

PROJET NATIONAL SUR LA BÉCASSE DES BOIS

RAPPORT FINAL



Historique du document

| Date | Version | Auteurs | Commentaires |
|------------|---------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 29.06.2020 | 1 | Thierry Bohnenstengel, Yves Gonseth | |
| 15.12.2020 | 2 | | |
| 18.01.2021 | 3 | | |
| 19.02.2021 | 3.1 | | Corrections mineures de la V3 |
| 11.10.2021 | 3.2 | | Corrections mineures de la V3.1 |



Impressum

Projet national sur la Bécasse des bois
Rapport final

Mandant

Office fédéral de l'Environnement, Section Faune sauvage et conservation des espèces

Auteurs

Thierry Bohnenstengel (Info fauna), Vincent Rocheteau, Marine Delmas, Nicolas Vial, Emmanuel Rey (Info fauna), Benjamin Homberger, Yves Gonseth (Info fauna)

Coordination du projet

Info fauna : Yves Gonseth, Thierry Bohnenstengel
OFEV : Nicolas Bourquin

Groupes d'accompagnements

Organe consultatif pour la recherche Adrian Aebischer (SNF), Kurt Bollmann (WSL), Rita Bütler (DGE-FORETS) puis Patrick Patthey (DGE-BIODIV), Yvon Crettenand (SCPF), François Estoppey, Christophe Noël (SFFN) puis Joanne Félix (SFFN), Henri-Armand Meister (ASB), Pierre Mollet (SOS), Blaise Mulhauser, Niklaus Zbinden

Organe consultatif pour la stratégie

Reinhard Schnidrig (OFEV), Werner Müller (Birdlife), Paul Duchein (ASB), Jean-Claude Givel (Chasse Suisse), Valère Martin (Nos Oiseaux), Didier Wuarchoz (La Forestière), Orlando Rosa (ASB), Giorgio Leone (UCP)

Photos, Illustrations

Bécasse équipée lors d'une session de capture au phare sur prairie (Vincent Rocheteau)

Citation

Bohnenstengel T., Rocheteau V., Delmas M., Vial N., Rey E., Homberger B., Gonseth Y. (2020). Projet national sur la Bécasse des bois, Rapport final. Info fauna, Neuchâtel

Contact

Yves Gonseth, Info fauna, avenue de Bellevaux 51, 2000 Neuchâtel
Téléphone: 032 718 36 00, info.fauna@unine.ch

© 2021, Info fauna

TABLE DES MATIÈRES

| | | | |
|--|----|--|-----|
| Remerciements..... | 5 | 3.2 Comportement d'une femelle en période de reproduction | 35 |
| Résumé..... | 6 | 3.3 Description de nids | 40 |
| Habitat..... | 6 | 3.4 Caractéristiques de l'habitat de la bécasse | 43 |
| Déplacements, départs en migration.... | 6 | 3.5 Déplacements et domaines vitaux de la Bécasse des bois..... | 45 |
| Origine des bécasses prélevées à la chasse | 7 | 4 Éthologie automnale de la Bécasse des bois et influence de la chasse | 59 |
| Statistique de chasse | 7 | 4.1 Utilisation automnale des prairies par les bécasses | 59 |
| 1 Chapitres généraux | 8 | 4.2 Migration et hivernage des bécasses indigènes..... | 63 |
| 1.1 Introduction..... | 8 | 4.3 Survie de la Bécasses des bois et densité de population..... | 70 |
| 1.2 Objectifs du projet..... | 9 | 4.4 Identification de la provenance des bécasses prélevées à la chasse | 86 |
| 1.3 Échelles de travail..... | 10 | 4.5 Statistiques de chasse | 112 |
| 1.4 méthodes de capture et de suivi appliquées | 11 | Références | 123 |
| 2 Situation de la Bécasse des bois en Suisse | 17 | 5 Annexes | 129 |
| 2.1 Distribution et situation de la Bécasse en Europe et en Suisse | 18 | 5.1 Histoire de vie des oiseaux suivis..... | 129 |
| 2.2 Modélisation de l'adaptation de l'habitat pour la bécasse dans le Jura: exigences face à divers facteurs environnementaux biotiques et abiotiques..... | 22 | 5.2 Méthodologie de détermination des contenus isotopiques des plumes | 152 |
| 3 Éco-éthologie de la bécasse des bois en période de reproduction | 28 | 5.3 Graphiques de la statistique de chasse dans les cantons romands..... | 159 |
| 3.1 Utilisation de l'habitat par la Bécasse des Bois dans le Jura neuchâtelois | 28 | Liste des tableaux | 163 |
| | | Liste des figures | 165 |



REMERCIEMENTS

Par ces quelques lignes nous désirons remercier toutes celles et ceux qui ont permis que ce rapport sur les travaux menés sur la Bécasse des bois dans le canton de Neuchâtel et ses environs soit possible. Il est le fruit d'un énorme travail aussi bien sur le terrain que lors de la mise en forme, de l'analyse et de l'interprétation des données brutes recueillies annuellement ou pour la rédaction des rapports intermédiaires.

Nous remercions en particulier les personnes qui ont œuvré sur le terrain entre 2015 et 2018 soit : pour les essais de captures durant la phase pilote, Lorenza Marconi, Jérôme Gremaud, Romain Fürst, Henri Descombes, Yann Fragnière, Nicolas Pasquier, Yann Rime; pour la localisation et le suivi des bécasses dans le terrain durant la phase opérationnelle, Florence Bovay, Jan Naef, Sandrine Seidel, Charlotte Warburton, Samuel Jordan et pour les recherches aux chiens, Henri-Armand Meister, Yves Lanoir, Francis Anker, Victor Ulrich, Thierry Barbier, Giuliano Viali.

Nous remercions également les nombreux membres de l'Association suisse des bécassiers qui ont accepté de nous fournir les plumes des bécasses prélevées à la chasse qui nous ont permis de préciser leur origine.

Nous remercions enfin Stéphane Regazzoni de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage ONCFS ainsi que les chasseurs et forestiers qui ont annoncés des nids et nichées.

Liste des abréviations

ASB : Association suisse des bécassiers
CMR : Méthode de suivi de la faune par capture, marquage et recapture
DGE-BIODIV : Direction générale de l'Environnement du canton de Vaud, section Biodiversité
DGE-FORET : Direction générale de l'Environnement du canton de Vaud, section forêts
Kernels : méthodes d'agrégation de points d'observation par densité
MCP : Polygone convexe minimal, utilisé pour décrire les domaines vitaux de la faune
OFEV : Office fédéral de l'Environnement
ONCFS : Office national de la chasse et de la faune
PMA : Prélèvement maximal annuel
PMJ : Prélèvement maximal journalier
SCPF : Service de la chasse, pêche et faune du canton du Valais
SFFN : Service de la faune, des forêts et de la nature du canton de Neuchâtel
SIG : Système d'information géographique
SNF : Service des forêts et de la nature du canton de Fribourg
SOS : Station ornithologique suisse
UCP : Office de la chasse et de la pêche du canton du Tessin
VHF : Abréviation de l'anglais Very High Frequencies, utilisée pour désigner les fréquences radios comprises entre 30 et 300 MHz
WSL : Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage

RÉSUMÉ

HABITAT

- la Bécasse des bois est un oiseau essentiellement forestier dont le centre de gravité des bécasses indigènes se situe en Suisse dans les massifs montagneux entre 1100 et 1600 m ;
- elle a une préférence pour les grands massifs forestiers d'un seul tenant, de versants nord, de pentes faibles à moyennes, parsemés de surfaces boisées humides ;
- la probabilité d'occurrence de l'espèce est plus élevée dans les zones où il y a peu de lumière artificielle.
- la Bécasse des bois recherche les massifs forestiers richement structurés avec une strate buissonnante bien développée, une strate herbacée lacunaire et des sols profonds à pH faiblement acide ;
- elle évite les secteurs avec de grandes quantités de bois mort au sol ;
- elle évite les secteurs proches des routes goudronnées et profite des secteurs présentant des chemins de terre ;
- ses domaines vitaux varient entre 75 et 350 ha plus ou moins fragmentés ; les secteurs utilisés peuvent être distants de plusieurs kilomètres ;
- les femelles semblent rechercher des sites de nidification à proximité immédiate des places de croule ; les habitats des mâles et des femelles se recoupent ;
- les femelles peuvent effectuer plusieurs tentatives de ponte, jusqu'à trois, en cas d'échec ;
- elles peuvent utiliser des sites de nidification distants de plusieurs kilomètres ;
- les nids sont généralement localisés à proximité de lisières dans des massifs forestiers richement structurés, présentant une strate herbacée haute et dense ;
- à l'automne, la Bécasse des bois exploite des pâturages et prairies proches de la forêt ;
- elle préfère les herbages permanents pâturés dont le sol est richement structuré ;
- elle évite les parcellesensemencées et/ou dont le sol a été hersé ou girobroyé.

DÉPLACEMENTS, DÉPARTS EN MIGRATION

- 44 % des bécasses indigènes occupent des secteurs différents entre les périodes de croule et pré-migratoire ;
- les populations jurassiennes du département du Doubs et des cantons de Neuchâtel et de Vaud sont interconnectées ;
- les mâles fréquentent une ou plusieurs places de croule pouvant être distantes de plusieurs kilomètres ;
- ils sont fidèles à leurs domaines vitaux et à leurs places de croule d'une année sur l'autre ;
- ils peuvent également faire des déplacements à longue distance (> 20km), voire très longue distance (>500 km) en période de croule ;
- les départs en migration des bécasses indigènes commencent avec l'arrivée des premières migratrices à la fin de la première décade d'octobre ;
- 95 % des départs des bécasses indigènes ont lieu entre le 21 octobre et le 20 novembre ; seule la moitié des oiseaux locaux est partie en migration le 3 novembre ;
- le point de bascule des départs coïncide avec le pic du passage migratoire le 4 novembre ;
- Les bécasses indigènes hivernent de la Drôme à la Galice en passant par la Bourgogne, la Gironde et l'Andalousie ;
- elles montrent une forte fidélité à leur site d'hivernage.

ORIGINE DES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE

- deux des 14 bécasses indigènes baguées qui ont été prélevées à la chasse l'ont été en Suisse à moins de 2 km de leur lieu de baguage durant les mois d'octobre et novembre, soit avant leur départ en migration ;
- 7 de ces 14 bécasses indigènes baguées qui ont été prélevées à la chasse ont été prélevées à moins de 25 km de leur lieu de baguage durant les mois d'octobre et novembre, soit avant leur départ en migration ;
- 67.3 % des bécasses prélevées à la chasse en Suisse sont des migratrices orientales ou nordiques et proviennent de régions allant de la Fennoscandie à l'Est de l'Oural ;
- la part d'oiseaux indigènes prélevés à la chasse en Suisse se situerait entre 14.3 et 32.7% ;
- la part de migrateurs orientaux ou nordiques prélevée à la chasse est plus importante au Tessin (70.7 %) et sur le Plateau (70.8 %) que sur le Jura (55.7 %).

STATISTIQUE DE CHASSE

- les totaux des prélèvements nationaux de bécasses entre 2000 et 2018 sont comparables aux prélèvements réalisés entre 1963 et 1973 et font suite à une baisse importante des prélèvements entre les années 1974 et 1992 ;
- les augmentations de prélèvements de bécasses en Suisse sont liées à une spécialisation des chasseurs sur cette espèce, notamment en raison de l'introduction de permis « Bécasses » ;
- les variations inter-cantoniales dans les dates d'ouverture de la chasse à la Bécasse des bois n'ont que peu d'influence sur les prélèvements journaliers ;
- plus de 75 % des prélèvements de bécasses en Suisse ont lieu entre le 16 octobre et le 15 novembre correspondant au pic migratoire de l'espèce ;
- pour le canton Neuchâtel, les prélèvements effectués durant la première quinzaine d'octobre représentent 9.5 % des prélèvements annuels ;
- les prélèvements de bécasses durant le mois d'octobre ont lieu généralement dans des habitats favorables à la reproduction de l'espèce ou utilisés par l'espèce pour se reproduire ;
- l'indice de prélèvement journalier est globalement stable dans la plupart des cantons entre 2000 et 2018. Toutefois, une légère baisse, non significative, est constatée pour le canton du Tessin et il est en hausse pour le canton de Fribourg ;
- plus de la moitié des chasseurs neuchâtelois et vaudois ayant prélevé une bécasse sont des chasseurs réguliers de l'espèce ;
- les chasseurs neuchâtelois et vaudois prélèvent annuellement en moyenne 4.3 bécasses par chasseur ;
- 15.6 % chasseurs neuchâtelois et vaudois peuvent être considérés comme des spécialistes ayant chassé 10 bécasses ou plus par an ;
- la mise en place d'un prélèvement maximal annuel (PMA) à 20 oiseaux ne semble pas avoir d'effet sur les prélèvements réalisés par les chasseurs contrairement à un PMA à 10 oiseaux ;

1 CHAPITRES GÉNÉRAUX

1.1 INTRODUCTION

Compte tenu de l'ampleur de son aire de distribution générale, de l'importance et de la stabilité de ses effectifs au nord et à l'est de l'Europe, la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*), est une espèce considérée comme non menacée à l'échelle européenne (Ieronymidou, et al., 2015).

Compte tenu de l'effectif limité et de la régression continue de ses populations nicheuses (indigènes) la Bécasse des bois est considérée comme une espèce menacée en Suisse (VU : vulnérable).

Selon la loi fédérale sur la chasse la Bécasse des bois fait partie des espèces chassables au bénéfice d'une période de protection allant du 15.12 au 15.09. Sa chasse est ainsi possible entre le 16.9 et le 14.12. Elle est autorisée et pratiquée dans les cantons de Fribourg, du Jura, de Neuchâtel, du Tessin, du Valais et de Vaud ainsi qu'au Jura bernois, selon les modalités afférentes aux législations cantonales en matière de chasse et de protection des espèces.

En 2012, lors de la révision de l'ordonnance sur la chasse, des discussions animées eurent lieu sur le statut « espèce chassable » de cet oiseau. En effet, sur la base de faits objectifs mais ponctuels les milieux attachés à la conservation des oiseaux proposèrent, pour assurer la pérennité de ses populations nicheuses, de retarder l'ouverture voire d'interdire sa chasse sur l'ensemble du territoire national. Sur la base de faits objectifs mais ponctuels, les milieux de la chasse refusèrent cette perspective en arguant que la majorité des bécasses prélevées sur le territoire national étaient des individus en migration originaires du nord ou de l'est de l'Europe et que les nicheuses suisses sont chassées jusqu'en février sur leurs sites d'hivernage (France, Espagne, Portugal).

Afin de pouvoir prendre les mesures qui assurent, comme l'exige la loi fédérale sur la chasse, la conservation des populations nicheuses de la Bécasse en Suisse et de promouvoir, si cela est compatible avec ce premier objectif, son exploitation raisonnée et durable, l'OFEV a décidé de lancer et de soutenir un suivi de terrain focalisé sur l'écologie et l'éthologie de cet oiseau et sur l'effet de la chasse, de l'évolution des milieux, de la prédation naturelle et du dérangement sur ses populations indigènes. Plusieurs questions restent en effet ouvertes quant à l'effet respectif de ces différents facteurs limitants sur ses populations puisque l'oiseau continue de régresser dans les régions où il n'est plus chassé depuis de nombreuses années.

Dès son origine ce projet fut prévu en deux phases : une phase préparatoire de quelques mois (juin 2014 à avril 2015) devant permettre de dégager les grands axes de recherche du projet proprement dit prévu sur 5 ans (2015 à 2019).

1.1.1 CONSTITUTION DE GROUPES D'ACCOMPAGNEMENT

L'OFEV a commandité la mise sur pied de deux groupes de travail pour suivre ce projet : un groupe d'accompagnement scientifique et un groupe d'accompagnement stratégique. L'objectif visé était de dissocier les aspects scientifiques des aspects plus politiques du projet et d'optimiser ainsi le travail du groupe d'accompagnement scientifique.

Le groupe d'accompagnement scientifique fut chargé d'établir les axes de recherche du projet général, de coordonner les travaux entrepris, de suivre leur évolution et de synthétiser les résultats obtenus à l'intention du groupe d'accompagnement stratégique. Il fut ainsi formé de biologistes ou de chasseurs spécialistes de la bécasse, de représentants des cantons concernés par sa chasse et de collaborateurs d'instituts de recherche référents (WSL, SOS).

Le groupe d'accompagnement stratégique fut chargé de valider les axes de recherche choisis par le groupe scientifique, de traduire les résultats apportés par les études scientifiques en mesures concrètes de conservation de l'espèce et d'assurer avec l'OFEV la communication vers l'extérieur.

1.2 OBJECTIFS DU PROJET

Les réflexions du groupe d'accompagnement scientifique se sont basées sur deux postulats extrêmement clairs :

- l'oiseau a disparu du Plateau suisse et est en régression le long de la chaîne jurassienne,
- les causes de cette régression sont multiples, la chasse n'étant qu'un paramètre parmi d'autres possibles (dégradation des milieux favorables, augmentation de la pression de prédation et du dérangement en lien avec les activités humaines notamment).

Elles ont permis de dégager deux principaux axes¹ d'approche du problème posé:

1. la chasse et ses effets sur la population nicheuse ;
2. l'analyse comparative de la structure et de la nature de massifs forestiers abritant ou ayant récemment abrité la bécasse des bois à l'échelle de l'arc jurassien et la description fine de l'habitat de la bécasse des bois dans le Jura neuchâtelois ;

et un objectif principal, l'accumulation de données fiables devant permettre :

1. la définition de mesures de gestions forestières favorables au maintien de la qualité actuelles des sites colonisés et à la revitalisation de sites (récemment) abandonnés par l'espèce ce qui passe par :
 - a. une meilleure connaissance de la structure et de la nature des milieux préférentiels des femelles pour la ponte et l'élevage des poussins ;
 - b. une bonne connaissance de la structure et de la nature des milieux préférentiels et de l'utilisation de l'espace par les jeunes de l'année et les mâles ;
2. le maintien de populations indigènes viables de l'oiseau dans les régions où il est actuellement chassé ce qui passe par :
 - a. une bonne connaissance de la période de départ en migration des oiseaux indigènes ;
 - b. une bonne connaissance de la période d'arrivée des bécasses migratrices non-indigènes ;
 - c. une meilleure connaissance des sites d'hivernage ;
 - d. une bonne connaissance de l'origine des oiseaux prélevés à la chasse en Suisse.

¹ L'appréciation démographique des populations nicheuses n'a pas été gardée comme axe de recherche, car le comportement nocturne et discret de la bécasse rend les suivis populationnels inabordables.



1.3 ÉCHELLES DE TRAVAIL

Les questions traitées dans le cadre du projet national sur la Bécasse des bois ont nécessité de travailler à trois différentes échelles.

Niveau national : évaluation des variables environnementales influençant sa distribution nationale (rapport Strebel *et al.*, 2018) ; détermination de la provenance des bécasses prélevées à la chasse en Suisse et analyse des statistiques cantonales de chasse.

Niveau régional : analyse paysagère (rapport Zellweger & Bollmann, 2018) visant à définir les variables influençant la distribution de l'oiseau dans l'arc jurassien et susceptibles d'expliquer son évolution ; validation du protocole d'inventaire à la croule permettant de déterminer les présences et absences de bécasses (Sattler & Strebel, 2016).

Niveau local : étude de l'éco-éthologie de l'espèce (Chapitre 3 et chapitres 4.1 et 4.2) effectuée dans le Jura valdo-neuchâtelois (46°54'59"N 6°37'37"E) entre le Chasseron au Sud, le Grand Sommartel au Nord, le Mont Racine à l'Est et la Vallée de la Brévine à l'Ouest.

1.4 MÉTHODES DE CAPTURE ET DE SUIVI APPLIQUÉES

Afin d'améliorer les connaissances sur l'habitat préférentiel des bécasses indigènes et sur la chronologie de leurs départs en migration, le recours à des techniques de suivi individuel d'oiseaux par télémétrie (balise Argos, émetteurs VHF) était incontournable.

De tels suivis constituaient toutefois un véritable défi compte tenu de la difficulté notoire de capturer des individus, et plus particulièrement des femelles et leurs jeunes. Dans ce contexte, la faisabilité du projet n'a pu être confirmée qu'après la phase préparatoire du projet qui a permis de tester l'efficacité des méthodes de capture envisagées.

1.4.1 MÉTHODES DE CAPTURE ADOPTÉES

Différentes méthodes de capture ont été testées entre juin et août 2015. Elles sont décrites en détail dans le rapport qui fut réalisé à la fin de cette première année de terrain (Rocheteau, et al., 2015). Trois d'entre-elles ont été retenues pour la phase opérationnelle du projet :

1. La pose de filets japonais² au niveau du sol sur cannes à pêche (Figure 1) ou en hauteur sur des mâts en aluminium³ (Figure 2) a été retenue pour capturer les oiseaux en période de croule. Elle fut couplée à l'utilisation de leurres acoustiques et/ou visuels (Figure 3) qui augmentent l'efficacité des captures (Heward, et al., 2017).
2. La recherche aux chiens d'arrêt afin de trouver femelles et nichées en période de reproduction. Les résultats très positifs de 2015⁴ ont justifié l'application de cette méthode chaque année dans le terrain. Durant la phase opérationnelle toutefois aucune nouvelle nichée ou femelle sur nid n'ont été trouvées dans la zone d'étude à l'aide de chiens. L'explication la plus plausible est l'absence d'odeur des oiseaux à cette période (Reneerkens, et al., 2005; Reneerkens, et al., 2002).
3. La capture au phare et à la nasse portative sur prairie (Figure 4) afin de capturer des bécasses durant les phases de migrations printanières et automnales.

² 6-9 x 2.4 m, mailles de 30x30 mm ou 45x45 mm, Bonardi, Monte Isola, Italie

³ mats assemblés sur le modèle de Bat Conservation and Management, Inc., USA

⁴ 2 familles et 5 autres individus trouvés en seulement 8h15 de recherche



Figure 1: bas-filets installés dans une clairière.



Figure 2: hauts-filets installés sur un site de coule.



Figure 3: leurre mobile aidant à la capture de bécasses des bois.

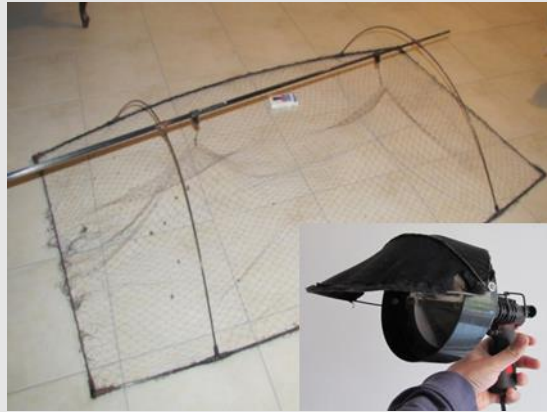


Figure 4: nasse portable et phare utilisés pour la capture de bécasses des bois sur prairie.

1.4.2 MATÉRIEL UTILISÉ POUR LE SUIVI DES OISEAUX

1.4.2.1 EMETTEURS VHF

En 2016, les bécasses adultes et les jeunes volants ont été équipés d'émetteurs VHF confectionnés par la Station Ornithologique Suisse. Ces émetteurs sont pourvus de tubes plastiques souples faisant office de harnais, ont un diamètre de 20 mm et pèsent entre 8 et 9 g harnais compris (Figure 5). Leur durée de vie est estimée à 500 jours et leur portée entre 500 m à 20 km suivant la topographie de la zone d'étude et la position de l'oiseau dans son milieu. En 2016 ces émetteurs ont posé quelques problèmes de détection en raison du comportement essentiellement terrestre de l'oiseau et de la position de l'antenne initialement retenue (dans la ligne du corps). Dès 2017, elles ont été relevées afin qu'elles ne touchent plus le sol et ne perturbent pas ainsi l'envoi du signal.

En 2017 et 2018, une partie des oiseaux a été équipée d'émetteurs de la Station ornithologique, une autre d'émetteurs distribués par Biotrack Ltd.

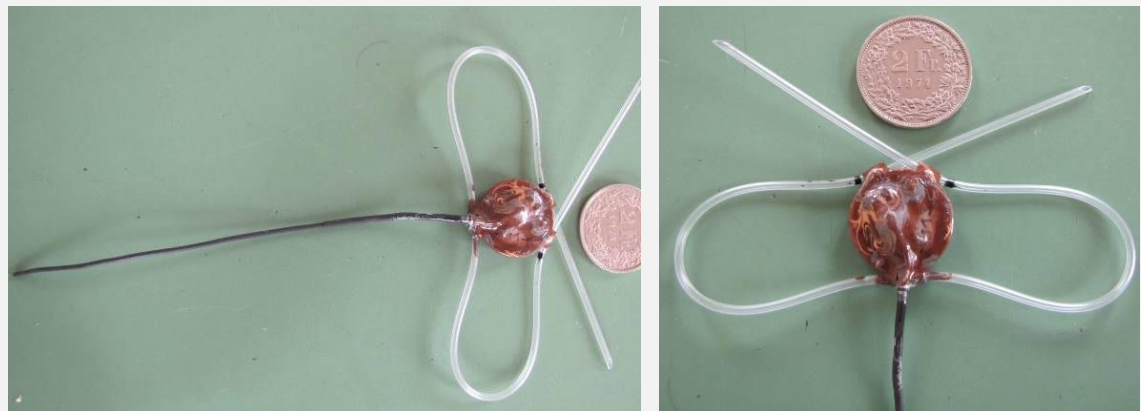


Figure 5: Émetteur confectionné par la Station ornithologique.

1.4.2.2 POSE DES ÉMETTEURS VHF

Les émetteurs ont été fixés selon la méthode « leg-loops » au bas du dos des adultes et des jeunes volants au moyen d'un harnais (Figure 5) dont les sangles, en gaine thermo rétractable, étaient passées sous les pattes et fixées à l'émetteur au moyen d'une colle à prise rapide. Une fois l'émetteur posé l'oiseau le recouvre naturellement avec ses rémiges en repliant ses ailes, le rendant invisible mis à part l'antenne qui dépasse de sa queue. Une bécasse ainsi équipée ne peut théoriquement pas perdre son émetteur, mais cela n'est toutefois pas totalement exclu.

1.4.2.3 RÉCEPTEURS ET ANTENNES

La localisation et le suivi des oiseaux équipés d'émetteurs VHF ont principalement été effectués au moyen de récepteurs R1000 (Communications Specialists Inc., Orange, USA) et d'antennes Yagi à trois brins (Titely Scientific, Brendale, Australie).

Pour permettre le suivi de tous les oiseaux, y compris de ceux se déplaçant entre des massifs forestiers distants de plusieurs kilomètres, cinq antennes Yagi à six ou huit brins montées sur des mâts de 6 m (Figures 22 et 23) ont été installées sur différents points culminants afin de couvrir au mieux la zone d'étude.

Les véhicules utilisés pour les suivis ont également été équipés d'antennes Yagi et/ou omnidirectionnelles pour permettre la localisation des oiseaux lors des déplacements. Dès juillet 2016, afin d'optimiser les recherches, deux antennes omnidirectionnelles furent fixées sur chaque voiture ce qui permit de scanner les fréquences simultanément avec deux récepteurs et de diminuer ainsi de moitié le temps de recherche de l'ensemble des émetteurs.

Les suivis télémétriques ont été réalisés avec les mêmes outils durant tout le projet.

Afin de retrouver puis de suivre les déplacements de certains oiseaux équipés d'émetteurs VHF la zone d'étude fut sensiblement étendue en cours de projet (Figure 6) pour englober la Vallée de Joux au Sud, le Mont d'Amin à l'Est et la région de Valdahon dans le département du Doubs (F) au Nord.

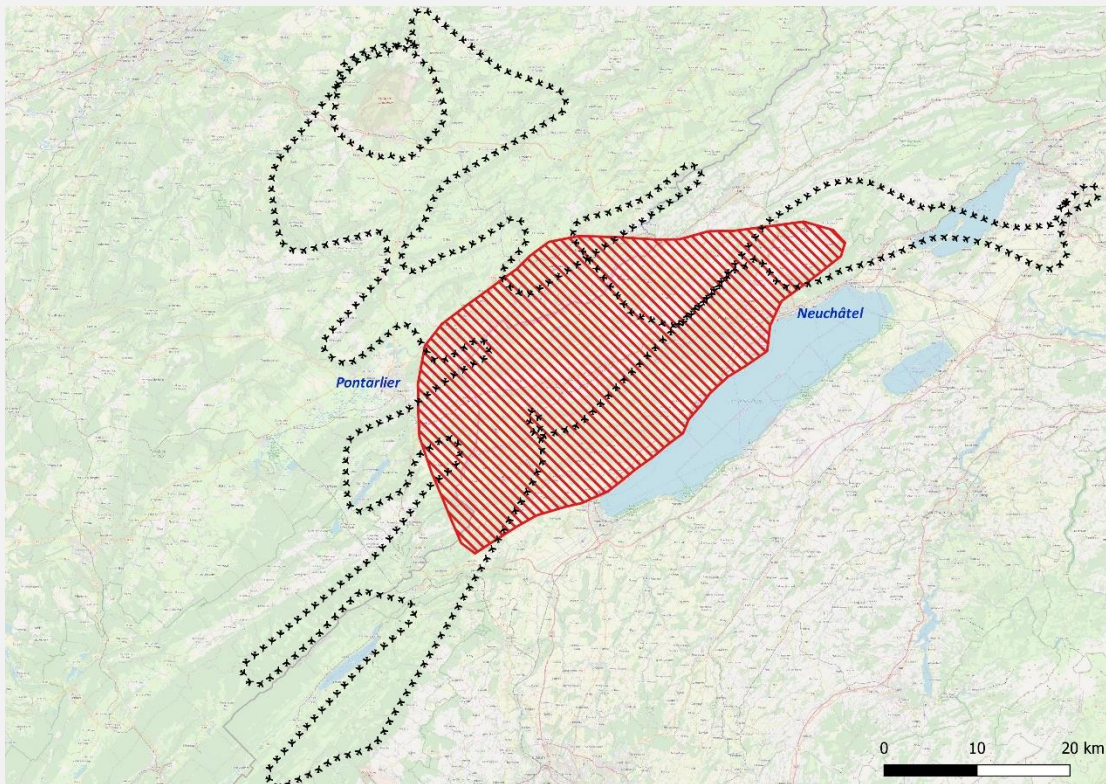


Figure 6: Région de l'étude éco-éthologique (secteur rouge) et tracé des vols en avion (en noir).

1.4.2.4 BALISES ARGOS

Pour ce projet des balises PTT-100⁵ de 9.5 g (Figure 7) munies de panneaux solaires et paramétrées pour émettre durant sept heures et se recharger durant 45 heures ont été utilisées. Dans les meilleures conditions ce paramétrage permet une ou plusieurs localisations tous les deux jours. Les balises, de couleur jaune à l'origine, ont été recouvertes d'une couleur plus neutre.

1.4.2.5 POSE DES BALISES ARGOS

Les balises ont été fixées sur le dos des bécasses (Figure 8) au moyen de lanières de téflon garantissant une fixation à long terme. Elles ont été posées en « sac à dos » afin que les plumes des ailes ne recouvrent pas les panneaux solaires.

⁵ Microwave Telemetry, Inc, Columbia, USA



Figure 7: balise Argos avant la pose.



Figure 8: Bécasse équipée d'une balise Argos.

2 SITUATION DE LA BÉCASSE DES BOIS INDIGÈNE EN SUISSE

Une des questions ouvertes était de cerner les causes du recul de la bécasse reproductrice en Suisse sur la base d'une analyse des données existantes (zones de reproduction anciennes et actuelles de l'oiseau, photos aériennes, cartes topographiques, données de l'inventaire forestier suisse...). Pour des raisons scientifiques évidentes (accès aux données indispensables à l'étude), il a été réalisé par le WSL en collaboration avec la Station ornithologique suisse. Des divers scénarios initialement envisagés par Kurt Bollmann (WSL), chargé par le groupe d'accompagnement scientifique de définir les grandes lignes de cette partie du projet général, deux analyses différentes des données disponibles ont finalement été retenues:

- 1) une analyse de la distribution nationale de la Bécasse des bois en regard de divers prédicteurs environnementaux dont a résulté une carte de probabilité de présence de l'espèce dans les différentes régions biogéographiques du pays (voir rapport complémentaire 1 : Strebel & al. 2018);
- 2) une analyse de la structure et de la nature de l'habitat de la Bécasse des bois au niveau de l'Arc jurassien visant à isoler les facteurs susceptibles d'expliquer son récent recul dans la région (voir rapport complémentaire 2 : (Zellweger & Bollmann, 2018).

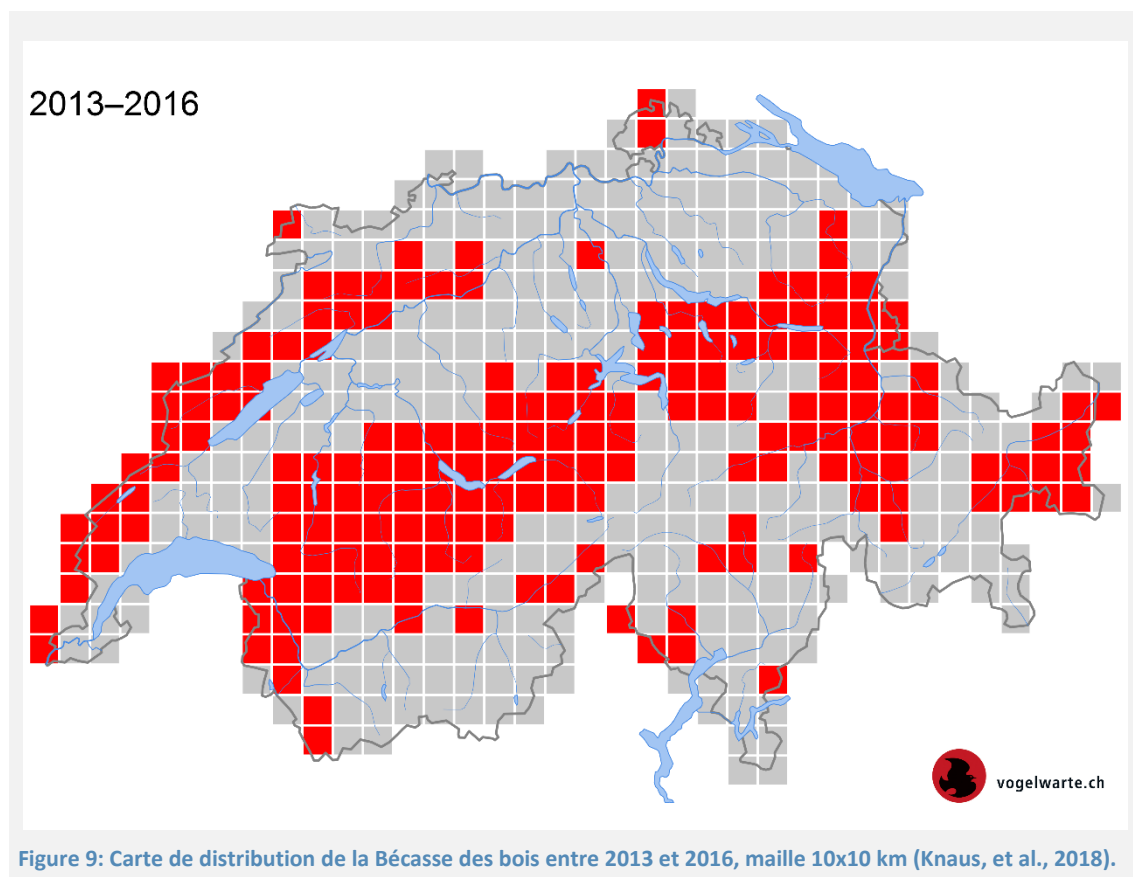
Ces deux approches ont bénéficié des données anciennes et plus récentes disponibles pour la Bécasse des bois ainsi que du jeu de données rassemblées ces dernières années grâce au protocole développé spécialement pour cet oiseau par la station ornithologique suisse en marge du projet d'actualisation de l'atlas des oiseaux nicheurs (Sattler & Strebel, 2016).

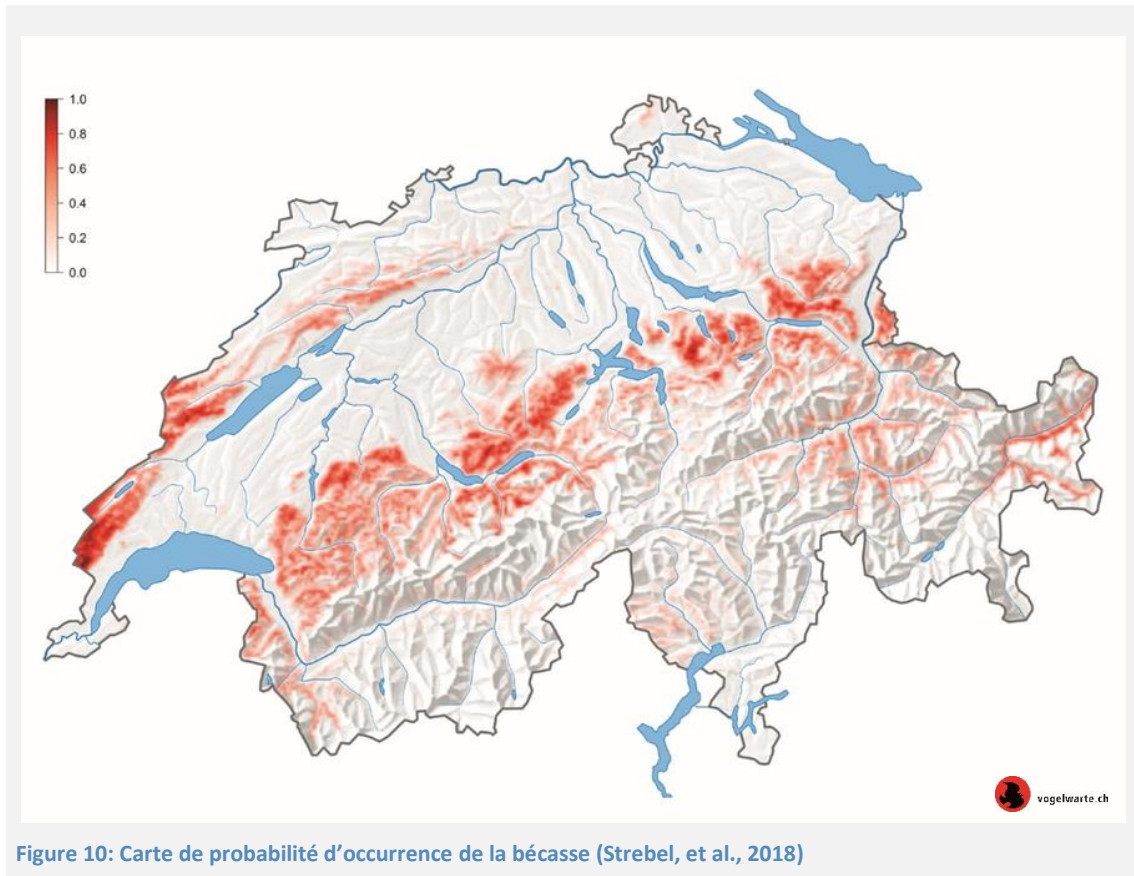
2.1 DISTRIBUTION ET SITUATION DE LA BÉCASSE EN EUROPE ET EN SUISSE

Ce chapitre résume et commente les principaux résultats du rapport de Strebel *et al.* (2018) proposé dans le premier rapport complémentaire.

Les populations nicheuses de la Bécasse des bois semblent assez stables en Europe (Agency, European Environment, 2012). Elles seraient même en légère augmentation dans les régions où la surface forestière augmente. L'espèce reste toutefois sensible aux vagues de froid et à une pression de chasse élevée sur la quasi-totalité de son aire de distribution (Ferrand com. Pers.). D'autre part, les chiffres disponibles pour statuer sur sa situation en Europe émanent d'un suivi irrégulier de l'évolution de ses populations et des prélèvements qu'elle subit à l'échelle continentale et doivent donc être considérés avec prudence.

La Bécasse des bois a fortement reculé dans certaines régions de Suisse : il n'y a pratiquement plus d'observations en période de reproduction sur le Plateau (Figure 9) et elle s'est retirée ces vingt-cinq dernières années de nombreux sites qu'elle occupait dans le Jura oriental. Sa situation est par contre plus stable dans les Alpes où de nouveaux sites de coule ont été découverts entre 2013 et 2016, y compris dans les Alpes internes et méridionales (Strebel, *et al.*, 2018; Knaus, *et al.*, 2018).





2.1.1.1 PROBABILITÉS D'OCCURENCE

La carte présentée ci-dessus (Figure 10) est le fruit d'une modélisation par km² de l'ensemble des données disponibles (données de présences et d'absences déduites des données récoltées pour l'atlas de 2016 et plus ponctuelles saisies par les ornithologues bénévoles) à l'aune de 16 covariables environnementales, dont 11 influencent la distribution de l'oiseau (voir Tableau 1).

Cette carte confirme que le Jura plissé centre-occidental et le Versant nord des Alpes sont les régions actuellement les plus favorables à la Bécasse des bois et que les Alpes internes et méridionales ne répondent que plus ponctuellement à ses exigences. Le Plateau pour sa part lui est actuellement très défavorable et est ainsi totalement délaissé, en période de nidification du moins.

Tableau 1: variables environnementales influençant la distribution suisse de la Bécasse des bois (résolution 1 km²).

| Variables retenues | Unité | Eléments concernés | Influence |
|------------------------------------|-------------------|---|------------------------------|
| Proportion de forêts | [%] | haute futaie, forêts claires, reboisements... | Positive, significative |
| Exposition | [-] | exposition moyenne du versant | Nord, positive significative |
| Proportion d'éléments structurants | [%] | haies, bosquets, parcs arborés, golfs... | Positive, significative |
| Proportion d'herbages | [%] | prairies, pâturages, estivages... | Positive, non significative |
| Cours d'eau | [m] | longueur des cours d'eau | Positive, non significative |
| Milieus humides | [m ²] | surface des zones humides | Positive, non significative |
| Proportion de grandes cultures | [%] | champs | Négative, significative |
| Rives de lac | [m] | longueur des rives de lac | Négative, significative |
| Apports d'azote | [kg/an/ha] | apport d'azote annuel moyen par ha | Négative, significative |
| Pente | [°] | pente moyenne | Négative, significative |
| Altitude | [m s/mer] | altitude moyenne | Maximum vers 1500 m |

2.1.2 COMMENTAIRES

La Bécasse est un oiseau essentiellement forestier dont le centre de gravité des reproducteurs se situe en Suisse dans les massifs montagneux entre 1100 et 1600 m, régions dans lesquelles cultures et grands lacs s'effacent au profit des herbages et des grands massifs forestiers. Rien d'étonnant donc à ce que sa distribution soit positivement et significativement influencée par l'augmentation de la proportion de forêts et d'éléments boisés structurants, positivement influencée par celle de la proportion des herbages et significativement mais négativement influencée par l'augmentation de la proportion des grandes cultures, par essence pauvres en éléments structurants, et par celle de la longueur des rives de lacs.

Les autres variables retenues complètent avantageusement ces tendances très générales : l'oiseau a une préférence pour les massifs forestiers de versants nord de pente faible à moyenne parsemés de zones humides et/ou de nombreux cours d'eau. Humidité et fraîcheur relative du milieu sont donc favorables à l'espèce. Ce constat peut être mis en regard avec la tendance qu'ont les vers de terre, qui représentent une part essentielle de son régime alimentaire, à s'enfoncer de plus en plus profondément dans le sol plus il s'assèche. Une meilleure ou plus longue accessibilité à la ressource trophique permise par une plus forte humidité du sol peut expliquer, ne serait-ce que partiellement, la préférence de l'oiseau pour les massifs forestiers des versants nord.

L'influence négative de la pente que révèle cette analyse peut être mise en relation avec une observation ponctuelle mais révélatrice faite durant cette étude. Une des couvées suivie fut détruite à la suite d'un orage, les œufs ayant été retrouvés hors du nid. Or, ce dernier avait été aménagé par la femelle dans une pente forte (>40%), ce qui fut fatal à sa descendance.

A l'inverse de ce qui se passe pour d'autres espèces (plantes vasculaires et nombreux invertébrés par ex.), il est peu probable que les dépôts annuels d'azote atmosphérique, malgré les modifications

qu'ils engendrent au niveau de l'écosystème forestier (augmentation de la vitesse voire dans certains cas arrêt de la croissance des arbres, enracinement plus superficiel...), aient une influence déterminante sur la physiologie, l'écologie ou le comportement de la Bécasse des bois. L'influence négative significative de cette variable que souligne l'analyse est plus vraisemblablement l'indice de l'influence d'autres variables fluctuant sur un même gradient à partir des principales zones d'immission à savoir les régions de culture et d'élevage intensifs, les grandes agglomérations et les voies de communication à fort trafic. Parmi ces variables peuvent être citées la fragmentation, la pollution phonique et lumineuse et les dérangements incessants des massifs forestiers potentiellement favorables. La pollution lumineuse est en constante augmentation en Suisse, notamment sur le Plateau (Figure 11)

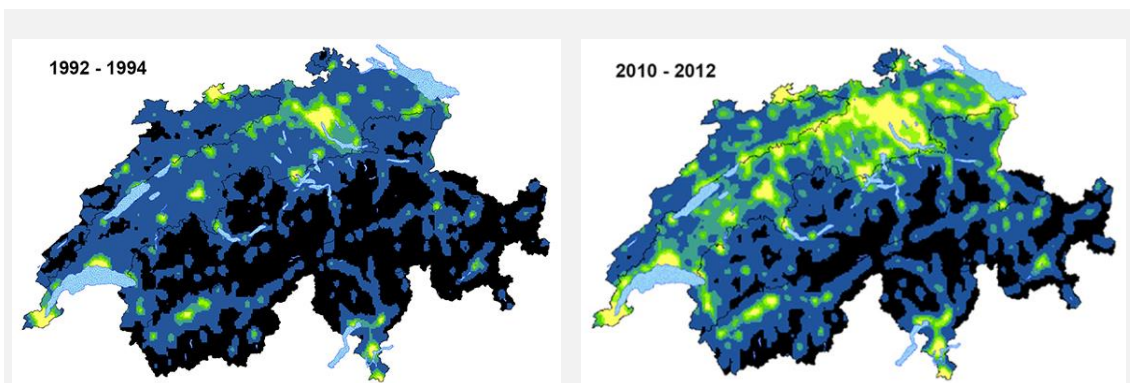


Figure 11: Emissions lumineuses en Suisse en 1992–1994 (à gauche) et 2010–2012 (à droite) sur la base d'images satellite. Les pixels représentent les valeurs moyennes sur trois ans dans une fenêtre mobile de 90×90 secondes d'arc. La carte a été projetée sur le système de coordonnées suisse et convertie en une taille de pixel de 1 km^2 . les émissions lumineuses dirigées ou reflétées vers le haut ont plus que doublé. Elles se sont renforcées en particulier dans les zones d'agglomération, mais l'obscurité recule aussi dans les régions périphériques (source : (Kienast, et al., 2013; Rey L., et al., 2017))

2.2 MODÉLISATION DE L'ADAPTATION DE L'HABITAT POUR LA BÉCASSE DANS LE JURA: EXIGENCES FACE À DIVERS FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX BIOTIQUES ET ABIOTIQUES

Ce chapitre est un résumé du second rapport complémentaire (Zellweger & Bollmann, 2018).

Afin de déterminer quels facteurs environnementaux biotiques, abiotiques et anthropiques influencent l'occurrence de la Bécasse des bois dans l'Arc jurassien, les 331 données de présence récoltées par les collaborateurs de la Station ornithologique suisse de Sempach ont été combinées à douze paramètres environnementaux disponibles pour toute la région. Cinq sont en relation avec la structure et la composition des forêts, deux avec la topographie et la nature du sol, trois avec le climat et deux concernent les immissions anthropiques (Tableau 2).

Tableau 2: variables environnementales envisagées et retenues dans la modélisation.

| Prédicteurs | Unité | Résolution | Source | Retenue ? |
|--|---------------------------|------------|--------------|-----------|
| Recouvrement de la végétation arbustive entre 1.3 et 5m de hauteur | [%] | 25 m | lidar | oui |
| Hauteur moyenne de la végétation | [m] | 25 m | lidar | oui |
| Variation standard de la hauteur de la canopée | [m] | 25 m | lidar | non |
| Proportion de lisière par surface | [%] | | vecteur 25 | non |
| Proportion de feuillus | [%] | | ADS WSL | oui |
| Mesure de la rugosité du sol | indice | 2 m | swissalti 3D | oui |
| Indice d'humidité : écoulement latéral déduit de la topographie | indice | 2 m | swissalti 3D | oui |
| Température moyenne en période de végétation (avril à septembre) | [°C] | 100 m | WSL | non |
| Précipitations mensuelles moyennes en période de végétation | cm | 100 m | WSL | oui |
| Variations des précipitations annuelles moyennes 1960-80/1995-2015 | [%] | 100 m | WSL | non |
| Interpolation de l'apport d'azote atmosphérique | kg/ha/an | 100 m | OFEV | non |
| Pollution lumineuse | radiance 10 ¹⁰ | 1000 m | DMSP | oui |

2.2.1 MODÉLISATION

Pour modéliser l'habitat préférentiel de la bécasse, les conditions environnementales régnant sur les sites où elle fut enregistrée ont été comparées aux conditions environnementales régnant dans le reste de la zone d'étude. 10 000 sites de pseudo-absence ont ainsi été choisis au hasard dans des zones ayant une couverture forestière d'au moins 33 %. La modélisation, par modèle linéaire généralisé (MLG / GLM), a été effectuée avec trois résolutions spatiales différentes (1 ha, 25 ha, 1 km²) ce qui a permis de calibrer la qualité du modèle final en fonction de la résolution spatiale des variables environnementales.

Sur les douze variables initialement retenues cinq, après pré-analyse, ont été abandonnées dans le modèle final (voir Tableau 2). Ndlr : Soulignons que parmi les raisons justifiant l'abandon de l'apport d'azote atmosphérique est citée sa très forte corrélation avec la pollution lumineuse qui, compte tenu de l'activité essentiellement crépusculaire et nocturne de l'oiseau, a assurément une influence beaucoup plus directe sur sa présence (voir commentaires du chapitre précédent).

La qualité du modèle a été évaluée sur la base de deux tests (« area under the receiver operating characteristic curve » [AUC] ; « true skill statistic » [TSS]), l'apport de chaque variable au modèle estimée pour chaque résolution et la relation modélisée entre les variables environnementales et la probabilité d'occurrence de l'oiseau représentée graphiquement au moyen de courbes de réponse afin de faciliter l'interprétation écologique des résultats. Ces derniers ont enfin été projetés sur carte afin d'illustrer le niveau d'adéquation de l'habitat et des exigences de l'oiseau (Figure 12).

2.2.2 RÉSULTATS

Les résultats des tests de qualité du modèle sont très satisfaisants (valeurs médianes de l'AUC à 0.88 et du TSS à 0.63).

Comme le souligne la Figure 13, les précipitations ont la plus grande influence relative sur l'adéquation entre état de l'habitat et présence de l'oiseau, suivies par la pollution lumineuse. La probabilité d'apparition de la bécasse atteint son maximum à environ 14 cm de précipitations mensuelles moyennes (Figure 14) alors que l'augmentation de la pollution lumineuse altère considérablement la qualité de son habitat. Le pourcentage de feuillus (optimum entre 20 et 25%) est également une variable importante, surtout aux résolutions de 500 m et 1 km. Les influences de la strate arbustive (optimum entre 15 et 20%) et de la rugosité du sol sont quasi identiques dans le modèle. L'indice d'humidité et la hauteur moyenne de la végétation ont une influence quasi insignifiante. En général, il existe des différences assez importantes entre la résolution la plus élevée (100 m) et les résolutions moyenne (500 m) et grossière (1 km). À la résolution la plus élevée, cette différence est extrêmement prononcée et inverse pour les précipitations et la proportion de feuillus.

