la dépouille d'une poule (©Dylan Delvaux).

Annexe XI : Travaux de restauration réalisés au cours du projet LIFE Tourbières Hautes-Fagnes

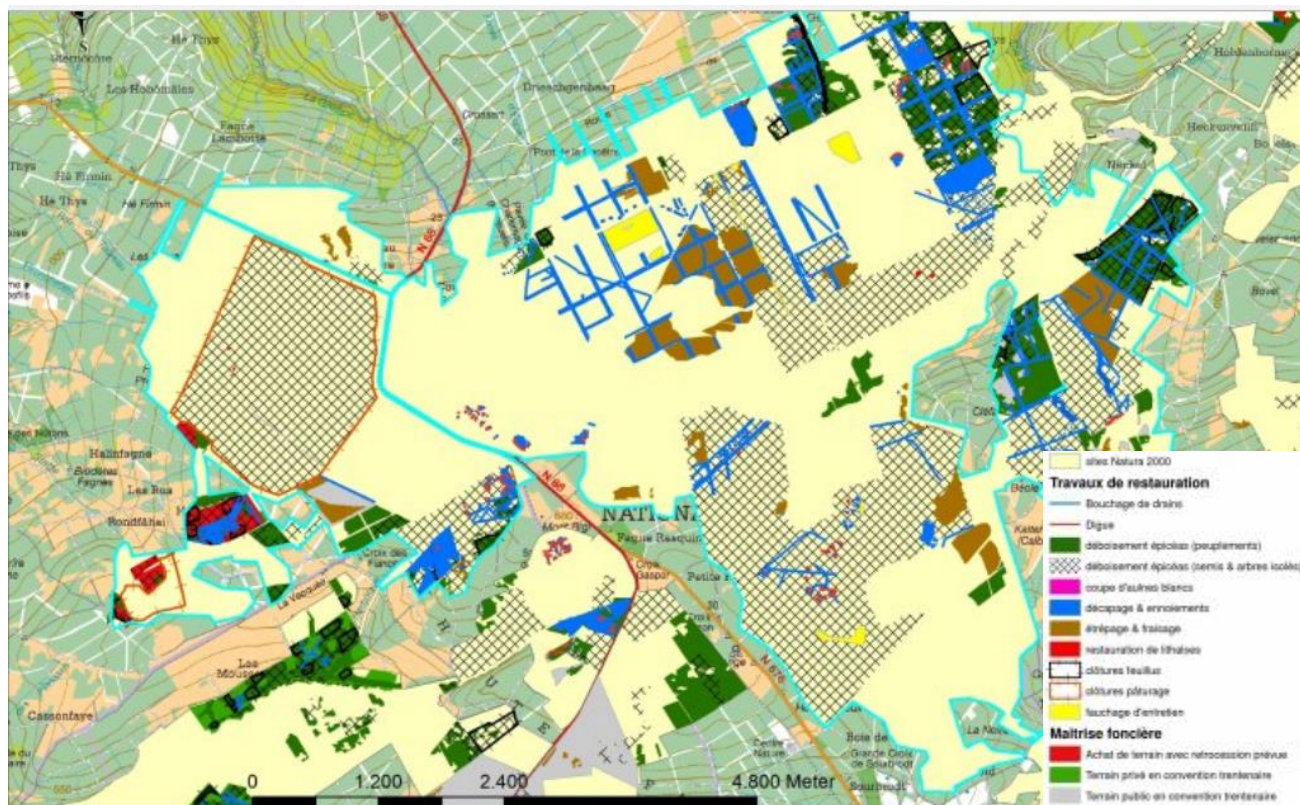


Figure 60. Présentation des travaux effectués lors du projet LIFE Tourbières Hautes-Fagnes sur le site BE33035 : Plateau des Hautes Fagnes (3 990 ha) (Parc naturel Hautes Fagnes - Eifel, 2014).