La projection des résultats sur carte souligne que la proportion d'habitats favorables à la bécasse des bois dans l'Arc jurassien augmente d'est en ouest et que les concentrations les plus fortes se situent dans le Jura neuchâtelois (vallée de la Brévine notamment) et dans la Vallée de Joux (VD).

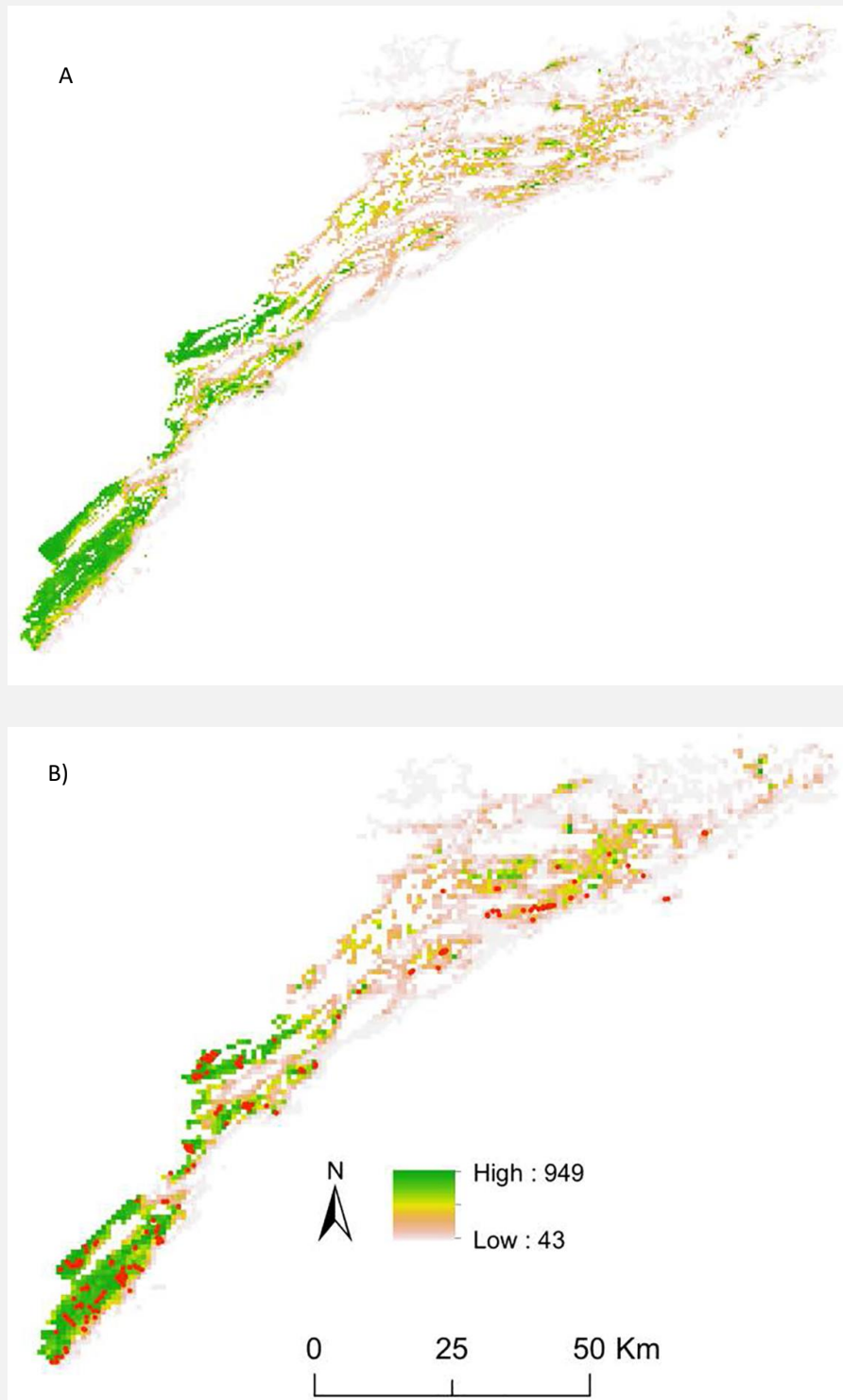


Figure 12: Prédiction spatiale de l'adéquation de l'habitat pour la Bécasse des bois dans la région biogéographique du Jura (à l'exclusion des Randen, SH) aux résolutions spatiales (échelles) de 500 m (A) et 1000 m (B). Les points rouges en (B) indiquent les endroits où la bécasse a été observée et qui ont été utilisés pour la modélisation. La prédiction a été effectuée uniquement pour les zones (cellules de la grille) ayant une couverture forestière d'au moins 33 %. Les observations dans la région d'Unterberg-Bettlachstock ne sont que modérément prédites par le modèle

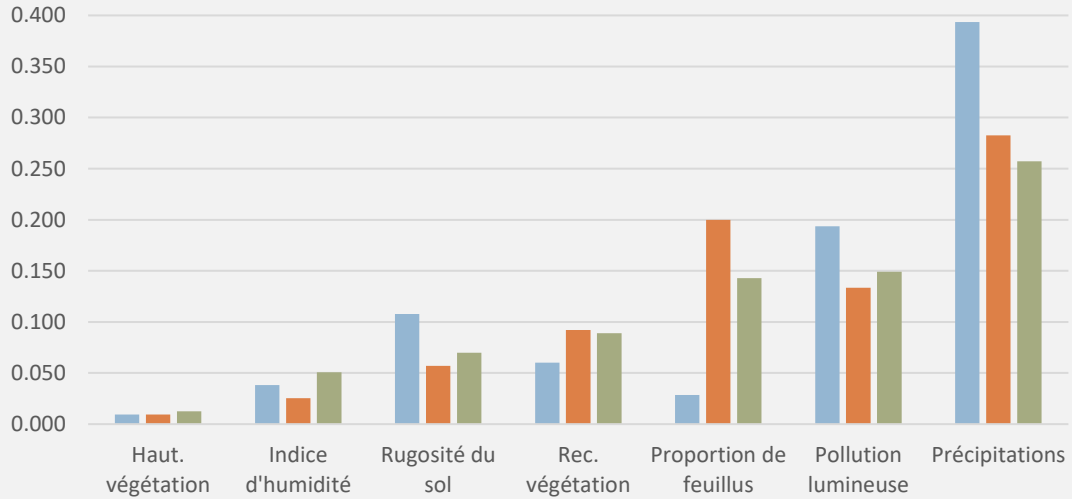


Figure 13: Influence relative des différentes variables aux 3 résolutions retenues (1ha en bleu, 25 ha en orange foncé, 1 km2 en olive).

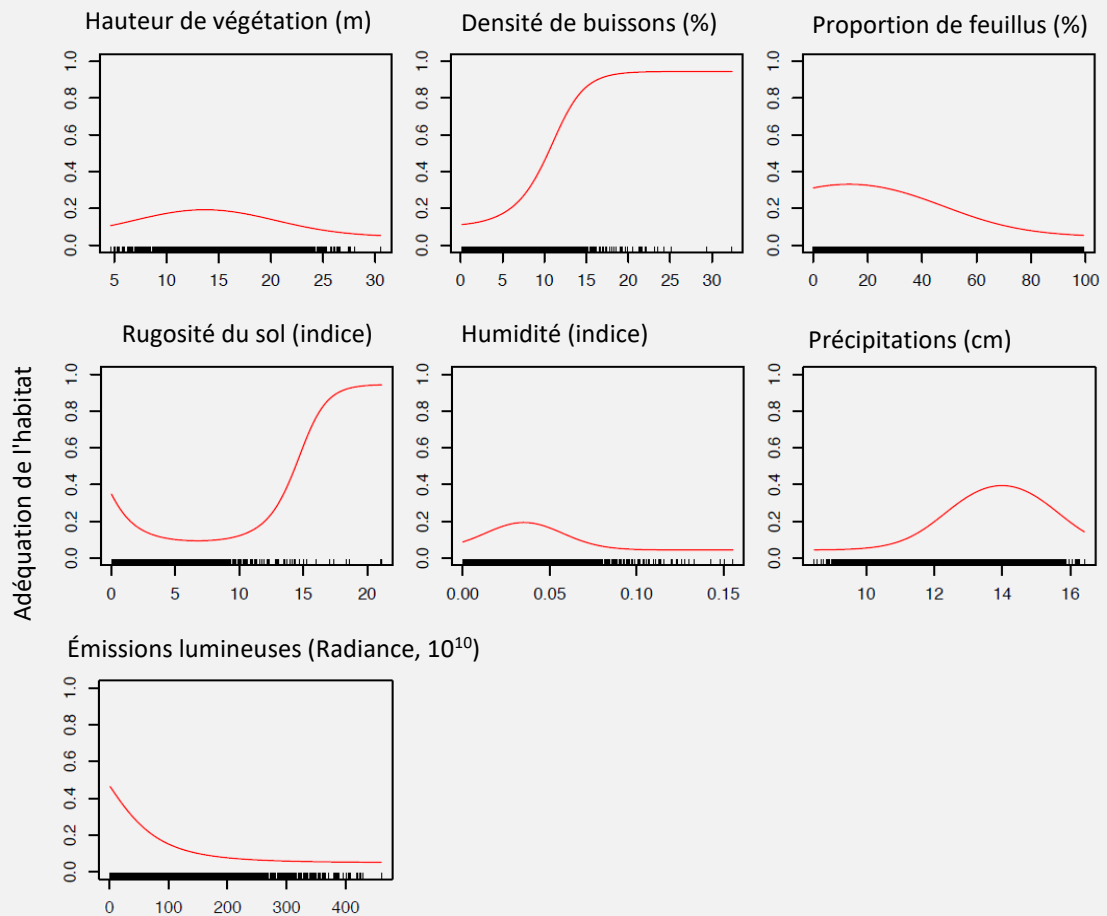


Figure 14: Courbes de réponse de la bécasse des bois aux variables explicatives.

2.2.3 COMMENTAIRES

La préférence de la bécasse pour les grands massifs forestiers d'un seul tenant (Glutz von Blotzheim, 1986) est confirmée par le modèle d'habitat de la zone d'étude. En outre, la probabilité d'occurrence de l'espèce dans la région augmente avec la proportion de hêtraies à sapins et de pessières sapinières. La qualité de l'habitat augmente dans la zone d'étude avec l'augmentation des valeurs des précipitations et diminue à nouveau lorsque les valeurs sont très élevées. Cela est probablement dû au fait que les bécasses trouvent plus facilement leur nourriture dans les habitats humides et sont donc dépendantes des forêts bien arrosées en relief karstique. L'intérêt décroissant des niveaux de précipitation élevés peut être lié à la baisse d'abondance et d'activité des vers de terre à haute altitude en raison des températures plus basses du sol (Cortez, 1998).

L'effet négatif de la pollution lumineuse sur la probabilité d'apparition de la bécasse n'est pas surprenant. En tant qu'oiseau timide à activité crépusculaire et nocturne, son rythme circadien risque en effet d'être perturbé tout comme sa perception ou son orientation nocturne dans le terrain. Il est également probable que le risque de prédation augmente en conditions artificiellement éclairées comme c'est le cas pour d'autres espèces nocturnes (Vasquez, 1994). La pollution lumineuse peut en outre péjorer le budget temps-énergie de la bécasse pour la recherche de nourriture, les prairies et les pâturages, plus riches en vers de terre que les forêts, étant visités plus tard ou pas du tout s'ils sont artificiellement éclairés (Braña, et al., 2010). D'autre part, l'intensité de la pollution lumineuse est corrélée à la densité de construction dans la zone d'étude et donc indirectement à la surface forestière disponible qui est plus importante dans le Jura occidental que dans le Jura oriental. Il est donc possible que d'autres facteurs d'origine anthropique engendrés par les fortes densités de population humaine puissent influencer négativement la probabilité de présence de la bécasse, tel que notamment le dérangement croissant induit par l'augmentation des activités sportives ou de loisir en forêt.

Les résultats soulignent que la structure de la forêt et que la composition du peuplement sont des variables structurelles de l'habitat importantes pour la bécasse à l'échelle régionale. L'effet positif d'un fort recouvrement de strate arbustive, comme l'ont démontré Braña et al. (2013), est dû au couvert offert pour le repos diurne, la recherche de nourriture et la nidification. En outre, il peut avoir un effet positif sur les propriétés et l'humidité du sol et donc favoriser l'accès à la nourriture. Le taux de recouvrement de la strate arbustive est aussi un indice indirect du degré de fermeture de la canopée. La forte diminution de la qualité de l'habitat quand le recouvrement de la strate arbustive est < 15% indique que les forêts dont la canopée est très fermée sont moins favorables. Selon nos analyses, une proportion de feuillus oscillant entre 0 et 30% est optimale pour la bécasse. Le fait qu'une assez forte proportion de feuillus soit favorable est probablement dû au fait que la litière de feuilles favorise les communautés de décomposeurs et augmente ainsi la disponibilité et l'accessibilité de la nourriture pendant la journée. Ndlr : Il serait toutefois téméraire de déduire de ces résultats que des proportions de feuillus supérieures à 30% sont défavorables à l'espèce. Son ancienne présence dans des forêts humides du plateau (frênaies notamment), où la proportion de feuillus est beaucoup plus élevée, encourage à la prudence.

La rugosité du sol n'a, d'après ces résultats, qu'une faible influence sur la présence de bécasse. Il est probable que les résolutions adoptées pour ces analyses sont trop grossières pour montrer des effets microtopographiques.



Ces résultats sont utiles pour fixer certaines priorités régionales et isolent certains facteurs environnementaux et structures d'habitats importantes pour la présence de l'espèce. Ils souffrent toutefois d'un biais puisque les données de présence utilisées sont essentiellement des sites de croule. Bien qu'ils se situent dans les zones d'itinérance de l'espèce, ils n'ont qu'un lien ténu avec ses refuges diurnes estivaux. Ces résultats ne permettent donc que de décrire les caractéristiques générales de l'habitat de l'oiseau.

3 ÉCO-ÉTHOLOGIE DE LA BÉCASSE DES BOIS EN PÉRIODE DE REPRODUCTION

3.1 UTILISATION DE L'HABITAT PAR LA BÉCASSE DES BOIS DANS LE JURA NEUCHÂTELOIS

Ce chapitre résume les méthodes et les principaux résultats présentés dans le troisième rapport complémentaire (Homberger, et al., 2020).

L'habitat préférentiel de la bécasse des bois en période de reproduction est très mal connu car la plupart des études réalisées sont basées sur la localisation de mâles en croule et les résultats publiés ainsi relatifs à des secteurs forestiers visités pour la parade nuptiale. Or ces derniers ne correspondent pas nécessairement à ceux préférés par l'oiseau pour se nourrir ou se reproduire. Seuls Hirons & Johnson (1986) en Angleterre et Brügger & Estoppey (2008) dans les Préalpes vaudoises (petit échantillon de 6 oiseaux suivis) ont utilisé la télémétrie et ont donc pu localiser des bécasses hors de leurs sites de parade nuptiale nocturne.

La rareté des données disponibles sur les structures forestières préférentielles de la bécasse pendant la saison de reproduction a, en 2015, poussé la Station ornithologique suisse à investir des fonds importants dans le projet national sur la Bécasse des bois en coordination avec info fauna. Elle s'est ainsi fortement investie dans la partie la plus importante du projet à savoir une étude télémétrique à petite échelle et à l'échelle locale dans le Jura neuchâtelois. Des oiseaux capturés au filet et équipés d'émetteurs ont été régulièrement suivis et la structure fine des sites où ils ont fréquemment séjourné a été analysée afin d'obtenir la description la plus précise possible de l'habitat forestier préférentiel de la bécasse en période de reproduction.

3.1.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1.1.1 MÉTHODE DE SUIVI

En 2016 et 2017 une cinquantaine de bécasses ont été capturées au haut-filet ou à l'épuisette, pesées, photographiées et munies d'émetteurs VHF (TW3, 9 g, Biotrack, environ 3% du poids corporel) puis relâchées. Entre avril et juillet les oiseaux ainsi équipés ont été régulièrement localisés entre 7 et 19 heures par triangulation grâce aux antennes fixes et mobiles utilisées. L'objectif était d'obtenir au minimum un point tous les trois jours pour chaque individu suivi. Chaque point a été enregistré sur tablette sur le terrain et sa précision évaluée et saisie par catégorie. Les recherches ont été effectuées de jour puisque la bécasse a une activité essentiellement diurne en période de reproduction comme l'ont souligné plusieurs auteurs (Brügger & Estoppey, 2008; Ferrand & Gossmann, 2009; Braña, et al., 2013) et comme l'ont confirmé les pointages effectués de nuits sur certains individus.

3.1.1.2 ANALYSE DE L'HABITAT, PROCÉDURE

L'analyse des préférences de la bécasse des bois en matière d'habitat a été effectuée à deux niveaux. Le premier visait à définir dans quels peuplements forestiers de la zone d'étude les bécasses établissent leur domaine vital et en quoi ces peuplements diffèrent de ceux dans lesquels elles n'en établissent pas. Le second visait à définir et à décrire les zones des domaines vitaux fortement ou plus faiblement utilisées par les bécasses. Elle a été réalisée par étapes :

- détermination de l'habitat disponible pour la bécasse dans la zone d'étude par la méthode du polygone convexe minimum englobant tous les points de localisation des oiseaux suivis durant les périodes de reproduction 2016 et 2017 ;
- délimitation au sein de l'habitat disponible du domaine vital de 20 mâles, eux-mêmes divisés en trois zones concentriques de densité de points de localisation, donc d'utilisation, décroissante (30% des points = intensément utilisée; 60% = moyennement ; 95% = faiblement) par la méthode « Kernel density » (Worton, 1989; Calenge, 2006) ;
- choix des points permettant la description de l'habitat soit : 20 points répartis de manière homogène dans les trois zones d'utilisation décroissante du domaine vital de chaque mâle retenu (400 points au total) et choix de 200 points complémentaires (pseudo-absences) choisis pour comparaison dans des zones de forêts dans lesquelles, toutes données confondues, aucune bécasse n'a été observée en 2016 et 2017 ;
- relevé des variables descriptives de l'habitat autour des 600 points ainsi définis et prise en compte de variables complémentaires de différentes couches d'informations digitales existantes ;
- analyse statistique des données recueillies afin de mettre en évidence les variables explicatives au moyen de fonctions de sélection (Manly, 2004) et d'utilisation de ressources (Marzluff, et al., 2004). Les résultats obtenus permettent d'isoler les variables influençant d'une part la présence des domaines vitaux des oiseaux dans la région d'étude et d'autre part l'intensité d'utilisation de certaines zones au sein de ces domaines vitaux.

3.1.1.3 ANALYSE DE L'HABITAT, VARIABLES RETENUES

Les 20 variables environnementales choisies pour décrire l'habitat de la bécasse (voir Tableau 3) touchent à la structure de la végétation (recouvrement de la strate herbacée, densité de la strate arbustive, degré d'ouverture de la canopée, proportion de feuillus), à la nature du sol (pH, humidité), à la diversité des microstructures (nombre de troncs, de souches, surface couvertes par des branches au sol...) et à la présence d'éléments potentiellement perturbateurs (longueurs de routes et chemins, pollution lumineuse...). Elles ont pour la plupart été évaluées sur le terrain par pointage au centre et/ou aux quatre coins d'un carré de 40 m de diagonale (800 m²) ou estimées à l'échelle de l'ensemble ou de la moitié de sa surface (voir annexe 3).

Tableau 3: variables descriptives de l'habitat choisies et retenues dans le modèle avec leur influence : positive (+), négative (-) ; PT: Exigences des domaines vitaux ; UI: intensité d'utilisation ; voir annexe 3 pour plus de détails.

| Prédicteurs | Surface considérée | Source | Retenue | PT | IU |
|--|--------------------------------|-------------------|---------|------------------------|------------------------|
| Recouvrement de la végétation herbacée à 10 cm du sol | 5 x 1 m ² | terrain | oui | (-) significative | (-) significative |
| Degré de saturation de la strate arbustive à 2 m du sol | 4 mesures / 800 m ² | terrain | oui | (+) significative | non significative |
| Degré de fermeture de la canopée évaluée sur photo verticale | 5 mesures / 800 m ² | terrain | oui | non significative | (-) significative |
| Proportion de feuillus | 100 m ² | Swisstopo 1:25000 | oui | non significative | non significative |
| pH du sol | 5 x 1m ² | terrain | oui | optimum 5.5-6 | (-) très significative |
| Humidité du sol | 5 x 1m ² | terrain | non | | |
| Présence de pétasites (aucune; quelques pieds; en taches) | 800 m ² | terrain | oui | (+) très significative | non significative |
| Nombre de souches | 400 m ² | terrain | oui | non significative | non significative |
| Nombre de troncs couchés | 400 m ² | terrain | oui | non significative | non significative |
| Nombre d'assiettes racinaires | 400 m ² | terrain | non | | |
| Surface avec branches mortes | 400 m ² | terrain | oui | (-) significative | non significative |
| Nombre de pierres affleurantes | 400 m ² | terrain | non | | |
| Surface de lapiez | 400 m ² | terrain | oui | (+) significative | non significative |
| Présence / absence de mur en pierres sèches | 400 m ² | terrain | non | | |
| Présence / absence de réservoirs d'eau | 800 m ² | terrain | non | | |
| Présence / absence de fossés, puits | 800 m ² | terrain | non | | |
| Mètres de routes revêtues | rayon de 500 ou 100 m | Swisstopo 1:25000 | oui | (-) significative | (-) significative |
| Mètres de chemins de terre | rayon de 500 ou 100 m | Swisstopo 1:25000 | oui | (+) très significative | non significative |
| Mètres de lisière | rayon de 500 ou 100 m | Swisstopo 1:25000 | oui | (-) significative | (-) significative |
| Pollution lumineuse | par km ² | DMSP | oui | (-) | |

3.1.2 RÉSULTATS

3.1.2.1 RÉSULTATS TÉLÉMÉTRIQUES GÉNÉRAUX

La taille moyenne des domaines vitaux des mâles pendant la saison de reproduction fut de 164 ha en 2016 et 129 en 2017 (min 50, max 270). De fortes variations individuelles ont existé entre mâles dans leur utilisation de l'espace: certains utilisèrent le même domaine vital les deux années ; d'autres en changèrent la seconde année et d'autres encore en utilisèrent plusieurs parfois éloignés de plusieurs km la même année. Les oiseaux ont globalement occupé les mêmes sites de jour comme de nuit et n'ont jamais été localisés hors forêt pendant la période de reproduction. L'activité des oiseaux fut très intense en journée.

3.1.2.2 INFLUENCES DE LA STRUCTURE DE LA VÉGÉTATION

- l'oiseau choisit préférentiellement des zones où le recouvrement de la strate herbacée à 10 cm du sol est faible pour établir son domaine vital et pour son activité au sein de son domaine vital ;
- l'oiseau choisit préférentiellement des zones où la densité de la strate arbustive est importante pour l'établissement de son domaine vital ;
- au sein de leur domaine vital les oiseaux préfèrent les zones où le degré de fermeture de la canopée est faible ; l'effet négatif s'accélère à partir d'un degré de couverture dépassant 75%.

3.1.2.3 NATURE DU SOL

- l'oiseau choisit préférentiellement des zones où les pétasites (*Petasites albus*), indicatrices d'humidité du sol, sont présentes pour l'établissement de son domaine vital ;
- l'oiseau choisit préférentiellement des zones dont le pH du sol oscille entre 5.5 et 6 pour l'établissement de son domaine vital ; au sein de son domaine vital il tend à éviter les zones dont le pH est plus élevé.

3.1.2.4 MICROSTRUCTURES

- pour l'établissement de son domaine vital l'oiseau choisit préférentiellement les zones avec des surfaces de lapiez et tend à éviter les zones recouvertes de branches mortes.

3.1.2.5 PERTURBATIONS POTENTIELLES

- l'oiseau choisit préférentiellement des massifs forestiers peu fragmentés où la pollution lumineuse est faible pour l'établissement de son domaine vital ; il utilise en outre préférentiellement les zones éloignées des lisières ;
- les routes asphaltées influencent négativement l'établissement des domaines vitaux de par les effets de fragmentation et de dérangement qu'elles induisent, contrairement aux chemins de terre.

3.1.2.6 COMMENTAIRES

Les résultats de cette étude montrent que la Bécasse préfère les grandes forêts peu fragmentées, humides, sur sol au pH moyen et avec une strate arbustive bien développée. La majorité des autres facteurs retenus (densité de la strate arbustive, présence d'indicateurs d'humidité, surface de lapiez, tas de branches, pollution lumineuse et mètres linéaires de routes goudronnées et de chemins de

terre) n'influence que le choix des zones où elle établit son domaine vital. Le degré de fermeture de la canopée à l'inverse influence l'intensité de l'utilisation des différents secteurs d'un domaine vital et pas le choix de son emplacement. Trois variables influencent le choix de l'emplacement du domaine vital et l'intensité d'utilisation de secteurs en son sein: le recouvrement de la strate herbacée, le pH du sol et la longueur des lisières avoisinantes.

3.1.2.7 VÉGÉTATION

De bons habitats doivent selon ces résultats présenter une strate arbustive assez dense et une strate herbacée lacunaire, ce qui confirme les résultats de Brügger & Estoppey (2008). Les résultats démontrent aussi qu'une dense strate arbustive caractérise non seulement les sites de croule (voir chapitre précédent) mais également les sites où l'oiseau se nourrit. Et il est probable que cette préférence est liée au besoin vital de l'espèce d'échapper à tout repérage visuel (Braña, et al., 2013). Les raisons qui peuvent expliquer que cette variable n'influence pas l'intensité d'utilisation des différents secteurs des domaines vitaux sont les suivantes :

- l'effet existe mais est caché par les faibles variations de densité de la strate arbustive au sein des domaines vitaux ;
- la bécasse n'a pas de réelles préférences quand elle se nourrit, mais s'assure qu'un couvert est à proximité afin de pouvoir s'y réfugier en cas de danger (attaque d'autour par ex.) ;
- les mâles préféreraient les fortes densités de strate arbustive car ces dernières seraient importantes pour les femelles et leurs jeunes ; les rares données concernant le comportement des femelles en période de reproduction montrent que les nids sont souvent aménagés dans les domaines vitaux des mâles (Leischnig, 1980; Hiron, 1983).

La bécasse préfère non seulement les forêts à dense strate arbustive mais aussi à strate herbacée lacunaire qui, d'après nos résultats, influence le choix de l'emplacement du domaine vital et celui des secteurs les plus intensivement utilisés. Il est probable que cette préférence, déjà mise en évidence par d'autres études (Hiron & Johnson, 1986; Hoodless & Hiron, 2007; Brügger & Estoppey, 2008) résulte non seulement du fait qu'une dense strate herbacée entrave les déplacements au sol mais qu'elle complique aussi la recherche de nourriture pour les oiseaux âgés et les jeunes (Ferrand & Gossmann, 2009).

La corrélation existant entre la présence de domaines vitaux et l'abondance de péta sites est probablement due au fait que sa présence est un indicateur de sols riches en nutriments et humides en permanence, même pendant l'été (Landolt & Bäumler, 2010). En outre dans ces sols la quantité de vers de terre et de larves d'insectes est plus élevée que dans d'autres sols (Duriez, et al., 2005). Cette corrélation n'est pas en contradiction avec celle discutée au paragraphe précédent. En effet, dans la zone d'étude les peuplements de péta sites ne couvraient qu'une infime partie de l'habitat disponible. Cette corrélation exprime au contraire une double exigence de l'oiseau en termes d'habitat : une strate herbacée lacunaires et la présence de plages de sol humide.

3.1.2.8 NATURE DU SOL

Les bécasses préfèrent les forêts dont le sol a un pH légèrement acide (5-6) et semblent éviter à la fois les sols très acides et plus alcalins. Cela peut s'expliquer par le fait que dans les sols légèrement acides l'offre alimentaire est idéale (Duriez, et al., 2005; Hoodless, et al., 2009). Les vers de terre montrent des préférences spécifiques pour les valeurs de pH du sol. Or les espèces communes qui s'enfoncent profondément dans le sol (vers anéciques), importantes en termes de ressources alimentaires pour la bécasse en raison de leur taille, utilisent des sols modérément acides avec des valeurs de pH >5 (Jänsch, et al., 2013). Ndlr : en région calcaire le pH du sol dépend de son niveau d'évolution (un sol évolué a un pH plus faible [4.5-6] qu'un sol peu évolué [6-8]) et de son indépendance de la roche mère, donc de sa profondeur. Or les sols évolués (à horizon organo-minéral bien développé) et profonds sont plus favorables à la macrofaune dont se nourrit la bécasse (vers de terre anéciques et épigés notamment) que ceux qui le sont moins (Gobat, et al., 2010). Ce fait a été confirmé en 2018 grâce à un travail de master développé dans la zone d'étude. Venetz (2019) a montré que la biomasse et densité des vers de terre était maximale à des valeurs de pH du sol proche de 6.

3.1.2.9 MICROSTRUCTURES

Les bécasses établissent préférentiellement leur domaine vital dans des zones de lapiez et ceci probablement autant pour le couvert que pour les ressources alimentaires qu'offrent leurs anfractuosités. L'oiseau peut en effet aisément s'y déplacer et trouver dans les sols organiques humides qu'elles renferment les organismes dont elle se nourrit et ceci même en période sèche. L'utilisation des zones de lapiez par la bécasse a été confirmée par les suivis télémétriques. Les fortes fluctuations d'intensités de signal des individus suivis ont prouvé non seulement que les oiseaux étaient actifs mais passaient périodiquement dans des zones (trous) entraînant une baisse d'intensité voire la disparition du signal.

L'influence négative des amas de branches au sol sur le choix des zones d'établissement d'un domaine vital s'explique simplement par la forte entrave aux déplacements au sol qu'ils génèrent.

3.1.2.10 PERTURBATIONS

La pollution lumineuse influence négativement la présence de la bécasse. Les principales raisons qui l'expliquent ont été soulignées au chapitre précédent, nous n'y revenons pas ici.

La longueur de lisière, qui d'après ces résultats influence négativement le choix des zones d'établissement d'un domaine vital, est l'expression indirecte du niveau de fragmentation du massif forestier. Or, une forêt fragmentée est plus souvent visitée par les prédateurs (Marini, et al., 1995), l'homme et ses animaux de compagnie. Eviter les forêts les plus fragmentées représente donc pour la bécasse un moyen de minimiser prédation et dérangement.

La bécasse évite les forêts à forte densité de routes asphaltées. Leur largeur et leur degré d'utilisation par l'homme doivent jouer un grand rôle, notamment comme barrière aux déplacements. Il a aussi été démontré que la densité des prédateurs à la recherche d'animaux accidentés était augmentée le long des routes à fort trafic (Planillo, et al., 2018).



Les chemins de terre influencent positivement le choix des zones d'établissement d'un domaine vital. Le plus souvent beaucoup moins fréquentés que les routes asphaltées, voire interdits de circulation, ils ne représentent pas de véritables barrières. Souvent parsemés d'ornières qui restent en eau ou humides longtemps après les précipitations ils peuvent donc être favorables à l'oiseau dans sa recherche de nourriture (Brüngger & Estoppey, 2008; Lanz, 2008). Enfin ces chemins représentent des voies de déplacement faciles (strate herbacée lacunaire) et assez sûres (bonne vision assurée par l'ouverture de la canopée, couleurs ne nuisant pas au camouflage de l'oiseau).

3.1.2.11 QUESTION OUVERTE

Les résultats de cette étude reflètent essentiellement l'utilisation de l'espace par les mâles. Cependant, les habitats des mâles et des femelles semblent au moins en partie se recouper pendant la saison de reproduction (Hiron & Johnson, 1986), les mâles s'accouplant dans des zones choisies par les femelles (Hiron, 1983). Les quelques données qui existent sur le comportement des femelles soulignent toutefois leur très forte sensibilité en période de nidification. Toute perturbation peut les pousser à abandonner leur couvée et à s'éloigner parfois loin de leur site de nidification initial pour tenter une seconde nichée (Hiron, 1983), ce que confirment les observations faites au cours de cette étude sur une des rares femelles qui a pu être suivies (voir chapitre suivant).



3.2 COMPORTEMENT D'UNE FEMELLE EN PÉRIODE DE REPRODUCTION

3.2.1 INTRODUCTION

Les connaissances sur le comportement des bécasses femelles et sur leur mode de sélection de sites de nidification sont particulièrement lacunaires, en raison surtout des difficultés de localisation des femelles et des nichées (Ferrand & Gossmann, 2009). Par conséquent, le suivi de femelles et la description de leurs habitats fut un des axes prioritaires de ce projet. Malheureusement seules trois femelles ont pu être capturées au cours des quatre ans qu'a duré l'étude. De ces trois femelles, une seule était adulte et a pu être suivie en période de reproduction.

Le suivi de cette femelle visait la description de son comportement en période de reproduction, le suivi de sa nidification et le cas échéant le suivi de la ou des nichées de l'année.

3.2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La femelle a été capturée sur un site de croule le 5 avril 2018 au moyen d'un filet bas quelques minutes avant le début de parade alors qu'elle effectuait un vol silencieux. Ce comportement fut relevé à plusieurs reprises durant son suivi.

Elle a été équipée d'un émetteur VHF Biotrack et a été suivie quotidiennement durant la période de nidification. Ce suivi a été effectué au moyen d'un enregistreur automatique afin d'interférer le moins possible dans les phases de couvaion et de réduire au maximum les risques de prédation.

3.2.3 RÉSULTATS

Après avoir été équipée la femelle a quitté le site de capture. Elle fut retrouvée le 10 avril 2018 dans un massif localisé à 18 kilomètres de là (Figure 15). Elle y est restée jusqu'au 20 avril. Durant cette période, elle fut observée en couple avec un mâle également équipé d'un émetteur pendant au moins deux jours.

Au cours de la saison, elle a toujours démarré une couvée quelques jours après avoir été observée en couple. Sur ce site, sa découverte en couple et ses faibles déplacements suggèrent qu'elle ébaucha une nidification sans toutefois aller jusqu'à la couvaion.

Elle s'est ensuite déplacée de sept kilomètres dans un massif forestier dans lequel elle ne resta que peu de temps avant de se déplacer dans un autre distant de deux kilomètres. Elle y séjourna du 26 avril au 12 mai. Très rapidement, elle se fixa dans un site proche de la lisière et n'en bougea quasiment plus. La ponte débuta autour du 3 mai, soit 7 jours environ après son arrivée. Le nid était situé sous des grands épicéas dans une zone de débardage âgée de 2 ans, à 30 m de la lisière et de la prairie avoisinante. De nombreuses branches jonchaient le sol et de petits bosquets de régénération de hêtres étaient présents. Le nid se situait à la limite d'un de ces bosquets et de résidus de coupe.

La couvaion fut suivie à distance via la pose d'un enregistreur automatique jusqu'au 12 mai, date à laquelle le nid fut détruit par un prédateur. Les restes de coquilles de 4 œufs gisaient dans la cuvette



du nid (Figure 16). Le prédateur impliqué est probablement un mustélidé au vu des traces de petits crocs laissées sur les coquilles mâchées.

Le 13 mai, elle fut à nouveau détectée dans le massif précédemment visité de manière temporaire. Le 14 mai, elle était à nouveau en couple avec un autre mâle suivi dans un nouveau massif. Elle y resta jusqu'au 29 mai. Vers le 19 mai, elle s'installa pour nicher dans une clairière au milieu d'un tas de branches à trois mètres d'un chemin forestier à partir duquel elle était visible (Figure 18). La couvaison fut à nouveau suivie par enregistreur automatique. Durant la couvaison elle quitta généralement le nid trois fois par jour : durant l'heure précédant le lever du jour, à la mi-journée (11h-14h) et durant l'heure suivant le coucher du soleil. Dans la nuit du 28 au 29 mai (nuit avec de gros orages), de manière inhabituelle le logger enregistra plusieurs allers et retours de l'oiseau. Le 29 mai, la femelle changeait de massif forestier après avoir abandonné le nid. Le 30 mai, les trois œufs froids furent retrouvés regroupés à 50 centimètres en contre-bas du nid, probablement emportés par les eaux de ruissellement dues à l'orage (Figure 17).

Entre le 29 mai et le 8 juin elle se cantonna à une zone plutôt humide très proche d'une prairie et ne sembla pas en bouger la nuit. Le 8 juin elle se déplaça d'un kilomètre vers le nord. Elle y est restée jusqu'au 1er juillet. Le 12 juin une autre bécasse décolla de la zone où se trouvait la femelle, qui elle ne bougea pas. A partir du 13 juin elle fut localisée plusieurs jours de suite dans le même carrefour de layon de débardage envahi de framboisiers. Elle avait déjà au moins pondu un œuf. Sur ce site, elle effectua ses trois allers-retours quotidiens. Les données obtenues par enregistreur automatique ont, à deux reprises, été confirmées par des images récoltées au moyen d'un piège-photographique. Une visite sur le site après son départ le 1^{er} juillet permit de retrouver une cuvette vide sous les framboisiers. Ce troisième nid se trouvait donc dans un habitat différent des deux premiers.

Le 1^{er} juillet la femelle retourna dans le massif forestier où elle avait été capturée. Elle y séjourna la majeure partie du mois de juillet et y a commença sa mue. Elle se déplaça une fois encore à partir du 10 août et rejoignit un massif forestier proche du secteur de sa deuxième tentative de nidification.

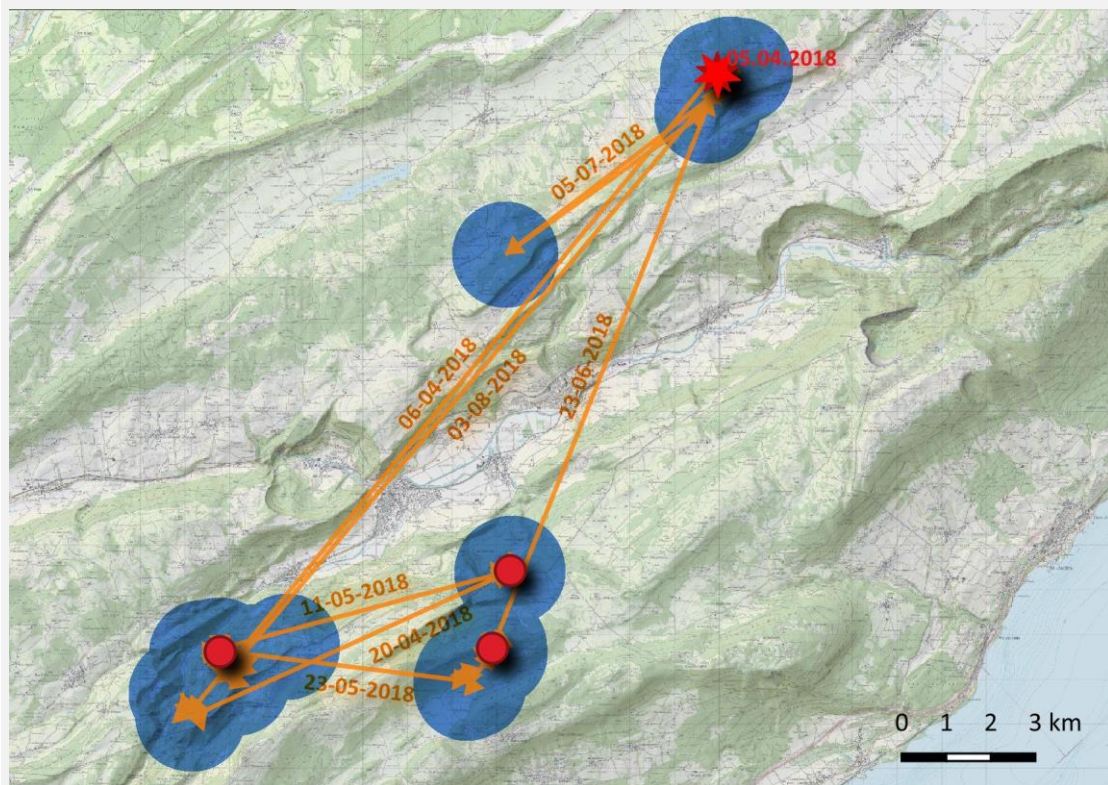


Figure 15: mouvements de la femelle suivie entre avril et septembre 2018. Les secteurs bleus identifient les massifs forestiers utilisés. L'étoile rouge localise le site de capture. Les points rouges localisent les tentatives de nidification. Les flèches orange illustrent les déplacements entre les secteurs aux dates indiquées.



Figure 16: 1^{er} nid détruit par un mustélide.



Figure 17: Œufs charriés hors du deuxième nid lors d'un épisode orageux.



Figure 18: Femelle en train de couvrir dans une clairière forestière. La flèche permet de localiser la femelle.

3.2.4 DISCUSSION

Si le suivi d'une seule femelle ne permet pas de définir avec précision le comportement de nidification de la Bécasse des bois dans le Jura suisse, il a toutefois apporté de précieuses informations sur la nature et la structure des environs immédiats des nids, sur le nombre de coquetées réalisables et sur son comportement pendant la couvaison.

Les trois tentatives de nidification de cette femelle ont eu lieu dans trois types d'habitats différents mais toujours à proximité immédiate de places de croule. Ce constat appuie non seulement l'idée que l'habitat des femelles recoupe bien celui des mâles (voir chapitre précédent) mais également que les femelles dérangées en période de nidification « choisissent » si elles se déplacent des sites qu'elles connaissent potentiellement favorables aux mâles.

Il est possible que cette femelle ait fait quatre tentatives de nidification. En effet, son comportement lors de sa capture correspondait à celui observé ensuite durant les tentatives de nidification suivies par télémétrie. De plus, il est avéré que les bécasses jurassiennes commencent de nidifier avant le 5 avril. Il est en outre également possible qu'elle ait débuté une ponte entre le 12 et le 20 avril puisqu'elle fut observée en compagnie d'un mâle et que son comportement fut similaire à celui observé par la suite lors des trois tentatives de nidification documentées. Le démarrage d'une ponte de remplacement en cas d'échec était déjà connu (Ferrand & Gossmann, 2009), tout comme l'utilisation de sites distants les uns des autres. Par contre, il ne semble pas que des tentatives multiples soient documentées.

Minimum trois tentatives de nidification observées, trois échecs constatés. Si le hasard ou la malchance ne peuvent pas être exclus pour expliquer ce triste constat, il est aussi possible que le suivi entrepris y ait participé. En effet, malgré les précautions prises (suivi à distance au moyen d'un enregistreur automatique), les allées et venues nécessaires tous les 3 jours pour le changement des batteries et le relevé des données enregistrées ont pu faciliter le repérage des nids par les prédateurs.

Le suivi de cette femelle confirme la plasticité de l'espèce quant au choix de l'emplacement du nid. Ceux choisis par cette femelle correspondent à ceux documentés dans la littérature (Ferrand & Gossmann, 2009). Les trois étaient localisés à proximité de chemin forestiers ou de lisières dans une zone de structure très hétérogène ménageant à la fois couvert (branches au sol, recrû de hêtre, framboisiers) et bonne visibilité des alentours pour l'oiseau.



3.3 DESCRIPTION DE NIDS

3.3.1 INTRODUCTION

La caractérisation des emplacements choisis par les bécasses pour l'implantation de leur nid revêt une importance particulière pour la prise en compte de l'espèce dans les mesures de gestion forestière. L'objectif de ce volet est de caractériser les différents sites dans lesquels des nids furent trouvés de manière fortuite durant le projet.

3.3.2 MÉTHODES

3.3.2.1 LOCALISATION DES NIDS ET NICHÉES

L'ensemble des nids et nichées nous ont été signalés par des chasseurs, des gardes forestiers et par des agents de l'ONCFS du département du Doubs. Trois nids ont également été localisés lors du suivi télémétrique d'une femelle équipée. Les nichées ont été découvertes lors de recherches au chien d'arrêt ou de manière accidentelle. Les nids ou nichées annoncés étaient situés aussi bien dans le Jura (forêts du Risoux, Creux du Van) que dans les Préalpes fribourgeoises (1 nid) et dans les Alpes grisonnes (1 nid).

3.3.2.2 DESCRIPTION DES HABITATS

Pour chaque emplacement de nids ou de nichées annoncé différentes variables environnementales ont été relevées sur le terrain en suivant le même protocole que celui développé en 2017 pour la description des domaines vitaux des bécasses suivies par télémétrie (Rocheteau, et al., 2018). La distance à la lisière la plus proche a été mesurée sur SIG (ArcMap 10.5 ESRI) à partir des orthophotos 2017. Les distances à la route carrossable ainsi qu'au sentier ou chemin forestier non-carrossable les plus proches ont été mesurées sur SIG à partir des données TLM 3D de Swisstopo.

3.3.3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dix nids et 7 nichées ont été signalés durant le projet. Les caractéristiques de l'habitat ont été relevées avec le même protocole pour 7 nids et 3 nichées.

Les nids ont généralement été trouvés à moins de 50 m d'une lisière (Figure 19) et à plus grande distance des chemins non carrossables et des sentiers. L'échantillonnage est toutefois trop faible pour confirmer ou infirmer ce dernier fait. Un biais d'échantillonnage n'est en outre pas exclu car la majorité des nids ont été trouvés lors de balades de chasseurs le long de chemins forestiers. Ce qui tendrait toutefois à confirmer que la distance avec les chemins soit plus grande.

Les nids étaient soit localisés dans de faibles pentes dans le Risoux, soit dans des pentes fortes (Figure 21), généralement exposées au nord-ouest (Figure 20). Ce dernier fait corrobore l'une des tendances générales soulignées au chapitre 2 à savoir la préférence de l'oiseau pour les versants d'exposition nord.

Le recouvrement de la strate herbacée variait beaucoup entre les 7 nids allant de moins de 10 % à près de 80 % de couverture (Figure 24). Le pH moyen relevé était de 5.8 ce qui correspond au pH moyen des hêtraies sapinières.

La présence de bois mort au sol, la présence de buissons (framboisiers ou myrtilliers) ou de recrûs de hêtre était récurrente à proximité immédiate des nids. Ces éléments garantissent une protection contre les rapaces.

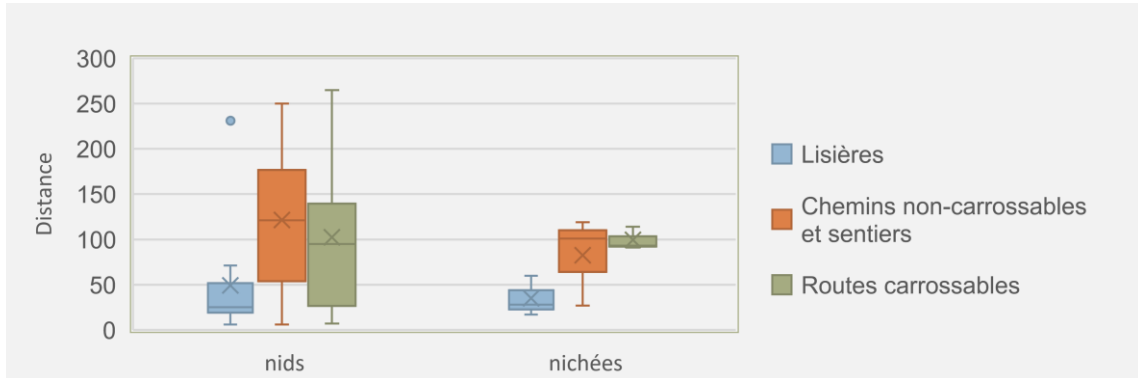


Figure 19: Distances aux lisières, chemins non carrossables et sentiers et routes pour les onze nids et 3 nichées documentés en Suisse romande et France voisine.

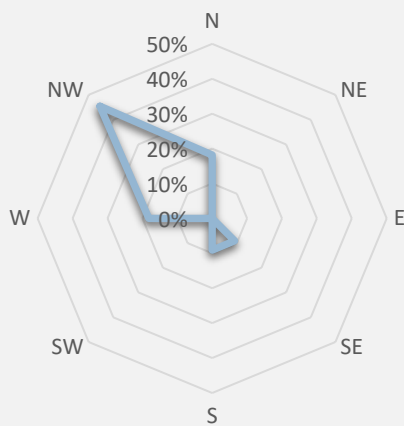


Figure 20: Orientation du terrain où étaient localisés les onze nids annoncés.

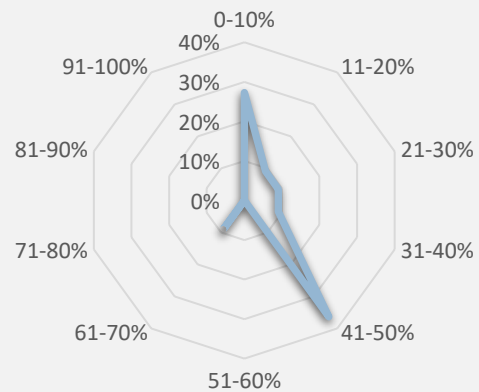


Figure 21: proportion de nids par classe de pente (N=11).

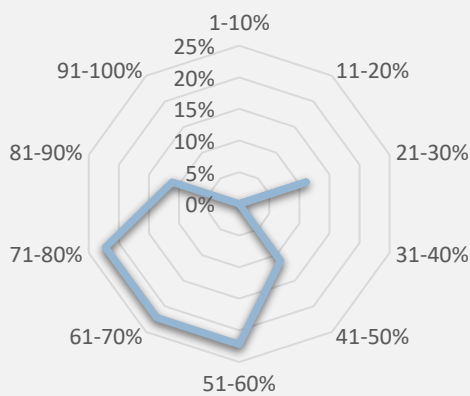


Figure 22: Proportion de nids par classe de taux d'humidité du sol (N=9).

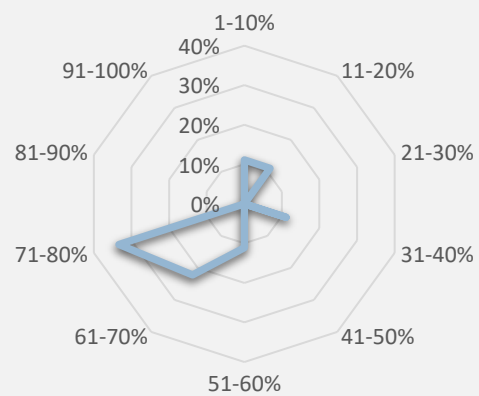


Figure 23: Proportion de nids par classe de couverture herbacée (N=9).



Figure 24: Illustration du contexte forestier de 6 des 10 nids documentés durant le projet. Le poteau blanc (parfois identifié au moyen d'une flèche orange) localise l'emplacement exact de chaque nid.

3.4 CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT DE LA BÉCASSE

3.4.1 SYNTHÈSE

Le Tableau 4 ci-dessous récapitule les principaux descripteurs environnementaux qui conditionnent la présence et influencent l'utilisation de l'espace par la Bécasse des bois aux différentes échelles spatiales retenues: nationale et régionale (sites de coule des mâles), locale (domaines vitaux des mâles) et stationnelle (sites de nidification d'une femelle et emplacements des autres nids découverts). Les descripteurs qui bien que différents expriment les mêmes exigences ou tendances ont été regroupés sur une seule ligne.

Cette synthèse se base sur les résultats discutés dans les chapitres précédents auxquels se sont ajoutés ceux obtenus par une analyse statistique complémentaire axée sur l'exposition et la pente moyenne des domaines vitaux de tous les individus suivis par télémétrie.

Tableau 4: Synthèse des caractéristiques de l'habitat de la Bécasse des bois en période de nidification. PT: présence de domaine vital ; UI: intensité d'utilisation ; Synthèse des résultats : +++ / --- influences positives / négatives très significatives; ++ / -- significatives ; + / - non significatives mais sensibles.

| Prédicteurs / Échelle | Nationale | Régionale | Locale | |
|---|----------------|-----------|--------------|---------------|
| | sites de coule | | PT | UI |
| grands massifs forestiers | +++ | +++ | ++ | ++ |
| pollution lumineuse | | -- | - | |
| altitude moyenne | 1100 - 1600 m | | 1100 -1300 m | 1100 - 1400 m |
| précipitations mensuelles moyennes | | 14 cm | | |
| pente moyenne | --- | | < 40% | < 30% |
| exposition moyenne | N | | NO | SE |
| branches mortes au sol | | | -- | |
| recouvrement strate herbacée | | | -- | -- |
| surface des zones humides | ++ | + | +++ | |
| recouvrement strate arbustive | | > 15 % | ++ | |
| proportion de feuillus | | 0-30 % | | |
| ouverture de la canopée | | | +++ | ++ |
| rugosité du sol (rég.) / surface de lapiez (loc.) | | - puis + | ++ | |
| pH du sol | | | | 5,5-6 |

Il ressort de ces résultats que la Bécasse des bois apprécie les grands massifs forestiers peu fragmentés (sans ou avec peu de routes revêtues), éloignés des agglomérations et de leurs nuisances (pollution lumineuse, dérangements), situés préférentiellement entre 1100 et 1600 m et bénéficiant d'un apport substantiel de précipitations (dans la région optimum à 14 cm par mois en période de reproduction).

Elle apprécie aussi les massifs forestiers de pentes faibles à modérées. Dans la région près de 80% des localisations individuelles se situent dans des versants de pente inférieure à 40% (min 2%, médiane 17%, max 80.4%), une pente de 49% s'étant au demeurant révélée fatale à une des couvées découvertes.



A l'échelle nationale la Bécasse des bois occupe préférentiellement les massifs forestiers exposés au nord. Aux échelles régionale et locale les versants d'exposition NO et SE dominant largement. Or à ces échelles deux tendances se dessinent. Les domaines vitaux des individus définis sur la base du 50% de leurs localisations respectives (soit les sites où ils ont été trouvés et ont donc séjourné le plus fréquemment) sont préférentiellement exposés au SE alors que ceux définis sur la base du 95% de leurs localisations respectives sont préférentiellement exposés au NO à l'instar des emplacements de tous les nids découverts. Ce constat sous-entend que l'oiseau a une utilisation différenciée de l'espace dont il dispose en relation avec ses principales chaînes comportementales : recherche du partenaire sexuel, recherche de nourriture, phases de repos et nidification. Il sous-entend aussi que si les domaines vitaux des mâles et des femelles se recoupent, ce que confirment les informations réunies grâce à l'unique femelle suivie, ils ne se recoupent que partiellement ce que soulignent les informations apparemment contradictoires rassemblées au niveau du choix des sites de nidification de la femelle et des domaines vitaux des mâles : influence négative des lisières, des surfaces de branches au sol et du recouvrement de la strate herbacée sur le choix des domaines vitaux des mâles ; faible éloignement des lisières, présence régulière de tas de branches et fortes variations du recouvrement de la strate herbacée dans les sites de nidifications choisis par les femelles.

Les résultats obtenus soulignent enfin que dans la région l'oiseau est tributaire de hêtraies sapinières (et de pessières) dont la canopée n'est pas trop dense, présentant un taux assez élevé de feuillus, une strate arbustive bien développée, une microtopographie mouvementée (lapiez) et parsemées de zones dont le sol est assez évolué et profond, légèrement acide et surtout humide toute l'année et non encombrés par des branches mortes au sol.

3.5 DÉPLACEMENTS ET DOMAINES VITAUX DE LA BÉCASSE DES BOIS

3.5.1 INTRODUCTION

La bécasse des bois est considérée comme fidèle à son site de reproduction (Ferrand & Gossmann, 2009). Ses déplacements en période de reproduction n'ont toutefois que rarement été documentés (Brünger & Estoppey, 2008; Zimmermann & Santiago, 2019) et s'ils le furent, ce fut surtout sur la base de contrôles d'oiseaux bagués (Ferrand & Gossmann, 2009). Enfin, le comportement des jeunes bécasses et leur utilisation de l'espace avant leur première migration n'ont jusqu'à présent pas fait l'objet d'études.

L'objectif de ce chapitre est de documenter les déplacements des bécasses indigènes depuis leur arrivée en mars jusqu'à leur départ en migration. Comme, durant les trois saisons de terrain, plusieurs sessions de captures ont ciblé plus spécifiquement les jeunes lors de leur émancipation ce chapitre vise aussi à documenter leur occupation de l'espace durant la période pré-migratoire.

3.5.2 MÉTHODES

Les oiseaux ont été capturés entre 2016 et 2018 au moyen de haut-filets en période de reproduction ou par recherche au phare sur prairie en période pré-migratoire (Figure 25). Ils ont été équipés d'émetteurs VHF ou de balises Argos.

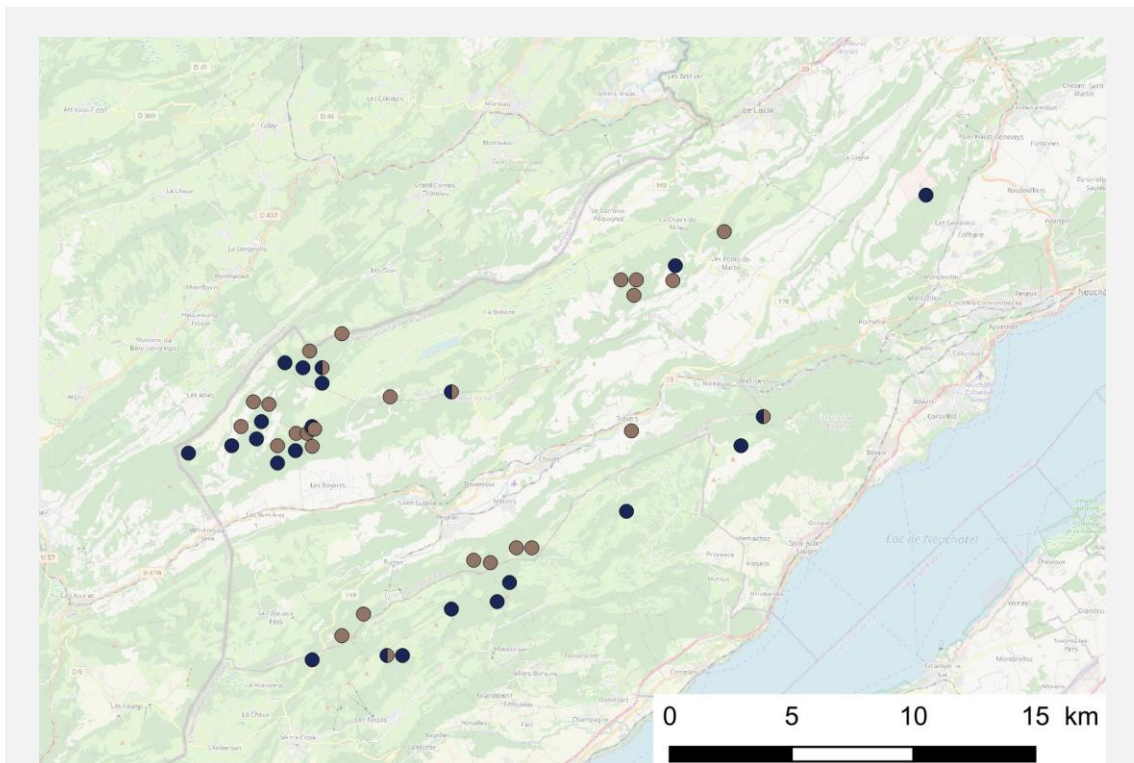


Figure 25: Localisations des sites de captures des oiseaux indigènes équipés de balise Argos (bleu foncé) ou d'émetteurs VHF (beige) entre 2016 et 2018. Les ronds bicolores indiquent les sites où ont été posés à la fois des balises Argos et des émetteurs VHF.

3.5.2.1 CALCUL DES DOMAINES VITAUX

Les domaines vitaux de chaque oiseau ont été calculés au moyen de la librairie adehabitatHR pour R selon deux méthodes différentes : la méthode des polygones convexes minimaux (MCP) et la méthode des kernels. Si la première surestime fréquemment la taille d'un domaine vital puisqu'elle y englobe des surfaces non-utilisées ou non-favorables, elle a l'avantage de permettre une comparaison avec les études antérieures. Les MCP à 95% et les kernels avec les probabilités de 50% et 95% ont été retenus afin de diminuer l'influence des points extrêmes (Worton, 1989).

Pour chaque oiseau retenu ont été calculés son domaine vital en période de reproduction (mars à juillet) et son domaine vital durant toute sa période de présence dans la région. Seuls ont été retenus les oiseaux équipés de VHF pour lesquels plus de vingt localisations précises (< 50m) étaient disponibles. Les observations des quelques oiseaux suivis durant deux années ont été cumulées et ceci pour deux raisons principales : 1) parce que leur suivi fut partiel l'une des deux années (trop courte durée de vie des émetteurs ou oiseaux équipés entre août et octobre) et 2) parce que les résultats télémétriques obtenus ont montré leur fidélité aux secteurs occupés d'une année à l'autre.

3.5.3 RÉSULTATS

3.5.3.1 COMPORTEMENTS ET UTILISATION DU TERRITOIRE

Les bécasses des bois montrent de fortes variations individuelles dans les comportements de déplacement et d'utilisation d'un domaine vital donné. Les suivis télémétriques ont permis d'identifier deux grandes tendances comportementales (Figure 26, Tableau 5). 45.8 % des oiseaux suivis furent extrêmement sédentaires et n'occupèrent qu'un seul massif forestier durant l'ensemble de la période de reproduction et pré-migratoire. Cela n'a pas empêché certains de ces oiseaux de parfois faire un déplacement à plus longue distance. D'autres oiseaux (54.2 %) au contraire furent très mobiles et occupèrent différents massifs forestiers parfois distants de plusieurs kilomètres. De plus, 57.7 % de ces oiseaux mobiles ont changé de domaine vital entre la période de coule et la période pré-migratoire alors que seuls 14 % des oiseaux sédentaires ont effectué ce changement de domaine vital.

Tableau 5: Types comportementaux des bécasses suivies par télémétrie et leur liens aux déplacements pré-migratoires.

| | | Déplacement pré-migratoire | | |
|--------------|-------------|----------------------------|-----|------------|
| | | oui | non | non défini |
| Comportement | sédentaires | 3 | 17 | 2 |
| | mobile | 15 | 6 | 5 |

La mobilité des bécasses suivies par émetteur VHF était supérieure durant la coule et à partir du 1^{er} octobre que durant la période pré-migration, période durant laquelle les bécasses muent. Durant la coule, les mouvements observés par tranche de 5 jours consécutifs étaient en moyenne de 1.9 ± 3.0 km, contre respectivement 0.8 ± 1.5 km en période pré-migratoire et 1.2 ± 2.0 km dès le mois d'octobre. 12 oiseaux sur 57 ont effectué un ou plusieurs déplacements supérieurs à 15 km durant la coule, dont un dépassant les 38 km (Figure 31). À l'inverse seulement deux oiseaux ont effectué un ou plusieurs déplacements supérieurs à 15 km durant la période pré-migratoire et trois à partir du mois d'octobre.

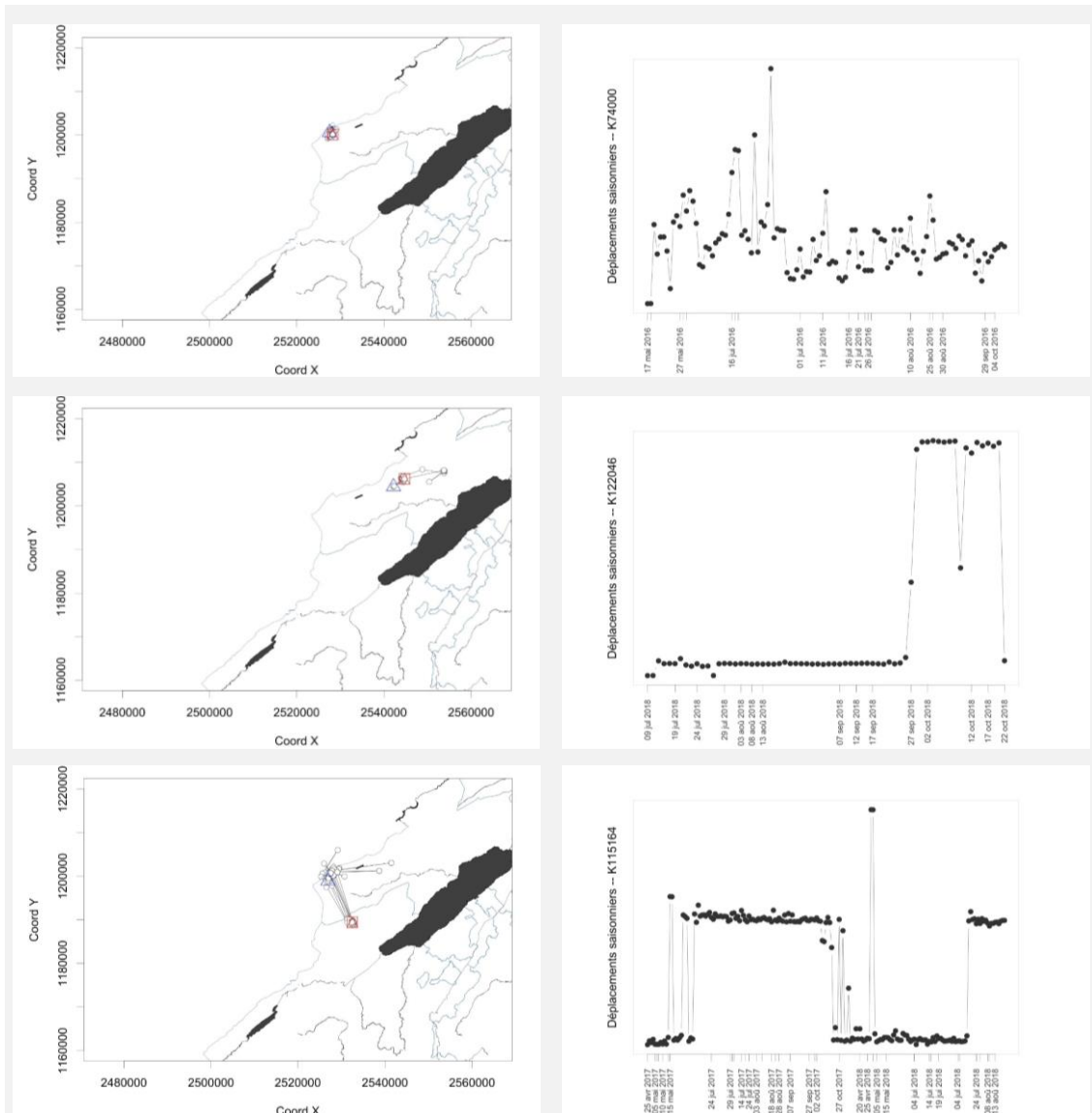


Figure 26: Illustration schématique des deux types de comportement de la bécasse des bois. Les graphiques de gauche représentent la distribution spatiale des localisations et ceux de droite la succession temporelle des localisations. Les phases de comportement sédentaire sont caractérisées par des plateaux sur le graphique temporel. En-haut, le mâle adulte K74000 suivi en 2016 présente un comportement de type « sédentaire » avec un rayon d'action court (~1km) sur l'ensemble du suivi. Au milieu, le mâle K122046 suivi en 2018 de type « sédentaire » mais avec un changement de remise durant la période prémigratoire. En bas le mâle adulte K115164 suivi en 2017 et 2018 présente un comportement de type « mobile » avec plusieurs secteurs de remise diurne et une alternance entre ceux-ci.

3.5.3.2 INFLUENCE DE LA NEIGE SUR LE RETOUR DES BÉCASSES INDIGÈNES

Les bécasses indigènes reviennent d'hivernage durant la deuxième quinzaine de mars. Les retours les plus précoces notés furent les 8 et 11 mars. 50% des oiseaux équipés (18 VHF et 10 Argos) étaient de retour dans le Jura entre le 15 et le 20 mars. Les dates furent identiques entre 2017 et 2018.

Les abondantes chutes de neige du printemps 2018 ont eu une forte influence sur le retour des bécasses sur la zone d'étude : la plupart des oiseaux choisirent des secteurs dépourvus de neige du plateau du Doubs (F) lors de leur retour de migration (Figure 27 et Figure 28).

Durant la période d'arrivée des bécasses dans la zone d'étude, soit entre mars et avril, deux comportements différents ont été observés. Certaines bécasses attendirent en marge de la zone d'étude que les massifs forestiers de la zone d'étude soient moins enneigés. D'autres firent de rapides incursions d'un à quelques jours dans la zone d'étude encore enneigées puis en ressortaient, faisant ainsi des allers-retours entre différents sites.

3.5.3.1 UTILISATION DES SITES DE CROULE

Les bécasses montrent une forte fidélité à leurs sites de croule. L'ensemble des oiseaux qui ont pu être suivis sur plusieurs années sont revenus sur les sites occupés l'année précédente lors de leur retour d'hivernage.

Le suivi des mâles équipés d'émetteurs VHF pour l'étude parallèle de la Station ornithologique focalisée visant l'identification acoustique individuelle des mâles chanteurs a démontré qu'ils utilisaient des sites de croule distants de plusieurs kilomètres (Figure 29).

3.5.3.1 DÉPLACEMENTS À GRANDE DISTANCE EN PÉRIODE DE CROULE

L'équipement d'oiseaux avec des balises Argos a permis de documenter le déplacement d'un oiseau à longue distance (plusieurs centaines de kilomètres) en pleine saison de reproduction.

Le mâle K115151 (le premier oiseau suivi dans le cadre du projet) a participé à la croule dans le jura neuchâtelois durant deux saisons complètes (2016 et 2017). En 2018, après avoir croulé sur ses anciens sites jusqu'au 6 mai, il commence à se déplacer vers le nord-est de l'Europe (Figure 30). Le 11 mai sa balise émet à proximité de Nuremberg (D). Le 13 mai elle émet au nord de la Pologne. Le 17 mai elle émet sur la presqu'île de Jastamania en Pologne au bord de la mer Baltique. Le 22 mai elle émet au nord de la Lituanie. Le 24 mai elle émet à 70 km au nord-est de Riga en Lettonie. Ensuite sa balise a cessé d'émettre. Cet oiseau aura fourni un nombre important de nouvelles connaissances sur le comportement des mâles et leur « relative » fidélité à leurs sites de croule.

Ce changement de sites de croule à « longue » distance fut également documenté pour deux mâles adultes équipés d'émetteurs VHF. Ces deux oiseaux ont été capturés à la croule dans la région du Chasseron – montagne de Buttes respectivement durant les mois d'avril et de mai. Ils ont participé à la croule dans cette région avant de se déplacer de plus de 20 km jusqu'au nord de la Vallée de Joux à fin juin (Figure 31).

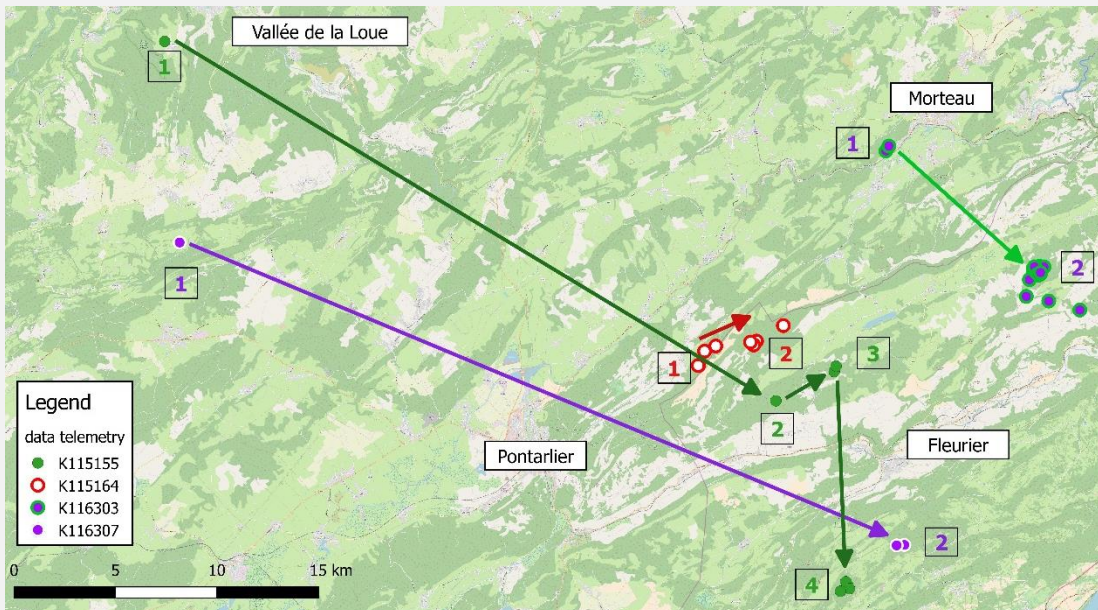


Figure 27: déplacements de quatre bécasses suivies par VHF au printemps 2018 : K115155 (vert foncé) [1] 27 mars [2] 10 avril [3] 12 avril et [4] 16 avril ; K115164 (rouge et blanc) [1] 12 mars [2] 16 avril. K116303 (vert et violet) [1] 26 mars [2] 28 mars. K116307 (violet et blanc) [1] 28 mars et [2] 16 avril. Fond : OpenStreetMap

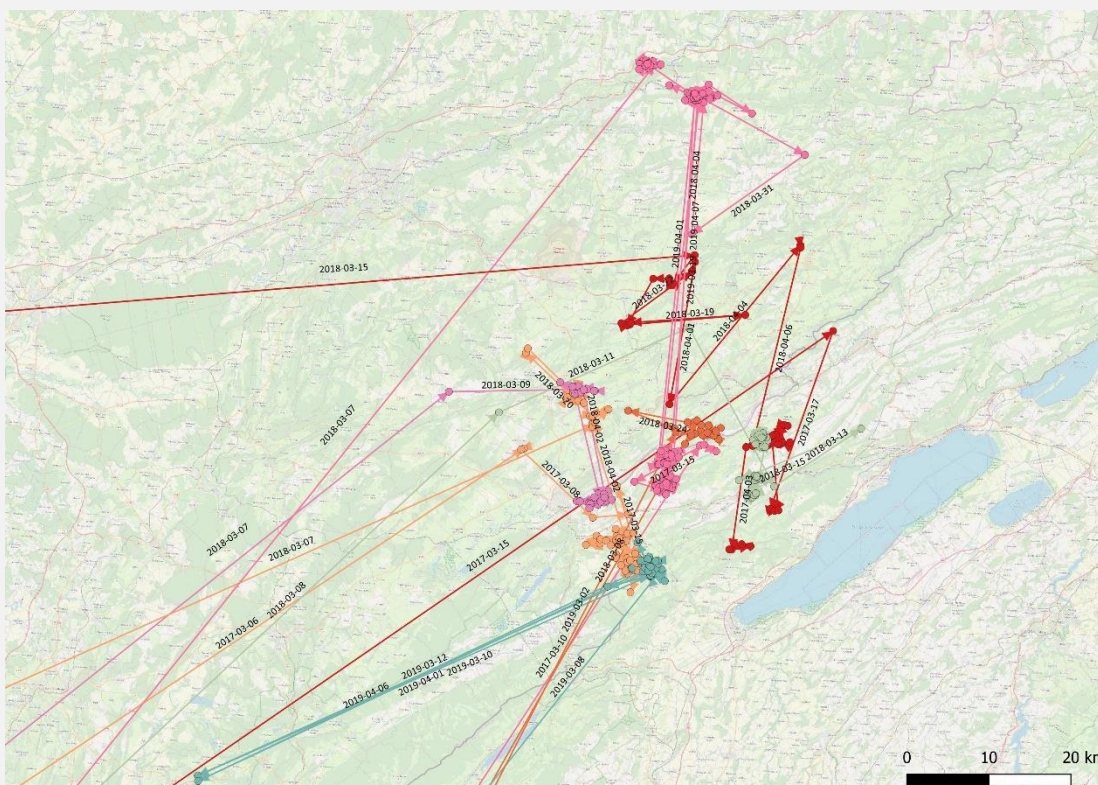
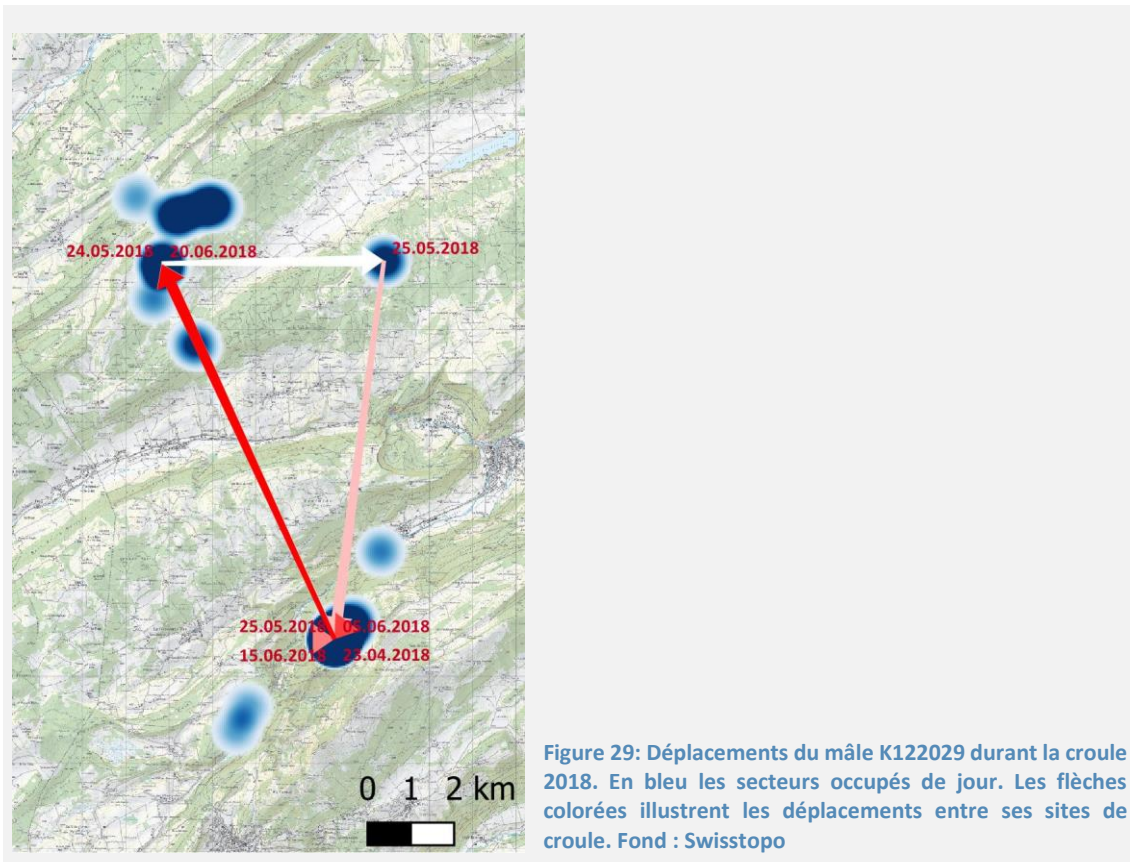


Figure 28: Déplacements durant les mois de mars et avril de sept oiseaux équipés de balises Argos entre 2016 et 2018. Les déplacements transfrontaliers sont bien visibles. Chaque couleur identifie une bécasse. Fond : OpenStreetMap



3.5.3.2 EMANCIPATION DES BÉCASSES IMMATURES

Trois jeunes oiseaux ont pu être équipés d'émetteur VHF (1 en 2016 et 2 en 2018) et deux jeunes ont pu être équipés de balises Argos en 2016. Un des deux oiseaux équipés d'une balise fut prélevé à la chasse une semaine après avoir été équipé. Il n'a donc pas fourni d'information quant à ses déplacements. Ce sont donc les déplacements de quatre oiseaux qui ont pu être analysés.

Les quatre oiseaux ont présenté le même comportement sédentaire durant le mois de juillet s'éloignant peu du site de leur capture. À partir de fin juillet, tous les oiseaux commencèrent à explorer leur domaine vital en faisant des déplacements jusqu'à 15 km de distance (Figure 32).

3.5.3.3 MOUVEMENTS AUTOMNAUX PRÉMIGRATOIRES

Le suivi régulier des bécasses équipées d'émetteurs VHF jusqu'à leur départ en migration a permis de mettre en évidence que de nombreuses bécasses changent de remise diurne entre la période de reproduction et l'automne (Figure 33). Des déplacements à plusieurs dizaines de kilomètres ont également été mis en évidence ceci aussi bien pour des oiseaux équipés de balises Argos (Figure 34) que d'émetteurs VHF (Figure 35).

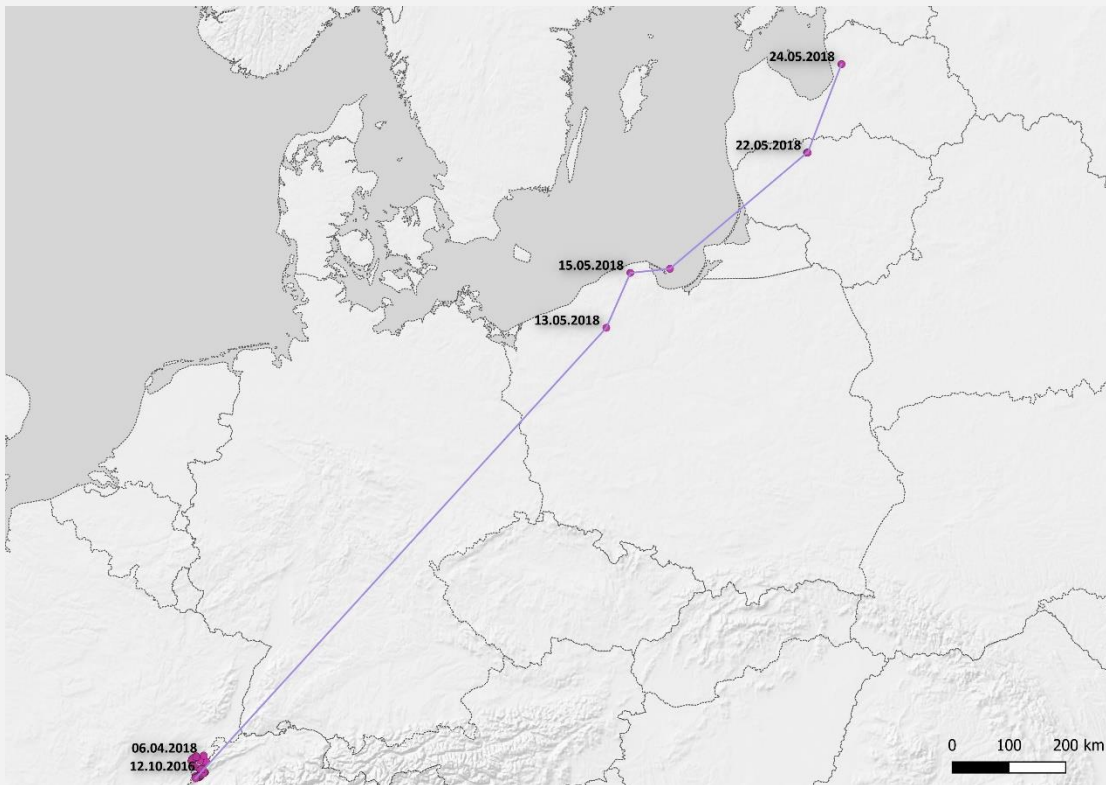


Figure 30: Déplacement à longue distance effectué par le mâle adulte K115151 durant la croûle 2018.

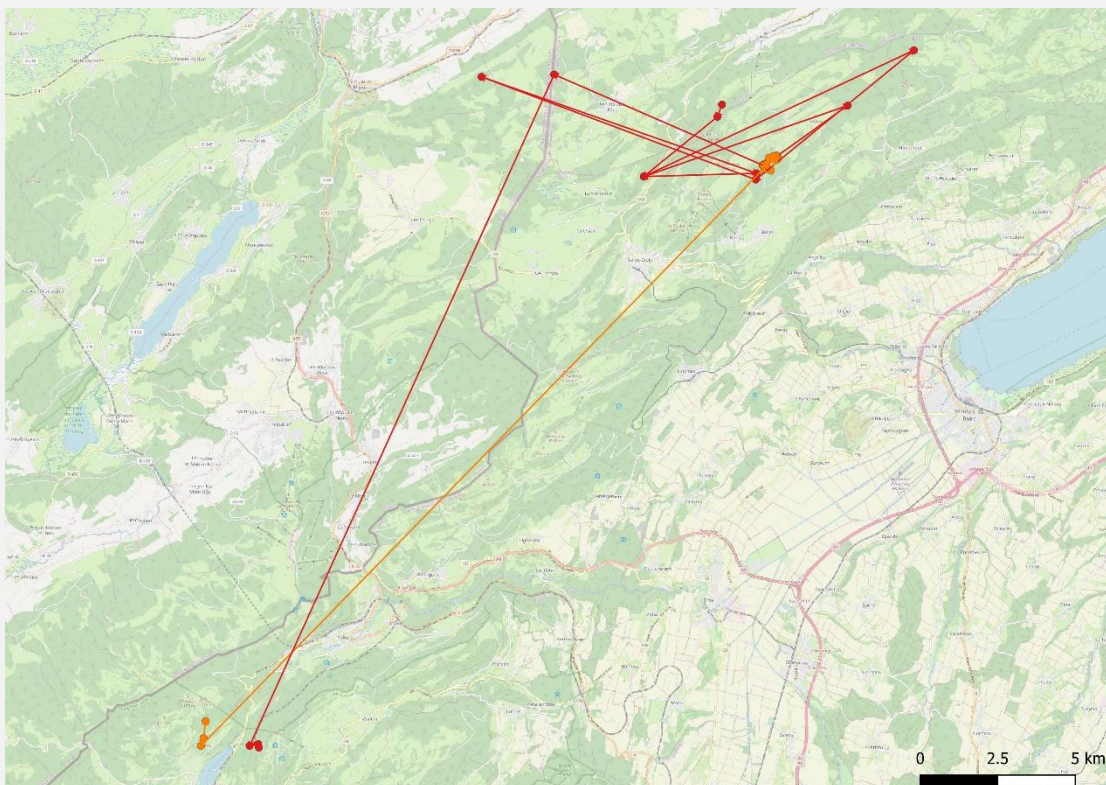


Figure 31: Déplacements le long de l'Arc jurassien de deux mâles équipés d'émetteurs VHF en 2018.

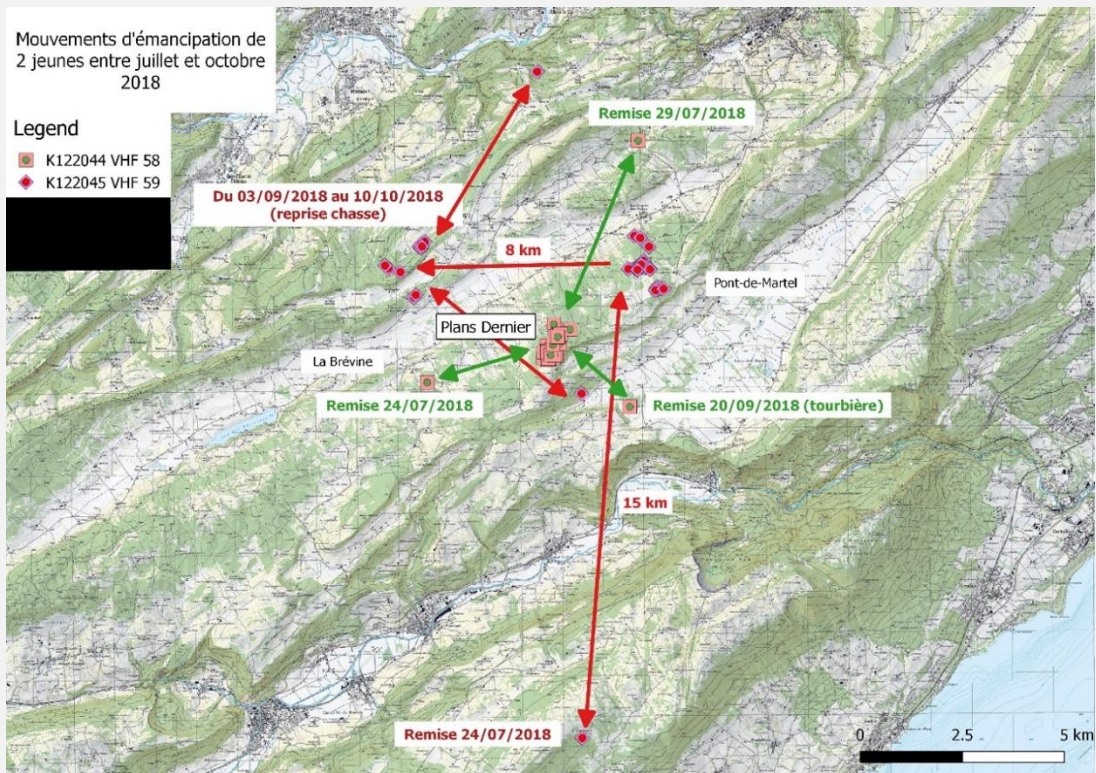
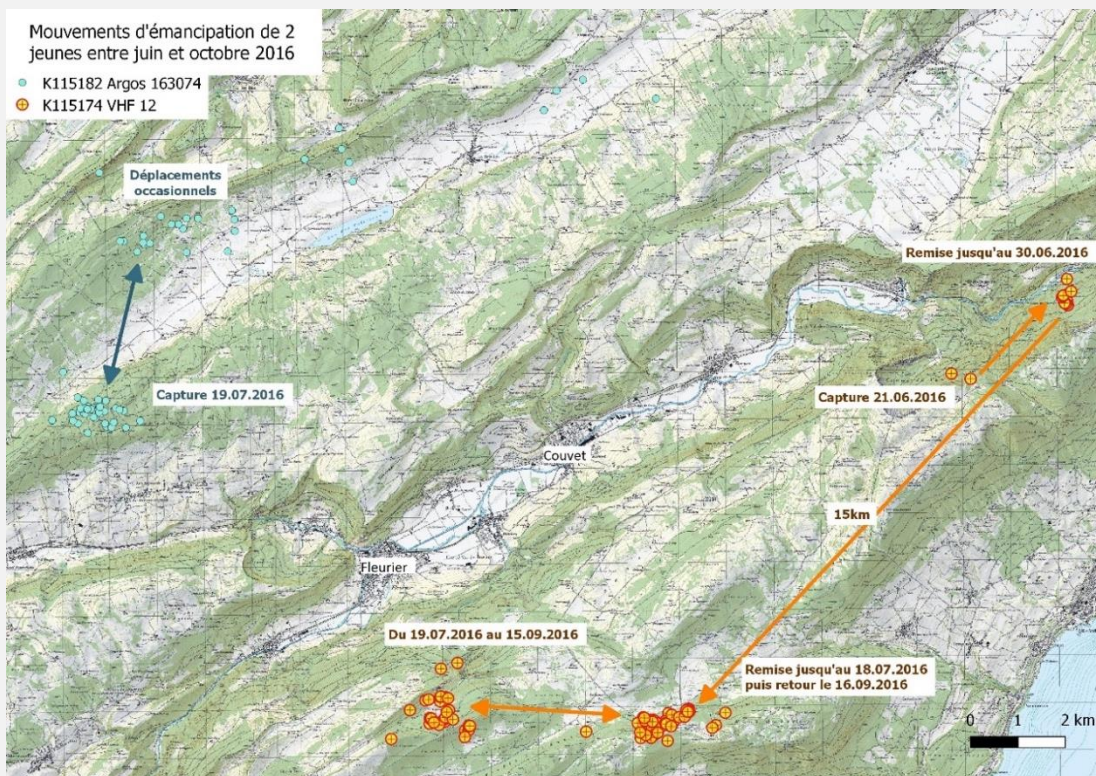


Figure 32: déplacements des jeunes oiseaux. En-haut, ceux de 2016. En-bas, ceux de 2018. Fonds : Swisstopo

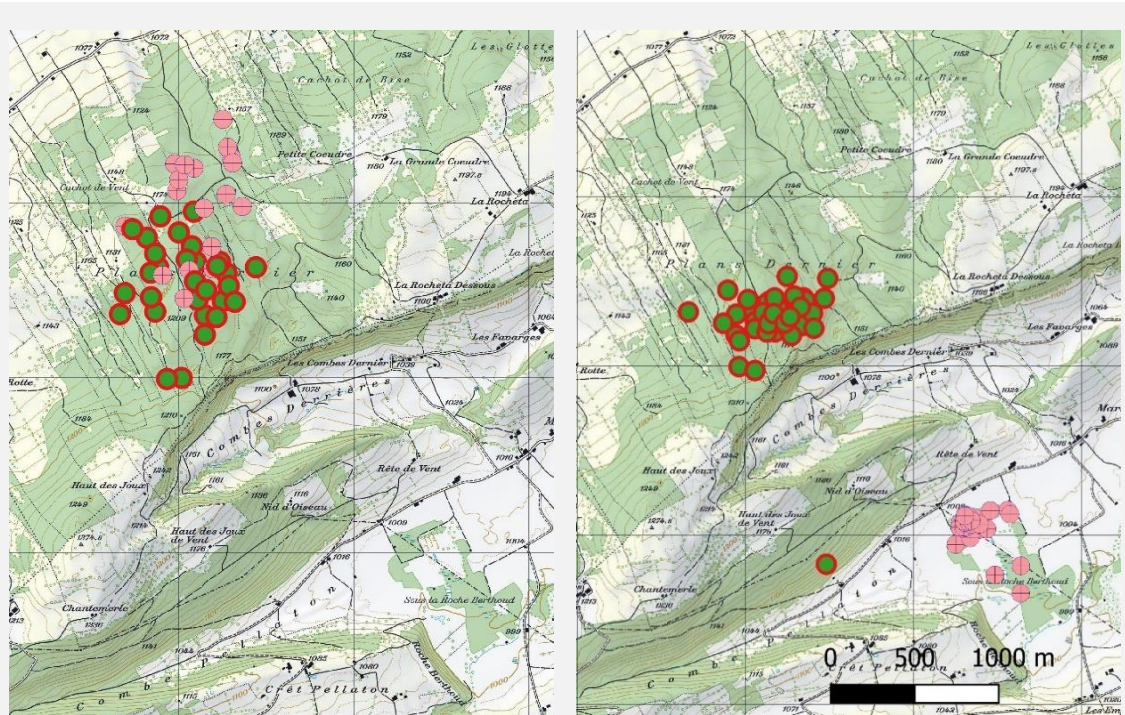


Figure 33: Exemple de changement de remises entre la période de reproduction et la période automnale. Remises diurnes des bécasses K118500 (en vert & rouge) et K115185 (en rose) au printemps et en été (à gauche) et en automne (à droite). Fond : Swisstopo

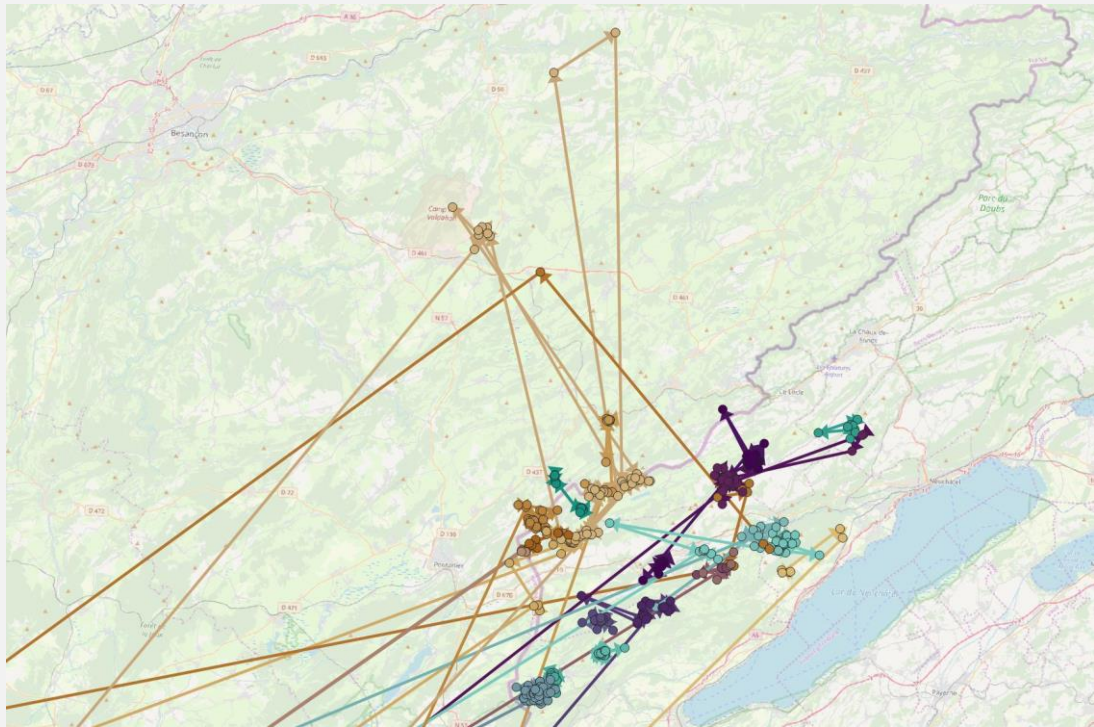


Figure 34: déplacements automnaux (septembre à mi-décembre) dans le Jura de 21 bécasses indigènes équipées de balises Argos entre 2016 et 2018. Chaque couleur identifie un oiseau. Fond : OpenStreetMap

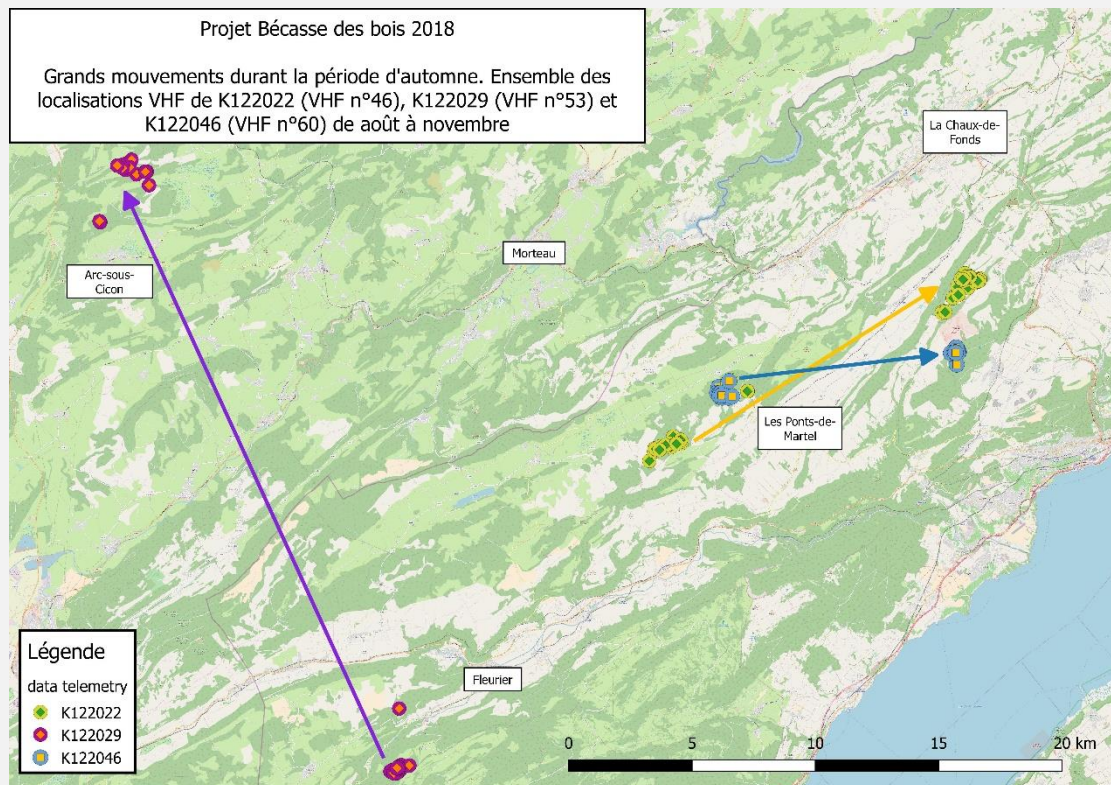


Figure 35: Mouvements automnaux de trois bécasses suivies par télémétrie en 2018. Fond : OpenStreetMap

3.5.3.4 TAILLE DES DOMAINES VITAUX

Les polygones convexes minimaux des domaines vitaux ont pu être calculés pour 32 oiseaux pour l'ensemble des suivis, dont 27 oiseaux en période de reproduction (Tableau 6).

Ces domaines vitaux permettent d'identifier les relations entre les différentes « sous-populations » (Figure 36)

Tableau 6: Synthèse des estimations de surface des domaines vitaux des bécasses suivies par télémétrie dans le Jura valdo-neuchâtelois entre 2016 et 2018.

| Estimation | Période | N | Minimum [ha] | Médiane [ha] | Maximum [ha] | Moyenne [ha] | Écartype [ha] |
|------------|---------|----|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| MCP 95 | Repro | 27 | 33 | 470 | 5658 | 1294 | 1639 |
| MCP 95 | Total | 32 | 38 | 683 | 5705 | 1550 | 1726 |
| Kernel 50 | Repro | 27 | 9 | 26 | 64 | 31 | 17 |
| Kernel 50 | Total | 32 | 9 | 29 | 72 | 31 | 16 |
| Kernel 95 | Repro | 27 | 76 | 170 | 304 | 182 | 70 |
| Kernel 95 | Total | 32 | 75 | 195 | 358 | 196 | 74 |

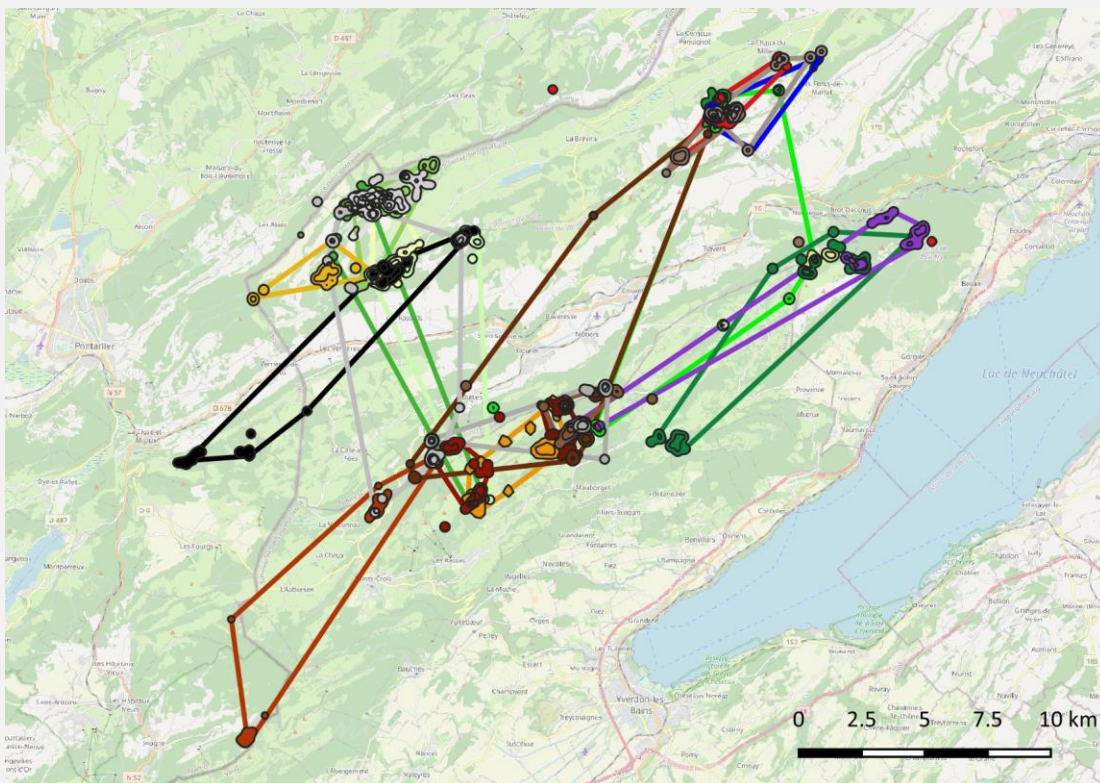


Figure 36: relation des domaines vitaux des 28 oiseaux pour lesquels un domaine vital a pu être modélisé pour la période de reproduction. Les polygones convexes minimaux MCP 95% des différents oiseaux sont illustrés par les polygones vides. Les modèles Kernel 95% sont identifiés par les polygones colorés. La sélection du 95 % des données par oiseau pour créer les polygones entraîne des différences entre les MCP et les Kernels.