Annexe XII : Cartographie

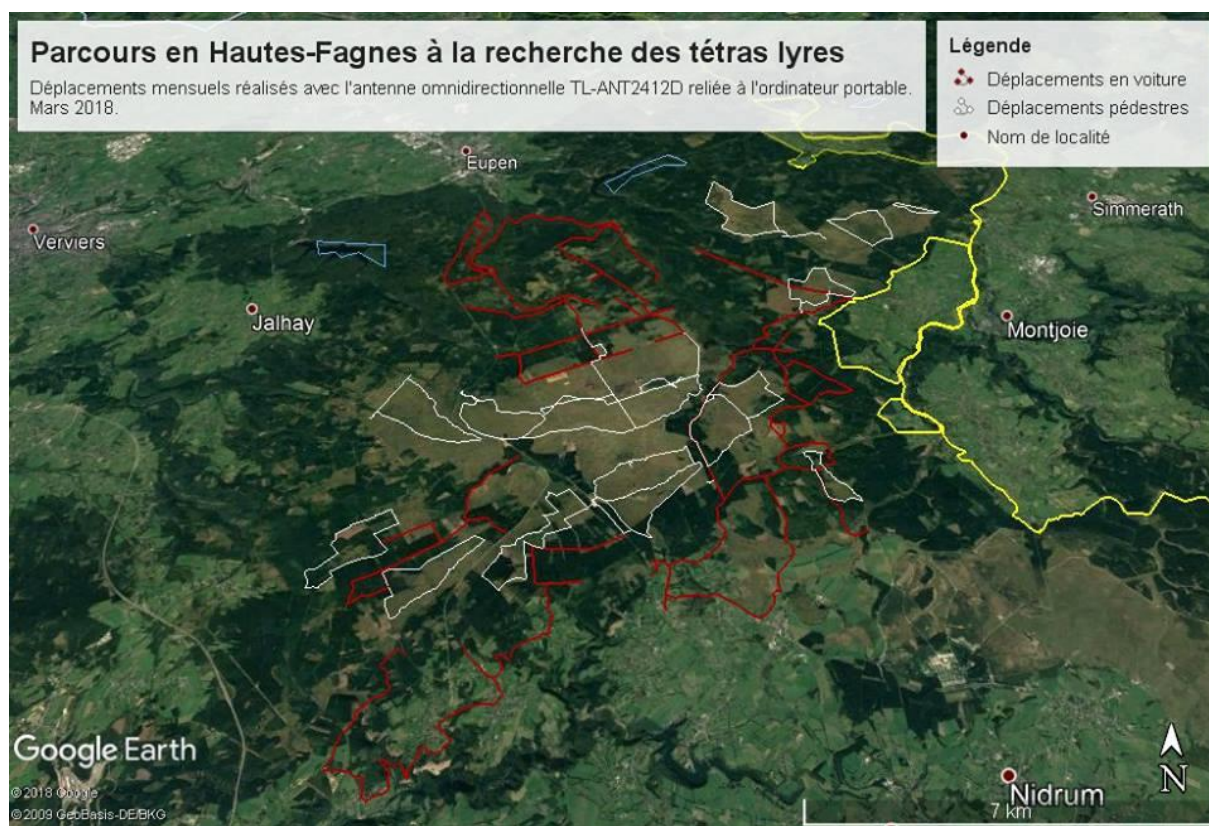
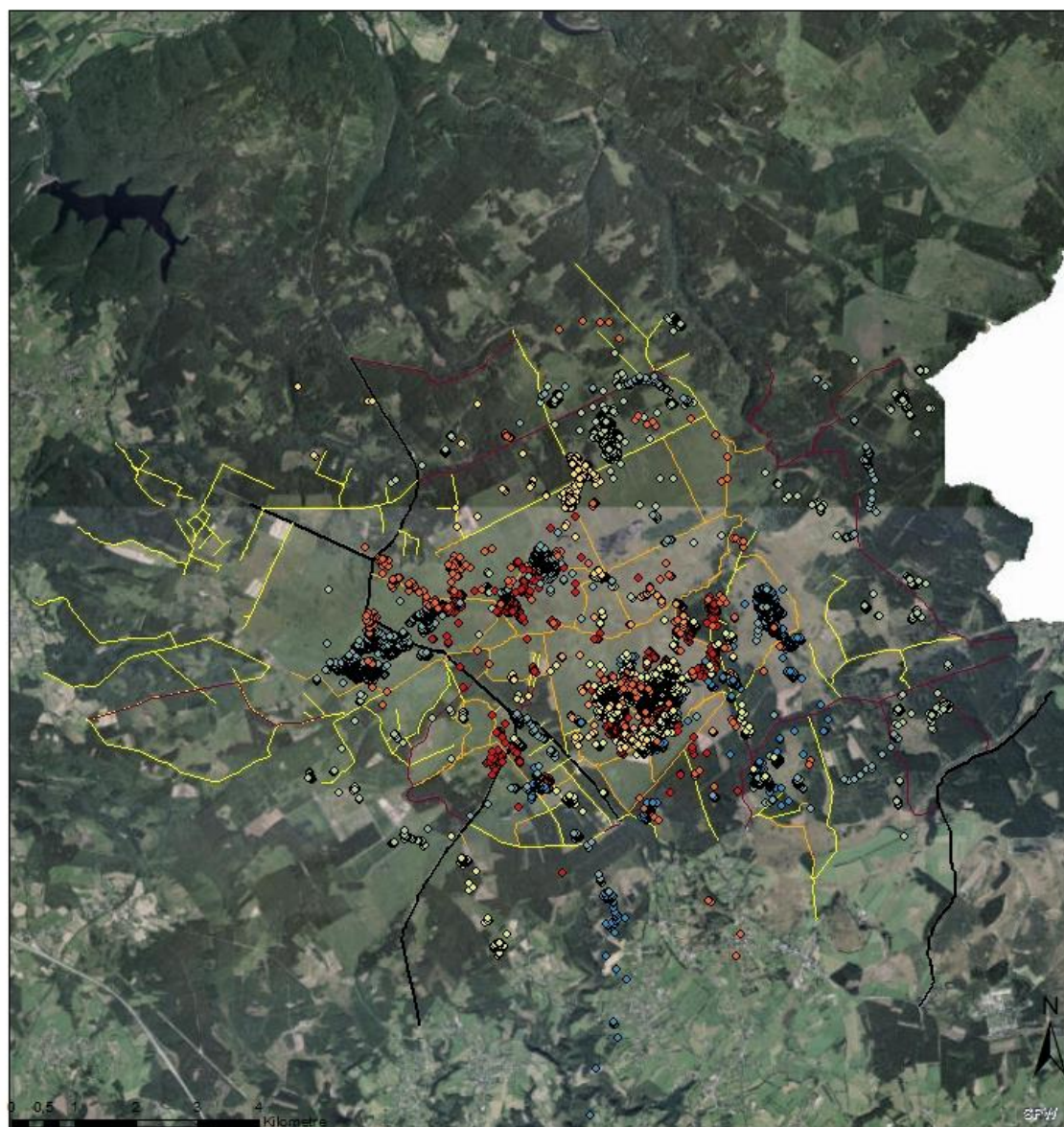


Figure 61. Transects pseudo-aléatoires réalisés au cours du mois de mars à pied (en blanc) et en voiture (en rouge) (source : Collard A.).



Légende

- | | | | |
|---------|---------|----------------------|---------------|
| ♦ HAR05 | ♦ KRX09 | ♦ orn76 | — pistes |
| ♦ KRX06 | ♦ KRX10 | ♦ orn78 | — chemins |
| ♦ KRX08 | ♦ HAR03 | — routes forestières | — grand-route |

Figure 62. Cartographie des positions des différents tétras lyres transloqués, des routes forestières, des pistes, des chemins et de la grand-route (Source : DEMNA).