3.5.4 DISCUSSION

Les deux approches retenues pour le calcul des domaines vitaux ont fourni des estimations très différentes. Cela s'explique par le fait que plus de 50% des oiseaux sont mobiles et occupent plusieurs massifs forestiers au cours d'une saison. Ces massifs forestiers sont parfois distants de plusieurs kilomètres, voire dizaines de kilomètres. La méthode des polygones convexes minimaux surestime la taille des domaines vitaux en considérant des habitats non-occupés, ce qui est moins le cas pour la méthode des Kernels qui concentre les domaines vitaux autour des centres d'activité des oiseaux.

Si un peu moins de la moitié des oiseaux s'est révélée extrêmement peu mobile et fidèle à « son massif forestier », les suivis VHF et Argos des bécasses indigènes ont mis en évidence que plus de la moitié des bécasses mâles a des domaines vitaux importants et effectue des déplacements réguliers entre les massifs forestiers. Les domaines vitaux calculés sont généralement plus grands que ceux décrits par Brüngger & Estoppey (2008) pour quatre mâles des Préalpes vaudoises, soit 175 ha en moyenne. Hoodless & Hiron (2007) ont quant à eux obtenu des domaines vitaux de 62 ± 20 ha en période de reproduction pour 30 jours de suivi par oiseau.

Les suivis effectués dans cette étude ont également confirmé le fait que les bécasses effectuent régulièrement des changements de sites de coule durant la saison de reproduction comme cela fut déjà relevé dans la littérature (Brüngger & Estoppey, 2008; Ferrand & Gossmann, 2009; Zimmermann & Santiago, 2019; Mulhauser & Zimmermann, 2010).

Les oiseaux qui ont pu être suivis deux ou trois ans ont permis de montrer que les différences de comportement quant à l'utilisation de l'espace se maintiennent d'une année à l'autre. Cependant, un oiseau équipé d'une balise Argos a montré qu'après deux saisons complètes passées dans les mêmes massifs forestiers, il est possible que des oiseaux adultes se déplacent de plusieurs centaines de kilomètres en pleine saison de coule. Cela n'avait été mis en évidence jusqu'à présent que par des retours de bagues (Ferrand & Gossmann, 2009).

Malgré l'absence d'étude génétique des populations, les suivis télémétriques montrent que les populations de bécasses de l'Arc jurassien sont formées de « sous-populations » connectées de proche en proche, comme cela a déjà été relevé par Ferrand & Gossmann (2009) pour d'autres populations européennes. Les résultats obtenus montrent également la forte connectivité entre les populations franc-comtoises et valdo-neuchâteloises, plusieurs oiseaux ayant démarré la coule dans les forêts franc-comtoises avant de rejoindre leurs domaines vitaux sur les crêtes neuchâteloises. L'influence de la neige est notable sur le comportement des bécasses qui vont occuper les forêts de plus basses altitudes des régions franc-comtoises avant de rejoindre le Jura suisse qui est plus élevé.

Les résultats de l'étude confirment également les observations de Brüngger & Estoppey (2008) qui montrent que plus de 40 % des oiseaux utilisent des remises différentes entre la période de reproduction et la période pré-migratoire. Les résultats montrent également qu'en début de saison les bécasses indigènes alternent entre remises suisses et franc-comtoises en fonction des épisodes neigeux.

Cette structuration de la population jurassienne a deux conséquences directes quant à la conservation de l'espèce. Premièrement, les mesures de conservations doivent être envisagées à l'échelle régionale et pas uniquement à l'échelle locale (massif forestier unique) ou pire à l'échelle



des seuls sites de croule. Deuxièmement, au vu de leurs potentiels déplacements l'estimation de l'effectif de la population de mâles crouleurs d'une région par simple comptage des chanteurs n'est quantitativement pas représentatif. Pour améliorer la fiabilité des comptages et de leur interprétation, les recensements à la croule devraient se faire de manière simultanée à une large échelle comme ce fut le cas dans le canton de Neuchâtel entre 2001 et 2007 et comme cela est pratiqué pour les recensements d'oiseaux d'eau.

4 ÉTHOLOGIE AUTOMNALE DE LA BÉCASSE DES BOIS ET INFLUENCE DE LA CHASSE

4.1 UTILISATION AUTOMNALE DES PRAIRIES PAR LES BÉCASSES

4.1.1 INTRODUCTION

Pour migrer les bécasses ont un besoin d'accumuler beaucoup d'énergie. Durant les périodes pré-migratoires et migratoires automnales elles quittent ainsi le couvert forestier pour se nourrir dans les prairies et pâturages et augmenter leurs réserves de graisse (Ferrand & Gossmann, 2009). Ces milieux revêtent donc une importance primordiale pour l'espèce.

Les relevés au phare réalisés en 2016 et 2017 avaient mis en évidence que les bécasses exploitaient différents types de milieux ouverts à l'automne. Les prairies et pâturages d'altitude (au-dessus de la limite actuelle de la forêt) semblaient être particulièrement favorables. Il avait également été constaté que la grande majorité des bécasses était toujours observée sur des surfaces restreintes et ne semblait donc utiliser qu'une partie seulement des herbages disponibles. Face à ce constat, il a été décidé de les caractériser afin d'essayer de déterminer les possibles variables induisant cette répartition en taches.

4.1.2 MÉTHODES

4.1.2.1 RECHERCHE DES BÉCASSES EN MILIEU OUVERT

15 secteurs en milieux ouverts ont été sélectionnés à proximité des zones de croule suivies au cours de ce projet (Figure 37).

Dans ces secteurs les bécasses ont été cherchées à pied, de nuit, au moyen d'un phare portatif (Rocheteau, et al., 2015) entre fin août et fin novembre. Les points d'observation ou de capture des bécasses ont été géoréférencés au moyen d'une tablette (Samsung Galaxy Tab Active SM-T365) équipée d'un logiciel de SIG (Geopaparazzi).

4.1.2.2 DESCRIPTION DES HABITATS

Pour chaque site un parcours de référence a été établi en compilant les traces GPS des trajets réalisés. Un tampon de 200m, correspondant à la distance de visibilité au phare, a ensuite été appliqué autour de chaque parcours de référence (Figure 38).

Pour chacune de ces 15 surfaces 10 points de relevés ont été sélectionnés :

- cinq points « présence », choisis aléatoirement parmi l'ensemble des données de marquage et de contacts 2016 et 2017, distants d'au minimum 50 m l'un de l'autre ;
- cinq points « absence » choisis aléatoirement dans des zones sans contact de bécasses en 2016 et 2017. Un tampon de 25 m a été appliqué autour de chaque point de capture afin d'exclure ces surfaces de la zone d'absence.

Sur chacun des 150 points 29 variables descriptives de l'habitat ont été relevées selon un protocole adapté de celui utilisé pour la description des habitats forestiers (Rocheteau, et al., 2019). Les

parcelles visitées ont été classées selon la typologie des milieux naturels de Suisse (Delarze, et al., 2015)

4.1.2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les variables influençant la présence des bécasses dans les milieux ouverts ont été testées au moyen de tests du Chi2 avec une correction de Yates.

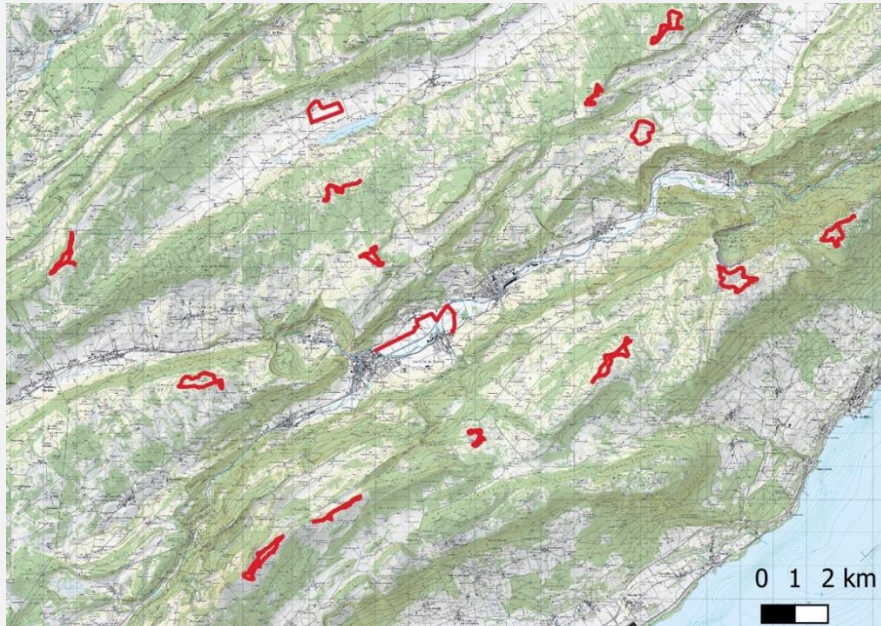


Figure 37: parcours nocturnes effectués pour le suivi de la migration et pour la caractérisation des prairies.

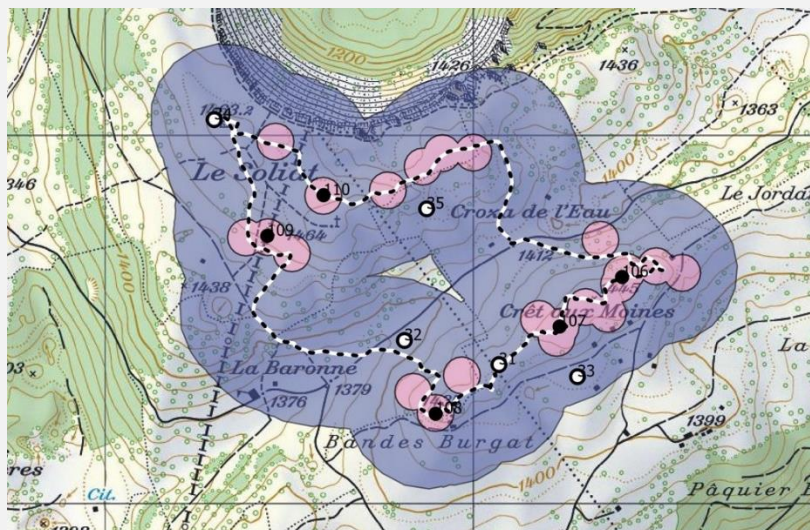


Figure 38: Sélection des 10 points de relevé habitat prairial. Traitillé : parcours de référence; surface violette : tampon de 200 m autour du parcours de référence; surfaces roses : tampon de 25 m autour des points de capture de bécasses des bois en 2016 et 2017; points noirs : points « présence »; points blancs : points « absence ».

4.1.3 RÉSULTATS

Les bécasses commencent à chercher activement leur nourriture dans des milieux ouverts dès la dernière décade de septembre, pour autant que les conditions soient favorables (humidité du sol suffisante, herbe rase, absence de gel au sol). Les habitats visités sont situés à moins de 250 m de la lisière des forêts (Figure 39f).

Les résultats de l'analyse montrent que la sélection des prairies et pâturages par la Bécasse des bois est fortement influencée par leur type d'exploitation et par le travail du sol (Figure 39).

La pâture ainsi que l'ensemencement des herbages sont les variables dont l'influence est la plus forte (pâture : Chi2 avec correction de Yates de 7.55, p-value de 0.006 ; ensemencement : Chi2 avec correction de Yates de 9.20, p-value de 0.002). La pâture influence positivement la présence de la Bécasse des bois alors que l'ensemencement a un impact négatif.

Il existe également une influence, bien que plus modeste, de l'irrégularité du sol (Chi2 avec correction de Yates de 3.23, p-value de 0.072) et des travaux mécaniques tels que le hersage ou le girobroyage (Hersage : Chi2 avec correction de Yates de 3.75, p-value de 0.053 ; girobroyage : Chi2 avec correction de Yates de 2.75, p-value de 0.097).

4.1.4 DISCUSSION

En automne, la bécasse des bois exploite des milieux ouverts proches de la forêt. Elle préfère les herbages permanents pâturés (pâturages, prairies pâturées). Ceci s'explique notamment par le fait que les herbages permanents sont plus riches en lombriciens, sa nourriture principale, que les autres surfaces agricoles (Jossi, et al., 2011). En outre, la pâture permet un accès facilité à la ressource alimentaire suite à la génération de surfaces de sol nu dues au piétinement (Gonseth, 2010) et à la présence de larves dans les bouses de vaches. Cette dernière ressource peut s'avérer primordiale en cas de sécheresse (Ferrand & Gossmann, 2009).

Les traitements mécaniques du sol, y compris dans les herbages, influencent négativement la macrofaune du sol, en particuliers les vers de terres (McKenzie, et al., 2016). L'impact négatif du hersage et du girobroyage que nos résultats mettent en évidence correspond donc probablement à une diminution des ressources alimentaires exploitables dans les prés et pâturages soumis à ces pratiques.

Bien qu'ayant une influence plus faible, l'impact positif des irrégularités du sol (rugosité) peut s'expliquer par leur rôle de protection contre les prédateurs ou contre le vent (des bécasses ont été trouvées à plusieurs reprises derrière de petites buttes par grand vent) mais également par un accès facilité à la nourriture dans les creux où de l'humidité persiste. Le nivellement du sol des surfaces herbagères par gibroyage réduit leur intérêt pour l'espèce.

Les suivis effectués dans le jura valdo-neuchâtelois ont également montré que les sécheresses persistantes ne permettaient pas aux bécasses, notamment indigènes, de s'alimenter correctement en raison de la dureté du sol (V. Rocheteau com. pers.). Cet effet négatif de la sécheresse est un élément connu (Ferrand & Gossmann, 2009).

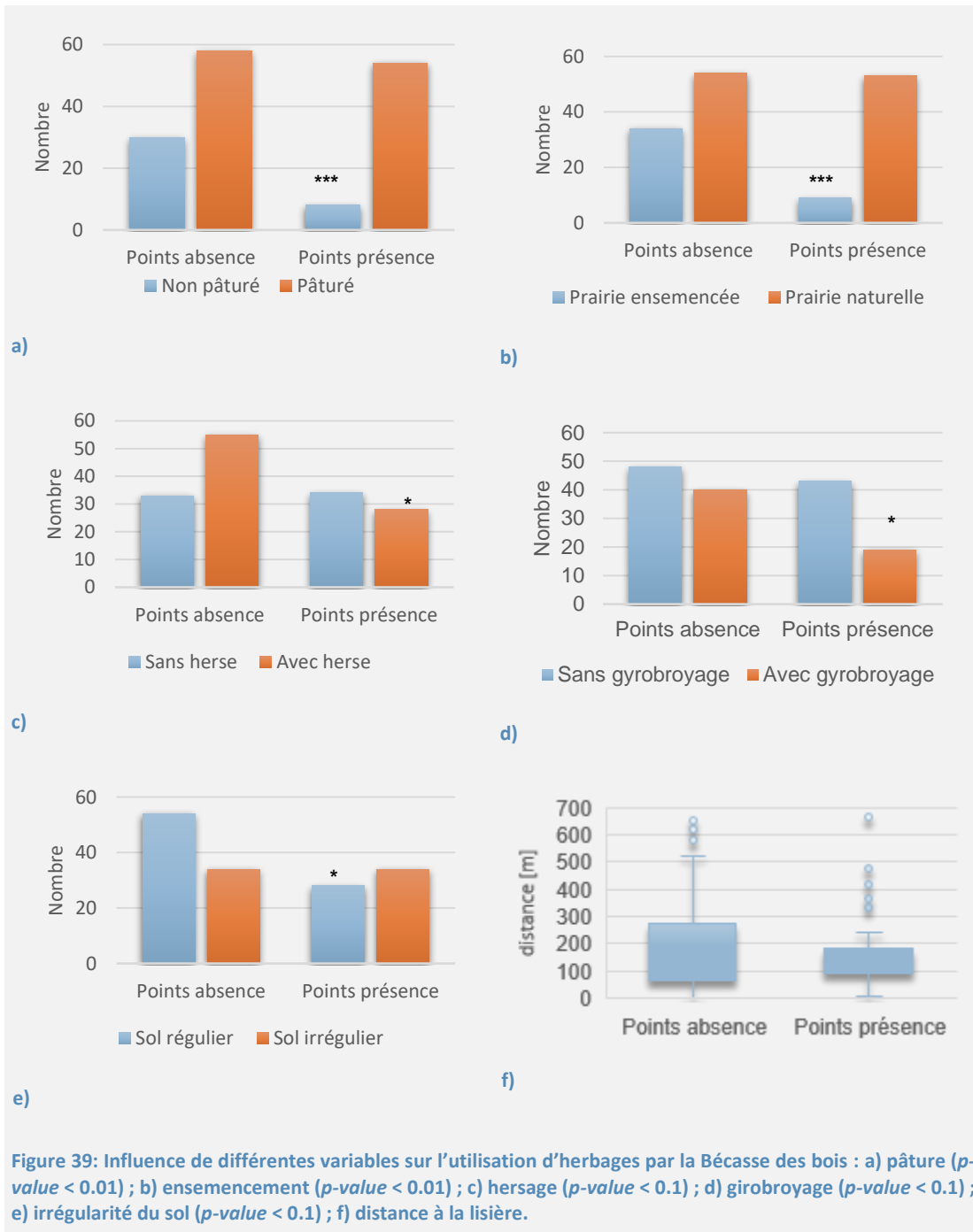


Figure 39: Influence de différentes variables sur l'utilisation d'herbages par la Bécasse des bois : a) pâturation (p -value < 0.01) ; b) ensemencement (p -value < 0.01) ; c) hersage (p -value < 0.1) ; d) girobroyage (p -value < 0.1) ; e) irrégularité du sol (p -value < 0.1) ; f) distance à la lisière.

Les pâturages extensifs d'altitudes jouent un rôle prépondérant pour l'alimentation de la Bécasse des bois aussi bien en pré-migration pour les bécasses indigènes que pour les oiseaux en halte migratoire.

Afin de garantir un bon accès à des ressources alimentaires indispensables à la migration de ces oiseaux, il est impératif de promouvoir des pratiques agricoles respectueuses des sols et de garantir la conservation des pâturages naturels extensifs de moyenne montagne.

4.2 MIGRATION ET HIVERNAGE DES BÉCASSES INDIGÈNES

4.2.1 INTRODUCTION

La compréhension de la migration annuelle est un élément important de la stratégie de conservation de nombreuses espèces d'oiseaux. En outre pour une espèce indigène chassable telle que la bécasse, cette connaissance peut avoir des implications sur les règlements de chasse aussi bien au niveau national qu'international. En effet, l'effet cumulatif de la chasse sur les sites de reproduction, d'hivernage et le long des escales migratoires peut avoir un effet négatif sur les populations nicheuses. La bécasse indigène étant classée vulnérable. Il est donc nécessaire d'améliorer les connaissances sur le comportement migratoire des bécasses nicheuses indigènes. Ce volet de l'étude vise à identifier les dates de départ en migration des bécasses indigènes, à localiser leurs sites d'hivernage et à déterminer à quel moment arrivent les bécasses migratrices venues du nord-est.

4.2.2 MÉTHODES

4.2.2.1 CAPTURES ET MARQUAGE

Les techniques de capture et de marquage ont été décrites au chapitre précédent. Les oiseaux ont été équipés d'émetteurs VHF ou de balises Argos.

4.2.2.2 SUIVI DE LA MIGRATION

Le suivi de la migration post-nidification fut effectué par la recherche au phare des bécasses sortant de nuit sur les pâturages et prairies pour se nourrir.

Des transects ont été sélectionnés sur les prairies et pâturages d'altitudes proches des sites de coules documentés (Figure 37). Les transects avaient une longueur moyenne de 2.5 km et furent réalisés en 1h environ s'il n'y avait pas d'oiseau. Plusieurs transects différents ont pu être parcourus la même nuit. Le nombre de bécasses observées a été comptabilisé par transect et par soirée.

4.2.2.3 DETERMINATION DES DATES DE DÉPART DES BÉCASSES INDIGÈNES

Seuls les oiseaux encore suivis au 1^{er} septembre de chaque année ont été pris en considération. Pour les oiseaux équipés d'émetteurs VHF, la date de départ correspond à la dernière localisation connue sur la zone d'étude. Pour les oiseaux équipés de balise Argos une date de départ a été estimée à partir de la dernière émission sur la zone d'étude et de la première localisation à plus de 100 km de la zone d'étude. Seuls les oiseaux ayant moins de quinze jours entre ces deux dates ont été retenus. La date moyenne de ces deux dates peut être alors validée comme la date de départ de l'oiseau.



4.2.2.4 HIVERNAGE

Les régions d'hivernage des bécasses indigènes ont été déterminées sur la base des données fournies par les oiseaux équipés de balises Argos ainsi que par les oiseaux indigènes prélevés à la chasse entre le 15 décembre et le 31 janvier.

4.2.3 RÉSULTATS

4.2.3.1 SUIVI DE LA MIGRATION AUTOMNALE

Les premiers contacts nocturnes en prairie ont eu lieu dès la dernière décade de septembre lorsque les conditions environnementales furent favorables (humidité du sol suffisante, herbe rase, absence de gel au sol). En 2018, en raison de la sécheresse, aucun oiseau ne fut contacté avant le 6 octobre. Durant la dernière décade de septembre et les premiers jours d'octobre, il s'agissait principalement d'oiseaux locaux suivis par télémétrie ou d'oiseaux dont les plumes de vol étaient encore en mue.

L'activité migratoire a débuté véritablement durant la deuxième décade d'octobre. Le pic migratoire peut être fixé au 4 novembre \pm 5 jours en fonction des années. La migration s'est poursuivie jusqu'à fin novembre (Figure 40).

Lors de ces suivis nocturnes, des oiseaux locaux furent régulièrement capturés jusqu'à fin octobre.

4.2.3.2 DATES DE DÉPART EN MIGRATION

Entre 2016 et 2018, ce sont 44 départs en migration qui ont pu être documentés.

Pour ces trois ans, les départs se sont échelonnés entre le 6 octobre et le 26 novembre (Figure 40). 95 % des départs ont lieu entre le 21 octobre et le 20 novembre. Toutefois, seule la moitié des oiseaux indigènes étaient partis en migration au 3 novembre. En 2016, un jeune oiseau est en outre resté dans la zone d'étude jusqu'au 15 décembre.

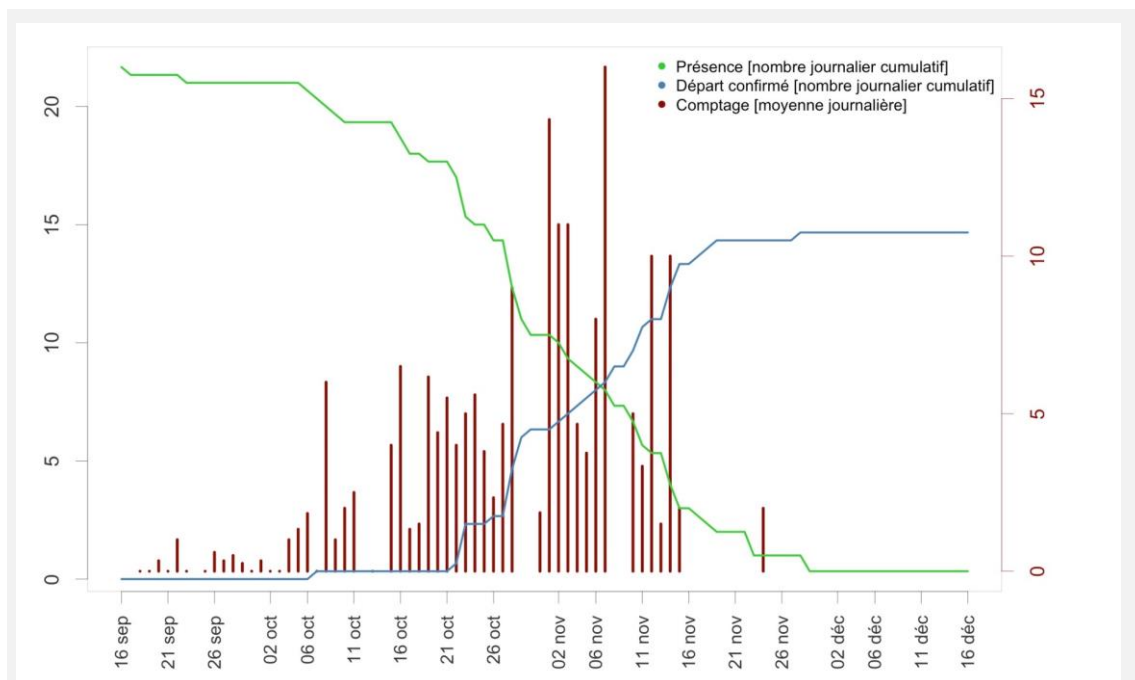


Figure 40: Moyennes cumulées des présences automnales et des départs en migration des bécasses équipées de balises Argos et d'émetteurs VHF entre 2016 et 2018 comparées comptages nocturnes effectués sur les prairies et pâturages d'altitude.

4.2.3.3 MIGRATION ET HIVERNAGE

15 des 34 bécasses indigènes équipées de balises Argos entre 2016 et 2018 ont fournis des indications leurs voies de migration automnales et/ou les sites d'hivernage (Figure 41). Par ailleurs, trois autres bécasses indigènes ont été prélevées à la chasse dans leurs sites d'hivernage.

Les bécasses rejoignent leurs sites d'hivernage en deux à quatre jours. Les déplacements migratoires se font plutôt en début de nuit comme l'ont montré trois bécasses équipées de balises Argos.

Ces oiseaux ont montré une grande variabilité individuelle dans le choix des sites d'hivernage. Dix oiseaux se sont rendus dans la Péninsule ibérique, des Pyrénées à l'Andalousie. Huit oiseaux ont hiverné en France, des bords de la Saône à l'Aquitaine en passant par le Languedoc-Roussillon et la Vallée du Rhône, au Sud. Un oiseau a même franchi la Méditerranée pour se rendre en Algérie.

Les sept oiseaux qui ont pu être suivis plus d'une année ont montré une forte fidélité à leur site d'hivernage et également une forte constance dans les dates de migration.

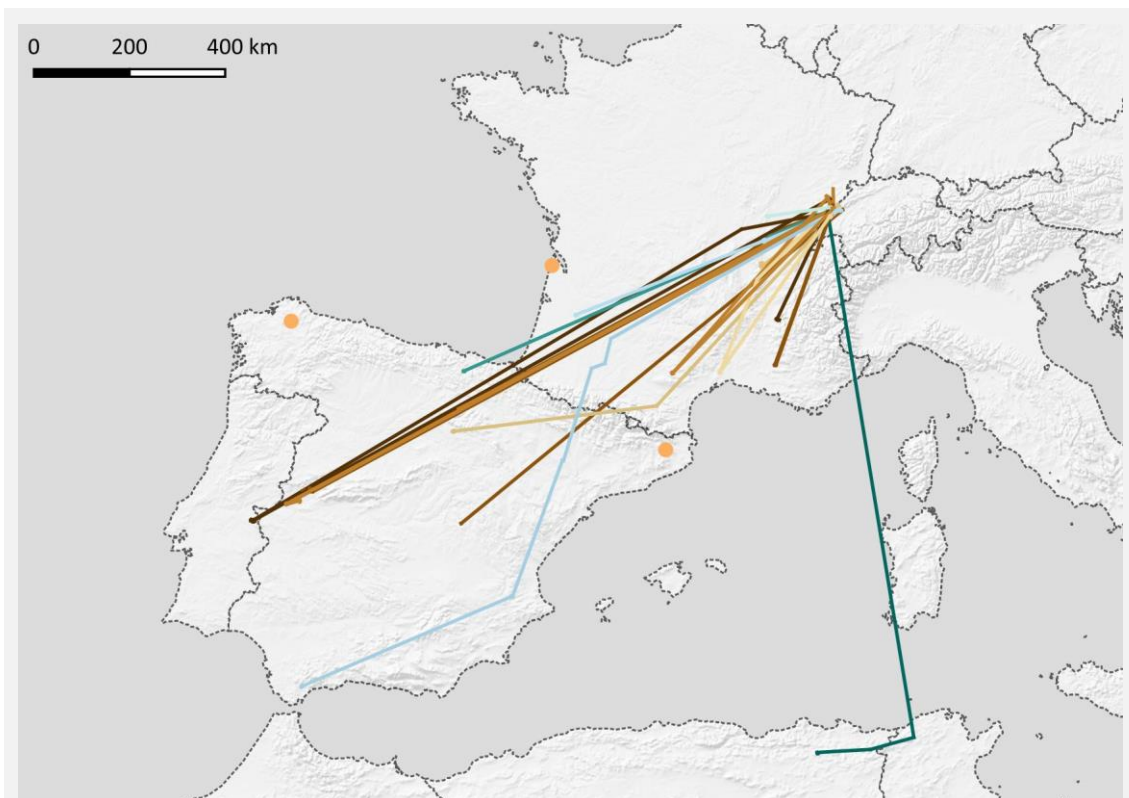


Figure 41: Identification des voies migratoires automnales entre 2016 et 2019 pour les Bécasses indigènes équipées de balises Argos entre 2016 et 2018 et localisation des sites d'hivernage (rond) pour les trois bécasses indigènes prélevées à la chasse durant la saison hivernale (mi-décembre – janvier).

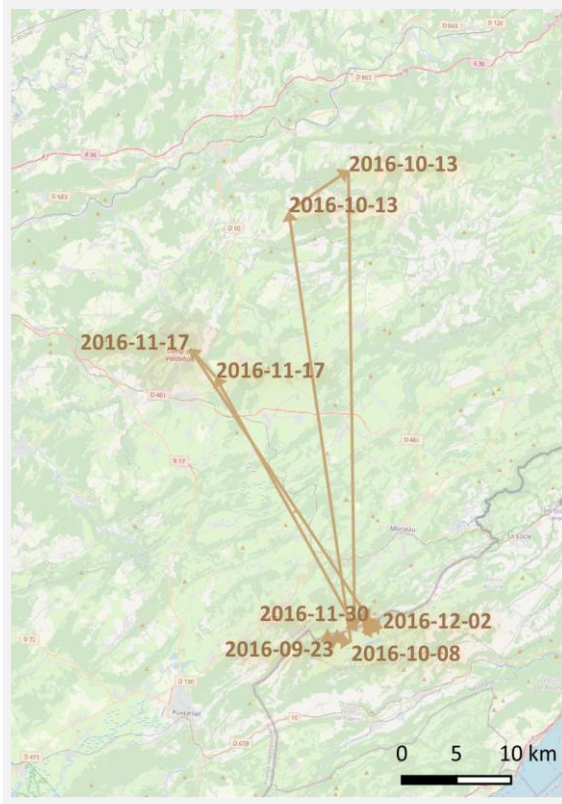


Figure 42: Déplacements pré-migratoires tardifs pour le jeune mâle K115182 en 2016.

4.2.4 DISCUSSION

4.2.4.1 SUIVI DE LA MIGRATION AUTOMNALE

Des bécasses des bois peuvent être observées en prairie et pâturages d'altitude dès la dernière décennie de septembre. Les captures réalisées sur ces sites ont mis en évidence que les milieux ouverts sont principalement fréquentés par des bécasses indigènes durant la dernière décennie de septembre et la première décennie d'octobre. Ce constat confirme les observations précédemment effectuées dans le Jura franco-suisse (Mulhauser, et al., 2010; Leresche, 2009). En effet, ces auteurs avaient également montré que la présence d'oiseaux dans les forêts jurassiennes à fin septembre était plutôt le fait d'oiseaux locaux. Dans cette étude un passage migratoire en altitude débutant en août ou septembre (Duchain, 2019; Winkler, 1999) n'a par contre pas pu être confirmé.

Les bécasses des bois cherchent à accumuler des graisses durant la période pré-migratoire (Ferrand & Gossmann, 2009). Durant les haltes migratoires les oiseaux continuent de se nourrir car leurs réserves lipidiques sont rapidement consommées (Ferrand & Gossmann, 2009). La probabilité de détection des oiseaux indigènes et migrants en milieu ouvert est donc similaire. Il est donc peu probable qu'il y ait eu un biais de détection en faveur des oiseaux locaux.

D'après nos résultats les premiers migrants passent sur le Jura à la fin de la première décennie d'octobre et le pic migratoire a lieu début novembre confirmant les indications fournies par plusieurs auteurs pour l'Europe centrale (Ferrand & Gossmann, 2009; Duchain, 2019) et pour la Suisse (Christen, 1982; Leresche, 2009). Sur le Jura, les escales migratoires peuvent se poursuivre jusqu'à la fin novembre en cas d'absence de neige.

La fréquentation des prairies d'altitude par les bécasses semble être influencée par les conditions météorologiques. En effet les saisons sèches, comme ce fut le cas en 2018, ne leur sont pas favorables. Cette année-là les bécasses indigènes n'ont pas exploité les milieux ouverts durant le mois de septembre. Cela s'explique par le fait qu'en période de sécheresse l'accès à la ressource alimentaire est plus difficile en milieu ouvert (sol plus dur, végétation herbacée non broutée par le bétail) qu'en forêt.

4.2.4.2 DÉPARTS EN MIGRATION

Les départs en migration des bécasses indigènes commencent avec l'arrivée des premières migratrices à la fin de la première décennie d'octobre et s'échelonnent durant toute la période de passage saisonnier des bécasses venues du Nord-Est. Le point d'inflexion des départs à début novembre coïncide avec les dates des pics migratoires observées entre 2016 et 2018. Nos résultats confirment donc les observations faites précédemment dans le Jura franco-suisse (Mulhauser, et al., 2010) et dans les Préalpes vaudoises (Brüngger & Estoppey, 2008) qui montraient que des bécasses indigènes étaient encore présentes jusqu'à fin octobre, voire fin novembre (Zimmermann & Santiago, 2019).

Les résultats obtenus montrent que tous les oiseaux ne quittent pas forcément le Jura lors de l'arrivée des premières neiges. Certains oiseaux se réfugient sur les plateaux ou dans les vallées sans neige avant de revenir dans les secteurs de crête si la neige ne dure pas, comme ce fut le cas pour un jeune mâle K115182 équipé d'une balise Argos en 2016 (Figure 42).

4.2.4.3 MIGRATION ET HIVERNAGE

Les données obtenues par les suivis des oiseaux équipés de balises Argos confirment les observations obtenues par les reprises à la chasse d'oiseaux bagués concernant l'axe migratoire principal (Maumary, et al., 2007). La migration des bécasses jurassiennes suit principalement le flux migratoire en direction du Sud-Ouest.

Les bécasses rejoignent leurs sites d'hivernage en deux à quatre jours. Les déplacements migratoires se font de nuit comme cela a déjà été documenté (Ferrand & Gossmann, 2009).

Il apparaît aussi qu'une partie des oiseaux se rend plus au sud que ce qui était documenté précédemment par les reprises de bagues (Maumary, et al., 2007; Mulhauser, et al., 2010). En effet, une partie des bécasses a passé les Pyrénées pour se rendre dans la Péninsule ibérique. Ces résultats nuancent quelque peu les résultats obtenus lors des suivis satellitaires de bécasses équipées en Espagne (Arizaga, et al., 2014) qui semblaient montrer que les bécasses des bois hivernant en Espagne venaient de plus loin et plus à l'Est que ce que laissait supposer les reprises de bagues issus des prélèvements à la chasse. Nos résultats mettent surtout en exergue une forte variabilité individuelle quant à la stratégie migratoire comme l'ont également montré les suivis satellitaires italiens (Tedeschi, et al., 2019). Sur les sites d'hivernage, les bécasses suisses se mélangent donc aux populations venant d'autres régions d'Europe.

Fait inédit un mâle adulte indigène a traversé la Méditerranée, vraisemblablement entre le 13 et le 14 novembre 2017 (Figure 41). C'est une première pour un oiseau suisse. Il est probable que sa migration a été influencée par les conditions météorologiques. A cette date une dépression a glissé du continent sur la Méditerranée entraînant un fort courant Nord-Sud que cet oiseau a sans doute suivi (www.meteociel.fr). Une bécasse équipée aux Baléares durant l'hiver 2016-2017 et nichant dans le Nord de l'Europe a suivi le même itinéraire (Cazenave, 2018).

Comme pour les sites de reproduction, les bécasses montrent une forte fidélité à leur site d'hivernage. Cette fidélité a également été mise en évidence dans les autres études de suivi par Argos (Hoodless & Heward, 2019; Arizaga, et al., 2014).

4.3 SURVIE DE LA BÉCASSES DES BOIS

4.3.1 INTRODUCTION

La gestion des espèces chassables est intimement liée à la pression de chasse et à la survie des individus, facteurs cruciaux d'une gestion raisonnée et durable (Duriez, et al., 2005; Prieto, et al., 2019). La bécasse des bois est une espèce chassée au niveau européen dont les populations suisses sont considérées comme vulnérables. L'effet cumulatif de la chasse sur les sites de reproduction, le long des escales migratoires et sur les sites d'hivernage peut donc avoir un effet négatif sur les populations nicheuses. Ce chapitre explore les causes de mortalité des bécasses de l'Arc jurassien, documente les lieux de prélèvement des bécasses et analyse la survie des individus.

4.3.2 MÉTHODES

4.3.2.1 SITE D'ÉTUDE

Les bécasses des bois ont été capturées dans le Jura valdo-neuchâtelois entre Sainte-Croix et la Vue-des-Alpes.

4.3.2.2 CAPTURE ET MARQUAGE

La capture des bécasses a été effectuée au moyen de filets japonais complétés de leurres visuels et/ou auditifs sur les sites de croule et sur des flaques forestières ainsi qu'au moyen d'un phare portatif durant les périodes de migration printanière et automnale. Les méthodes sont détaillées dans les deux premiers rapports annuels du projet (Rocheteau, et al., 2015; Rocheteau, et al., 2017).

Toutes les bécasses capturées ont été mesurées et photographiées. Elles ont également été marquées au moyen de bagues en aluminium SEMPACH HELVETIA taille K (6.5 mm).

4.3.2.3 DÉTERMINATION DE L'ÂGE

L'âge des bécasses a été déterminé sur la base de critères d'usure, de coloration et de motifs du plumage (Ferrand & Gossmann, 2009). Les oiseaux ont été assignés à l'une des deux classes d'âge définies : juvénile, oiseau né durant l'année civile avec un plumage juvénile neuf entre juin et novembre ; adulte, oiseau en âge de se reproduire (2^e année) présentant un plumage juvénile usé entre mars et août correspondant à une deuxième année civile.

4.3.2.4 DÉFINITION DE L'ORIGINE DES OISEAUX CAPTURÉS

L'ensemble des oiseaux capturés durant la croule ou sur flaque forestière durant l'été ont été considérés comme indigènes.

Pour la plupart des espèces d'oiseaux le départ en migration se fait lorsque la mue est terminée, éventuellement bloquée (non active). Il est généralement admis qu'un oiseau présentant une mue active n'est pas encore apte à partir en migration.

Chez les bécasses adultes la mue des rémiges primaires est centrifuge. Les rémiges primaires (RP) 3 et 2 sont donc les dernières à muer, souvent entre mi-septembre mi-octobre (Figure 43). La mue des

rectrices (RC) est terminée juste avant celle des rémiges primaires. Dès l'âge de deux mois, les jeunes font une mue partielle post juvénile avant le premier départ en migration. Lors de cette mue les jeunes remplacent leurs RC (les deux RC centrales pouvant être retenues), leurs rémiges secondaires (RS) les plus internes et leurs couvertures secondaires, certaines pouvant être retenues indiquant alors un jeune tardif. Ils perdent aussi les plumes du corps, les petites et moyennes couvertures (PC et MC).

La recherche de traces de mue active (plumes encore en fourreau) permet de déterminer si l'oiseau a pu démarrer sa migration ou non (Figure 44 et Figure 45). La détection des oiseaux en mue est rapide en raison de la desquamation prononcée des fourreaux fraîchement séchés des plumes, un peu comme si l'oiseau avait des pellicules dans le plumage. Pour les bécasses adultes, il est possible de trouver des traces de mue active jusqu'à mi-octobre.

En octobre et novembre les bécasses indigènes encore présentes se mélangent aux bécasses en halte migratoire. Lors des captures au phare l'origine de la plupart des oiseaux est inconnue. Cependant, en octobre, certains individus présentent encore des traces de mue active ce qui suggère leur indigénat. Cette hypothèse a pu être confirmée dans le cadre de cette étude par des recaptures, des reprises à la chasse et des prédatons à la même période d'oiseaux bagués à la croule, par le suivi par télémétrie VHF ou par balise Argos l'année suivant leur baguage.

L'identification de l'origine des bécasses durant la migration printanière est impossible. Par conséquent les oiseaux capturés à cette période ont été considérés comme « de provenance inconnue » à moins qu'ils n'aient été recapturés ou suivis par télémétrie VHF plus tard dans la saison.

L'allochtonie n'a pu être attribuée qu'à un seul oiseau capturé au phare en automne et prélevé à la chasse au printemps suivant en Russie.

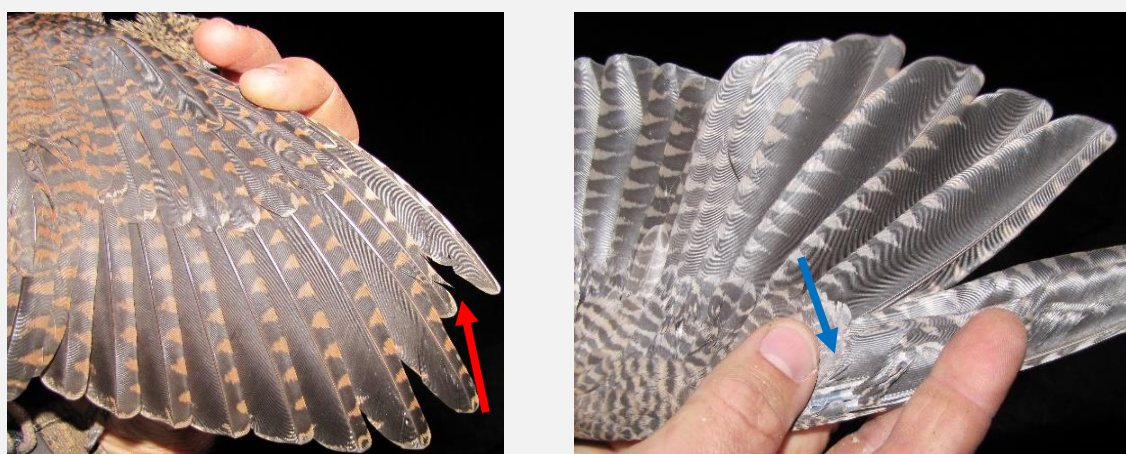


Figure 43: Rémiges primaires 2 et 3 en pousse (flèche rouge), en fourreau (flèche bleue) chez la bécasse adulte K116325 le 28 septembre 2017.

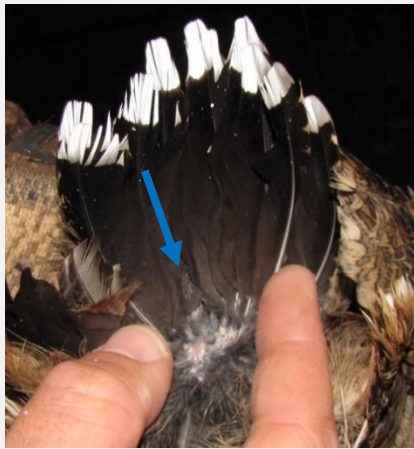


Figure 44: Flèche bleue rectrice centrale en pousse en fourreau chez la bécasse adulte K116325 le 28 septembre 2017.

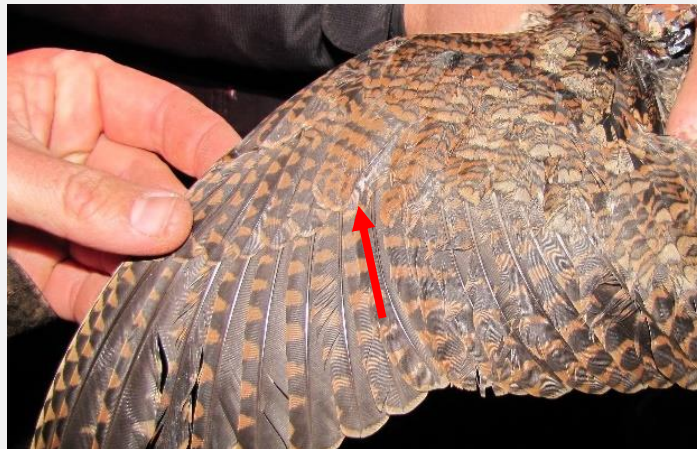


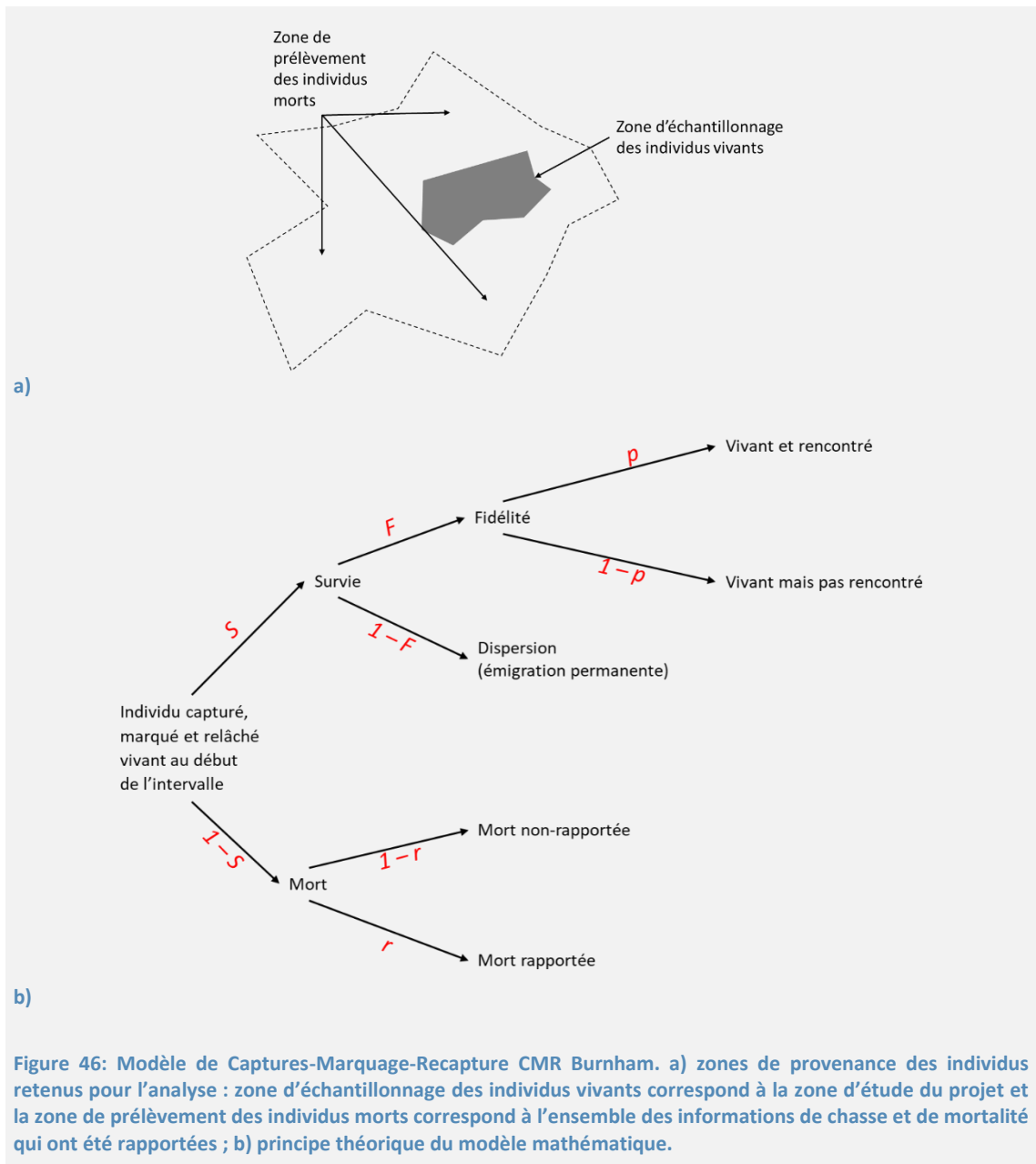
Figure 45: Flèche rouge mue active des couvertures secondaires chez la jeune bécasse K116322 le 22 septembre 2017.

4.3.2.5 STATISTIQUES

4.3.2.5.1 ESTIMATION DES TAUX DE SURVIE

Les méthodes de « capture-marquage-recapture » (CMR) permettent l'analyse statistique de différents paramètres de dynamique des populations animales.

Le baguage des bécasses à la croule et durant la période automnale a permis d'estimer les taux de survie des bécasses dans la région d'étude. Deux classes d'âge: (oiseaux de première année et adultes) ainsi que deux saisons (été : avril à septembre ; hiver : octobre à mars) ont été considérées et ceci pour les années 2015 à 2019 (retour de bagues d'oiseaux chassés). Les taux de survies ont été calculés au moyen du logiciel MARK 9.0 (Cooch & White, 2019). Le modèle retenu est le modèle robuste de Burnham (Figure 46) qui permet de prendre en considération à la fois les captures d'individus vivants et les reprises d'individus morts (Burnham, 1993).



4.3.3 RÉSULTATS

4.3.3.1 BAGUAGE

Entre 2015 et 2018, 409 bécasses différentes ont été identifiées (Figure 47). 404 ont été baguées dans le cadre du projet national. A ces oiseaux, s'ajoutent cinq oiseaux supplémentaires provenant des bécasses baguées par l'association SORBUS durant la même période. Ces cinq oiseaux ont été suivis dans le cadre du projet national.

La part totale de bécasses indigènes baguées s'est élevée à 24 % (100 individus). Ces cent bécasses se sont réparties comme suit : 79 mâles adultes, 8 mâles de 1^{ère} année, 1 femelle adulte, 2 femelles de 1^{ère} année, 4 poussins femelles, 4 oiseaux de 1^{ère} année de sexe indéterminé et 2 poussins de sexe indéterminé.

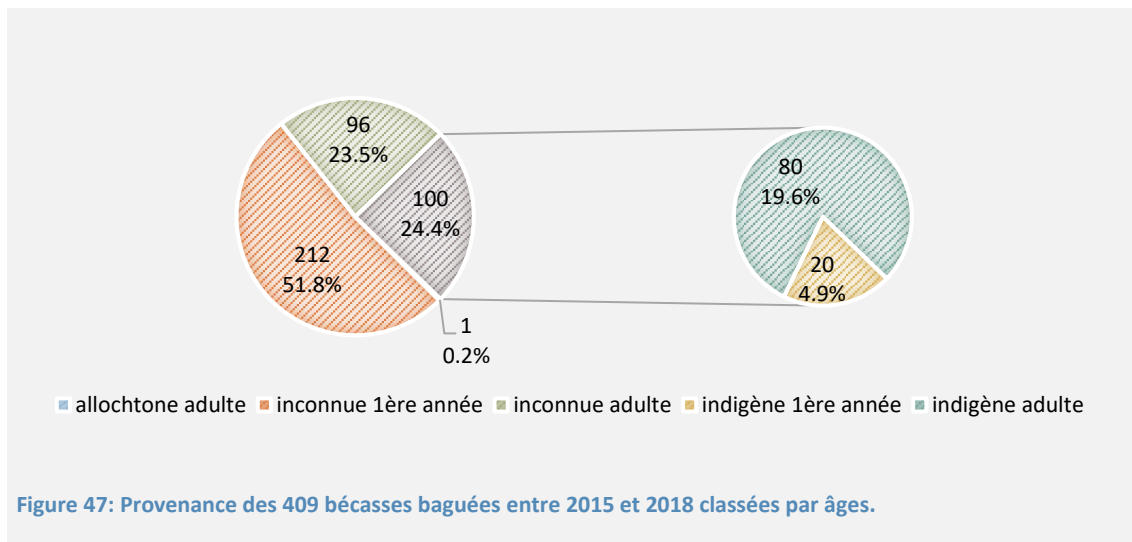


Figure 47: Provenance des 409 bécasses baguées entre 2015 et 2018 classées par âges.

76 % des oiseaux indigènes et migrateurs ont été bagués lors de captures au phare sur des prairies et des pâturages prospectés durant l'automne (dernière décade de septembre à dernière décade de novembre).

83 % des oiseaux indigènes ont été bagués lors de sessions de captures à la croule (dernière décade de mars à première décade de juillet). 6 % des bécasses indigènes ont été baguées durant la première partie de la migration automnale (dernière décade de septembre à première décade d'octobre) (Figure 48).

98.1% des oiseaux de provenance inconnue ou étrangère (Russie) ont été capturés entre la première décade d'octobre et la dernière décade de novembre (Figure 48). Seuls trois oiseaux de provenance inconnue ont été bagués durant la dernière décade de septembre. Trois oiseaux de provenance inconnue ont également été capturés durant la migration printanière.

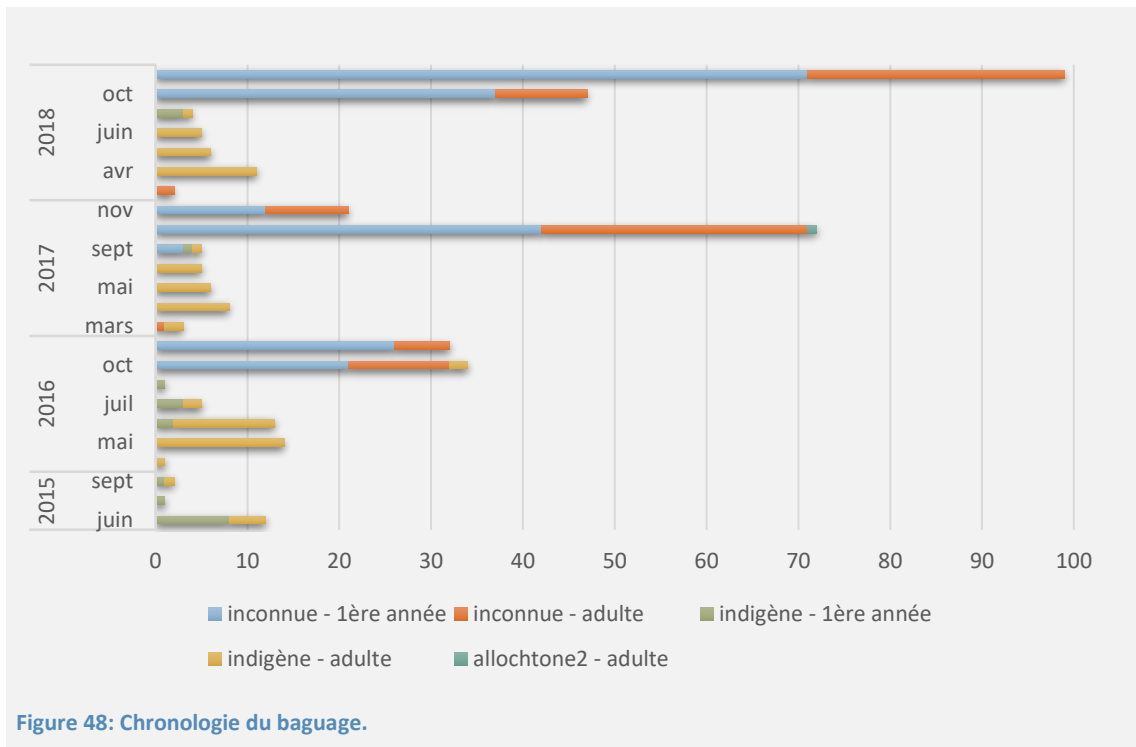


Figure 48: Chronologie du baguage.

4.3.3.2 REPRISES DES OISEAUX BAGUÉS

132 (32.3 %) bécasses identifiées durant le projet ont été contrôlées au moins à une reprise (recapturées vivantes, prédatées ou prélevées à la chasse) entre le 8 mai 2015 et le 18 janvier 2020 (Tableau 7). 79, dont 14 indigènes (2 en Suisse), ont été annoncées comme prélevées à la chasse et 12 dont 11 indigènes ont été prédatées.

20 jeunes oiseaux bagués à l'automne d'origine inconnue ont été contrôlés vivants sur le site entre 1 et 744 jours (médiane 10.5 jours) après leur baguage (Tableau 9).

Une analyse CMR effectuée sur les données récoltées entre 2015 et mars 2019 a montré que les taux de recapture variaient en fonction de la session de captures, mais pas entre les âges (Tableau 8). Si le taux moyen de recapture d'oiseaux vivants atteignait 21.7 % en période estivale (avril à septembre), il n'était que de 5.1% en période hivernale (octobre à mars).

Le taux de reprise de bécasses mortes (tirées ou prédatées) observé (22.2 %) est comparable au taux modélisé par l'analyse CMR sur les données 2015 à 2019 (24.0 %, Tableau 8).

Tableau 7: Synthèse du baguage et des reprises entre le 8 mai 2015 et le 18 janvier 2020.

| | Indigènes | Inconnues | Non Indigènes | Total |
|--|------------|------------|---------------|------------|
| Bécasses baguées dans le cadre du projet | 95 | 308 | 1 | 404 |
| Total bécasses identifiées | 100 | 308 | 1 | 409 |
| <i>Chasse Suisse</i> | 2 | 4 | 0 | 6 |
| <i>Chasse Franche-Comté</i> | 5 | 16 | 0 | 21 |
| <i>Chasse reste France</i> | 2 | 34 | 0 | 36 |
| <i>Chasse Espagne</i> | 4 | 10 | 0 | 14 |
| <i>Chasse Portugal</i> | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Chasse Russie</i> | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total Chasse | 14 | 64 | 1 | 79 |
| Bécasses prédatées | 11 | 1 | 0 | 12 |
| Bécasses uniquement recapturées vivantes | 24 | 17 | 0 | 41 |

Tableau 8: Taux de recapture et de reprise (individus morts) estimés par le modèle Burnham avec deux sessions par an pour les bécasses baguées en fonction de l'âge.

| Paramètre | Estimation | Erreur standard | Minimum | Maximum | Groupe | Session |
|-------------------|------------|-----------------|---------|---------|----------------------|---------------------|
| Taux de recapture | 42.6% | 21.2% | 12.0% | 80.2% | Adultes & 1ère année | 2016 - estival |
| Taux de recapture | 9.7% | 4.6% | 3.7% | 23.3% | Adultes & 1ère année | 2016 - hivernal |
| Taux de recapture | 13.3% | 5.4% | 5.7% | 27.9% | Adultes & 1ère année | 2017 - estival |
| Taux de recapture | 3.7% | 2.6% | 0.9% | 13.9% | Adultes & 1ère année | 2017 - hivernal |
| Taux de recapture | 9.2% | 4.4% | 3.5% | 22.2% | Adultes & 1ère année | 2018 - estival |
| Taux de recapture | 1.7% | 1.8% | 0.2% | 12.0% | Adultes & 1ère année | 2018 - hivernal |
| Taux de reprise | 24.0% | 3.9% | 17.1% | 32.5% | Adultes & 1ère année | Toutes les sessions |

Tableau 9: Tableau synthétique des oiseaux d'origine inconnue bagués et recapturés à l'automne.

| Bague | Âge au moment du baguage | Date de baguage | Date de recapture | Date de prédation | Date de reprise à la chasse |
|---------|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| K115189 | Jeune précoce | 18.10.2016 | 05.11.2016 | | |
| K115193 | Jeune précoce ou adulte | 19.10.2016 | 02.11.2018 | | |
| K116323 | Jeune tardif | 25.09.2017 | 21.10.2017 | | |
| K118455 | Jeune précoce ou adulte | 26.10.2016 | 24.10.2017 | 31.10.2017 | |
| K118459 | Jeune précoce | 27.10.2016 | 04.11.2016 | | |
| K118466 | Jeune précoce | 31.10.2016 | 05.11.2016 | | |
| K121951 | Jeune tardif | 22.10.2017 | 23.10.2017 | | |
| K121957 | Jeune précoce | 22.10.2017 | 31.10.2017 | | |
| K121975 | Jeune tardif | 27.10.2017 | 31.10.2017 | | |
| K121980 | Jeune tardif | 27.10.2017 | 10.11.2017 | | |
| K121987 | Jeune tardif | 28.10.2017 | 10.11.2017 | | 13.02.2019 |
| K121992 | Jeune tardif | 28.10.2017 | 02.11.2017 | | 22.12.2017 |
| K121993 | Jeune tardif | 28.10.2017 | 02.11.2017 | | |
| K124201 | Jeune précoce | 11.10.2018 | 22.10.2018 | | |
| K124209 | Jeune précoce | 15.10.2018 | 24.10.2018 | | |
| K124223 | Jeune précoce | 19.10.2018 | 23.10.2018 | | |
| K124224 | Jeune précoce | 19.10.2018 | 14.11.2018 | | |
| K124227 | Jeune précoce | 20.10.2018 | 02.11.2018 | | 14.12.2018 |
| K124234 | Jeune précoce | 23.10.2018 | 02.11.2018 | | |
| K124237 | Jeune précoce | 23.10.2018 | 15.11.2018 | | |

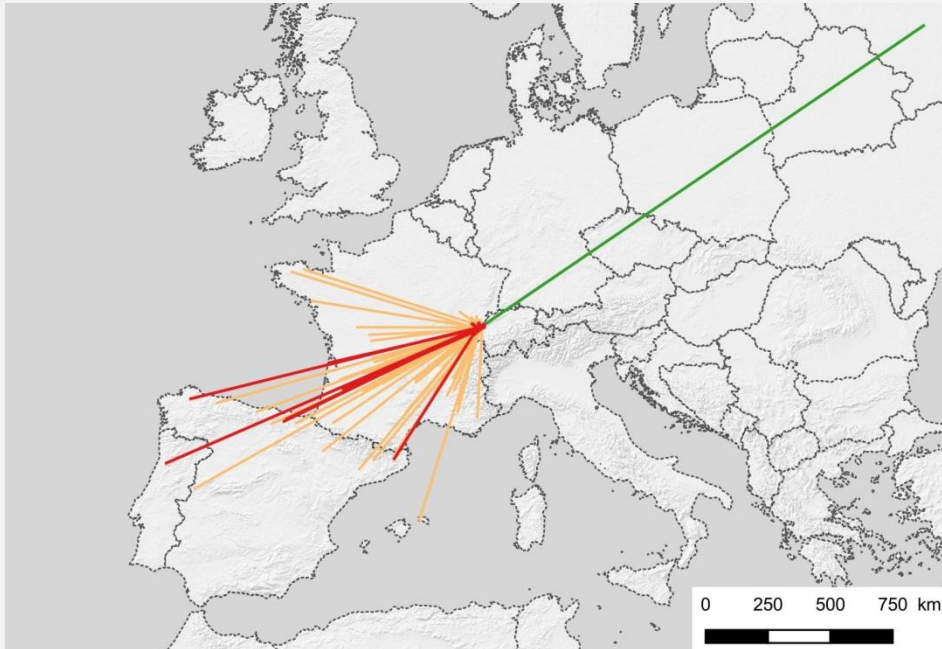


Figure 49: Reprises ou contrôles des 132 bécasses identifiées dans le cadre du projet pour lesquelles une information de reprise a été transmise (rouge : indigènes ; orange : inconnues ; vert : allochtones).

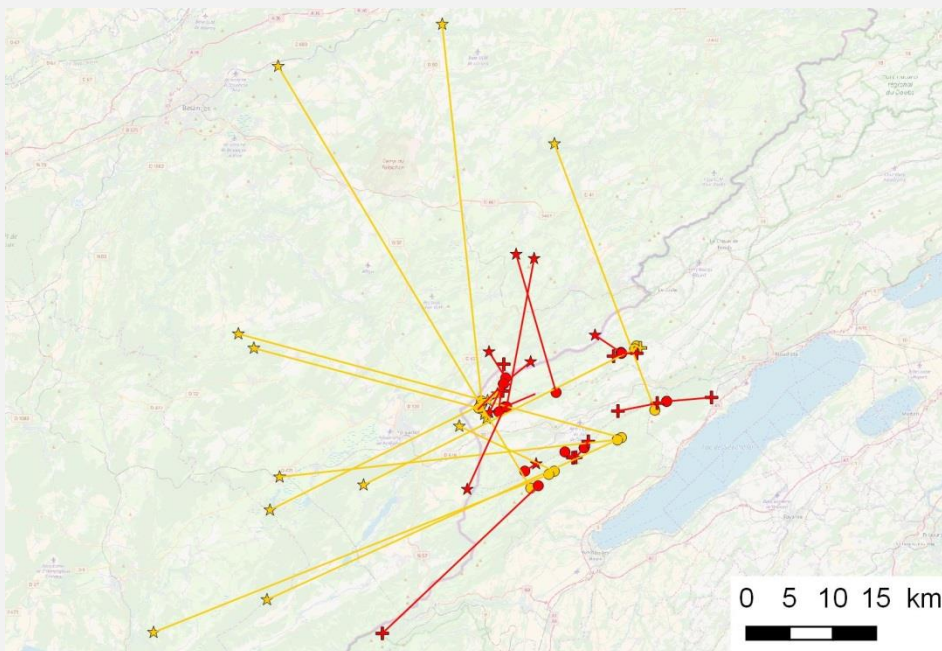


Figure 50: Reprises pour les 35 bécasses prélevées à la chasse ou prédatées dans un rayon de 50 km autour de la zone d'étude (rouge : indigènes ; orange : inconnues). Les ronds localisent les sites de baguage, les étoiles les lieux de tir et les croix les lieux de prédation.

4.3.3.2.1 PRÉDATION

L'ensemble des données de prédation concerne des oiseaux adultes, majoritairement indigènes (Figure 51). Elles proviennent toutes de la zone d'étude (Figure 50). Les prédatations documentées furent aussi bien le fait de mammifères carnivores que de rapaces (Figure 52).

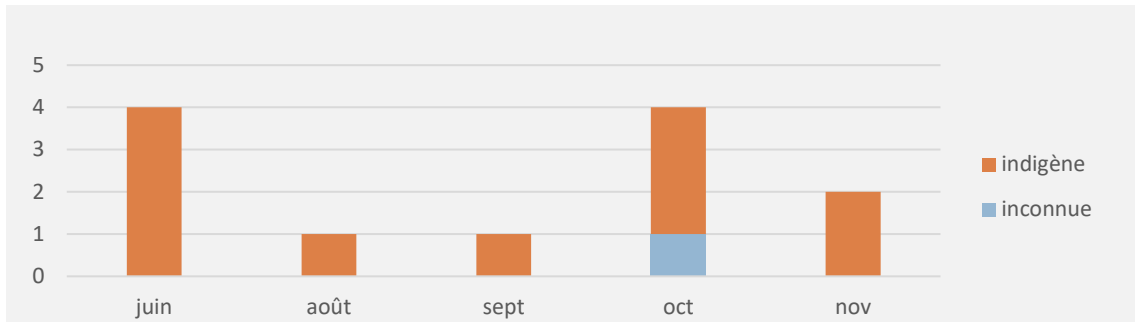


Figure 51: Chronologie des prédatations [N=12].



Figure 52: Restes du mâle K122032 retrouvés à la Vallée de Joux.

4.3.3.2.2 REPRISES À LA CHASSE

Le taux de reprise à la chasse est de 19.3 %, dont 1,5% en Suisse (6/409), pour l'ensemble de la période du 16 octobre 2016 (premier tir documenté) au 18 janvier 2020 (dernier tir documenté). 78.5 % des bécasses baguées prélevées à la chasse l'ont été durant les mois d'octobre à décembre avec 31 oiseaux prélevés pour le seul mois de novembre (Figure 54). Près du tiers des bécasses prélevées ont été chassées dans le Jura valdo-neuchâtelois (7.8%) et les départements francs-comtois du Doubs et du Jura (26%) durant les mois d'octobre et novembre. Ces bécasses ont été prélevées à moins de 100 km de leur lieu de baguage (Figure 53).

Les prélèvements de bécasses indigènes ont principalement eu lieu durant les mois d'octobre et novembre (Figure 55). 50 % des bécasses indigènes ont été prélevées à moins de 25 km de leur lieu de baguage (Figure 53) dont 14 % (2 oiseaux) sur le territoire national à moins de 2km de leur lieu de baguage.

L'âge ratio des prélèvements des bécasses baguées s'est élevé à 49.3 % de jeunes de première année, principalement des oiseaux dont l'origine était inconnue. Cependant 71.4 % des bécasses indigènes prélevées à la chasse étaient des adultes (Figure 56) avec des prélèvements effectués principalement durant le mois d'octobre (Figure 57).

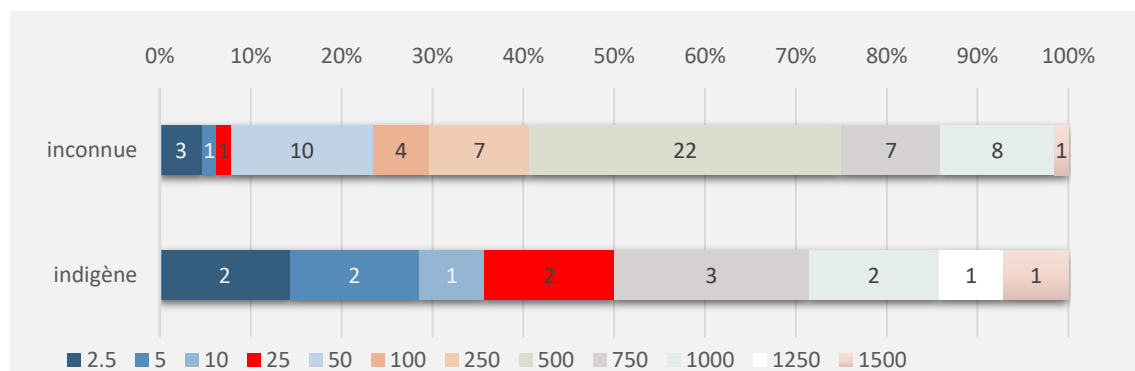


Figure 53: Nombre de bécasses prélevées par classe de distance [km] (inconnues N=64; indigènes N=14).

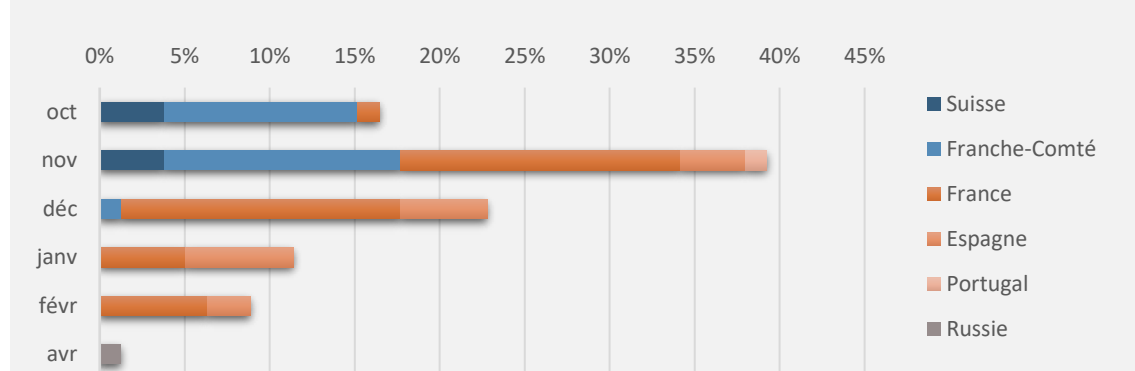


Figure 54: Pourcentage des prélèvements à la chasse en fonction du mois et du lieu de prélèvement pour les 79 bécasses tirées.

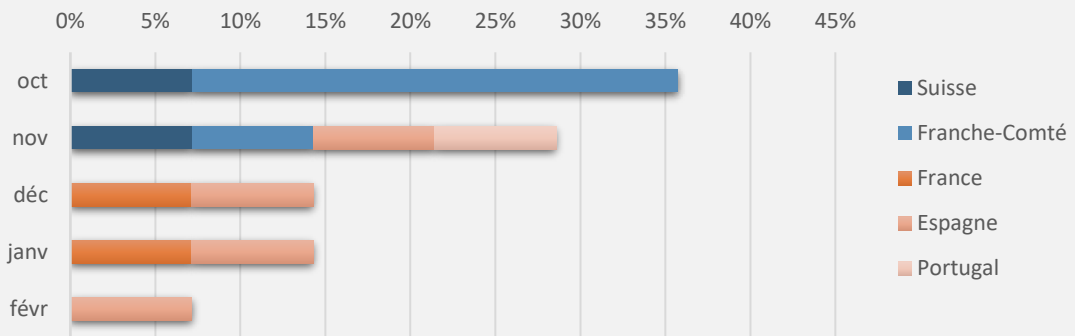


Figure 55: Pourcentage des prélèvements à la chasse en fonction du mois et du lieu de prélèvement pour les 14 bécasses indigènes.

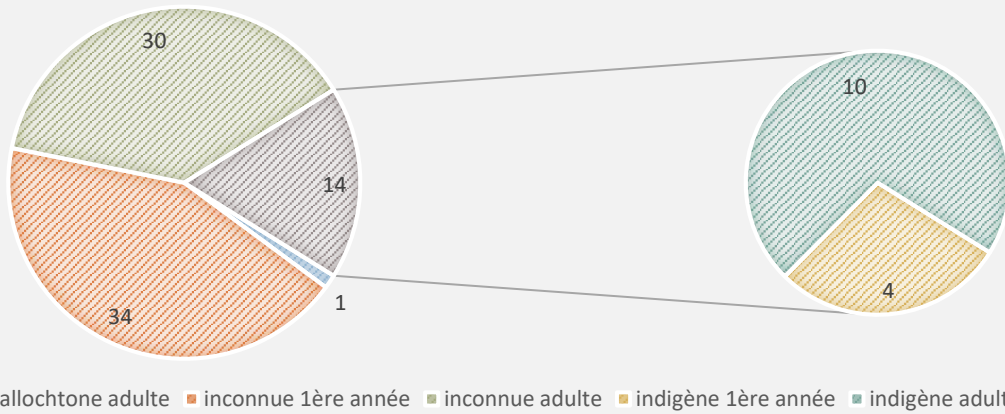


Figure 56: Prélèvements par classes d'âge [N=79].

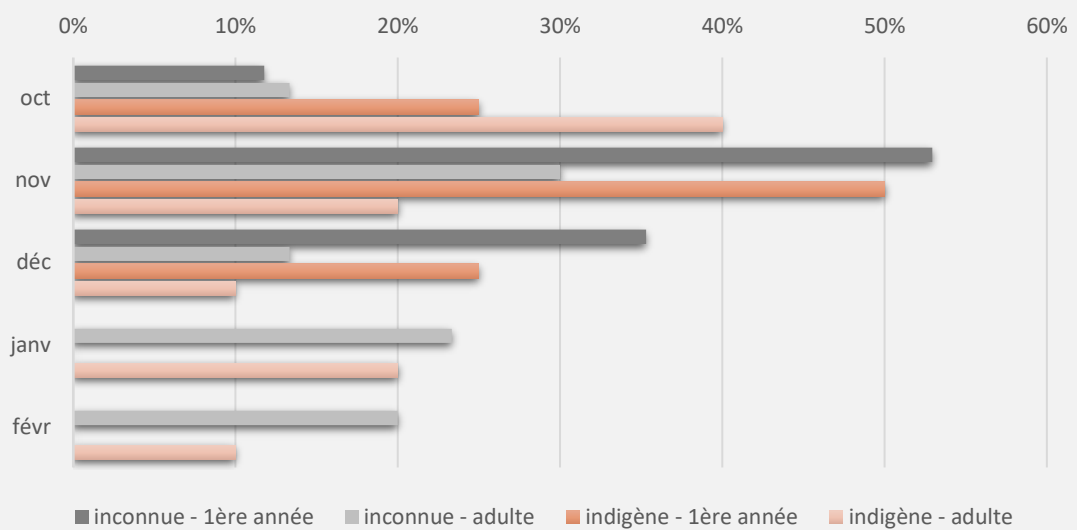


Figure 57: Proportion mensuelle des tirs de bécasses baguées par classes d'âge [N=78]. La bécasse tirée à la croule en Russie a été exclue.

4.3.3.3 ESTIMATION DE LA SURVIE DES OISEAUX

Les informations recueillies jusqu'en avril 2019 pour les 409 bécasses baguées ou contrôlées durant le projet ont été prises en considération.

Le modèle retenu $\{S(g*t) p(t) r(.) F(g*t)\}$ montre une variation des taux de survie entre les adultes et les jeunes et également en fonction de la saison.

Le taux de survie moyen estimé pour les adultes est d'environ 66 % (Tableau 10). S'il atteint 84 % en période estivale, il baisse à 56 % durant la période hivernale.

Pour les jeunes le manque de données ne permet pas d'estimer un taux de survie pour la période estivale (avril à septembre). Le taux de survie calculé pour les jeunes en période hivernale (octobre à mars) est de 26 %.

Aucune différence des taux de survie n'a été observée entre les individus indigènes et ceux d'origine inconnue ou étrangère.

Tableau 10: taux estimés de survie, de recapture et de reprise pour les bécasses marquées par session.

| Paramètre | Estimation | Erreur standard | Minimum | Maximum | Groupe | Session |
|----------------|------------|-----------------|---------|---------|------------|-----------------|
| Taux de survie | 10.8% | 7.4% | 2.6% | 35.3% | 1ère année | 2016 - hivernal |
| Taux de survie | 71.3% | 12.0% | 44.0% | 88.7% | Adultes | 2016 - hivernal |
| Taux de survie | 92.8% | 7.0% | 62.5% | 99.0% | Adultes | 2017 - estival |
| Taux de survie | 22.8% | 14.4% | 5.6% | 59.5% | 1ère année | 2017 - hivernal |
| Taux de survie | 56.7% | 12.5% | 32.6% | 77.9% | Adultes | 2017 - hivernal |
| Taux de survie | 74.3% | 12.0% | 45.6% | 90.8% | Adultes | 2018 - estival |
| Taux de survie | 43.6% | 17.1% | 16.6% | 75.1% | 1ère année | 2018 - hivernal |
| Taux de survie | 38.8% | 22.7% | 8.9% | 80.6% | Adultes | 2018 - hivernal |

4.3.4 DISCUSSION

4.3.4.1 BAGUAGE ET RECAPTURES

Les captures sur les sites de croule ont fourni des informations de qualité qui ont permis d'estimer le nombre de mâles présents et leur survie. Ce ne fut pas le cas pour les femelles et les jeunes. Les rares jeunes capturés et bagués durant la période de nidifications furent uniquement le fait de captures fortuites. Ce fut également le cas de la seule femelle adulte indigène capturée. Ce biais de capture est connu (Heward, et al., 2017; Ferrand & Gossmann, 2009). Les tentatives de capture au moyen de chiens d'arrêt ou sur des flaques forestières n'ont pas permis d'inverser la tendance.

Par contre les captures sur prairie durant l'automne ont fourni des informations sur la survie des adultes comme des jeunes. Durant cette période il fut toutefois difficile de distinguer les oiseaux de passage des oiseaux indigènes si ces derniers ne présentaient pas une mue active des plumes de vol. Il était en outre impossible de sexer de manière fiable les oiseaux sans passer par une analyse génétique. Or cela n'a été pratiqué que sur les oiseaux capturés en septembre et durant la première moitié du mois d'octobre le but étant de sexer les oiseaux indigènes.

Le taux de recapture d'oiseaux à la croule est comparable à ce qui a déjà été cité dans la littérature (Clark, 1965). La variation des taux de recapture entre la période printanière et l'automne-hiver est vraisemblablement due à la dilution des oiseaux indigènes au sein du flux migratoire et à la faible probabilité de recapturer les oiseaux de passage.

Malgré une survie supérieure des adultes, aucune des vingt recaptures automnales d'oiseaux dont l'indigénat (mue terminée ou bloquée) n'a pu être confirmé concernant des adultes. Dix-huit de ces oiseaux (Tableau 9) étaient des jeunes, tous avaient été bagués entre le 25 septembre et le 31 octobre et recapturés en moyenne 9 jours plus tard sur les mêmes sites de capture (distance moyenne de 360 m). Les deux dernières recaptures concernent des oiseaux dont l'âge (jeune ou adulte) n'a pas pu être déterminé avec certitude. Le premier de ces deux oiseaux fut recapturé après deux ans à 12 kilomètres de son lieu de baguage. Le second fut recapturé après un an à 360 mètres de son lieu de baguage. Il fut ensuite prédaté quelques jours plus tard à 500 mètres du site de recapture.

4.3.4.2 PRÉDATION ET REPRISES À LA CHASSE

4.3.4.2.1 PRÉDATION

Le fait que onze des douze oiseaux prédatés ont été retrouvés grâce à leur émetteur VHF souligne un biais de détection de la prédation sur l'ensemble des bécasses baguées. Il est très facile de retrouver un émetteur VHF qui émet dans une zone connue. Par contre, retrouver une bague voire même un cadavre est purement aléatoire. Les résultats obtenus montrent que la prédation a lieu en toute saison et est le fait aussi bien des rapaces que de mammifères carnivores. Nos résultats sont identiques à ce qui est rapporté dans la littérature (Ferrand & Gossmann, 2009). Par contre, nous n'avons pas pu mettre en évidence une éventuelle prédation par le sanglier.

4.3.4.2.2 REPRISES À LA CHASSE

Les reprises à la chasse ont surtout eu lieu entre octobre et décembre, lorsque les prélèvements sont les plus importants (Duchain, 2019; Ferrand & Gossmann, 2009). Un seul prélèvement a eu lieu hors de Suisse ou du sud du département du Doubs durant la dernière décennie d'octobre. Ceci tend à confirmer l'absence ou la faible intensité de la migration en Europe occidentale durant la première quinzaine d'octobre comme le suggèrent plusieurs auteurs (Zimmermann & Santiago, 2019; Leresche, 2009; Ferrand & Gossmann, 2009).

Sept des quatorze oiseaux indigènes bagués pour lesquels une reprise à la chasse est documentée ont été prélevés en octobre ou début novembre, avant leur départ en migration. Bien que seuls deux de ces sept oiseaux aient effectivement été prélevés en Suisse, les autres ont été tirés non loin de la frontière dans des habitats visités en période de reproduction par des bécasses nicheuses indigènes comme l'ont montré les suivis télémétriques et les suivis Argos. Ces résultats corroborent ceux obtenus précédemment dans le contexte jurassien (Mulhauser, et al., 2010; Zimmermann & Santiago, 2019; Mulhauser & Zimmermann, 2015). Des observations faites en Angleterre qui suggèrent que les prélèvements à la chasse avant le mois de novembre concernent essentiellement des oiseaux nicheurs, les migrateurs nordiques n'arrivant dans ce pays que début novembre (Hoodless & Heward, 2019). Durant cette étude, la pression semble donc particulièrement importante sur les adultes indigènes si l'on considère que cinq des dix oiseaux adultes bagués prélevés à la chasse l'ont été avant le 5 novembre. Il est toutefois important de préciser que la majorité d'entre eux a été prélevée en Franche-Comté et non en Suisse et que l'arrivée des premières migratrices en Suisse est avérée dès la 2^e décennie d'octobre.

Aucun oiseau indigène bagué n'a été prélevé à la chasse hors du canton de Neuchâtel et du département du Doubs, non loin de la frontière avec la Suisse, avant le mois de novembre. Ces résultats confortent les observations déjà réalisées dans le Jura franco-neuchâtelois (Mulhauser & Zimmermann, 2015; Zimmermann & Santiago, 2019). Il convient dès lors de considérer l'aspect transfrontalier des populations nicheuses de l'Arc jurassien dans le cadre de la conservation de la population nicheuse suisse.

Brüngger & Estoppey (2008) ont également documenté des reprises à la chasse, mais les deux oiseaux concernés avaient été prélevés sur les sites d'hivernage, donc hors de Suisse.

4.3.4.3 SURVIE DES OISEAUX

Les taux de survie observés sont comparables à ceux cités dans la littérature (Ferrand & Gossmann, 2009). L'absence de différences en fonction de l'origine est probablement due au fait que les jeux de données varient beaucoup entre les deux saisons considérées : une majorité de mâles adultes indigènes durant la période de reproduction et une majorité de jeunes d'origine inconnue et un lot d'adultes de sexe indéterminé d'origines diverses durant la période hivernale. Il est toutefois admissible que les pressions sur le taux de survie des oiseaux durant l'automne-hiver ne diffèrent pas fondamentalement en fonction du sexe et de l'origine des oiseaux.

La baisse observée du taux de survie des adultes entre octobre et mars indique que la chasse s'ajoute à la mortalité naturelle par prédation ou en lien avec les conditions environnementales. Cette



influence de la chasse sur la survie des oiseaux est documentée dans la littérature (Duriez, et al., 2005; Prieto, et al., 2019).

4.4 IDENTIFICATION DE LA PROVENANCE DES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE

4.4.1 INTRODUCTION

Les isotopes stables sont régulièrement (deutérium $\delta^2\text{H}$) ou parfois (azote $\delta^{15}\text{N}$) utilisés pour étudier les déplacements de la faune (Lehnert, et al., 2014; Popa-Lisseanu, et al., 2012; Bowen, et al., 2005; Hobson & Wassenaar, 1996; Herbert & Wassenaar, 2001). L'analyse du taux de deutérium est une méthode classique pour déterminer la provenance des bécasses prélevées à la chasse (Hobson, et al., 2013a; Hobson, et al., 2013b; Powell, 2012).

La Suisse se trouve sur les voies de migration des bécasses provenant du nord et de l'est de l'Europe (Maumary, et al., 2007). Elle possède également des populations nicheuses (Knaus, et al., 2018). La chasse est pratiquée dans les cantons latins (Duchain, 2019). Afin d'appliquer des mesures conservatoires les mieux adaptées possible aux bécasses nicheuses, il est nécessaire de déterminer l'influence de la chasse sur leurs populations. Pour ce faire, une étude de la provenance des bécasses prélevées à la chasse sur la base des isotopes stables a été menée entre 2013 et 2018.

4.4.2 MÉTHODES

4.4.2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude sur l'origine des bécasses prélevées à la chasse a été étendue à tous les cantons pratiquant la chasse à la Bécasse des bois : Fribourg, Jura, Neuchâtel, Vaud, Valais et Tessin.

4.4.2.2 SÉLECTION DES PLUMES

La signature isotopique des plumes est indicatrice du régime alimentaire de l'oiseau durant son développement, mais également du lieu où la mue s'est déroulée. Comme la Bécasse des bois mue généralement sur son site de reproduction en fin de saison de nidification, le contenu isotopique de ses plumes révèle son origine. Le prélèvement de plumes se justifie par la facilité de prélèvement du tissu aussi bien sur des oiseaux vivants que morts et parce qu'il n'impacte que peu l'oiseau vivant. Par contre, il est indispensable de ne prélever que des plumes ayant terminé leur croissance.

Sur une base volontaire, chaque chasseur a prélevé la première rémige secondaire d'une des deux ailes de chaque bécasse tirée puis l'a introduite dans un tube ou pochette plastique pour analyse.

Des plumes ont également été prélevées sur des oiseaux vivants. Afin de ne pas compromettre le vol et la migration de ces oiseaux, des plumes de couverture (BC) ont été prélevées à la place des premières rémiges secondaires (KC).

4.4.2.3 DÉTERMINATION DE L'ÂGE

Voir le chapitre 4.3.2.3 Survie des bécasses des bois, détermination de l'âge.

4.4.2.4 DÉFINITION DE L'ORIGINE DES OISEAUX CAPTURÉS

Voir le chapitre 4.3.2.4 Survie des bécasses des bois, définition de l'origine des oiseaux capturés.

4.4.2.5 DÉTERMINATION DES CONTENUS ISOTOPIQUES DES PLUMES

Les taux des isotopes stables de l'hydrogène (deutérium), du carbone et de l'azote des plumes ont été analysés au Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research (IZW) de Berlin, en Allemagne. La procédure détaillée, basée sur les travaux de Popa-Lisseanu et al. (2012) et Voigt & Lehnert (2018), se trouve en annexe : chapitre 5.2 page 152.

Conformément à Powell (2012), nous avons appliqué un facteur de conversion des taux de deutérium mesurés dans les plumes corporelles (BC) afin de pouvoir les associer dans l'analyse à ceux évalués pour les rémiges secondaires (KC) .

Équation pour les juvéniles :

$$\delta^2H_{K.C.} = -15.18 + 0.91 * \delta^2H_{B.C.}$$

Équation pour les adultes :

$$\delta^2H_{K.C.} = -5.89 + 0.86 * \delta^2H_{B.C.}$$

$$\delta^2H_{K.C.} = \text{taux de Deutérium dans les rémiges}$$

4.4.2.6 DÉTERMINATION DES PROVENANCES EN FONCTION DU DEUTÉRIUM

Les taux de deutérium des plumes obtenues ont été analysés en répartissant les individus concernés en différents groupes en fonction de leur âge, de leur origine (si connue), de la région et de la période de prélèvement. Les individus de chacun de ces groupes ont ensuite été répartis en 16 classes en fonction de la valeur entière la plus proche du taux de deutérium de leur plume (un individu dont la plume présente un taux de deutérium de 15.4 passe en classe 15 et en classe 16 pour un taux de 15.6). Dans chacune de ces classes, les valeurs extrêmes ont été enlevées pour la suite des analyses.

Afin de définir les régions probables auxquelles se rattachent ces différentes classes isotopiques, une cartographie, inspirée d'Hobson *et al.* 2013a et Hobson *et al.* 2013b, a été produite pour :

1. tous les échantillons d'un groupe indépendamment de l'appartenance aux classes isotopiques
2. chaque classe isotopique

Les régions européennes retenues pour déterminer l'origine des bécasses concernées par l'échantillon de plumes ont été définies par recoupement de la carte européenne des taux de deutérium (Figure 58) et de la carte des forêts européennes Figure 59) en ne retenant que les pixels présentant une couverture minimale de 20% de forêt (résineux et feuillus).

Pour chaque carte, la valeur moyenne ainsi qu'un intervalle de deux fois l'écart type ont été calculés pour les bécasses échantillonnées. Ces intervalles ont été utilisés pour traduire les taux en probabilité de présence. Chaque carte est ensuite créée sur cette base de probabilité montrant l'origine possible des bécasses issues du groupe sélectionné.

https://github.com/biogis/r/blob/master/isotope_ScoRus.r

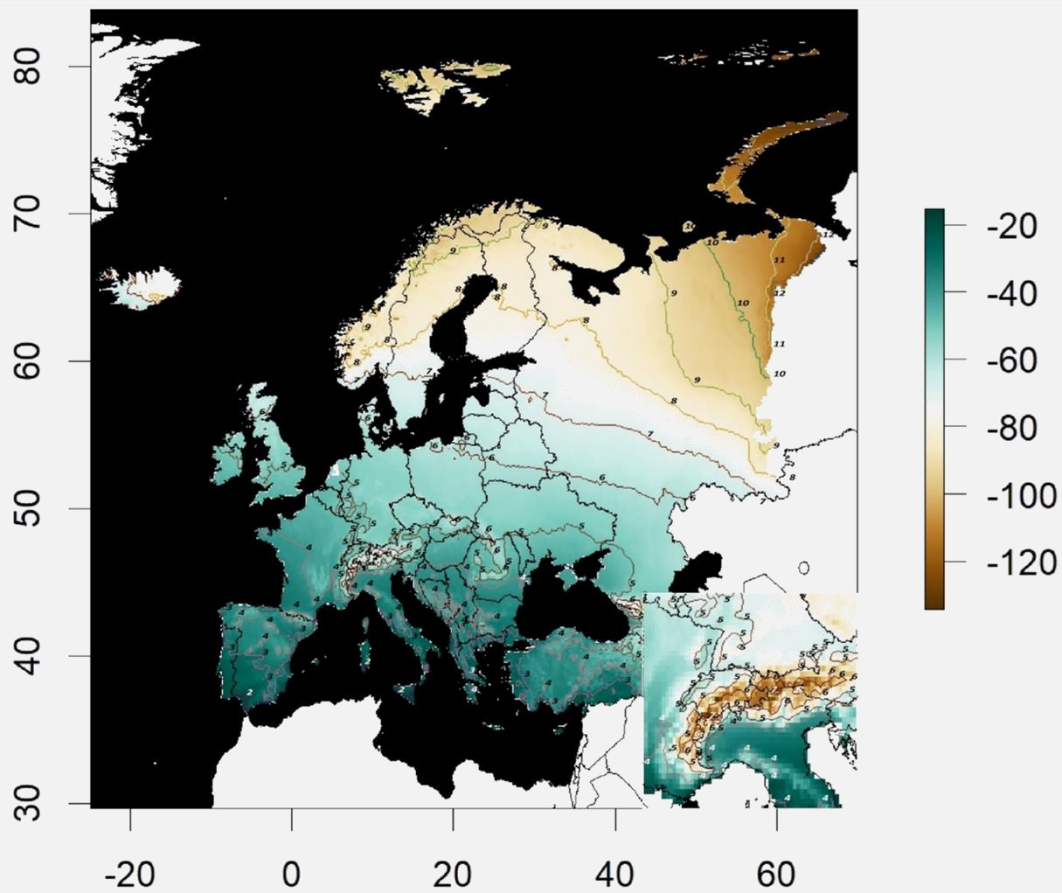


Figure 58: Carte combinée pour les mois d'avril à septembre des taux de deutérium $\delta^2\text{H}$ pour l'Europe. Les courbes de niveau isotopiques correspondant aux valeurs centrales des classes isotopiques (2 à 12) sont illustrées. En vignette, zoom sur les Alpes. Le gradient très marqué y est bien visible. Source : Bowen, et al., 2005

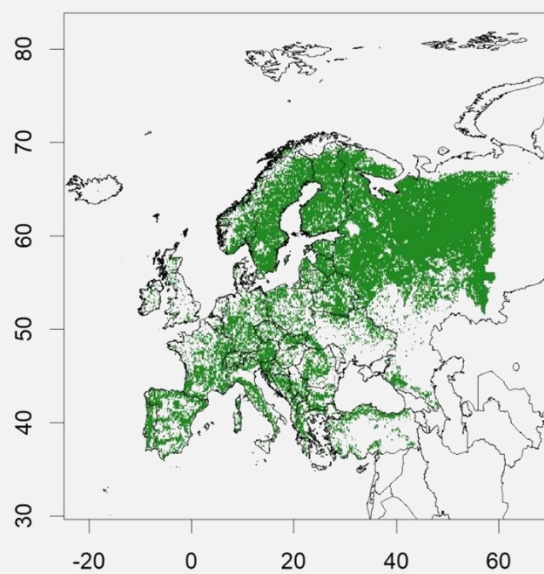


Figure 59: Carte de la couverture forestière en Europe. Source: European Forest Institute <https://efi.int/>.

4.4.2.7 DÉTÉTERMINATION DES GROUPES ISOTOPIQUES POUR L'AZOTE

Les taux d'azote des plumes de l'échantillon de base ont été analysés en regroupant les individus concernés en fonction de leur âge, de leur origine (si connue), de la région et de la période de prélèvement. Les individus de chacun de ces groupes ont ensuite été répartis en 16 différentes classes en fonction de la valeur entière la plus proche du taux d'azote de leur plume (un individu dont la plume présente un taux d'azote de 5.4 passe en classe 5 et en classe 6 pour un taux de 5.6).

4.4.2.8 DÉTERMINATION DES GROUPES ISOTOPIQUES POUR L'AZOTE

Une analyse en composante principale des échantillons de plumes a été effectuée pour les classes isotopiques du Deutérium

4.4.3 RÉSULTATS

4.4.3.1 NOMBRE D'ÉCHANTILLONS REÇUS

Entre 2013 et 2017, les bécassiers suisses ont fourni 850 échantillons de plumes de bécasses des bois pour les analyses isotopiques (650 plumes de juvéniles, 190 d'adultes et 10 d'oiseaux d'âge inconnu) sur 9260 bécasses prélevées à la chasse, soit 9.2 % des prélèvements totaux pour ces années (Pourcentages des prélèvements en fonction des cantons : Fribourg : 21.5 % ; Jura : 7.0 % ; Neuchâtel : 16.7 % ; Tessin : 7.1 % ; Vaud : 14.9 % ; Valais : 14.3 %). Le nombre d'échantillons par canton et par année est précisé dans le Tableau 11. En raison des modalités d'échantillonnages, les échantillons fournis ne permettent pas d'estimer un âge-ratio. Les plumes des oiseaux d'âge inconnu n'ont pas été retenues pour la suite des analyses. Les plumes prélevées en 2012 n'ont pas non plus été intégrées aux analyses en raison d'un changement de protocole de prélèvement.

En complément à ces plumes prélevées sur des oiseaux tirés à la chasse 225 plumes ont été prélevées sur les 72 oiseaux locaux capturés à la croule ou sur flaques et sur les 153 oiseaux d'origine inconnue capturés au phare.

Tableau 11: Nombre d'échantillons de plumes de bécasses des bois prélevées à la chasse par canton et année en fonction de l'âge.

| | Juvéniles | | | | | Adultes | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | | |
| Doubs (F) | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| Fribourg | 14 | 20 | 33 | 20 | 13 | 100 | | 1 | 1 | 11 | 13 | |
| Jura | | | | 3 | 3 | | | | 3 | 5 | 8 | |
| Neuchâtel | 18 | 26 | 33 | 12 | 18 | 107 | 6 | 5 | 2 | 8 | 5 | 26 |
| Tessin | | 2 | 170 | 177 | 27 | 376 | 36 | 60 | 11 | | 19 | 126 |
| Vaud | | 17 | 31 | | 10 | 58 | | 1 | 3 | | 12 | 16 |
| Valais | | | 1 | 3 | 2 | 6 | | | | | | |
| Total | 32 | 65 | 268 | 215 | 70 | 650 | 42 | 66 | 17 | 12 | 53 | 190 |

4.4.3.2 ANALYSES DU DEUTÉRIUM

Le contenu en deutérium a pu être mesuré pour 1060 échantillons.

4.4.3.2.1 COMPARAISON DES TAUX DE DEUTÉRIUM

Les taux de Deutérium varient en fonction de l'âge et en fonction de la source de l'échantillon de plumes (Captures au printemps et en été, captures automnales au phare, chasse ; Figure 60 et Figure 61). Pour les adultes, une variation significative est observée entre les trois sources d'échantillons alors que chez les jeunes seules les données provenant de la chasse diffèrent des captures automnales (Tableau 12).

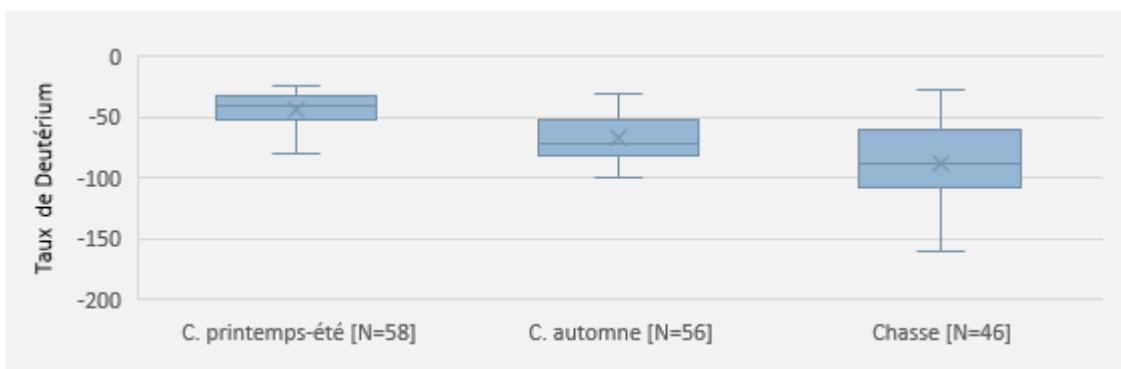


Figure 60: Variabilité des taux de Deutérium dans les échantillons de plume des adultes en fonction du type de prélèvement pour l'arc jurassien.

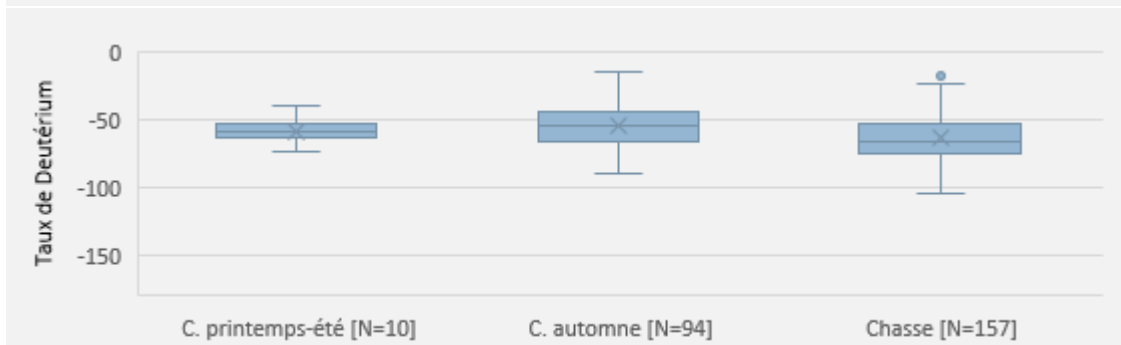


Figure 61: Variabilité des taux de Deutérium dans les échantillons de plume des juvéniles en fonction du type de prélèvement pour l'arc jurassien.

Tableau 12: Test U de Mann-Whitney sur les médianes des taux de Deutérium des échantillons de plumes provenant de l'Arc jurassien (p-value avec correction de Bonferroni). Gauche : juvéniles, droite : adultes

| | Captures printemps-été | | Chasse | | | Captures printemps-été | | Chasse | |
|------------------------|------------------------|---------|--------|---------|------------------------|------------------------|---------|--------|---------|
| | U | p-value | U | p-value | | U | p-value | U | p-value |
| Captures automne | 403 | N.S. | 16120 | <0.0001 | Captures automne | 519 | <0.0001 | 1962 | <0.0001 |
| Captures printemps-été | | | 1763 | 0.0415. | Captures printemps-été | | | 520 | <0.0001 |

4.4.3.2.2 ATTRIBUTION DES ADULTES INDIGÈNES AUX CLASSES ISOTOPIQUES

86.7 % des adultes indigènes échantillonnés appartiennent aux classes isotopiques 3 à 5 (Tableau 13, Figure 62 et Figure 64 à Figure 67).

Les taux de deutérium mesurés chez la moitié (portion interquartiles) des adultes indigènes sont similaire aux taux de Deutérium environnementaux relevés dans le Jura suisse, en France, dans le nord de la Péninsule ibérique, en Italie, dans les Balkans et au Caucase (Figure 63).

Tableau 13: Nombres et pourcentages totaux des attributions des adultes indigènes (N=60) aux classes isotopiques déterminant les provenances probables (Figure 56).

| classe isotopique | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|------|-------|-------|-------|------|------|
| indigènes | 1 | 20 | 16 | 16 | 5 | 2 |
| | 1.7% | 33.3% | 26.7% | 26.7% | 8.3% | 3.3% |

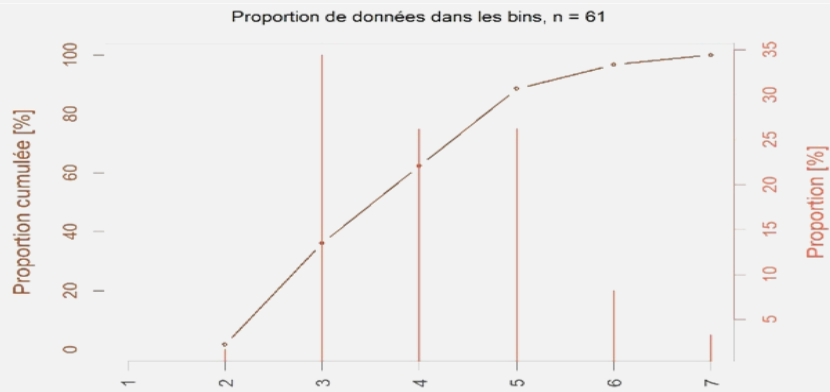


Figure 62: Distribution graphique des proportions d'adultes indigènes attribués aux différentes classes isotopiques et courbe cumulée.

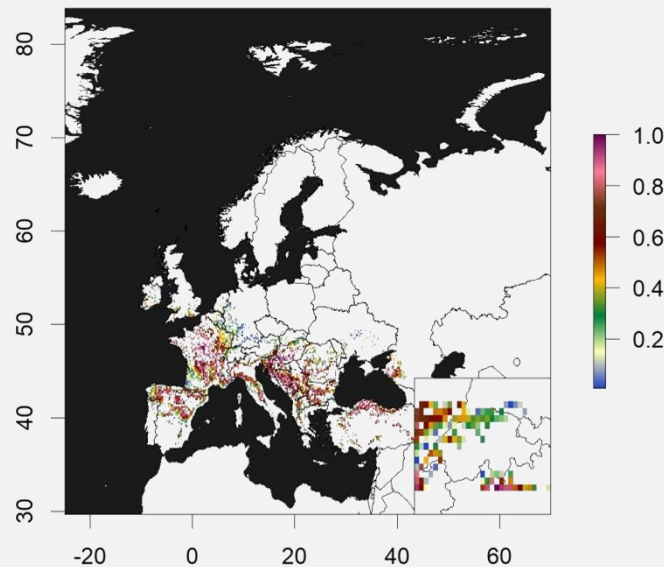


Figure 63: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes indépendamment des classes isotopiques. La moitié de taux de deutérium relevés chez les oiseaux indigènes sont équivalent à ceux trouvés dans ces régions. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable)

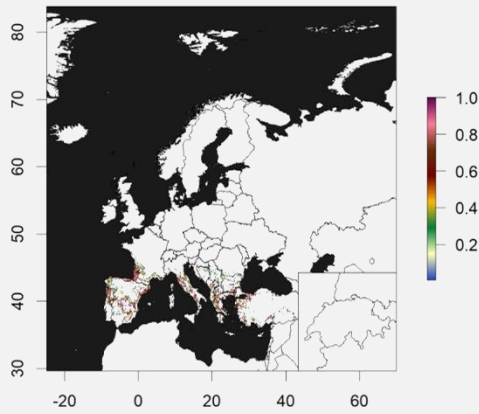


Figure 64: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 3.

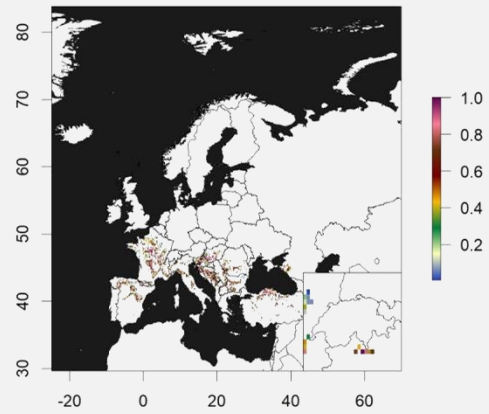


Figure 65: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 4.

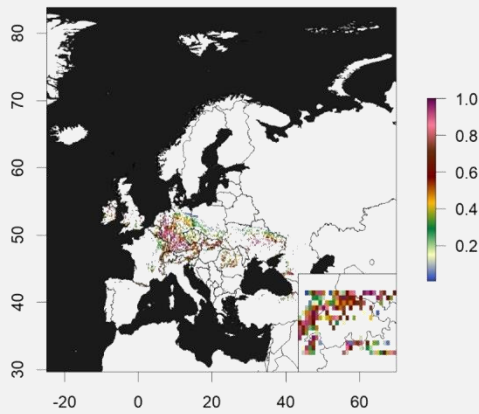


Figure 66: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 5.

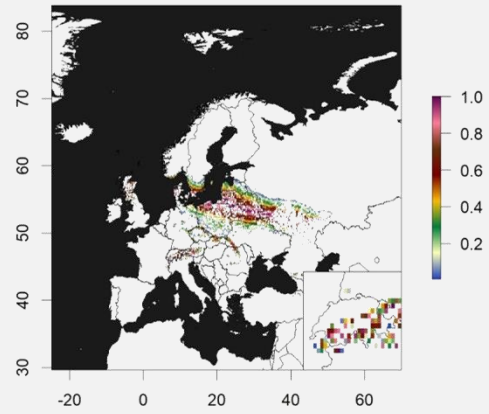


Figure 67: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 6.



4.4.3.2.3 PROVENANCES DES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE EN SUISSE

50% des bécasses prélevées à la chasse sans tenir compte de leur âge ni de leur appartenance à une classe isotopique, provenaient de régions allant du sud de la Fennoscandie à la frontière casaque en passant par les pays Baltes (Figure 69).

La classe isotopique dominante au sien des bécasses prélevées à la chasse (192 sur 835, 23.0 %) est la classe isotopique n° 7 (Figure 68 et Tableau 14) qui couvre une région allant du sud de la Scandinavie à la frontière casaque en passant par les pays Baltes (Figure 69).

Près des deux tiers des bécasses échantillonnées prélevées à la chasse en Suisse (562/835, 67.3 %, classes isotopiques 7 à 16, Tableau 14) peuvent être considérées comme migratrices orientales ou nordiques et proviennent de régions allant de la Fennoscandie à l'Est de l'Oural. La proportion de migratrices orientales et nordiques par région de prélèvement varie de 55.7 % pour le Jura à 82.4 % sur le versant nord des Alpes (Tableau 14). En outre une variation des régions d'origine a également été observée. La moitié des oiseaux prélevés au Tessin étaient plus orientaux ou nordiques que la moitié des oiseaux prélevés sur l'arc jurassien (Figure 73 et Figure 74).

Il n'a pas été possible de distinguer les oiseaux locaux des oiseaux migrateurs occidentaux ou d'Europe centrale pour les 36.7 % des prélèvements restants (classes isotopiques 3 à 6, Tableau 15).

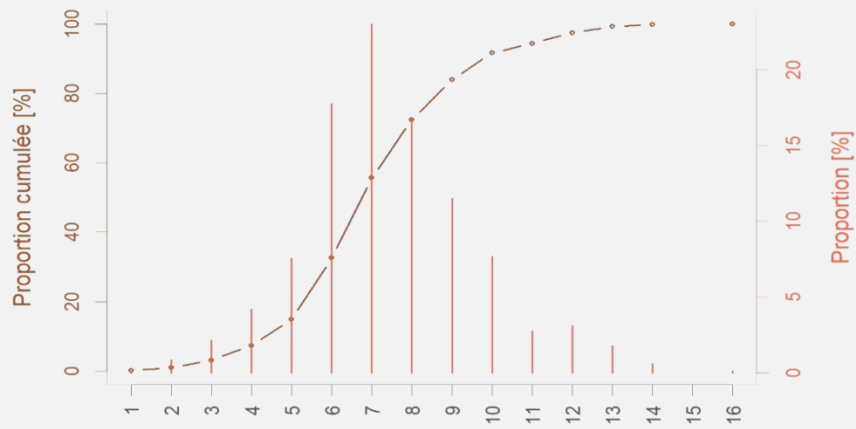


Figure 68: Distribution graphique des proportions des bécasses prélevées à la chasse attribuées aux classes isotopiques et courbe cumulée (N=835).

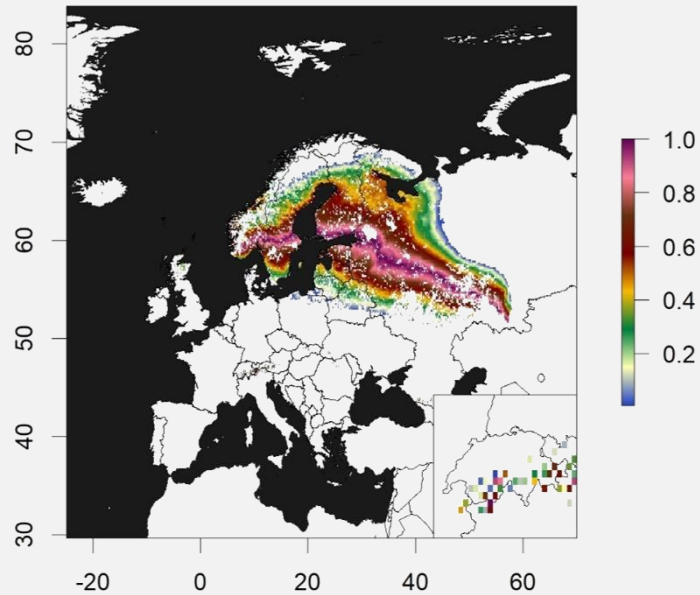


Figure 69: Carte des probabilités de provenance des bécasses prélevées à la chasse indépendamment des classes isotopiques et des régions de prélèvement. 416 (50 %) oiseaux sont assignés à cette région. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable)

Tableau 14: Nombres et pourcentages totaux des attributions des bécasses prélevés à la chasse (N=835) aux classes isotopiques déterminant les provenances probables (Figure 56). Pour chaque région de prélèvement, la classe isotopique dominante est mise en gras. Les classes avec 1 ou 2 individus ne sont pas représentées.

| Classe isotopique | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|-------|-------|-------|--------|--------|---------------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Jura [N=203] | 3 | 10 | 16 | 22 | 39 | 39 | 30 | 20 | 12 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| | 1.5 % | 4.9 % | 7.9 % | 10.8 % | 19.2 % | 19.2 % | 14.8 % | 9.9 % | 5.9 % | 1.5 % | 2.0 % | 1.0 % | 1.0 % |
| Plateau [N=113] | 0 | 2 | 2 | 6 | 23 | 34 | 22 | 14 | 6 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| | 0.0 % | 1.8 % | 1.8 % | 5.3 % | 20.4 % | 30.1 % | 19.5 % | 12.4 % | 5.3 % | 1.8 % | 0.0 % | 0.9 % | 0.9 % |
| Versant nord des Alpes [N=17] | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 17.6 % | 29.4 % | 47.1 % | 5.9 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| Alpes centrales et versant sud des Alpes [N=502] | 4 | 7 | 17 | 35 | 86 | 119 | 88 | 62 | 46 | 18 | 22 | 12 | 2 |
| | 0.8 % | 1.3 % | 3.3 % | 6.7 % | 16.6 % | 22.9 % | 17.0 % | 11.9 % | 8.9 % | 3.5 % | 4.2 % | 2.3 % | 0.4 % |
| Total suisse | 7 | 19 | 35 | 63 | 148 | 192 | 140 | 96 | 64 | 23 | 26 | 15 | 5 |
| | 0.8 % | 2.3 % | 4.2 % | 7.5 % | 17.7 % | 23.0 % | 16.8 % | 11.5 % | 7.7 % | 2.8 % | 3.1 % | 1.8 % | 0.6 % |

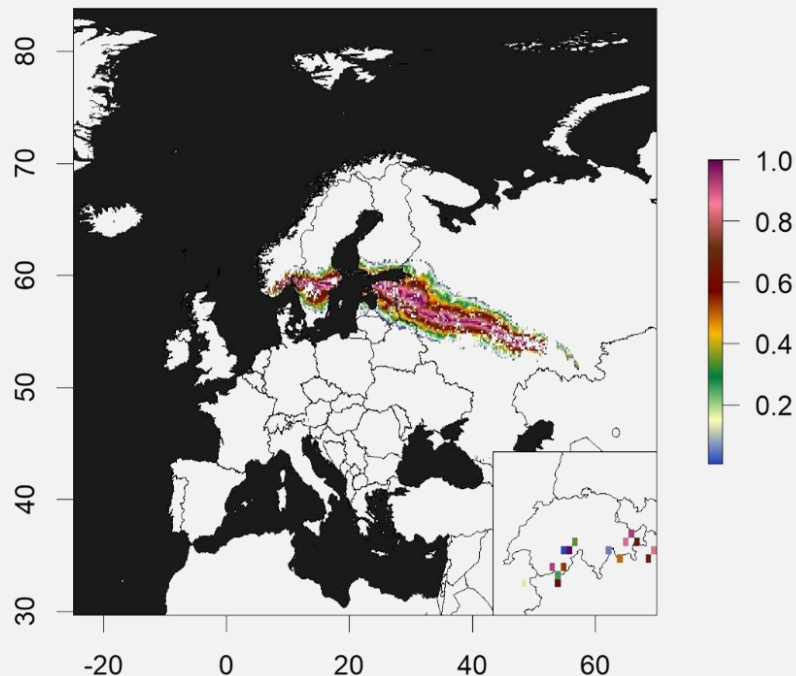


Figure 70: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 7 (N=192).

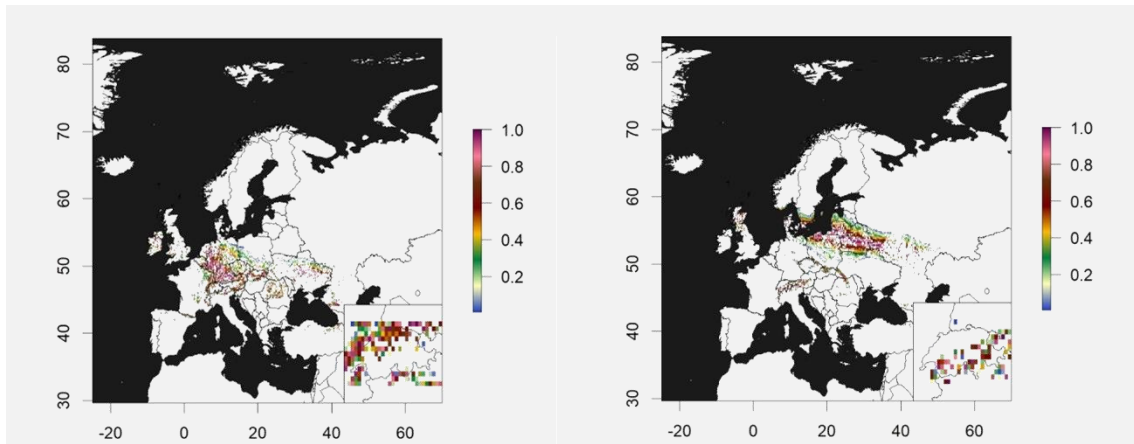


Figure 71: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 5 (N=63).

Figure 72: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 6 (N=148)⁶.

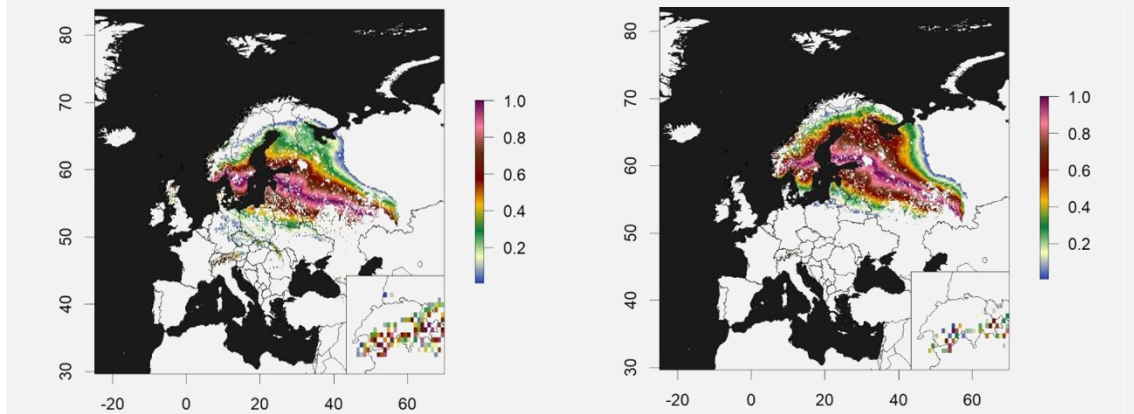


Figure 73: Carte des probabilités de provenance des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien indépendamment des classes isotopiques. 108 (53 %) oiseaux sont assignés à cette région (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable).

Figure 74: Carte des probabilités de provenance des bécasses prélevées à la chasse au Tessin indépendamment des classes isotopiques. 249 (50 %) oiseaux sont assignés à cette région (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable).

⁶ Les cartes de probabilités cumulées attribuées aux autres classes isotopiques sont dans l'annexe 5.2

4.4.3.2.3.1 PROVENANCE DES JUVÉNILES PRÉLEVÉS À LA CHASSE

50% de l'ensemble des juvéniles échantillonnés prélevés à la chasse indépendamment de leur appartenance à une classe isotopique, provenaient de régions couvrant le sud de la Scandinavie, le nord de la Pologne, les pays baltes, la Biélorussie et l'ouest de la Russie (Figure 76).

La classe isotopique dominante au sein des juvéniles échantillonnés prélevés à la chasse (177 sur 645, 27.4 %) est la classe isotopique n° 7 (Figure 75) qui représente une région allant du sud de la Scandinavie à la frontière casaque en passant par les pays Baltes (Figure 77).

Près des deux tiers des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse (400/645, 62.0 %, classes isotopiques 7 à 12, Tableau 15) peuvent être considérés comme migrateurs orientaux ou nordiques provenant de régions allant de la Fennoscandie à l'Est de l'Oural. La proportion de migrateurs orientaux et nordiques par région de prélèvement varie de 51 % pour le Jura à 81.3 % pour le versant nord des Alpes (Tableau 15). 1.2 % des juvéniles sont considérés comme migrateurs occidentaux ou méditerranéens (8/645, classes 1 à 2), pourcentage variant de 0 % au Nord des Alpes à 1.9 % au Jura.

L'origine des juvéniles prélevés dans l'arc jurassien (JU, NE, en partie VD) diffère sensiblement de l'origine des juvéniles prélevés sur le Plateau (VD et FR) et dans les Alpes (FR, TI) (Figure 80 et Tableau 16). Les échantillons en provenance du Valais central n'ont pas été intégrés à ce test en raison de leur faible nombre. La part des migrateurs nordiques ou orientaux est plus faible dans l'arc jurassien que dans les autres régions (Tableau 15).

Tableau 15: Nombres et pourcentages totaux des attributions des juvéniles prélevés à la chasse (N=645) aux classes isotopiques déterminant les provenances probables (Figure 58). Pour chaque région de prélèvement, la classe isotopique dominante est mise en gras. Les classes avec 1 ou 2 individus ne sont pas représentées.

| classe isotopique | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|------|------|------|--------|--------|---------------|---------------|--------|------|------|------|
| Jura [N=157] | 3 | 9 | 15 | 17 | 33 | 37 | 25 | 14 | 4 | 0 | 0 |
| | 1.9% | 5.7% | 9.6% | 10.8 % | 21.0 % | 23.6 % | 15.9 % | 8.9% | 2.5% | 0.0% | 0.0% |
| Plateau [N=96] | 0 | 2 | 2 | 4 | 20 | 32 | 18 | 13 | 3 | 2 | 0 |
| | 0.0% | 2.1% | 2.1% | 4.2% | 20.8 % | 33.3 % | 18.8 % | 13.5 % | 3.1% | 2.1% | 0.0% |
| Versant nord des Alpes [N=16] | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 18.8 % | 31.3 % | 43.8 % | 6.3% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| Alpes centrales et versant sud des Alpes [N=376] | 4 | 6 | 15 | 32 | 79 | 103 | 74 | 45 | 12 | 2 | 3 |
| | 1.1% | 1.6% | 4.0% | 8.5% | 21.0 % | 27.4 % | 19.7 % | 12.0 % | 3.2% | 0.5% | 0.8% |
| Total suisse | 7 | 17 | 32 | 53 | 135 | 177 | 124 | 73 | 19 | 4 | 3 |
| | 1.1% | 2.6% | 5.0% | 8.2% | 20.9 % | 27.4 % | 19.2 % | 11.3 % | 2.9% | 0.6% | 0.5% |



Figure 75: Distribution graphique des proportions de juvéniles attribués aux classes isotopiques et courbe cumulée.

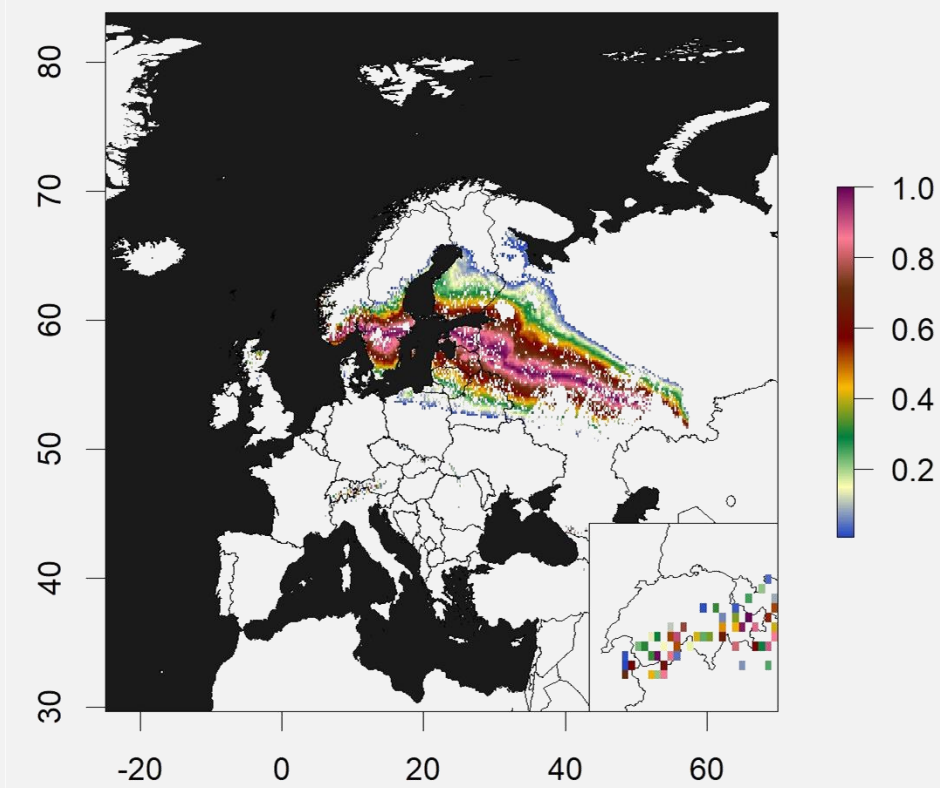


Figure 76: Carte des probabilités de provenance des juvéniles prélevés à la chasse indépendamment des classes isotopiques et des régions de prélèvement. 50 % des oiseaux sont assignés à cette région. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable)

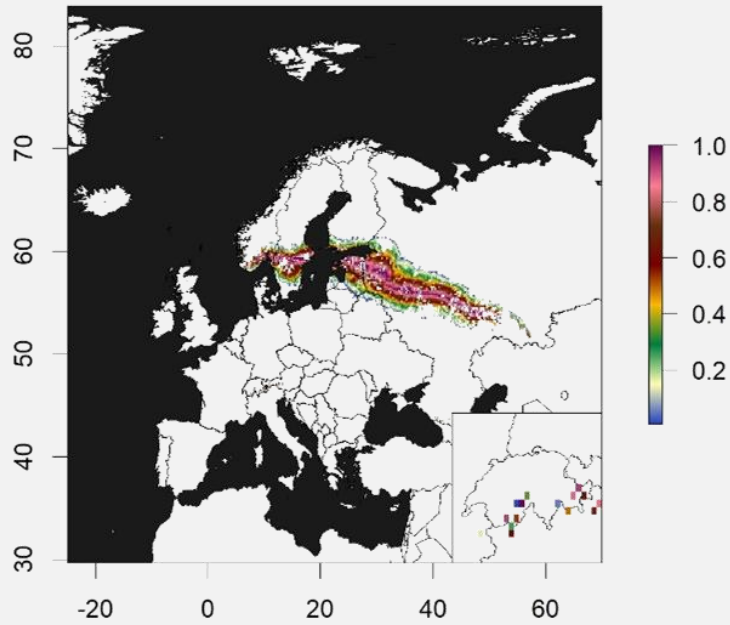


Figure 77: Carte des probabilités cumulées des provenances des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 7.

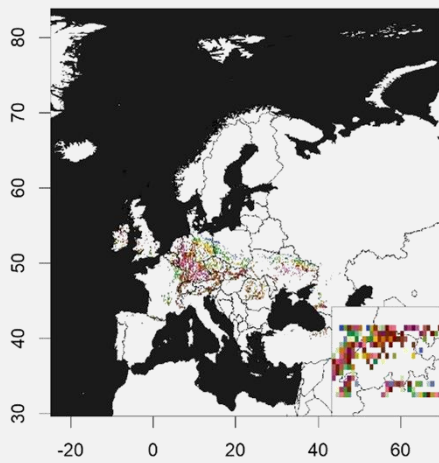


Figure 78: Carte des probabilités cumulées des provenances des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 5.

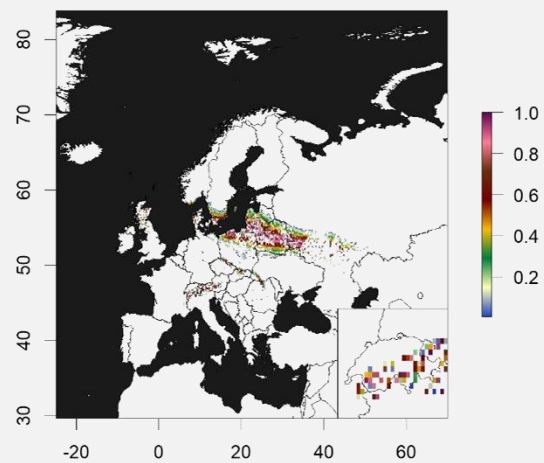


Figure 79: Carte des probabilités cumulées des provenances des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 6.

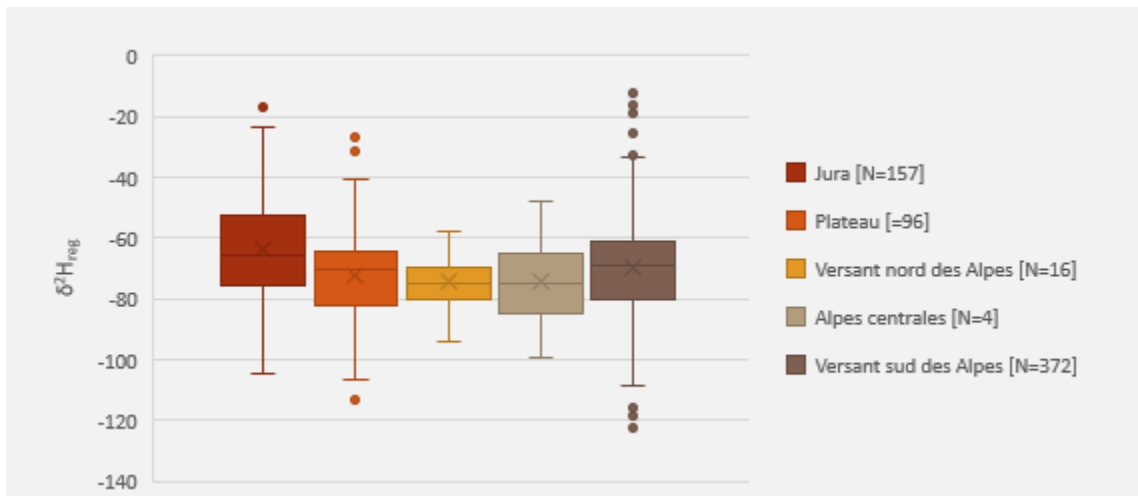


Figure 80: Taux de Deutérium mesuré dans les plumes de bécasses juvéniles prélevées à la chasse dans les différentes régions de Suisse.

Tableau 16: Test U de Mann-Whitney sur les médianes des taux de Deutérium des échantillons de plumes des juvéniles prélevés à la chasse (*p*-value avec correction de Bonferroni) en fonction des provenances. Les Alpes centrales (Valais) ne sont pas retenues en raison du trop faible nombre d'échantillons.

| | Plateau | | Versant nord des Alpes | | Versant sud des Alpes | |
|------------------------|---------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | U | <i>p</i> -value | U | <i>p</i> -value | U | <i>p</i> -value |
| Jura | 5378 | 0.0008 | 762 | 0.0583 | 23630 | 0.0032 |
| Plateau | | | 698.5 | N.S. | 16050 | N.S. |
| Versant nord des Alpes | | | | | 2410 | N.S. |

4.4.3.2.3.2 PROVENANCE DES ADULTES PRÉLEVÉS À LA CHASSE

50% de l'ensemble des bécasses adultes échantillonnées prélevées à la chasse en Suisse indépendamment de leur appartenance à une classe isotopique provenaient de régions allant du nord de la Fennoscandie à l'Oural (Figure 82).

La classe isotopique dominante au sein des bécasses adultes échantillonnées prélevées à la chasse (45 sur 190, 23.7 %) est la classe isotopique n° 10 et provient donc de Russie (Figure 83).

En outre, la majorité des adultes prélevés à la chasse (162/190, 85.2 %, classes 7 à 16) ont pu être considérés comme migrateurs orientaux ou nordiques. Des variations entre les régions de prélèvement sont observées (Tableau 17). Au Tessin, la part de migrateurs orientaux a atteint 92.1 % (117/127) contre 71.7 % (33/46) pour l'arc jurassien et 70.6 % (12/17) pour le Plateau. Le versant sud des Alpes est significativement distinct du nord des Alpes (Tableau 18 et Figure 86).

Tableau 17: Nombres et pourcentages totaux des attributions des adultes prélevés à la chasse (N=190) aux classes isotopiques (Figure 58). En raison du faible nombre d'échantillons provenant du versant nord des Alpes [N=1] et des Alpes centrale [N=1], les trois régions alpines ont été rassemblées. Pour chaque région, la classe isotopique dominante est en gras. Les classes avec 1 ou 2 individus pour toute la Suisse ne sont pas représentées.

| Classes isotopique | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| Jura [N=46] | 1 2.2% | 5 10.9% | 6 13.0% | 2 4.3% | 5 10.9% | 6 13.0% | 8 17.4% | 3 6.5% | 4 8.7% | 2 4.3% | 2 4.3% |
| Plateau [N=17] | 0 0.0% | 2 11.8% | 3 17.6% | 2 11.8% | 4 23.5% | 1 5.9% | 3 17.6% | 0 0.0% | 0 0.0% | 1 5.9% | 1 5.9% |
| Alpes [N=127] | 2 1.6% | 3 2.4% | 4 3.1% | 11 8.7% | 7 5.5% | 16 12.6% | 34 26.8% | 16 12.6% | 19 15.0% | 12 9.4% | 2 1.6% |
| Total suisse | 3 1.6% | 10 5.3% | 13 6.8% | 15 7.9% | 16 8.4% | 23 12.1% | 45 23.7% | 19 10.0% | 23 12.1% | 15 7.9% | 5 2.6% |

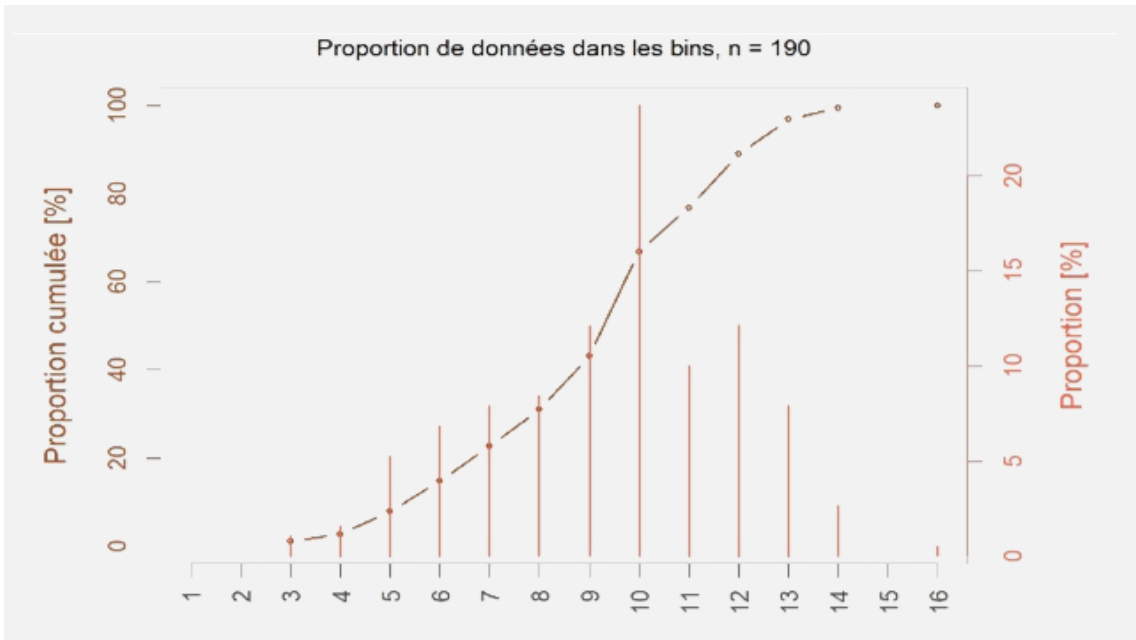


Figure 81: Distribution graphique des proportions d'adultes prélevés à la chasse attribués aux classes isotopiques (bins) et courbe cumulée.

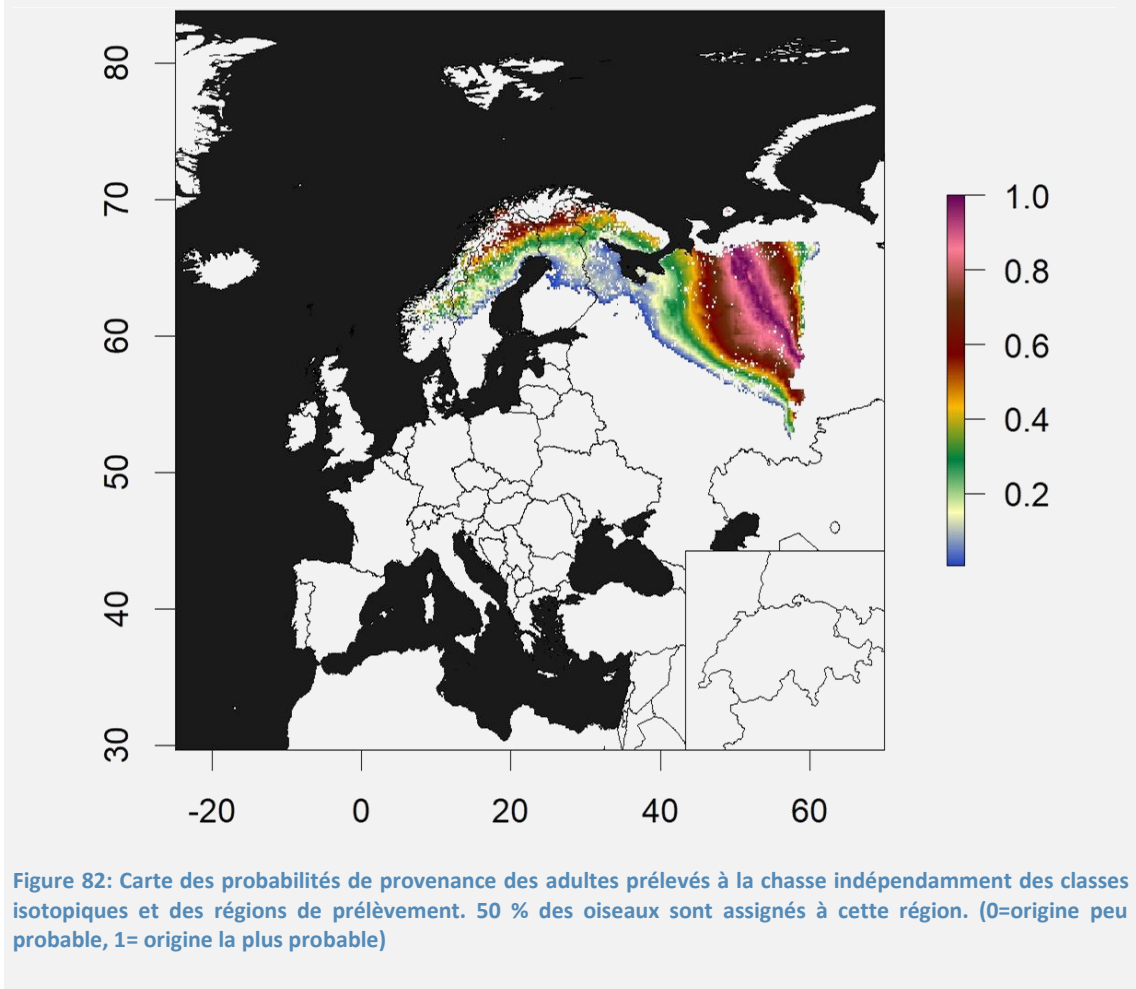


Figure 82: Carte des probabilités de provenance des adultes prélevés à la chasse indépendamment des classes isotopiques et des régions de prélèvement. 50 % des oiseaux sont assignés à cette région. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable)

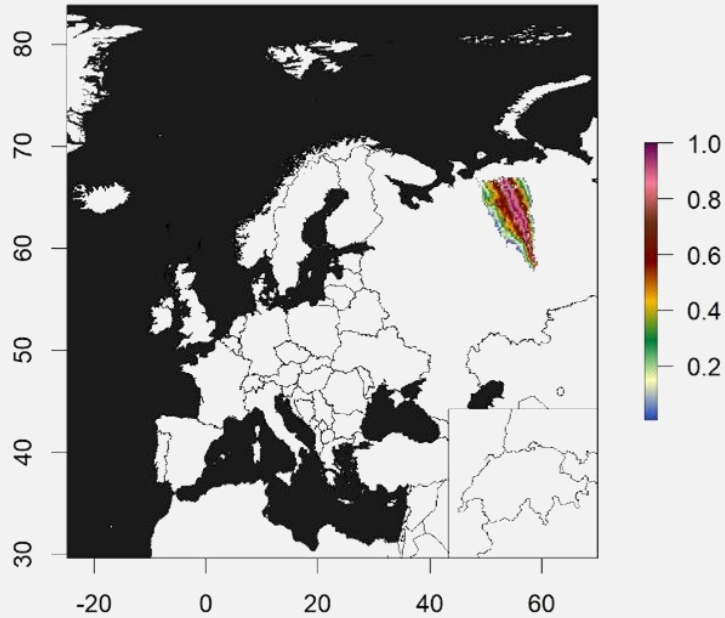


Figure 83: Carte de probabilité cumulée des provenances des adultes prélevés à la chasse attribués à la classe 10 (0= origine peu probable, 1= origine la plus probable).

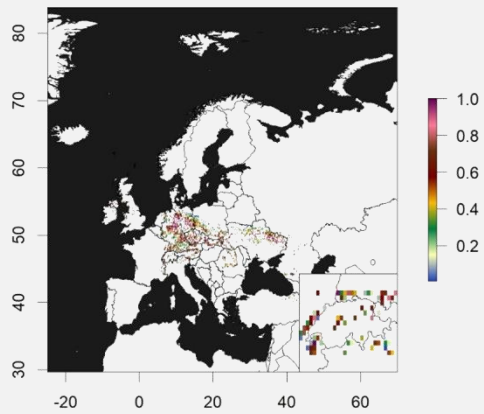


Figure 84: Carte des probabilités cumulées des provenances des adultes prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 5.

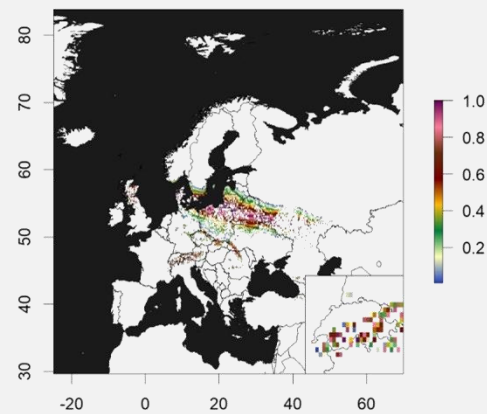


Figure 85: Carte des probabilités cumulées des provenances des adultes prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 6.

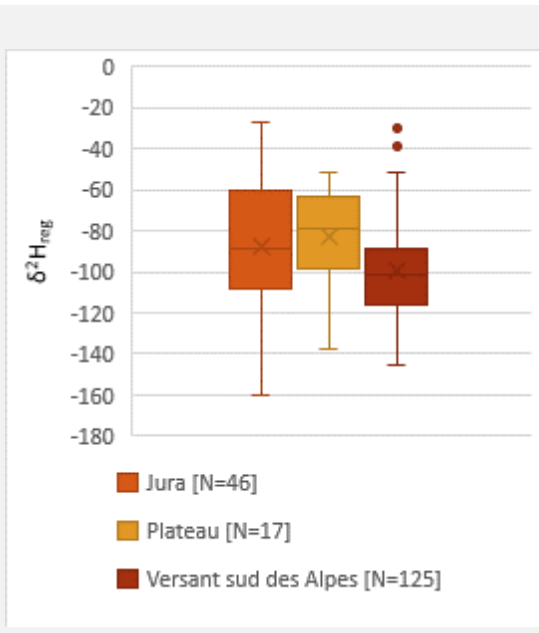


Figure 86 (à gauche): Taux de Deutérium mesuré dans les plumes de bécasses adultes prélevées à la chasse dans les différentes régions de Suisse. Avec une seule donnée à chaque fois, les régions du versant nord des Alpes et des Alpes centrales ne sont pas représentées.

Tableau 18: Test U de Mann-Whitney sur les médianes des taux de Deutérium des échantillons de plumes d'adultes prélevés à la chasse (*p-value* avec correction de Bonferroni). Le versant nord des Alpes et les Alpes centrales (Valais) ne sont pas retenus ici en raison du trop faible nombre d'échantillons.

| | Plateau | | Versant sud des Alpes | |
|---------|---------|---------|-----------------------|---------|
| | U | p-value | U | p-value |
| Jura | 345 | N.S. | 2120 | 0.026 |
| Plateau | | | 604 | 0.012 |

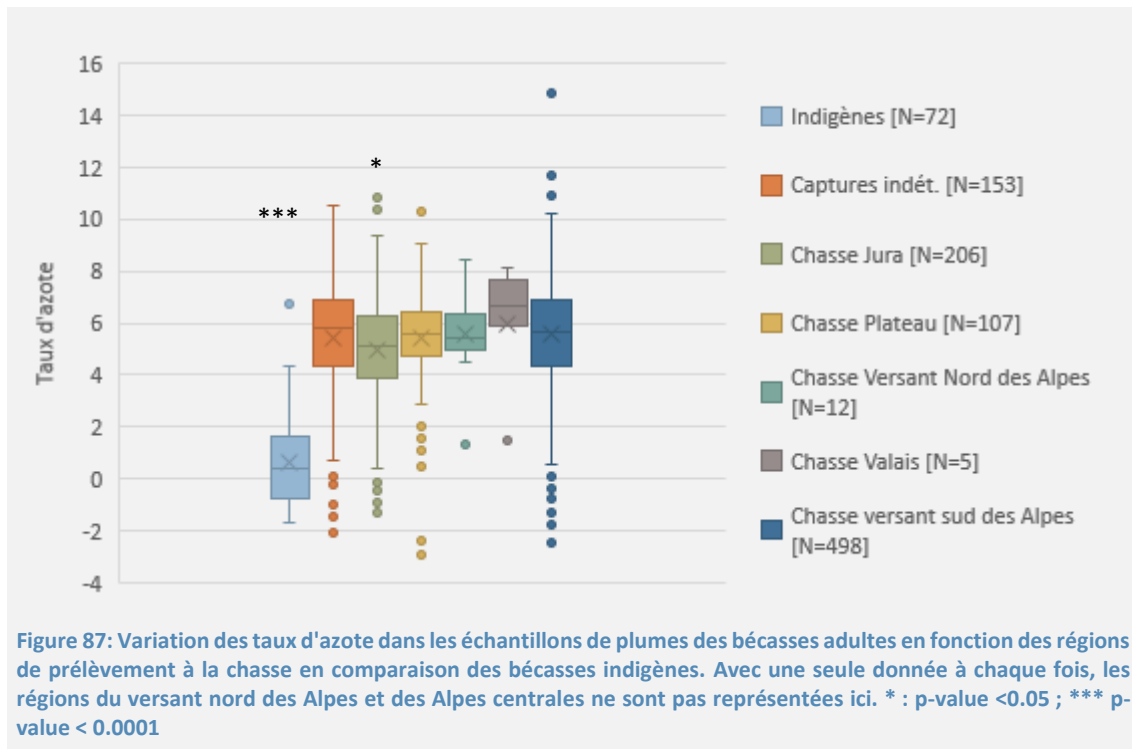
4.4.3.3 ANALYSE DE L'AZOTE

Le contenu en azote a pu être mesuré pour 1048 échantillons.

4.4.3.3.1 COMPARAISON DES TAUX D'AZOTE

Les bécasses indigènes avaient des taux d'azote dans les plumes significativement différents des bécasses chassées ou capturées dont la provenance est inconnue (Figure 87).

Les bécasses prélevées sur l'arc jurassien avaient également des taux d'azote statistiquement différents des bécasses prélevées au Tessin.



4.4.3.4 COMBINAISON DE L'AZOTE ET DU DEUTÉRIUM

Une analyse en composante principale a été effectuée pour comparer les taux d'azote et de Deutérium. Les variations dans les taux d'azote n'expliquent que 0.7 % de la variance observée entre les échantillons contre 99.2 % pour le Deutérium (Figure 88).

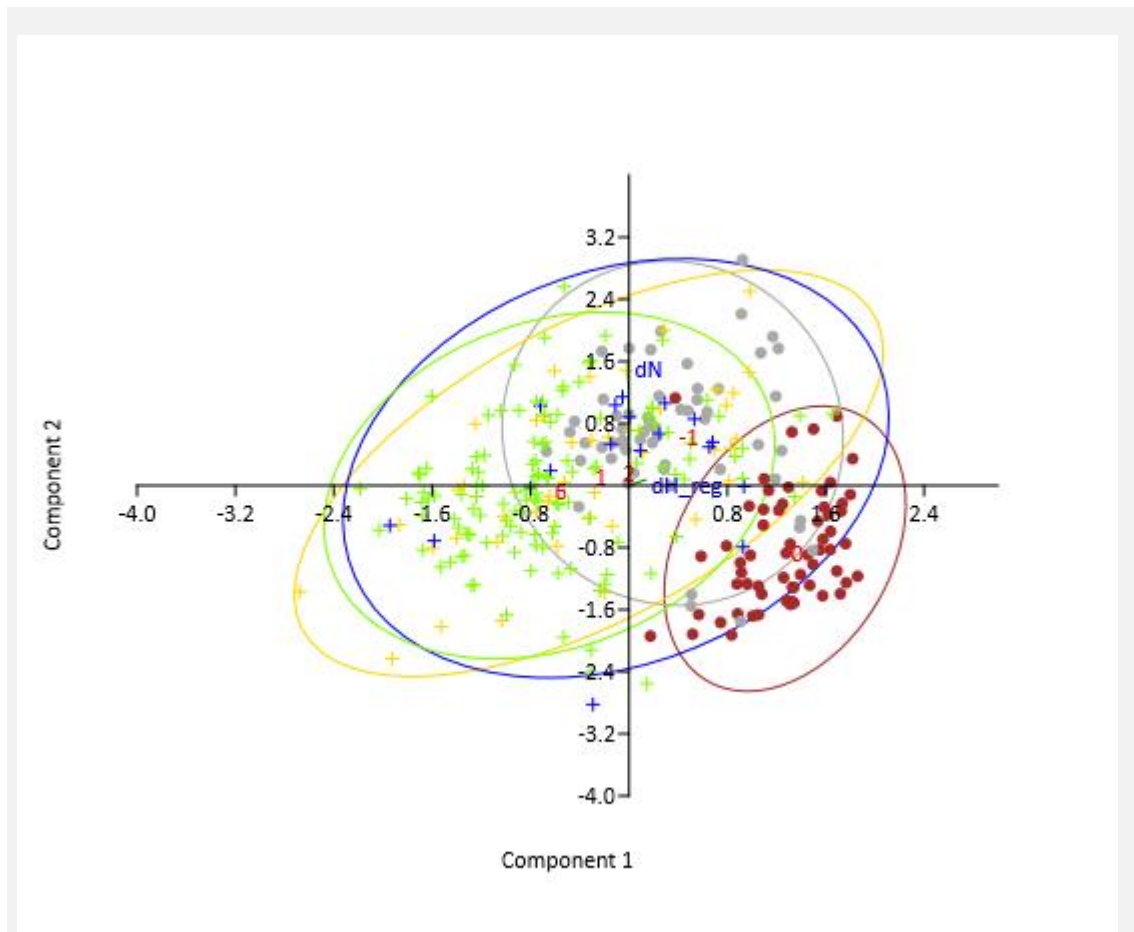


Figure 88: Analyse en composante principale des échantillons de plumes des bécasses adultes en fonction des taux de Deutérium et d'Azote. Les différents groupes sont identifiés ainsi que leurs ellipses de confiance : ronds rouges = indigènes (61), ronds gris = captures dont l'origine est inconnue (58), croix jaunes = prélèvements Jura, croix bleues = prélèvements Plateau, croix vertes = prélèvement versant sud des Alpes. Les centroïdes des ellipses sont identifiés par les chiffres rouge : 0 = indigènes, -1 = capture indéterminées, 1 = Jura, 2 = Plateau, 6 = Versant sud des Alpes.

4.4.4 DISCUSSION

Initialement l'étude ne devait porter que sur les juvéniles. Toutefois, en raison du nombre important de plumes d'adultes fourni par les bécassiers tessinois, il fut décidé d'étendre l'étude également aux adultes.

4.4.4.1 COMPARAISON DES TAUX DE DEUTÉRIUM

Nos résultats montrent des taux de deutérium plus élevés dans les plumes des adultes que dans celles des juvéniles. Bien que le nombre d'échantillons de juvéniles indigènes soit faible, cette variation s'observe également au sein de la population nicheuse. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par Powell (2012). De telles différences ont déjà été documentées pour d'autres espèces d'oiseaux (Meehan, et al., 2003; Smith & Dufty, 2005; Langin, et al., 2007). Plusieurs hypothèses ont été avancées par ces auteurs pour les expliquer: stress chez les adultes entraînant une augmentation de l'évaporation, différences de ressources alimentaires... Toutefois, l'explication la plus plausible vient de Hobson & Wassenaar (1996) qui attribuent ces différences à des différences de périodes de mue. Les signatures isotopiques ne sont pas uniquement liées à une distribution spatiale, mais également à une distribution temporelle. Les variations saisonnières dans les précipitations entraînant des variations intra et inter-annuelles dans les données isotopiques. Chez la bécasse, bien que la mue ait lieu sur les sites de nidification, sa temporalité n'est pas identique entre les adultes et les jeunes de l'année (Ferrand & Gossman, 2009). Powell (2012) relève que les variations observées entre les jeunes et les adultes pourraient être une conséquence de cette différence de temporalité de mue synchronisée avec une variation dans les précipitations. Toutefois, l'ampleur de la différence observée semble trop importante pour ne refléter qu'une différence de précipitation locale en période de mue. Il nous semble également important de prendre en compte le comportement migratoire de la Bécasse des bois. En effet, nos résultats isotopiques sont cohérents avec les études récentes de suivis Argos effectuées dans différentes régions d'Europe qui ont mis en évidence des différences migratoires entre les adultes et les juvéniles (Arizaga, et al., 2014; Hoodless & Heward, 2019; Tedeschi, et al., 2019). Ces études ont montré que les oiseaux adultes parcourent de plus longues distances en migration et proviennent de régions plus à l'Est que ce qui était précédemment connu par les retours de bagues. Il semble donc que le comportement migratoire varie en fonction de l'âge des oiseaux et que cette variation est probablement due à une différence d'expérience.

4.4.4.2 PROVENANCE DES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE

Nos résultats montrent que les deux tiers des bécasses prélevées à la chasse sont des bécasses migratrices au long court dont les régions de provenances se situent entre le sud de la Scandinavie et la marge orientale de l'Europe. Ces résultats viennent corroborer les données de baguages (Ferrand & Gossmann, 2009; Duchein, 2019) et de suivis par balises Argos de bécasses équipées en France (Duchein, 2019).

On observe toutefois des disparités entre les cantons de prélèvements. En effet, si la part de ces bécasses migratrices nordiques et orientales se situe à plus de 70 % sur le Plateau et dans les Alpes, cette proportion chute à 55.7% dans l'Arc jurassien. Cependant, la part de migrateurs nordiques est probablement plus importante dans les prélèvements jurassiens puisqu'une incertitude persiste quant à la provenance des oiseaux de la classe isotopique 6 (17.7 % des bécasses prélevées à la chasse). Les taux de Deutérium de cette classe caractérisent en effet une région allant des rives de la Baltique à la Russie et les régions d'altitude des Alpes et des Carpates. Pour les Alpes, ces altitudes (Tableau 19) correspondent aux altitudes de présence des bécasses nicheuses (Figure 89). Les études françaises et espagnoles (Hobson, et al., 2013a; Hobson, et al., 2013b) n'envisagent pas une provenance possible des Alpes. Si l'on considère que le flux migratoire dominant est de direction nord-est sud-ouest, la probabilité de détecter des bécasses provenant des Alpes dans le Jura est très faible. Dans ce cas les oiseaux appartenant à la classe isotopique 6 prélevés dans le Jura seraient des migrateurs orientaux. Pour cette région, la part de migrateurs orientaux et nordiques prélevés serait donc comprise entre 55.7 % (version conservative sans classe isotopique 6) et 74.9 % (version considérant également la classe 6). Notons toutefois que 9 (13.2 %) oiseaux capturés en période de coule dans le Jura appartenaient à cette classe isotopique 6. Faute d'échantillons locaux pour les autres régions de Suisse, il n'est pas possible d'évaluer si des bécasses présentent effectivement des taux comparables de Deutérium, y compris pour le Plateau. De plus, en regard des comportements pré-migratoires observés dans le Jura, il est vraisemblable qu'une partie des bécasses nicheuses des Préalpes descendent sur le Plateau avant leur départ en migration.

Pour les classes isotopiques 3 à 5, 14.0 % des oiseaux prélevés à la chasse, il n'est pas possible de distinguer les oiseaux migrateurs des oiseaux indigènes car les taux de Deutérium mesurés dans leurs plumes sont similaires. Comme pour les autres classes isotopiques, on observe de fortes variations entre les régions de prélèvement. Dans le Jura, ces trois classes comptabilisent 23.6 % des prélèvements alors qu'elles ne représentent que 8.8 % sur le Plateau et 11.8 % dans les Alpes. Elles ne sont pas représentées dans les prélèvements du Versant nord des Alpes. Toutefois pour cette région la prudence s'impose, car le nombre d'échantillons (17) est faible.

Une petite part des bécasses prélevées à la chasse (7 oiseaux, 0.8 %) semble remonter depuis le bassin méditerranéen en particulier sur le Jura (1.5 %) et au sud des Alpes (1.0 %). Cela est vraisemblablement dû au comportement exploratoire de jeunes oiseaux inexpérimentés. Tedeschini *et al.* (2019) ont mis en évidence que les jeunes oiseaux étaient plus sujets aux changements de site d'hivernage que les adultes.

En distinguant les âges, nous constatons que les résultats concernant l'origine probable des bécasses juvéniles chassées en Suisse sont similaires à ceux rapportés pour les bécasses juvéniles en France (Hobson, et al., 2013a). Comme dans l'étude française, 50 % des oiseaux provenaient d'une région

couvrant le nord de la Pologne, les pays baltes, la Biélorussie et l'ouest de la Russie. Avec 15.3 % d'oiseaux, la part de migrateurs plus nordiques ou plus orientaux est par contre plus importante alors qu'elle représente <1 % en France et 1.2 % en Espagne (Hobson, et al., 2013b).

Avec un ratio de 62 %, la part de migrateurs orientaux est plus faible chez les juvéniles que chez les adultes chez qui elle atteint en moyenne 85.3 % et même 92 % au Tessin. En outre, la moitié des oiseaux adultes prélevés à la chasse proviennent de Russie.

L'analyse de provenance des adultes prélevés à la chasse sur la base des isotopes est inédite. Les précédentes études se sont en effet focalisées sur les juvéniles qui représentent la majorité des individus prélevés à la chasse en Europe (Hobson, et al., 2013a; Hobson, et al., 2013b). Aucune comparaison directe de résultats n'est donc possible pour les adultes. Plusieurs études récentes réalisées à l'aide de balises Argos ont toutefois mis en évidence une part plus importante de migrateurs à longue distance chez les adultes (Arizaga, et al., 2014; Tedeschi, et al., 2019; Le Rest, et al., 2019). Ces résultats appuient les différences de comportements migratoires que suggèrent les résultats de nos analyses isotopiques.

Tableau 19: Synthèse des altitudes [m] dans les Alpes auxquelles sont retrouvés les taux de Deutérium pluvial correspondant aux valeurs de la classe isotopique 6 déterminée pour les adultes et les jeunes bécasses prélevées à la chasse en Suisse.

| Âge | Minimum | 1er quartile | Médiane | Moyenne | 3e quartile | Maximum |
|----------|---------|--------------|---------|---------|-------------|---------|
| Adulte | 349 | 1182 | 1609 | 1616 | 2059 | 4014 |
| Juvenile | 349 | 1216 | 1648 | 1647 | 2090 | 4014 |

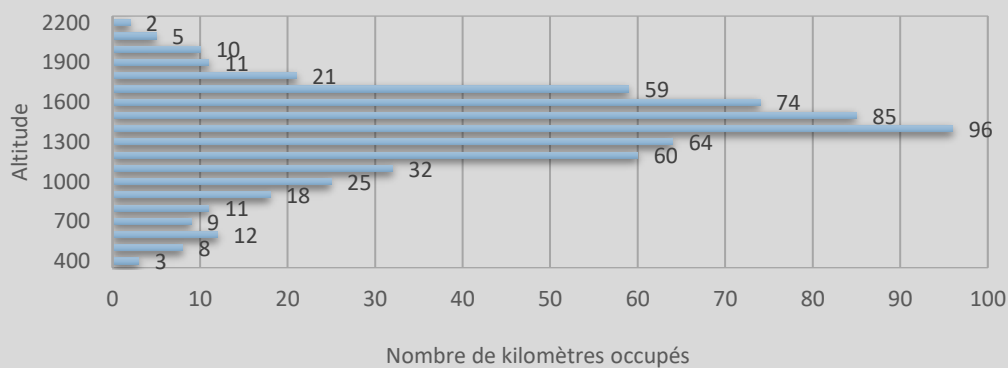


Figure 89: Nombre de kilomètres carrés occupés par la bécasse des bois dans les Alpes suisses par tranche d'altitude durant la période de nidification (soit du 15 mars au 15 juillet) entre 2000 et 2019. source: www.ornitho.ch

4.4.4.3 ANALYSE DE L'AZOTE

Nos résultats montrent une différence marquée dans les taux d'azote $\delta^{15}\text{N}$ entre les populations nicheuses suisses et les bécasses migratrices. L'utilisation d'un deuxième isotope, en l'occurrence l'azote, pourrait donc améliorer la distinction entre bécasses indigènes et migratrices. Nos données sont toutefois insuffisantes pour expliquer les variations des taux d'azote constatées et pour les lier à des provenances différentes. Herbert et Wassenaar (2005) relèvent que chez le canard colvert les variations des taux d'azote $\delta^{15}\text{N}$ contenu dans les plumes sont dépendantes des apports liés à la production agricole, notamment dans les grandes cultures. Les taux augmentent avec l'augmentation de la part de surfaces cultivées. Ce lien ne pourra être établi que lorsque l'on disposera d'échantillons référentiels de différentes régions européennes.

En outre, l'analyse en composante principale montre que l'azote $\delta^{15}\text{N}$ ne contribue que de manière faible (<1%) à l'explication des variations entre les échantillons de plumes qui principalement le fait de la variation du taux de Deutérium.

4.4.4.4 CONCLUSION

Nos résultats mettent en évidence de fortes variations de provenance des bécasses prélevées dans les différentes régions de chasse. Si de telles différences étaient attendues entre Jura et le versant sud des Alpes, elles l'étaient moins entre le Jura et le Plateau. La part de migrateurs orientaux semble plus faible dans le Jura que dans les autres régions de Suisse où la chasse à la bécasse est pratiquée.

L'analyse du seul taux de Deutérium de leurs plumes pour déterminer la provenance des bécasses prélevées à la chasse a démontré ses limites en Suisse. Le relief tourmenté et le fort gradient altitudinal qui caractérisent le Jura et l'Arc alpin associés à la présence conjointes à certaines périodes de l'année d'individus nicheurs et migrateurs compliquent fortement l'interprétation des résultats.

Faute d'échantillons de référence provenant des différentes régions de nidification de la Bécasse des bois en Europe, l'analyse des taux d'azote $\delta^{15}\text{N}$ n'a pas permis d'affiner les résultats obtenus à l'aide du Deutérium et donc de réduire l'incertitude quant à la part effective de bécasses indigènes prélevées par la chasse en Suisse. Cette dernière se situe entre 14.0% (classes 3 à 5) et 31.7% (classes 3 à 6) au niveau national. Toutefois, nous avons constaté que cette part d'incertitude est d'une part plus importante chez les juvéniles que les chez les adultes et, d'autre part, plus importante dans l'Arc jurassien que dans les autres régions.

4.5 STATISTIQUES DE CHASSE

4.5.1 INTRODUCTION

La chasse à la bécasse a une longue histoire dans notre pays (Fatio, 1904). Elle est actuellement encore pratiquée dans cinq cantons romands (FR, JU, NE, VD, VS), au Tessin et dans le Jura bernois.

4.5.1.1 DONNÉES SOURCES

Les données de prélèvement de bécasses des bois proviennent des services cantonaux de la chasse ainsi que de la base fédérale des données des statistiques de chasse : www.jagdstatistik.ch.

4.5.1.2 ANALYSES

Afin d'analyser l'évolution des tendances de la chasse à la Bécasses des bois en Suisse, les données issues de la statistique fédérale de la chasse ont été lissées par le calcul de la moyenne sur 5 ans ainsi que par celui des moyennes pour les périodes 1962-1978, 1979-1998 et 1999-2018.

Afin de déterminer d'éventuelles tendances dans les prélèvements à la chasse un test de trend de Mann-Kendall (Gilbert, 1987) a été effectué sur les séries temporelles au moyen du logiciel PAST 3.14 (Hammer & Ryan, 2001).

Pour les cantons de Fribourg, de Neuchâtel et de Vaud, une analyse exploratoire des altitudes de prélèvement a également été menée en attribuant à chaque tir l'altitude moyenne du secteur de chasse au moyen d'ArcMap GIS 10.5.

4.5.2 RÉSULTATS

4.5.2.1 EVOLUTION DES PRÉLÈVEMENTS À LONG TERME

Les données des prélèvements annuels de 22 des 26 cantons (manquent Appenzell Rhodes Intérieur, Bâle-Ville et Glaris) pour la période 1962-2018 ont été analysées. Entre 1962 et 1974, la bécasse était encore chassée dans la moitié des cantons suisses et, notamment, de manière assez intensive dans les cantons de Berne, de Genève et des Grisons. A cette époque, les prélèvements au sein de ces trois cantons représentaient en moyenne 13.7 % des prélèvements totaux. (Figure 90 et Tableau 20).

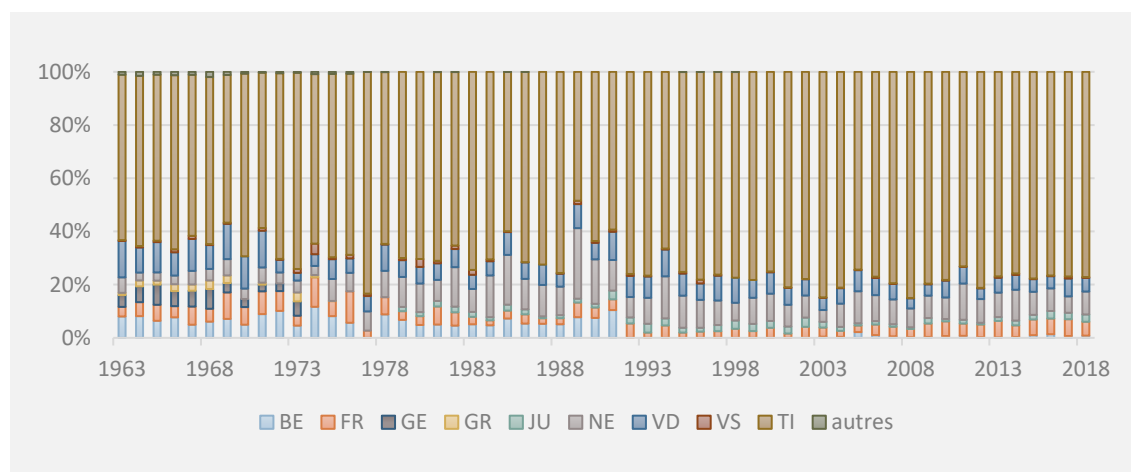


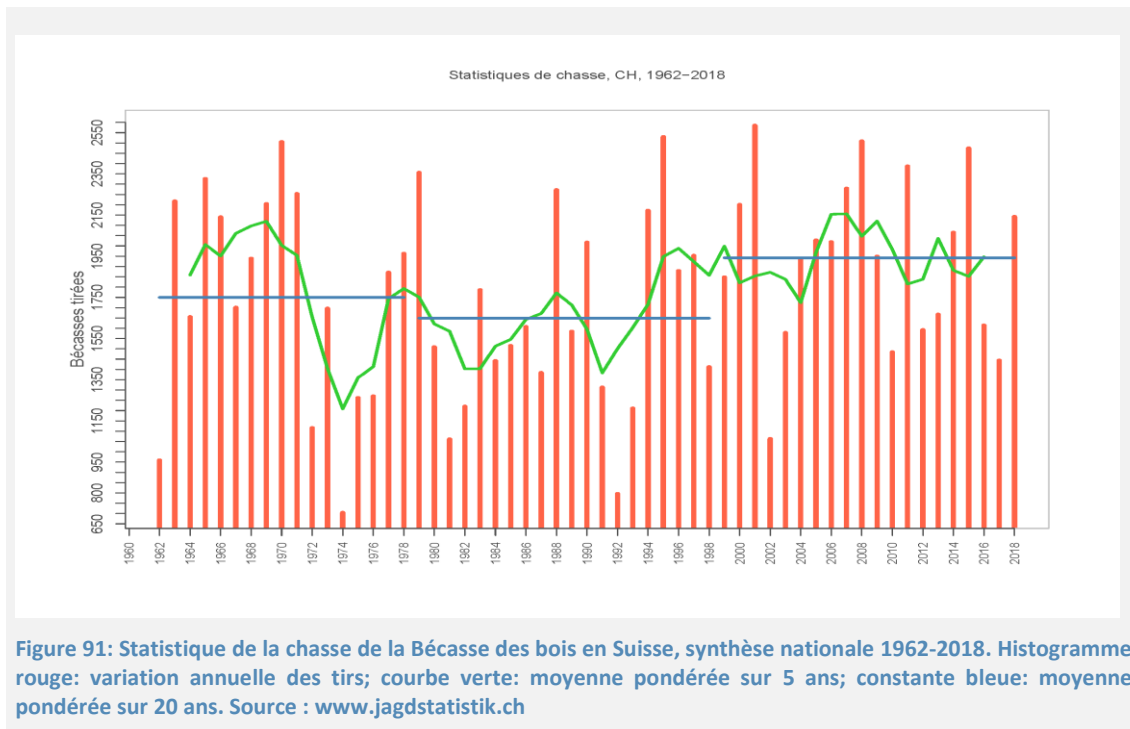
Figure 90: Pourcentages annuels des prélèvements de bécasses par canton.

Tableau 20: Illustration de quelques statistiques de chasses des années 1960 et 70 en Suisse. Jusqu'en 1978 le l'actuel canton du Jura était encore bernois.

| Année | BE | FR | GE | GR | NE | VD | VS | TI | Autres |
|-------|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|------|--------|
| 1962 | 166 | 114 | 150 | 30 | 87 | 264 | 37 | 0 | 110 |
| 1965 | 149 | 140 | 176 | 35 | 72 | 265 | 12 | 1451 | 25 |
| 1971 | 201 | 193 | 56 | 17 | 129 | 311 | 23 | 1315 | 7 |
| 1978 | 173 | 127 | 0 | 0 | 194 | 194 | 5 | 1267 | 2 |

Au niveau national, si les prélèvements annuels totaux semblent stables entre 1962 et 2018 (S : 173, Z : 1.1814, p : 0.236, Figure 91), il y a toutefois eu une baisse dans les années 80, puis une augmentation à partir du milieu des années 90 (période 1979-2018, S : 176, Z : 2.0389, p : 0.041, Figure 91). Les moyennes des prélèvements annuels passent de 1650 entre 1963 et 1973 à 1650 entre 1979-1998 puis à 1940 entre 1999-2018 ce qui correspond à une augmentation de plus de 17 %. Cette augmentation est due, en particulier, à celles des prélèvements dans les cantons de Fribourg (+ 45.4 %) et du Tessin (+ 31.6 %).

Les tendances pour la période 1979-2018 varient selon les cantons. Les graphiques détaillés peuvent être consultés dans les annexes. Les prélèvements ont augmenté dans les cantons de Fribourg (+46.5 %, S : 282, Z : 3.2769, p : 0.001) et du Tessin (+ 31.7 %, S : 242, Z : 2.8079, p : 0.005), sont stables pour les cantons du Jura (+10.5 %, S : 92, Z : 1.0613, p : 0.289), de Neuchâtel (-14.7 % S : -76, Z : 0.87395, p : 0.38215) et de Vaud (-8.4 %, S : -18, Z : 0.19815, p : 0.84293) et ont diminué dans les cantons de Berne (-86.1 %, S : -169, Z : 3.1578, p : 0.002) et du Valais (-60.8 %, S : -174, Z : 2.0234, p : 0.043).



4.5.2.2 EVOLUTION DES PRÉLÈVEMENTS À COURT TERME

Durant les vingt dernières années, les prélèvements de bécasses des bois sont relativement stables dans la plupart des cantons où la chasse est pratiquée. Toutefois, les cantons de Fribourg et du Jura présentent des évolutions différentes. Dans ces deux cantons les prélèvements sont en augmentation depuis une dizaine d'années (Fribourg 1999-2018 : S : 112, Z : 3.6051, p : 0.0003 ; Jura 2009-2018 : S : 21, p : 0.036).

4.5.2.3 CHRONOLOGIE DES PRÉLÈVEMENTS

Les périodes de protection de l'espèce varient d'un canton à l'autre (Tableau 21). Elles ont également évolué au cours du temps.

Une part importante des prélèvements a lieu alors que les bécasses indigènes sont encore présentes en Suisse (Figure 92). Plus de 75 % des prélèvements ont lieu entre le 16 octobre et le 15 novembre (Figure 93). Seuls quatre prélèvements (2 à Fribourg et 2 à Neuchâtel) ont eu lieu durant la dernière quinzaine de septembre entre 2009 et 2018, ce qui représente 0.1 % des prélèvements annuels.

Pour le canton Neuchâtel, dans lequel la chasse est ouverte durant la première quinzaine d'octobre, les prélèvements effectués durant cette période représentent 9.5 % des prélèvements annuels.

L'indice de prélèvement journalier (Figure 94) est stable dans la plupart des cantons entre 2000 et 2018. Une légère baisse, non significative, est constatée pour le canton du Tessin alors qu'il est en hausse pour le canton de Fribourg (Figure 94, S : 110, Z : 3.833, p : 0.0001).

Tableau 21: Périodes de chasse à la bécasse (en vert) selon les cantons pour l'année 2018.

| Canton | Sept | oct. | | nov. | | déc. |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 16.09 - 30.09 | 01.10 - 15.10 | 16.10 - 31.10 | 01.11 - 15.11 | 16.11 - 30.11 | 01.12 - 15.12 |
| BE | | | | | | |
| FR | | | | | | |
| JU | | | | | | |
| NE | | | | | | |
| TI | | | | | | |
| VD | | | | | | |
| VS | | | | | | |

Tableau 22: Évolution des PMA et des quotas "Bécasse" en Suisse pour les cantons ayant introduit ces outils de gestion.

| Canton | Prélèvement maximal journalier | | Prélèvement maximal annuel | |
|-----------|--------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | Année introduction | Nombre | Année introduction | Nombre |
| Fribourg | 2002 | 2 | - | - |
| Neuchâtel | - | - | 2013 | 20 |
| Vaud | 2002 | 2 | 2011 | 10 |
| Tessin | - | - | 2018 | 15 |

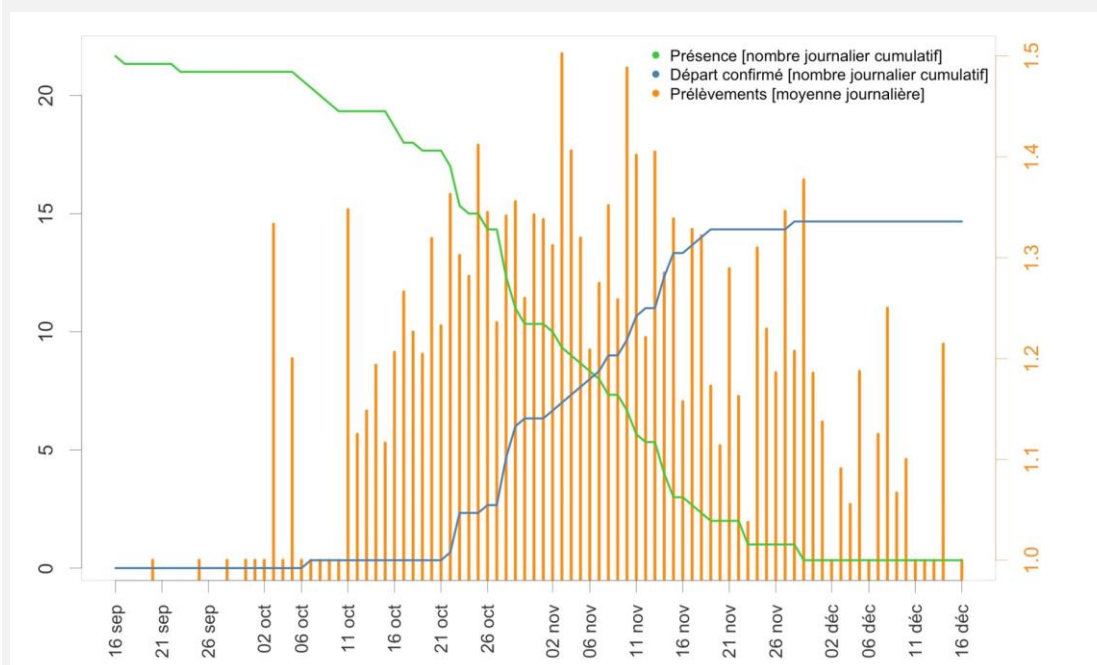


Figure 92: Moyennes cumulées des présences automnales (et des départs en migration des bécasses équipées de balises Argos et d'émetteurs VHF entre 2016 et 2018 comparées aux prélèvements moyens journaliers.

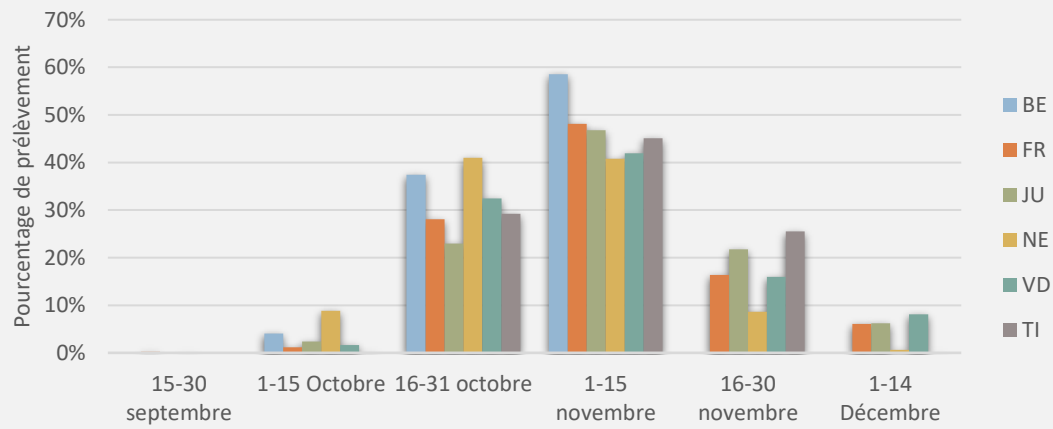


Figure 93: Chronologie saisonnière des prélèvements de bécasses des bois entre 2009 et 2018

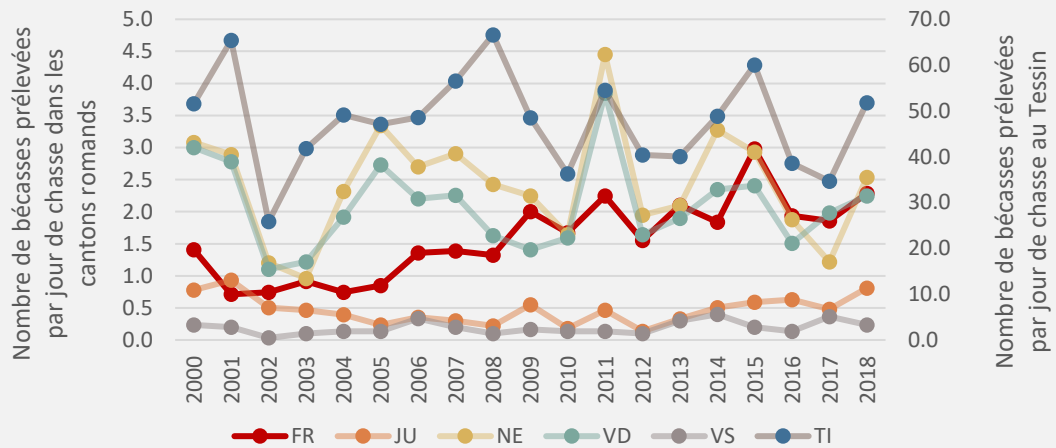


Figure 94: indice de prélèvement journalier basé sur le nombre total annuel de bécasses prélevées divisé par le nombre de jours où la chasse est ouverte dans le canton concerné.

4.5.2.4 RELATION PRÉLÈVEMENTS ANNUELS ET NOMBRE DE CHASSEURS

Il est difficile de faire le lien entre les nombres de chasseurs et des prélèvements dans les différents cantons. En effet, à part pour les cantons de Neuchâtel et de Vaud, il ne nous pas été possible d'obtenir des informations, même anonymes, sur le nombre de prélèvements journalier par chasseur.

Pour le canton de Neuchâtel, entre 2016 et 2018 (seules années disponibles), ce sont en moyenne 26.0 ± 4.6 chasseurs qui ont prélevé au moins une bécasse. Durant cette période, le nombre d'oiseaux prélevés par chasseur ayant prélevé au moins une bécasse est de 5.3 ± 4.9 (Figure 97). Entre 2016 et 2018, 57.8 % (variation annuelle : 44.4 – 66.7 %) des chasseurs ont prélevé moins de cinq oiseaux alors que 18.0 % (variation annuelle : 13.3 – 25.4 %) ont prélevé plus de 10 bécasses (Figure 98). Depuis 2013, le canton a introduit un prélèvement maximal annuel (PMA) de 20 oiseaux par chasseur. Durant ces trois années consécutives, aucun chasseur n'a atteint le PMA.

Pour le canton de Vaud, entre 2011 et 2018, ce sont en moyenne 25.5 ± 4.0 chasseurs qui ont prélevé au moins une bécasse. Durant cette période, le nombre d'oiseaux prélevés par chasseur ayant prélevé au moins une bécasse est de 4.0 ± 3.1 (Figure 95). Depuis 2011, le canton a introduit un prélèvement maximal annuel (PMA) de 10 oiseaux par chasseur. Entre 2011 et 2018, 54.4 % (variation annuelle : 40.0 – 79.2 %) des chasseurs ont prélevé moins de quatre oiseaux alors que 13.2 % (variation annuelle : 0.0 – 26.5 %) ont atteint le PMA (Figure 98). Sur 18 chasseurs ayant une fois atteint le PMA, 15 sont des chasseurs ayant chassé la bécasse au moins deux ans de suite durant cette période.

42 des 89 (47.2 %) chasseurs vaudois ayant prélevé au moins une bécasse entre 2011 et 2018 n'ont chassé l'espèce qu'une seule année (Figure 96). 75 % de ces chasseurs n'ont tiré qu'un oiseau. Seuls quatre de ces chasseurs ont prélevés plus de quatre oiseaux, dont trois sont arrivés au PMA.

La « contribution » des chasseurs vaudois ayant atteint le PMA représentent 28.1 ± 7.8 % des prélèvements entre 2011 et 2018, avec un maximum de 60 % en 2011.

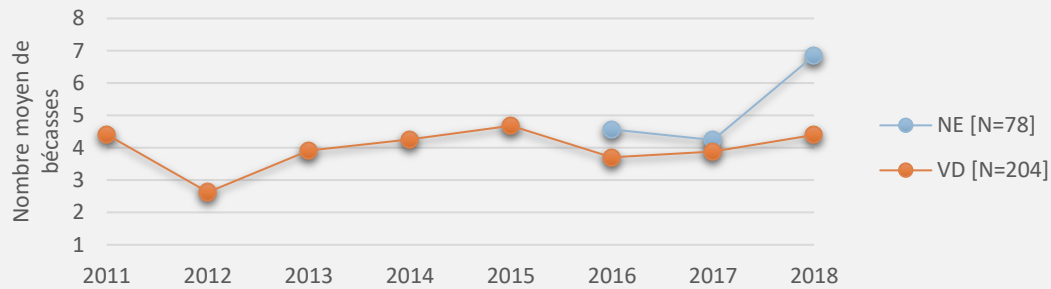


Figure 95: Nombre moyen de bécasses prélevées par chasseur et par an dans les cantons de Neuchâtel et Vaud. Sources: Service Faune, Forêts et Nature du canton de Neuchâtel et Direction générale de l'environnement du canton de Vaud

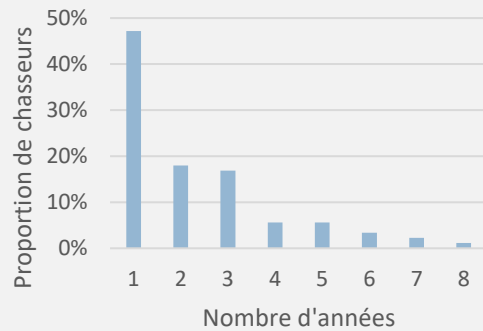


Figure 96: Nombre d'année que chaque chasseur a consacré à la chasse à la bécasse dans le canton de Vaud entre 2011 et 2018 [N=89]. Source: Direction générale de l'environnement du canton de Vaud

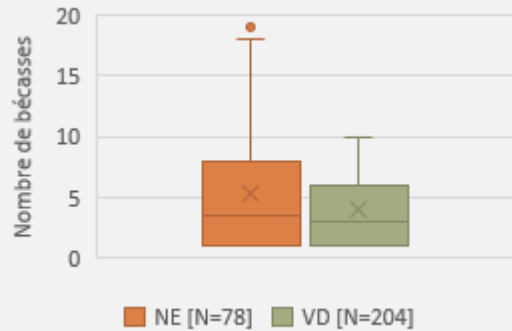


Figure 97 : représentation graphique des statistiques des prélèvements de bécasses par chasseur pour les cantons de Neuchâtel (2016-2018) et de Vaud (2011-2018). Sources: Service Faune, Forêts et Nature du canton de Neuchâtel et Direction générale de l'environnement du canton de Vaud

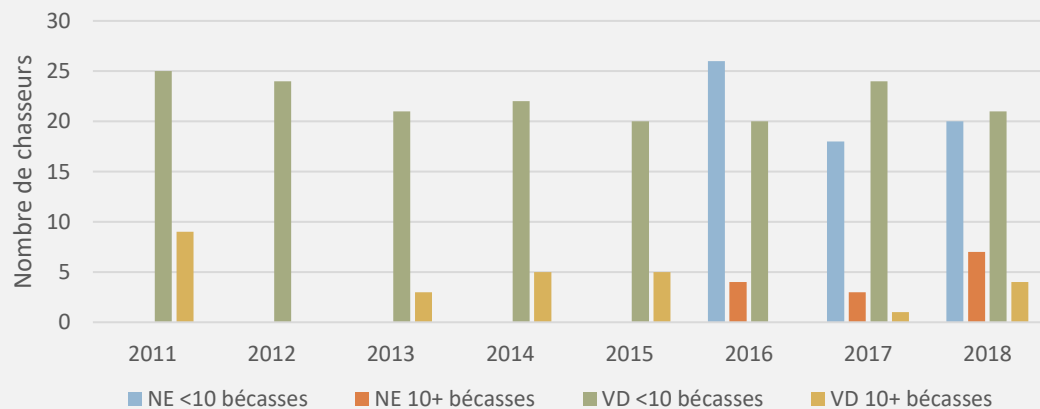


Figure 98: Distribution des effectifs de chasseurs en fonction du nombre de bécasses prélevées.

4.5.2.5 ALTITUDE DES PRÉLÈVEMENTS

Une analyse des altitudes de prélèvements a pu être effectuée pour les cantons de Fribourg, Neuchâtel et Vaud.

Les altitudes de prélèvements varient significativement entre les cantons de Fribourg, Neuchâtel et Vaud (Figure 99). Elles baissent en cours de saison, mais plus fortement pour le canton de Vaud que pour les deux autres cantons (Figure 100).

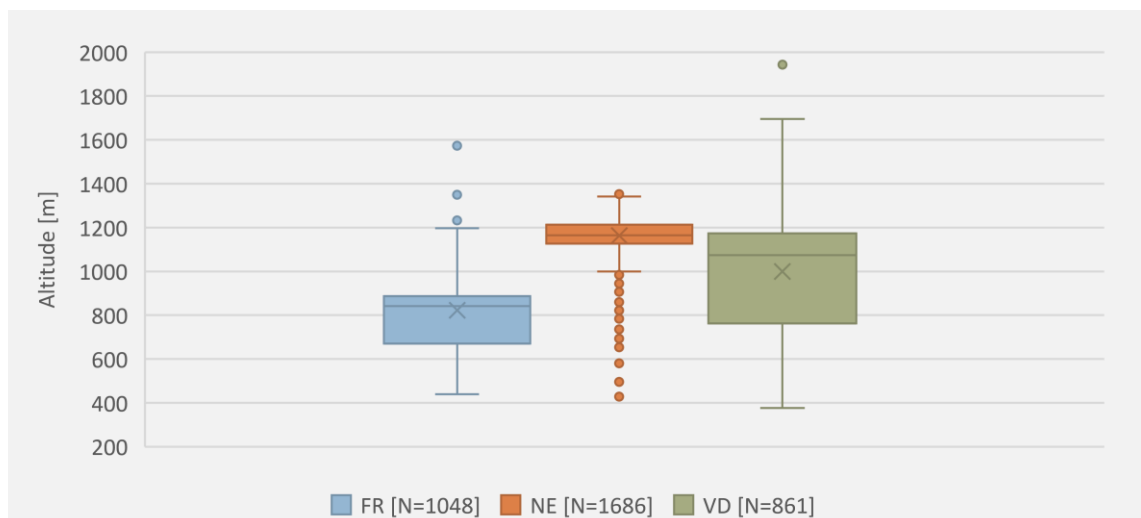


Figure 99: Distribution altitudinale des prélèvements à la chasse pour les cantons de Fribourg, Neuchâtel et Vaud entre 2009 et 2018.

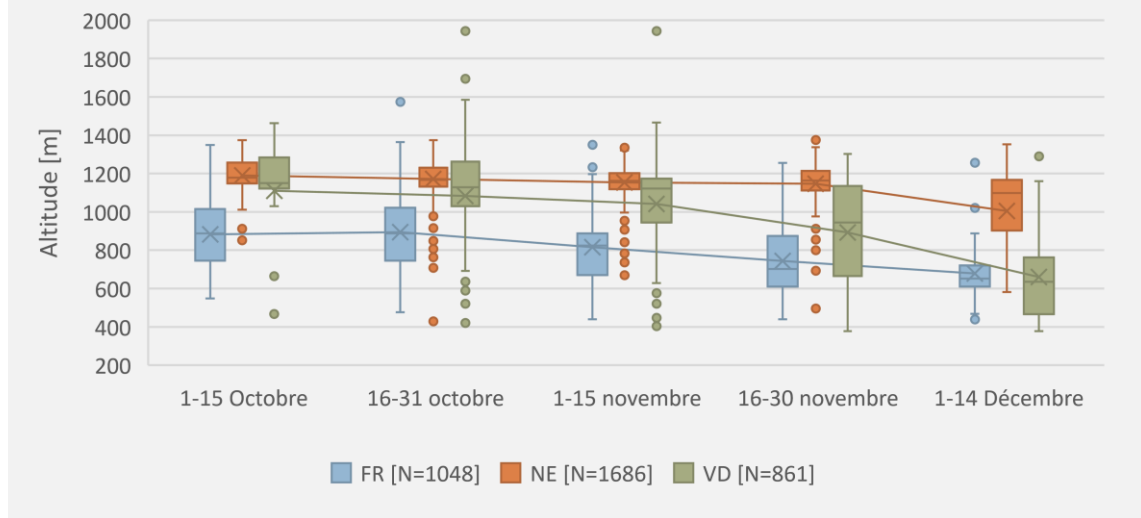


Figure 100: Evolution de l'altitude de prélèvement des bécasses au cours de la saison de chasse pour les cantons de Fribourg (2004 à 2018), Neuchâtel (2007 à 2018) et Vaud (2008 à 2018).

4.5.3 DISCUSSION

Les totaux des prélèvements nationaux entre 2000 et 2018 sont comparables aux prélèvements nationaux réalisés entre 1963 et 1973 et font suite à une baisse importante des prélèvements entre les années 1974 et 1992. De plus, entre 1962 et 1973, la chasse à la bécasse était plus largement répartie dans les cantons suisses. Elle était notamment pratiquée dans l'ensemble du canton de Berne dès le mois de septembre et dans les cantons de Genève et des Grisons. Elle était également plus intensivement pratiquée qu'aujourd'hui dans le canton de Vaud (Tableau 20). La baisse du prélèvement national observée dans les années 70-90 est notamment due à la l'arrêt de la chasse dans les cantons de Genève et des Grisons et au moratoire qui dura de 1992 à 2002 dans le canton de Berne.

L'accroissement observé ces dernières années est principalement dû à l'augmentation des prélèvements dans les cantons de Fribourg et du Tessin. Toutefois, l'accroissement n'a pas eu lieu en même temps dans ces deux cantons. Au Tessin, il a eu lieu au milieu des années 90 et semble s'être stabilisé depuis. Dans le canton de Fribourg l'accroissement a débuté en 2006 et se poursuit encore aujourd'hui. Ce canton a retrouvé les prélèvements qui étaient courants dans les années 60. Or, cette croissance n'est pas liée à une augmentation des permis délivrés. En effet, aucune tendance allant dans ce sens n'a pu être mise en évidence entre 2012 et 2018. Elle est plutôt liée à une « spécialisation » des chasseurs sur cette espèce qui s'accompagne d'une pratique plus efficiente. Cette spécialisation s'explique par l'introduction dans le canton de Fribourg du "permis à la carte" réservant le tir de la bécasse aux seuls détenteurs d'un "permis bécasse" (puis permis "gibier à plumes") et la fermeture de la chasse au tétra lyre (Duchemin comm. pers.). Cette spécialisation accrue s'observe également ailleurs en Europe (Ferrand & Gossmann, 2009). Si une augmentation de la pression de chasse est évidente dans les cantons de Fribourg et du Tessin, dans les autres cantons les prélèvements sont relativement stables depuis le début des années 80 (Jura, Neuchâtel et Vaud) ou ont diminué (Berne et Valais). Le moratoire a eu un effet majeur sur la diminution des prélèvements bernois et celle de l'intérêt des chasseurs pour cette espèce. D'ailleurs, dans ce canton, la chasse à la Bécasse n'a été rouverte que dans le district du Jura bernois.

Les dates d'ouverture et les nombres variables de jours de chasse pratiqués actuellement en Suisse n'influencent pas fondamentalement les prélèvements de bécasses. En effet, aucune baisse des prélèvements, ni de l'indice journalier n'a été observée pour les cantons ayant reporté l'ouverture de la chasse et par conséquent réduit le nombre de jours de chasse. Cela s'explique par le fait que les prélèvements sont concentrés entre mi-octobre et mi-novembre, période de quatre semaines qui coïncide avec le pic migratoire de l'espèce. Notons qu'avant la mi-octobre les densités de bécasses sont faibles et qu'une partie des chasseurs privilégie le chevreuil et ne se consacre à la bécasse qu'une fois cette chasse terminée (canton de Fribourg com. pers.). L'augmentation de l'indice pour le canton de Fribourg suggérerait même que la réduction du nombre de jours a entraîné une intensification de la pratique de la chasse sur l'espèce liée à une augmentation des bécassiers expérimentés et spécialisés sur l'espèce du fait des prélèvements réservés aux seuls détenteurs du « permis bécasse ».

Avec respectivement 5.2 et 4.8 bécasses prélevées par chasseur les chiffres obtenus pour les cantons de Neuchâtel et de Vaud sont comparables aux prélèvements effectués en France. Durant la saison de chasse 2016/17, les chasseurs français ayant prélevés au moins une bécasse ont tiré en moyenne

5.1 oiseaux, 5.5 dans le département du Jura et 3.4 en Haute-Savoie (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, 2018). En France, les chasseurs qui prélèvent 10 bécasses et plus chaque année sont considérés comme des spécialistes (Ferrand & Gossmann, 2009). Dans ce pays, ils représentaient 9.5 % des chasseurs durant la saison de chasse 1998/99. Cette proportion a augmenté de 2.9 points en 15 ans. Avec des pourcentages, respectivement de 17.9 (2016-2018) et 13.2 % (2011-2018) pour les cantons de Neuchâtel et de Vaud, il semble que la part de spécialistes, atteignant au moins 10 oiseaux (PMA vaudois), soit supérieure dans ces cantons. Il est regrettable de ne pas avoir pu analyser plus précisément les chiffres des autres cantons et en particulier ceux des cantons de Fribourg et du Tessin qui ont également introduit des quotas.

Comme il a déjà été signalé par le passé (Duchain, 2019), des différences significatives apparaissent entre les cantons quant aux altitudes des prélèvements. Si ces différences sont dues en grande partie à leur topographie et à la distribution assez variable des habitats favorables à la bécasse en leur sein, elles sont également dues à l'adaptation des chasseurs aux conditions météorologiques (apparition des gelées au sol et de la neige) et aux déplacements des oiseaux. En raison de la topographie la chasse, dans le canton de Neuchâtel, s'effectue quasi exclusivement aux altitudes et en grande partie dans des habitats actuellement favorables à la nidification ou dont l'occupation par les population indigènes est avérée alors que les chasseurs fribourgeois et vaudois ont la possibilité de prospecter également des habitats de basse altitude (<700 m) qui ne le sont plus. Cependant, ils ne les visitent qu'à partir de la mi-novembre lorsque la densité de bécasses dans les secteurs d'altitude diminue. Durant le mois d'octobre la pression de chasse se concentre donc dans tous ces cantons dans des habitats encore occupés par les bécasses nicheuses. Un report de l'ouverture de la chasse permettrait donc de réduire la pression sur les populations nicheuses pour peu que les populations des Alpes n'hivernent pas sur le Plateau. Or cette condition n'est pas forcément remplie puisqu'il semble que l'hivernage de bécasses en Suisse augmente régulièrement depuis le milieu des années 2000 (Figure 101 ci-dessous). D'autre part, l'évolution des prélèvements cantonaux montre que le report de l'ouverture de la chasse ne permet pas à lui-seul de stabiliser ou de réduire les prélèvements de bécasses.

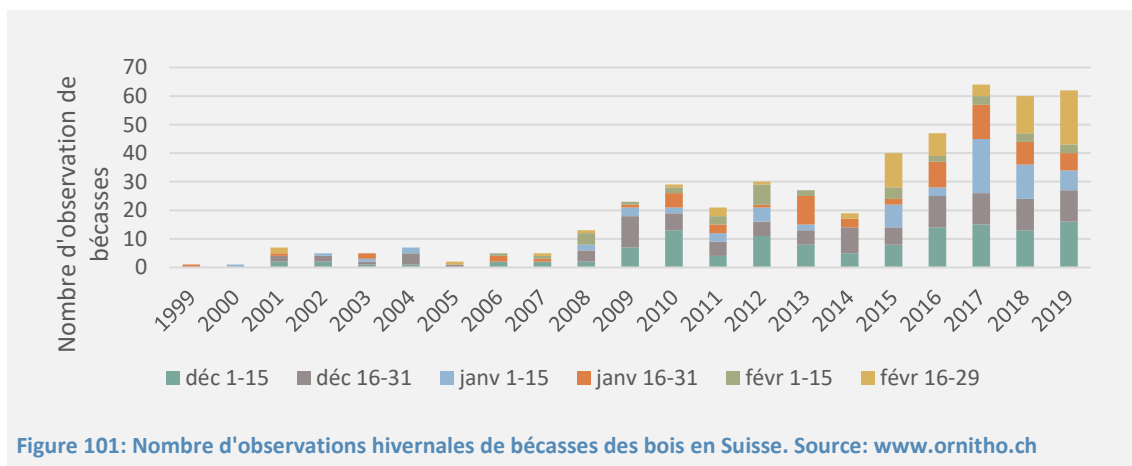
En Suisse, la gestion des populations de gibiers est une prérogative des cantons. C'est la raison pour laquelle, les cantons ont des pratiques différentes quant aux quotas de chasse à la bécasse (Tableau 22). Entre 2002 et 2018, quatre cantons sur sept ont introduit des quotas de prélèvement.

Dès 2002, les cantons de Fribourg et de Vaud ont introduit un prélèvement maximal journalier PMJ de deux bécasses par chasseur afin de limiter la pression sur l'espèce lors de passages migratoires inhabituels. C'est ce que Ferrand & Gossmann (2009) appellent le volet « éthique » du PMA. L'évolution des prélèvements dans le canton de Fribourg montre que cet outil seul ne permet pas de stabiliser ou de réduire les prélèvements. Au contraire, il semble que cette mesure associée à une réduction du nombre de jours de chasse entraîne dans les faits une augmentation des prélèvements. Cela peut s'expliquer par une augmentation de l'assiduité des chasseurs et donc une spécialisation accrue sur cette espèce. Il paraît clair que le PMJ n'est qu'une mesure « éthique » complémentaire au PMA et non une mesure suffisante à elle seule.

Trois cantons ont introduit une limitation annuelle (PMA). Ce que Ferrand & Gossmann (2009) appellent le volet « gestion » du PMA. En effet, une limitation annuelle vise à stabiliser ou à limiter

les prélèvements dans une optique de conservation des populations de gibiers. A l'échelle française un PMA de 30 bécasses par an conduirait à une économie de 1,7% du tableau national (20'000 bécasses sur 1,2 millions) et un PMA de 20 bécasses à 6,5% (75'000 sur 1,2 millions). Dans l'hypothèse d'une situation critique du niveau des populations européennes un PMA annuel de 10 oiseaux permettrait d'épargner 20% du tableau national (Ferrand & Gossmann, 2009). En Suisse, un tel PMA à 30 oiseaux n'aurait aucun sens en raison notamment de la période de chasse plus courte. Pour le canton de Neuchâtel, les chiffres pour les années 2016 à 2018 montrent que le PMA fixé à 20 oiseaux par chasseur n'a aucune incidence sur les prélèvements, aucun chasseur n'ayant atteint ce chiffre. Par contre, le PMA à 10 oiseaux tel que pratiqué dans le canton de Vaud, semble avoir un effet stabilisateur voire limitant les prélèvements. Les modèles théoriques de prélèvement effectués pour la France montrent que le PMA de 10 bécasses permet une réduction des prélèvements deux à trois fois supérieures à un quota de 20 oiseaux. Comme le relèvent Ferrand & Gossmann (2009), cette mesure est d'autant plus importante que le nombre de bécassiers « spécialisés » est important. Il est donc nécessaire d'accompagner cette mesure de contrôle de son application par les chasseurs au moyen du carnet. Il semble également indispensable d'avoir un meilleur suivi des prélèvements au moyen d'un archivage en banque de données afin de pouvoir réviser périodiquement ce PMA qui doit rester un outil dynamique répondant aux besoins et à l'évolution des situations régionales et des connaissances scientifiques de l'espèce.

Les résultats de cette étude ainsi que l'amélioration des connaissances sur les dynamiques européennes de l'espèce (Brüngger & Estoppey, 2008; Hoodless & Heward, 2019; Prieto, et al., 2019; Tedeschi, et al., 2019) plaident pour une harmonisation des pratiques entre les cantons qui tiennent non seulement compte des populations nicheuses (report de l'ouverture de la chasse) mais également des populations hivernant en Suisse (adoption de PMA et de PMJ).



RÉFÉRENCES

- Agency, European Environment, 2012. *Report under the Article 12 of the Birds Directive. Period 2008-2012. Scolopax rusticola [Europe/South & West Europe & North Africa]*. [Online]
Available at: <https://nature-art12.eionet.europa.eu/article12/summary?period=1&subject=A155>
[Accessed 5 3 2020].
- Arizaga, J. et al., 2014. Solar/Argos PTTs contradict ring-recovery analyses: Woodcocks wintering in Spain are found to breed further east than previously stated. *Journal of Ornithology*.
- Bowen, G. J., Wassenaar, L. I. & Hobson, K. A., 2005. Global application of stable hydrogen and oxygen isotopes to wildlife forensics.. *Oecologia*, 143(3), pp. 337-348.
- Braña, F., González-Quirós, P., Prieto, L. & González, F., 2013. Spatial distribution and scale-dependent habitat selection by Eurasian Woodcocks *Scolopax rusticola* at the south-western limit of its continental breeding range in northern Spain. *Acta ornithologica*, 48(1), pp. 27-37.
- Braña, F., Prieto, L. & González-Quirós, P., 2010. Habitat change and timing of dusk flight in the Eurasian woodcock: a trade-off between feeding and predator avoidance?. *Ann. Zool. Fennici*, Volume 47, p. 206–214.
- Brüngger, M. & Estoppey, F., 2008. Exigences écologiques de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* dans les Préalpes de Suisse occidentale.. *Nos Oiseaux*, Volume 55, pp. 3-22.
- Burnham, K. P., 1993. A theory for combined analysis of ring recovery and recapture data.. In: J. Lebreton & P. M. North, eds. *Marked Individuals in the Study of Bird Population*. Basel: Birkhäuser-Verlag.
- Calenge, C., 2006. The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197(3-4), pp. 516-519.
- Cazenave, J.-L., 2018. La Traversée de la Méditerranée par MOPIA dans la nuit du 14 au 15 novembre 2018. *La Mordorée*, pp. 14-16.
- Christen, W., 1982. *Scolopax rusticola*. In: A. Schifferli, P. Géroutet & R. Winkler, eds. *Atlas des Oiseaux nicheurs de Suisse*. Sempach: Station ornithologique suisse, pp. 146-147.
- Clark, E. R., 1965. *Woodcock capture techniques and population studies at Moosehorn Refuge.*, Calais, Maine: Moosehorn National Wildlife Refuge.
- Cooch, E. G. & White, G. C., 2019. *Program MARK A Gentle Introduction*. 19e ed. s.l.:s.n.
- Cortez, J., 1998. Field decomposition of leaf litters: Relationships between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity. *Soil Biol. Biochem.*, 30(6), pp. 783-793.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & Vust, M., 2015. *Guide des milieux naturels de Suisse*. 3e ed. s.l.:Editions Rossolis.
- Duchain, P., 2019. *Migration de la Bécasse en Suisse 1998- 2018 "20 ans d'observation et de suivis"*, s.l.: Association Suisse des Bécassiers.



- Duriez, O., Eraud, C., Barbraud, C. & Ferrand, Y., 2005. Factors affecting population dynamics of Eurasian woodcocks wintering in France: assessing the efficiency of a hunting-free reserve. *Biological Conservation*, Volume 122, pp. 89-97.
- Fatio, V., 1904. *Faune des Vertébrés de la Suisse - Histoire naturelle des Oiseaux IIe partie*. Genève, Bâle: Georg & C°, Librairies-éditeurs.
- Ferrand, Y. & Gossmann, F., 2009. *La Bécasse des bois, histoire naturelle*. Saint-Lucien: Effet de Lisière.
- Gilbert, R. O., 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*.. New York: Van Nostrand.
- Glutz von Blotzheim, U. N., 1986. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Charadriiformes*. 2 ed. Wiesbaden: AULA-Verlag.
- Gobat, J.-M., Aragno, M. & Matthey, W., 2010. *Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols*. 2e ed. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Gonseth, Y., 2010. Influence des pratiques pastorales sur les insectes herbivores opportunistes: les communautés d'orthoptères de Suisse. *Pastoralisme et Entomofaune*, juillet, pp. 19-25.
- Hammer, D. A. & Ryan, P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analyse.. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), p. 9.
- Herbert, C. E. & Wassenaar, L. I., 2001. Stable nitrogen isotopes in waterfowl feathers reflect agricultural land use in western Canada.. *Environmental science & technology*, Volume 35, pp. 3482-3487.
- Heward, C. J., Lowe, A. & Hoodless, A. N., 2017. A method for mist-netting breeding Eurasian Woodcock: use of visual and audio lures increases capture rate.. *Ringing & Migration*, 32(1), pp. 50-53.
- Hiron, G., 1983. *A five-year study of the breeding behaviour and biology of the woodcock in England - A first report*. Fordingbridge, International Waterfowl Research Bureau (IWRB), p. 51-65.
- Hiron, G. & Johnson, T., 1986. A quantitative analysis of habitat preferences of Woodcock *Scolopax rusticola* in the breeding season.. *Ibis*, Volume 129, pp. 371-381.
- Hobson, K. A. et al., 2013a. A stable isotope (d2H) approach to deriving origins of harvested woodcock (*Scolopax rusticola*) taken in France.. *European Journal of Wildlife*, Volume 59, pp. 881-892.
- Hobson, K. A., Van Wilgenburg, S. L., Guzmán, J. L. & Arroyo, B., 2013b. Origin of juvenile woodcock (*Scolopax rusticola*) harvested in Spain inferred from stable hydrogen isotope (d2H) analyses of feathers.. *Journal of Ornithology*, Volume 154, pp. 1087-1094.
- Hobson, K. A. & Wassenaar, L. I., 1996. Linking breeding and wintering grounds of neotropical migrant songbirds using stable hydrogen isotopic analysis of feathers.. *Oecologia*, 109(1), p. 142-148.
- Homberger, B., Mollet, P. & Grübler, M., 2020. *Habitatnutzung der Waldschnepfe im Neuenburger Jura während der Brutzeit*, Sempach: Schweizerische Vogelwarte.



- Hoodless, A. N. & Heward, C. J., 2019. Migration Timing, Routes, and Connectivity of Eurasian Woodcock Wintering in Britain and Ireland.. *Proceedings of the American Woodcock Symposium*, Volume 11, pp. 136-145.
- Hoodless, A. N. & Hiron, G. J. M., 2007. Habitat selection and foraging behaviour of breeding Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*: a comparison between contrasting landscapes.. *IBIS*, Volume 149, pp. 234-249.
- Hoodless, A. N. et al., 2009. Densities and population estimates of breeding Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola* in Britain in 2003.. *Bird Study*, 56(1), pp. 15-25.
- Ieronymidou, C., Pople, R., Burfield, I. & Ramirez, I., 2015. The European Red List of Birds 2015.. *Bird Census News*, 28(1), pp. 3-19.
- Jänsch, S. et al., 2013. State of knowledge of earthworm communities in German soils as a basis for biological soil quality assessment. *Soil organisms*, Volume 85.
- Jossi, W. et al., 2011. Un travail du sol réduit protège les vers de terre. *Recherche Agronomique Suisse*, 2(10), p. 432–439.
- Kienast, F., Frick, J. & Steiger, U., 2013. *Nouvelles approches pour relever la qualité du paysage. Rapport intermédiaire du programme observation du paysage suisse*.. Connaissance de l'Environnement n°1325 ed. Berne, Birmensdorf: OFEV, WSL.
- Knaus, P. et al., 2018. *Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse 2013–2016. Distribution et évolution des effectifs des oiseaux en Suisse et au Liechtenstein*.. Sempach: Station ornithologique suisse.
- Landolt, E. & Bäumler, B., 2010. *Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. 2e ed. Berne, Genève: Haupt, Ed. des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- Langin, K. M. et al., 2007. Hydrogen isotopic variation in migratory bird tissues of known origin: implications for geographic assignment.. *Oecologia*, 152(3), p. 449–457.
- Lanz, M., 2008. *Lebensraumpotenzial und Habitatnutzung der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen*, Wädenswil: Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW).
- Le Rest, K. et al., 2019. Effect of weather conditions on the spring migration of Eurasian Woodcock and consequences for breeding.. *Ibis*, 161(3), pp. 559-572.
- Lehnert, L. S. et al., 2014. Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far.. *Plos One*, Volume 9.
- Leischnig, S., 1980. Wissenswertes über die Waldschnepfe. *Der Falke*, Volume 12, pp. 412-414.
- Leresche, P., 2009. *Migration de la Bécasse en Suisse 1998-2008*, Aubonne: Association suisse des bécassiers.
- Manly, B. F. J., 2004. *Resource Selection by Animals*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.



- Marini, M. A., Robinson, S. K. & Heske, E. J., 1995. Edge effects on nest predation in the Shawnee National Forest, southern Illinois. *Biol. Conserv.*, Volume 74, p. 203–213.
- Marzluff, J. M., Millspaugh, J. J., Hurvitz, P. & Handcock, M. S., 2004. Relating Resources to a probabilistic measure of space use: forest fragments and Steller's jays. *Ecology*, Volume 85, p. 1411–1427.
- Maumary, L., Valloton, L. & Knaus, P., 2007. *Les Oiseaux de Suisse*. Sempach, Montmollin: Station ornithologique suisse, Nos Oiseaux.
- McKenzie, A. J. et al., 2016. The effects of soil compaction mitigation on below-ground fauna: How earthworms respond to mechanical loosening and power harrow cultivation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 232, pp. 273-282.
- Meehan, T. D. et al., 2003. Variation in hydrogen stable-isotope ratios between adult and nestling Cooper's Hawks.. *Condor*, Volume 105, pp. 567-572.
- Mulhauser, B. & Zimmermann, J.-L., 2010. Fidélité des mâles de Bécasse des bois *Scolopax rusticola* à leur site de reproduction.. *Alauda*, 78(1), pp. 27-39.
- Mulhauser, B. & Zimmermann, J.-L., 2015. *Recherches sur la bécasse des bois *Scolopax rusticola* en Suisse-Programme n°129: Rapport intermédiaire 2015*, Neuchâtel: Sorbus.
- Mulhauser, B., Zimmermann, J.-L. & Regazzoni, S., 2010. Reprises de Bécasses des bois *Scolopax rusticola* nichant dans la Jura franco-suisse.. *Nos oiseaux*, Volume 57, pp. 37-40.
- Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, 2018. *Application de l'arrêté ministériel du 31/05/2011 relatif au prélèvement maximum autorisé de la Bécasse des bois et du décret du 23 avril 2010 relatif au prélèvement maximal autorisé prévu par l'article L. 425-14 du Code de l'environnement Rapport pour I*, s.l.: Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.
- Planillo, A., Mata, C., Manica, A. & Malo, J. E., 2018. Carnivore abundance near motorways related to prey and roadkills. *Journal of Wildlife Management*, Volume 82, p. 319–327.
- Popa-Lisseanu, A. G. et al., 2012. A triple isotope approach to predict breeding origins of European bats.. *Plos One*, Volume 7.
- Powell, A., 2012. *Origins and non-breeding ecology of Eurasian Woodcock*, s.l.: University of Oxford.
- Prieto, N. et al., 2019. Survival probabilities of wintering Eurasian Woodcocks *Scolopax rusticola* in northern Spain reveal a direct link with hunting regimes. *Journal of Ornithology*, Volume 160, p. 329–336.
- Reneerkens, J., Piersma, T. & Sinninghe Damste, J. S., 2002. Sandpipers (*Scolopacidae*) switch from monoester to diester preen waxes during courtship and incubation, but why?. *Proc. R. Soc. Lond.*, Volume 269, p. 2135–2139.
- Reneerkens, J., Piersma, T. & Sinninghe Damsté, J. S., 2005. Switch to diester preen waxes may reduce avian nest predation by mammalian predators using olfactory cues.. *The Journal of Experimental Biology*, Volume 208, pp. 4199-4202.



- Rey L., et al., 2017. *Mutation du paysage : résultats du programme de monitoring Observation du paysage suisse (OPS)*. État de l'environnement n° 1641 ed. Berne, Birmensdorf: OFEV, WSL.
- Rocheteau, V. et al., 2015. *Projet Bécasse des Bois, Rapport des tests méthodologiques (juin à août 2015)*, Neuchâtel: info fauna.
- Rocheteau, V., Homberger, B., Bohnenstengel, T. & Gonseth, Y., 2017. *Projet national sur la bécasse des bois, Rapport sur la saison de terrain 2016*, Neuchâtel: info fauna.
- Rocheteau, V. et al., 2018. *Projet national sur la bécasse des bois, Rapport sur la saison de terrain 2017*, Neuchâtel: Info fauna.
- Rocheteau, V. et al., 2019. *Projet national sur la bécasse des bois, Rapport sur la saison de terrain 2018*, Neuchâtel: info fauna.
- Royle, J., Chandler, R. B., Sollmann, R. & Gardner, B., 2014. *Spatial Capture-Recapture*. 1e ed. Oxford: Academic Press.
- Sattler, T. & Strebel, N., 2016. *Analyse der Waldschnepfennachweise während der Atlasperiode 2013-2016*, Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Smith, A. D. & Dufty, A. M., 2005. Variation in the Stable-Hydrogen Isotope Composition of Northern Goshawk Feathers: Relevance to the Study of Migratory Origins.. *The Condor*, 107(3), p. 547–558.
- Strebel, N., Wechsler, S. & Sattler, T., 2018. *Die Verbreitung der Waldschnepfe in der Schweiz. Erstellung der Verbreitungskarte für den Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016*, Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Tedeschi, A. et al., 2019. Interindividual variation and consistency of migratory behavior in the Eurasian woodcock. *Current Zoology*, 68, 0(0), pp. 1-9.
- Väisänen, R. A., Lammi, E. & Koskimies, P., 1998. Lehtokurppa *Scolopax rusticola*.. In: *Distribution, numbers and population changes of finnish breeding birds*.. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava, pp. 190-191.
- Vasquez, R. A., 1994. Behavioral Ecology and Sociobiology Assessment of predation risk via illumination level: facultative central place foraging in the cricetid rodent *Phyllotis darwini*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Volume 34, pp. 375-381.
- Winkler, R., 1999. Bécasse des bois *Scolopax rusticola* L.. In: N. Oiseaux, Ala, Ficedula & Station ornithologique suisse, eds. *Avifaune de Suisse*. s.l.:Nos Oiseaux, p. 99.
- Worton, B. J., 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies.. *Ecology*, Volume 70, pp. 164-168.
- Zellweger, F. & Bollmann, K., 2018. *Modellierung der Habitateignung für die Waldschnepfe im Jura: Anforderungen bezüglich biotischen und abiotischen Umweltfaktoren*, Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).
- Zimmermann, J.-L. & Santiago, S., 2019. Contribution au suivi démographique de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* dans le canton de Neuchâtel (Suisse). *Aves*, 56(1), pp. 49-75.



5 ANNEXES

5.1 HISTOIRE DE VIE DES OISEAUX SUIVIS

5.1.1 LES OISEAUX DE 2016

Bécasse K73999: mâle crouleur 3A capturé le 6 mai 2016 dans le massif forestier de Maison Blanche et équipé de l'émetteur VHF n°6. Il avait été bagué le 3 septembre 2015 aux Jordans comme mâle 2A par Jean-Lou Zimmermann.

Il séjourna dans le massif des Jordans jusqu'au 13 juin. Le 14 juin son émetteur fut retrouvé au sol, les attaches ayant lâché. Le soir même il fut capturé à Maison Blanche. Il avait une zone de peau nue, mais aucune lésion. Ce soir-là, il fut équipé d'un nouvel émetteur. Le 29 juin, était à nouveau contrôlé aux Jordans. Aucun problème dû à l'émetteur ne fut constaté. Il disparut entre le 28 juillet et le 17 août. Après cette date, il ne quitta plus le massif des Jordans jusqu'au 28 octobre, date de sa dernière localisation avant son départ en migration.

Il fait partie des premiers oiseaux détectés dans la zone d'étude au début de la saison 2017. Le 20 mars, il fut retrouvé dans le massif des Jordans, au niveau de Maison Blanche. Il y séjourna la majorité de la saison 2017. Il disparut toutefois le 11 juillet et fut détecté en France, entre Montlebon et Le Cerneux-Péquignot, lors d'un vol en avion le 30 août. Il resta quelques jours dans ce secteur avant de disparaître à nouveau. Une faiblesse de l'émetteur est soupçonnée. Comme en 2016, il fut toujours détecté en forêt pendant les suivis nocturnes. Nous n'avons pas de date de départ migration pour cet individu.

Bécasse K74000 : mâle crouleur 2A capturé le 15 mai 2016 aux Jordans et équipé de l'émetteur VHF n°9. Il avait été bagué comme jeune le 8 septembre 2015 dans le même massif forestier. Il passa toute la saison dans le massif des Jordans. Il n'est jamais sorti de forêt lors des suivis nocturnes. Il fut détecté pour la dernière fois le 7 octobre 2016 et retrouvé mort tué par un carnivore.

Bécasse K112979 : mâle 1A capturé au phare le 23 octobre 2016 au Pussin et équipé de la balise Argos 163078. Nous l'avons équipé, car il avait été bagué le 21 juillet 2016 au Jordan par l'équipe de Sorbus. Du 23 au 26 octobre, il se cantonna dans le massif des Divois. Puis, il se déplaça à l'est vers Chincul le 28 octobre. Il fut prélevé à la chasse le 3 novembre vers Combasson, à 2km à l'est du lieu de pose de l'Argos.

Bécasse K115151 : mâle crouleur 2A capturé le 29 avril 2016 sur le site du Cernu et équipé de l'émetteur VHF n°1. Il fut contrôlé à la croule sur le même site le 4 mai 2016, aucune gêne liée à l'émetteur n'étant constatée à cette date-là.

En mai 2016, il utilisa plusieurs remises diurnes éloignées d'une distance allant jusqu'à 15.5 km : la Combe de Vaux (VD), la Nouvelle Censière (VD), le Creux du Van (NE), et le Cachot (NE). Entre juin et début juillet 2016, il se cantonna quasi exclusivement au Cachot. A noter que le 9 juin, il était en journée au Cachot et le soir-même en croule au Cernu (contact télémétrique). Le lendemain matin, il était de retour au Cachot. Ces deux sites sont distants de plus de 7 km avec deux vallées à franchir. En juillet, il disparut durant 15 jours, puis reparut au Cachot où il se cantonna jusqu'au 20 août. Ensuite, il retourna à la Nouvelle Censière dans la remise déjà utilisée en mai. Il y resta jusqu'à début octobre. Dès le mois de septembre, il commença de se rendre occasionnellement de nuit en prairie.

Ce qu'il fit plus régulièrement en octobre. Le 7 octobre 2016 il fut capturé en pleine forme de nuit au phare sur le site de La Nouvelle Censière. Le choix fut fait de remplacer son émetteur VHF par la balise Argos 163075. Suite à cette manipulation, il retourna quelques jours sur le site du Cachot avant de revenir à la Nouvelle Censière. Il fut localisé pour la dernière fois en Suisse le 7 novembre. Le 13 novembre il fut localisé entre Roanne et Moulin en France et le 16 au Portugal à 1'400 km de son lieu de résidence estival. Son départ en migration s'est situé entre le 8 et le 13 novembre.

Il arriva dans la zone d'étude entre le 15 et le 17 mars 2017. Durant la saison 2017 il occupa les mêmes secteurs qu'en 2016. Il fut localisé pour la dernière fois dans le Jura français proche de Valdahon (Doubs) le 8 octobre 2017. Le 8 novembre sa balise émit à nouveau. Il avait rejoint le même site d'hivernage portugais qu'en 2016.

Il quitta son site d'hivernage portugais le 11 mars 2018. Le 15 il était à proximité de Chateauroux (F). Il fut détecté pour la première fois sur la zone d'étude jurassienne le 17 mars à la même date que l'année précédente. Il a donc parcouru 1400 km en 6 nuits. Du mois de mars au 6 mai 2018, il utilisa les mêmes remises qu'en 2016 et 2017. Le 11 mai sa balise émit à proximité de Nuremberg (D), le 13 au nord de la Pologne, le 17 sur la presqu'île de Jastamania au bord de la mer Baltique, le 22 au nord de la Lituanie et le 24 mai à 70 km au nord-est de Riga en Lettonie. Le 26 mai elle émit une dernière fois sur la frontière ouest Lituano-lettonienne à une trentaine de kilomètre de la mer Baltique. Ensuite sa balise cessa d'émettre. Cet oiseau a fourni un nombre important de nouvelles connaissances sur le comportement des mâles et sur leur fidélité relative à leurs sites de croule.

Bécasse K115152 : mâle crouleur 2A capturé le 2 mai 2016 au Cernu et équipé de l'émetteur VHF n°2.

L'oiseau fut contrôlé visuellement à la fruitière de Bevaix en présence d'une autre bécasse le 6 mai, quatre jours après avoir été équipé. Puis jusqu'à mi-mai il fit de nombreux déplacements le long du Val-de-Travers. A la mi-mai, il séjourna durant dix jours à la Grande Joux sur le versant sud du Chasseron où il fut à nouveau contrôlé en pairon. Ensuite, il ne fut plus détecté, son émetteur ayant cessé de fonctionner à cause d'une défaillance technique.

Bécasse K115153 : mâle crouleur 2A capturé le 2 mai 2016 au Cernu et équipé de l'émetteur VHF n°3.

En mai et juin, ce mâle utilisa plusieurs sites de remises diurnes, distants de 7.3 km au maximum, entre la Côte de Gorgier et le Bois des Lattes. Il fut contrôlé visuellement en couple à la Combe du Laga quatre jours après avoir été équipé et recapturé le 9 juin sur le site de croule du Cernu. Il coursait un juvénile tout juste volant. En juillet, il se cantonna uniquement du côté de la Fruitière de Bevaix. Ensuite, il ne fut plus détecté, son émetteur ayant cessé de fonctionner à cause d'une défaillance technique.

Bécasse K115154 : mâle crouleur 2A capturé le 3 mai 2016 dans le massif forestier des Cornées et équipé de l'émetteur VHF n°4.

Début mai, il s'était déplacé à la Maison Blanche. Puis, il revint quelques jours dans le massif des Cornées avant de disparaître. Il fut tiré le 16 octobre de la même année à Fournets-Luisants dans le Doubs, à 21km au nord de son lieu de baguage.

Bécasse K115155 : mâle crouleur 3A, équipé du VHF n°5 le 12 mai 2017 dans la forêt des Cornées.



Cet individu avait été capturé une première fois le 6 mai 2016 et équipé d'un émetteur VHF. Cet émetteur était défectueux. Par chance il fut recapturé le 24 mai dans le même secteur et déséquipé. Il n'a donc pas été suivi en 2016.

Le nouvel émetteur placé en 2017 a permis de le suivre régulièrement. Il se cantonna quasi toute la saison dans le massif des Cornées ou les Bois de la Baume, plus rarement dans le massif des Jordans. Il fut détecté sur le site pour la dernière fois le 13 novembre alors qu'il y avait 20 cm de neige au sol.

En 2018, son retour sur la zone d'étude fut constaté le 27 mars grâce à Stéphane Regazzoni, agent de l'ONCFS et bagueur de bécasses dans le Doubs. Il l'avait capturé au phare sur une prairie sur la commune de Chassagne-Saint-Denis (35 km à vol d'oiseau de son site habituel, la forêt des Cornées). A cette occasion son émetteur put être changé ce qui permit de le suivre sur une nouvelle saison complète. Il fut détecté le 10 avril dans le massif des Cornées et le 16 avril à la Grande Joux sur le massif du Chasseron. Il a alterné toute la saison entre les Cornées, la Grande Joux, où il fut contrôlé à la croule le 18 mai, et le Bois de la Baume. Il se cantonna finalement aux Cornées en fin de saison. Il fut détecté pour la dernière fois le 14 novembre 2018.

Bécasse K115156 : mâle crouleur +2A capturé le 8 mai 2016 dans le massif forestier des Cornées et équipé de l'émetteur VHF n°7.

Mis à part quatre déplacements épisodiques dans le massif des Jordans, il passa toute la saison dans les forêts des Cornées. Il ne sortit jamais de forêt lors des suivis nocturnes. Il fut détecté sur le site pour la dernière fois le 4 novembre.

En 2017, il était de retour sur site le 20 mars. Cependant, il ne fut suivi que jusqu'au 4 avril, son émetteur ayant atteint la limite de vie de sa batterie.

Bécasse K115157 : mâle crouleur +2A capturé le 10 mai 2016 dans le massif forestier des Cornées et équipé de l'émetteur VHF n°8, malheureusement défectueux.

Cet individu fut recapturé le 24 mai 2018 au Bois des Loges. Il avait donc +4A. Son émetteur défectueux fut remplacé par la balise Argos 53368. Il passa la majeure partie de la saison de reproduction entre les massifs de La Montagne (est de Pontarlier) et du Bois de Chenailon à la frontière franco-suisse. Il passa l'automne entre les Bois de Chenailon (F) et de Vaux (Compasson) et resta sur la zone d'étude jusqu'au 18 novembre. A partir du 29 novembre, sa balise émit dans la Drôme à une quinzaine de kilomètres à l'ouest de Die. Le 8 janvier 2019, date de la dernière émission de sa balise, il était toujours vivant.

Bécasse K115159 : mâle crouleur +2A capturé le 17 mai 2016 au Cernu ; a été équipé de l'émetteur VHF n°10.

Il passa toute la saison dans le Creux du Van. Son émetteur ainsi que sa bague et quelques plumes ont été retrouvés intacts sur une souche le 31 octobre. Les restes découverts suggèrent une prédation par un épervier. La mort datait d'une quinzaine de jours.

Bécasse K115162 : mâle crouleur 2A capturé le 20 mai 2016 aux Jordans et équipé de l'émetteur VHF n°11.

Mis à part quatre déplacements épisodiques dans le massif des Jordans, cet oiseau passa la saison dans les forêts des Cornées. Il ne sortit jamais de forêt lors des suivis nocturnes. Il fut détecté pour la dernière fois le 27 octobre 2016.

En 2017, il fut détecté dès le 20 mars et passa toute la saison dans le massif des Jordans près de la Maison Blanche. Il disparut le 11 août et malgré une détection par avion le 30 août en France près de La Planée, il ne sera pas retrouvé. Il a finalement été prélevé à la chasse le 2 novembre sur la commune de Ville du Pont dans le département du Doubs.

Bécasse K115166: mâle crouleur +2A capturé le 7 juin 2016 dans le massif des Cornées. Il fut contrôlé sur flaque le 31 août dans le même massif et équipé de la balise Argos 163076.

Jusqu'au 17 octobre 2016, date de sa dernière localisation, il se cantonna dans le même massif forestier et fit quelques sorties nocturnes en prairie. Il était encore vivant lors de sa dernière localisation.

Bécasse K115168 : mâle crouleur 2A capturé le 9 juin 2016 au Cernu et équipé de la balise Argos 160930. Il fut localisé dans le secteur du Creux du Van du 12 juin au 22 juin. Ensuite, il n'a plus été localisé précisément. Le dernier signal obtenu date du 2 juillet.

Bécasse K115169 : mâle crouleur 2A capturé le 10 juin 2016 aux Jordans et équipé de la balise Argos 160931.

En 2016, cet oiseau se cantonna dans le secteur de Maison Blanche du 12 juin au 14 septembre. Puis, il disparut. Il est probable que la batterie de la balise était trop faible pour émettre. Il réapparut le 6 décembre au nord-est de Cavaillon (F) à 350 km de son lieu de capture.

Le 22 février 2017, il était toujours cantonné dans cette région. Le 12 mars, il était de retour dans le Jura français. Il passa une grande partie de la saison à la frontière franco-suisse entre Les Gras et le lac des Taillères. Comme en 2016, sa balise cessa d'émettre avant son départ en migration. Il fut localisé pour la dernière fois sur site le 18 août. Le 7 décembre sa balise émit à nouveau depuis son site d'hivernage proche de Cavaillon, à Gordes et ceci régulièrement jusqu'au 4 mars 2018.

La nuit du 8 mars 2018 elle émit entre Aix-les-Bains et Lyon et le 15 mars sur la zone d'étude au Niveau des Gras (F). Durant toute la saison de reproduction ce mâle utilisa le même secteur qu'en 2016 et 2017. Il resta dans la zone d'étude jusqu'au 22 octobre, date à laquelle sa balise cessa d'émettre.

Elle émit de nouveau le 21 janvier 2019 depuis son site d'hivernage de Gordes. Le 28 février, il était remonté de 100 km vers le nord. Le 2 avril, il était de retour au nord de la vallée de la Brévine. Durant toute la saison de reproduction ce mâle utilisa le même secteur que les années précédentes. Sa balise cessa d'émettre le 12 août.

Le 2 février 2020, sa balise émit à nouveau depuis son site d'hivernage de Gordes. Il était toujours vivant le 11 février. Le 18 mars, il était de retour sur la zone d'étude au Niveau des Gras (F). Durant toute la saison de reproduction ce mâle utilisa le même secteur que les années précédentes. Sa balise cessera d'émettre le 30 septembre, avant son départ en migration. Le 12 décembre sa balise émit à nouveau depuis son site d'hivernage proche de Cavaillon, à Gordes.



Bécasse K115173 : mâle crouleur +2A capturé le 20 juin 2016 aux Jordans et équipé de la balise Argos 160932.

Du 22 juin au 10 juillet 2016, cet oiseau se cantonna dans le massif forestier des Jordans. Puis, il se déplaça et resta du 15 juillet au 15 octobre plus à l'ouest dans le secteur de Combasson. Ensuite, les signaux obtenus indiquèrent que l'oiseau était mort ou qu'il avait perdu sa balise. Celle-ci a émis dans le terrain jusqu'au 18 décembre 2016.

Bécasse K115174 : mâle 1A capturé le 21 juin 2016 au Cernu et équipé de l'émetteur VHF n°12.

Il se cantonna dans les Gorges de l'Areuse jusqu'à début juillet, à 2.5 km de son lieu de capture au sud de Champs du Moulin. En juillet, il se déplaça à la Combe de la Vaux (VD) à 14 km au sud-ouest du Creux du Van. Il y resta jusqu'en août. Puis, il passa les mois de septembre et d'octobre au sud du Pré à la Sage à 5 km à l'est de la Combe de la Vaux. A mi-octobre, il se déplaça au Creux du Van durant 24h avant de revenir au Pré à la Sage. Il fut détecté pour la dernière fois à l'arrivée de la neige le 6 novembre 2016 sur ce site.

Bécasse K115175 : mâle crouleur 2A capturé le 23 juin 2016 dans le massif des Cornées et équipé de la balise Argos 160933.

Du 23 juin au 1 novembre 2016 cet oiseau se cantonna dans le massif forestier des Cornées. Il entreprit sa migration entre le 1 et le 3 novembre. Le soir du 3 novembre il fit un déplacement entre Poligny (F) et Roanne (F) soit plus de 160 km en deux heures. Le 12 novembre il était au Pays Basque et rejoignit son site d'hivernage en Espagne, à plus de 1'200 km de son lieu d'estivage, entre le 12 et le 19 novembre. Sa dernière émission sur son lieu d'hivernage date du 2 mars 2017.

Il était de retour dans la région de Pontarlier autour du 8 mars 2017. Il lui avait fallu moins d'une semaine pour remonter d'Espagne. Il passa la majeure partie de la saison entre les Jordans et les Cornées. Ses émissions devinrent irrégulières à partir du 28 septembre, sa dernière localisation en Suisse datant du 24 octobre. Le 6 novembre sa balise émit à nouveau depuis la même région d'Espagne qu'en 2016. Elle émit pour la dernière fois depuis son site d'hivernage le 5 mars 2018.

Le 7 mars 2018 la balise émit régulièrement entre 19h et 22h15. Durant cet intervalle il avait parcouru 225 km entre Brive-la-Gaillarde et Vichy, soit une moyenne de 69 km/h. Le 9 mars sa balise émit entre Morteau et Valdahon. En début de saison 2018 il utilisa une zone un peu différente de celle 2016 et 2017 puisqu'il croula principalement entre les Fourgs et les Verrières de Joux (F). A partir du 18 juin, les émissions de sa balise suggérèrent sa mort ou que la chute de la balise.

Bécasse K115176 : mâle crouleur 2A capturé le 27 juin 2016 à la Pouette Prise et équipé de la balise Argos 160934.

Du 27 juin au 24 août, il se cantonna dans le massif de la Baume. Puis, il se déplaça à l'est dans le secteur des Bans où il séjourna jusqu'à mi-octobre. Dès le 15 octobre, les signaux obtenus indiquèrent que l'oiseau était probablement mort ou avait perdu sa balise. Celle-ci a encore émis dans le terrain jusqu'au 22 décembre.

Bécasse K115177 : mâle crouleur 2A capturé le 27 juin 2016 à la Pouette Prise et équipé de l'émetteur VHF n°13.

Durant les premiers jours de juillet, il était au Bois de la Baume à 2 km à l'ouest du lieu de capture. Puis il disparut durant un mois. De mi-août à la dernière détection le 21 octobre, il se trouvait à l'est des Bans soit 1.5km au nord-est de son lieu de capture. A partir de fin septembre, il semble être sorti de nuit en prairie au nord des Bans. Durant la même période, il fréquenta de nuit à deux reprises un bosquet forestier. Il s'est également nourri de nuit dans un pâturage extensif au sud de la Glacière de Monlési.

En 2017, il fut détecté lors du vol en avion du 30 mars près de Gilley en France, soit à 14km de sa remise de 2016. Il y fut détecté régulièrement jusqu'au 7 juin date de sa disparition. Il fut finalement repris à la chasse le 15 octobre sur la commune d'Orchamps-Vennes dans le département du Doubs.

Bécasse K115178 : mâle crouleur +2A capturé le 30 juin 2016 au Bois de la Baume et équipé de l'émetteur VHF n°14. Il ne fut jamais retrouvé.

Bécasse K115179: mâle crouleur +2A capturé le 7 juillet 2016 à la Pouette Prise et équipé de l'émetteur VHF n°15.

Il ne fut jamais détecté entre le soir de sa capture et le 11 juillet, date à laquelle il fut découvert au Cachot à 9 km au nord-est de son lieu de capture. Il passa tout son temps sur ce site jusqu'au 27 octobre, date de sa dernière détection. Le soir du 5 octobre, il s'était déplacé en forêt de 4 km vers le nord-est (nord des Ponts-de-Martel). Le lendemain matin il était de retour au Cachot.

Il fut prélevé à la chasse le 26 janvier 2017 à Villalba (Gallicie Espagne) à 1'260 km de son lieu de capture.

Bécasse K115180: mâle +2A capturé le 8 juillet 2016 au Cernu et équipé de l'émetteur VHF n°16.

Il fut filmé le 19 juillet par un piège-photographique d'une naturaliste bénévole surveillant une souille à sanglier du côté de la fruitière de Bevaix, mais n'a jamais pu être suivi par télémétrie.

Il ne fut détecté qu'à deux reprises en prairie au sud du Creux du Van à partir de la mi-octobre. Le 19 octobre, il était recapturé au phare au Crêt au Moine. Son émetteur fut remplacé par une balise Argos (163077). Du 19 octobre au 25 novembre il séjourna au pied de la Montagne de Boudry entre Boudry et Saint-Aubin. Le 27 novembre, il parcourut 78 km entre la combe de Châtel au nord de Montricher, où il devait avoir passé la journée, et la vallée de Nantua (F). Le 2 décembre, il était sur son lieu d'hivernage en Espagne. Depuis, sa balise n'a plus émis.

Bécasse K115182 : mâle 1A capturé sur une flaque le 19 juillet 2016 dans la forêt des Cornée et équipé de la balise Argos 163074.

Du 20 juillet au 12 août 2016 il se cantonna principalement dans le massif des Cornées avec cependant un déplacement dans celui des Jordans le 24 juillet. Le 17 août il s'était déplacé à l'est vers L'Ecrenaz. Le 19 août, il était à nouveau à l'est dans le secteur des marais de la Châtagne avant de revenir entre Maison Blanche et l'Harmont. Le 13 octobre il se déplaça au nord de Lanans (F) à 40 km de la vallée de la Brévine. Le 26 octobre, il était de retour au nord de l'Harmont et y resta jusqu'au 10 novembre. Du 12 au 17 novembre sa balise a émis depuis Valdahon (F), à 27 km au nord de son lieu de capture. Du 19 au 23 novembre se cantonna au sud de Baume-les-Dames à 46 km de son lieu de capture. Du 30 novembre au 15 décembre il fut à nouveau dans le secteur de l'Harmont. Il entama sa migration entre le 15 et le 17 décembre. Le 17 décembre il était à l'ouest de St-Etienne

(F) et le 22 décembre il avait rejoint son site d'hivernage dans le Tarn (F) à 500 km de son lieu de capture.

Le 12 mars 2017 il était de retour dans la zone d'étude. Durant la saison de reproduction il passa régulièrement des Cornées à Maison Blanche. Ses émissions devinrent irrégulières en octobre. Il fut localisé pour la dernière fois en Suisse le 31 octobre 2017. Le 16 novembre sa balise émit depuis Valdahon. Le 18 novembre il était de retour dans son site d'hivernage du Tarn. Il était parti en migration un mois plus tôt qu'en 2016. Il hiverna sur le même site qu'en 2016 près de Mazamet dans le Tarn. Sa balise émit une dernière fois sur ce site le 7 mars 2018. Le 9 mars elle émit entre Morteau et Baumes les Dames (F). Il avait donc fait un trajet de 500 km en 2 nuits maximum.

Les conditions climatiques étant défavorables en mars 2018 sur les crêtes du Jura, il utilisa en début de saison les sites connus de Valdahon et de Baumes les Dames. Puis, comme les années précédentes, il se cantonna dans les massifs forestiers des Jordans et des Cornées où il séjourna jusqu'au 7 novembre. Le 22 novembre, il était de retour dans son site d'hivernage traditionnel. Il y resta jusqu'au 18 février 2019.

Le 23 février, il était en halte migratoire près de Valence. Le 25 février, il avait rejoint le bord du Doubs au nord de Baume-les-Dames d'où il rejoignit la forêt des Cornées. Il séjourna jusqu'au 12 septembre dans les massifs forestiers occupés les années précédentes. Ensuite sa balise cessa d'émettre jusqu'au 21 novembre. A cette date, elle se situait toujours dans la zone d'étude mais l'indicateur de température indiquait que l'oiseau était mort ou avait perdu sa balise

Bécasse K115185: mâle adulte capturé au phare le 4 octobre 2016 à la Rocheta et équipé de l'émetteur VHF n°17. Il fut équipé du fait de sa mue active des rémiges primaires (RP2 et RP3). Il resta sur la zone de la Rocheta jusqu'à la dernière détection le 20 octobre.

En 2017, il est détecté le 20 avril sur la zone d'étude. Equipé d'un émetteur défaillant, il ne put être suivi régulièrement qu'à partir du 16 juin, date à laquelle il fut recapturé et équipé d'un nouvel émetteur. Il avait alors 2 ans. Il passa la période de reproduction à la Rocheta, hormis un déplacement à La Vaumarcus, au-dessus des Ponts-de-Martel fin juin. Puis il passa la période de mue pré-migratoire dans la tourbière du Bois des Lattes. Il fut aussi aperçu au phare en octobre sur un chaume d'orge. Sa dernière détection le situait sur le versant nord du Mont le 11 octobre.

Cet individu illustre l'intérêt de l'équipement de bécasses capturées au phare en automne et confirme les critères de mue permettant de déterminer l'indigénat des individus.

Bécasse K115186 : mâle adulte +1A capturé au phare le 7 octobre 2016 aux Prés Cretegny ; sur la base de critères de mue active des rémiges primaires il est équipé de l'émetteur VHF n°18. Il a été suivi jusqu'à mi-octobre au sud du Pré à la Sage puis au sud de Travers jusqu'au 6 novembre 2016.

En 2017 il fut détecté le 25 mars au sud de Travers et contrôlé à la croule le 12 avril. Cet individu très mobile occupa de nombreux sites tout au long de la saison : les pentes sud au-dessus de Couvet et de Travers, la zone du Pré au Favre (où il est levé en couple le 30 juin), le nord du Mont Aubert. Il fut détecté sur le site pour la dernière fois le 23 octobre.

En 2018 il fut détecté pour la première fois sur site le 10 avril ceci malgré un émetteur supposé en fin de vie. Il put être suivi une bonne partie de la saison entre le fond du Creux du Van et les pentes de la Chaille, des sites qu'il utilisait déjà en 2017. Les 25 et 26 avril il fit une excursion au Pré au Favre



autre zone connue de 2017. Il fut contacté pour la dernière fois le 20 août. Nous supposons que l'émetteur s'est ensuite arrêté.

L'exceptionnelle longévité de cet émetteur confectionné par la Station Ornithologique Suisse est à relever : 682 jours d'émission contre environ 500 jours assurés par les émetteurs Biotrack.

5.1.2 LES OISEAUX DE 2017

Bécasse K73992: mâle crouleur +4A, équipé du VHF n°28 le 25 avril 2017 à Derrière Chincul. Il avait été capturé et bagué (métal + couleur) le 3 juin 2015 dans le massif des Jordans par Jean-Lou Zimmerman.

Mise à part une détection 3 jours après sa capture et d'autres détections étranges à la croule ou en direction du Mont Vully, cet individu n'a jamais été détecté et suivi en 2017. Une défaillance de l'émetteur est fortement soupçonnée.

Bécasse K112985 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°21 le 5 avril 2017 aux Jordans. Cet individu avait été bagué le 2 septembre 2016 par Jean-Lou Zimmerman. Son VHF ne fut jamais détecté après le lâcher de l'oiseau, il n'a donc pas pu être suivi.

Bécasse K115164 : mâle crouleur 3A, équipé du VHF n°27 le 25 avril 2017 à Derrière Chincul. Cet individu avait été capturé une première fois et bagué le 21 mai 2016 dans le massif des Jordans.

En 2017 il séjourna dans le massif des Jordans en début de saison, puis se déplaça début juin jusqu'à la Grande Joux sur le massif du Chasseron (à 12 km). Hormis un bref retour aux Jordans autour du 25 octobre, il passa le reste de la saison à la Grande Joux jusqu'à sa dernière détection le 27 octobre.

Le 12 mars 2018 il fut détecté une journée près des Alliés en France mais il fallut attendre le 22 pour qu'il soit à nouveau détecté sur site. Il passa toute la saison de reproduction dans le massif des Jordans. A partir du 18 juillet, il se déplaça à la Grande Joux dans le massif du Chasseron où il effectua sa mue comme en 2017. Son signal fut capté pour la dernière fois le 16 août. Ensuite son émetteur s'est vraisemblablement arrêté.

Bécasse K116301: mâle 2A, équipé du VHF n°20 le 31 mars 2017 au Bois Landry près des Verrières. Il fut capturé au moment de la croule mais n'a pas semblé y prendre part (silencieux).

Il passa la saison de reproduction dans le massif des Jordans. Après plusieurs semaines d'inactivité de cet individu, nous décidâmes d'aller voir de plus près si l'oiseau était toujours en vie. Son émetteur portant des traces de prédation fut retrouvé au sol le 30 juin. La mort pouvait remonter au 8 juin, date de sa première détection sur le site de découverte de son émetteur, les Rochers du Cerf.

Bécasse K116302: mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°22 le 12 avril 2017 au Cernu et suivi sur les pentes sud de Travers.

Mi-mai il se déplaça aux Aiguilles de Baume (à 22 km) durant une semaine puis retourna à sa remise précédente. Son émetteur est finalement retrouvé au sol dans une prairie le 11 juin. L'individu est supposé prédaté et la date réelle de la mort relativement proche de la date de découverte de l'émetteur car les points télémétriques effectués les jours précédents indiquaient sa présence en forêt et non dans une prairie.

Bécasse K116303 : mâle 2A crouleur, équipé du VHF n°23 le 13 avril 2017 à la Rocheta.

A part un déplacement vers le Cerneux-Péquignot et un autre au Crêt du Vent cet individu resta cantonné à la Rocheta durant toute la saison 2017. Il fut contrôlé à la croule le 16 juin et aperçu le 5



juillet en compagnie d'autres individus, supposément une femelle et/ou des jeunes. Il fut détecté pour la dernière fois sur le site le 2 novembre 2017.

En 2018 il fut détecté pour la première fois sur site le 25 mars à Plans Derniers. Comme en 2017 il passa toute la saison de reproduction entre Plans Derniers et la Rocheta-Dessous avec quelques séjours dans la tourbière du Bois des Lattes. Son émetteur fut retrouvé le 21 juin dans un nid de Milan royal ! La prédation est supposée avoir eu lieu le 12 juin.

Bécasse K116304 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°24 le 19 avril 2017 au Bois des Loges.

Il passa toute la saison de reproduction dans le massif des Jordans. Le 5 juin, il fut recapturé à la croule par Jean-Lou Zimmermann. Le 25 août, il s'était déplacé sur la frontière près des Alliés en France voisine. Il y passa toute la période de mue pré-migratoire jusqu'à sa dernière détection le 6 novembre 2017.

En 2018 il fut détecté le 26 mars sur la frontière près des Alliés. Il passa toute la saison entre les Alliés et la forêt des Jordans, comme en 2017. Il fut détecté pour la dernière fois le 24 juillet. Ensuite son émetteur s'est vraisemblablement arrêté.

Bécasse K116305 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°25 le 21 avril 2017 à la Montagnette du Terreaux.

Cet individu a passé l'essentiel de la saison 2017 près de son lieu de capture. De mi-septembre à mi-octobre il se déplaça d'environ 2 km à l'ouest de sa remise habituelle. Il fut détecté pour la dernière fois sur le site le 23 octobre 2017.

En 2018, il fut détecté pour la première fois comme crouleur à la Montagnette de Terreaux les 7 et 8 avril. Il n'avait pas été contacté de jour jusqu'alors. Il fut contacté de jour au même endroit à partir du 9 avril et passa toute la saison 2018 sur le même site qu'en 2017. Il fut détecté pour la dernière fois le 20 juillet. Ensuite son émetteur s'est vraisemblablement arrêté.

Bécasse K116306: mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°26 le 23 avril 2017 à Derrière Chincul.

Excepté un déplacement sur la frontière dans le massif du Grand Taureau mi-juin, cet individu resta à proximité de son lieu de capture. Il fut détecté jusqu'au 10 juillet, une défaillance de l'émetteur est soupçonnée. Il a été prélevé à la chasse en Espagne le 11 janvier 2020.

Bécasse K116307 : mâle crouleur + 2A, équipé du VHF n°29 le 29 avril 2017 au Bois du Pré Guillaume.

Cet individu très mobile occupa à la fois le Bois du Pré Guillaume, les Preissettes et la Bullatone-Dessus avant de se stabiliser au Bois de la Vaux. A partir du mois de septembre il reprit ses déplacements mais passa la majorité de ses journées dans les massifs forestiers des Preissettes et ce jusqu'à sa dernière détection le 3 novembre 2017.

Il fut détecté pour la première fois le 22 mars 2018 depuis le sommet du Chasseron, sans toutefois pouvoir être localisé précisément. Il fut aussi détecté à grande distance depuis le sommet du Mont Taureau. Dans la nuit du 27 au 28 mars il fut finalement contacté sur une prairie dans le Doubs sur la commune de Reugney (F) à 40 km de ses remises habituelles lors d'un déplacement sur la commune de Chassagne-Saint-Denis effectué pour changer l'émetteur de l'individu K115155 capturé par un bagueur français. Il ne fut contacté sur la zone d'étude qu'à partir du 16 avril. Il passa la saison

2018 à alterner entre les mêmes sites qu'en 2017. Il passa cependant la période de mue à la Grande Joux où il fut détecté pour la dernière fois le 16 août. Ensuite son émetteur s'est vraisemblablement arrêté.

Bécasse K116308 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°30 le 30 avril 2017 à la Grande Robella.

Il passa le début de la saison de reproduction à la Grande Robella avant de rejoindre le Vallon de Noirvaux au début du mois de juin. Après quelques jours sans signal il fut retrouvé sur le versant Nord du massif du Suchet le 20 juin, à 12 km de son lieu de capture. Il y passa un mois. Le 21 juillet il fut détecté aux Aiguilles de Baumes et le 22 juillet il était de retour à la Grande Robella. Il se déplaça ensuite au nord de Buttes début octobre où il sera détecté jusqu'au 13 novembre.

En 2018 il est détecté pour la première fois le 14 mars dans la zone d'étude, de nouveau au nord de Buttes. Tout début avril il fit une excursion d'une journée sur la commune des Alliés dans le Doubs à 13 km au nord de Buttes. Puis il débuta la croule et commença à alterner entre les sites de croules de la Vy Jaccard et la Grande Robella comme en 2017. Mi-mai il se déplaça cinq jours à la Joux de la Bécasse en France et aux Vailloudes à la frontière franco-suisse entre le Suchet et Entre les Fourgs. Il revint fin mai entre la Grande Robella et La Vy Jaccard. A noter qu'il fut détecté durant 3 jours en couple avec la femelle équipée de l'émetteur VHF n°45. Mi-juin il était reparti entre le Suchet et Entre-les-Fourgs. Le 26 juillet son émetteur cessa d'émettre.

Le 22 octobre 2018 il est prélevé à la chasse entre la Grande Robella et la Petite Robella. Il pesait alors 301 grs et avait fini sa mue.

Bécasse K116309: mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°31 le 30 avril 2017 à la Grande Robella.

Il séjourna à la Grande Robella jusqu'au 15 juin. Puis, après un bref passage à la Bullatone-Dessus, il rejoignit la Grande Joux où il passa le reste de la saison. En juin, il resta 3 semaines apparemment immobile dans une zone d'une cinquantaine de mètres carrés. Soupçonnant la mort de l'individu, une tentative d'approche fut effectuée pour contrôler son état. Des plumes furent retrouvées au sol attestant de la mue active de l'individu. Les 3 et 4 août, il fut détecté à la Bullatone-Dessus, ce furent ses dernières localisations sur le site d'étude en 2017.

Avec cet individu, on peut suivre les petits déplacements annonciateurs de changement de remise : Grande Robella, Bullatone-Dessus puis Grande Joux, et un déplacement à la Bullatone-Dessus avant sa disparition de la zone en août déjà.

Bécasse K116310 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°32 le 4 mai 2017 au Cernu. Son émetteur était défaillant et n'a pas permis de le suivre.

Il fut recapturé le 13 juin sur le même site et équipé d'un nouvel émetteur. Il fut dès lors détecté du côté de la Fruitière de Bevaix jusqu'au 26 juin, date à laquelle il se déplaça dans la Combe de Vaux, soit à 15 km de sa remise habituelle. Il y passa plusieurs jours avant de retourner à la Fruitière de Bevaix. Ces déplacements entre la Combe de Vaux et la Fruitière de Bevaix ont eu lieu durant toute la saison. En août il se tint principalement à la Fruitière et fit seulement un bref séjour à la Combe de Vaux et un autre sur les pentes au sud de Champ-du-Moulin. En septembre, il utilisa la Fruitière et le Creux du Van comme remises. En octobre, il alterna entre la Fruitière, Champ-du-Moulin et les abords des Prés Creteigny. C'est ainsi que le 18 octobre il fut détecté durant la journée à la Fruitière de Bevaix et contacté de nuit au phare vers La Combaz, soit à 14 km de la Fruitière. Le lendemain, 19



octobre, il était le matin de retour à la Fruitère. Cet individu a donc effectué un trajet de 28 km en une nuit pour aller s'alimenter sur une prairie ! Il fut détecté sur site pour la dernière fois le 10 novembre.

Le 20 mars 2018, il fut détecté pour la première fois à la Grande Côte au-dessus de Champ-du-Moulin. Il y passa la majeure partie de la saison de reproduction, avec quelques déplacements à la Chaille et à la Fruitière de Bevaix. Le 21 juin, il était dans la Combe de Vaux où il finit la saison de reproduction et débuta sa mue. Il passa également une bonne partie du mois d'août plus au sud, dans les forêts de l'Envers. Comme en 2017, il fut contacté sur la pâture de la Tormande le 18 août. Il s'agit de la sortie en milieu ouvert la plus précoce enregistrée au cours du projet. Il s'est finalement déplacé à la Chaille à partir de fin août. Il y fut détecté pour la dernière fois le 14 septembre.

Bécasse K116311 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°33 le 4 mai 2017 au Cernu.

Il séjourna toute la saison surtout entre la Montagnette du Terreau et la Combe de Vaux. Début septembre il disparut pendant deux semaines et demie, puis revint à la Montagnette. Quelques jours plus tard il disparut à nouveau pendant la même durée puis fut retrouvé à la Combe de Vaux. Il y fut détecté pour la dernière fois le 10 novembre. Cet individu a donc utilisé une ou plusieurs remises inconnues où il a passé ces deux périodes d'absence.

En 2018 il fut détecté pour la première fois le 14 mars à Grande Côte au-dessus de Champ du Moulin. Le 12 avril, il était de retour dans ses remises de 2017 au Bois du Pré Guillaume. Il passa toute la saison de reproduction entre le Bois du Pré Guillaume et la Combe de Vaux. Ensuite il se déplaça à la Montagnette de Terreaux pour la mue et fut détecté pour la dernière fois le 21 août. Ensuite son émetteur s'est vraisemblablement arrêté.

Bécasse K116312 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°34 le 9 mai 2017 dans le massif des Cornées.

En 2017, il passa la période de reproduction entre les Cornées et le Bois de la Baume et fut recapturé à la croule à la Baume le 20 juin. Fin juin il quitta ses remises habituelles pour faire une étape dans les Grands Bois sur le Mont des Verrières avant de se rendre aux Essarts de l'autre côté de la frontière. Il y passa deux semaines puis il retourna aux Cornées vers la mi-juillet. Il effectua sa mue les mois suivants aux Cornées, toujours dans la même zone, qu'il quitta début octobre pour le nord de la Cluse-et-Mijoux en France. Il y resta jusqu'au 27 octobre date de sa dernière détection avant son départ en migration.

En 2018, il fut détecté pour la première fois le 3 avril à la Joux de la Cluse et Mijoux. Il passa la majeure partie de la période de reproduction entre ce site et les Essarts et fit quelques excursions dans les massifs des Cornées et de la Baume. Durant sa mue en juillet - août il fut cantonné au Bois des Loges à l'extrême Ouest de la Vallée de la Brévine où son signal se perdit à partir du 21 septembre en raison de la fin de vie de son émetteur. Le 6 octobre il est prélevé à la chasse sur la commune des Fourgs (F), l'arrêt étant de ce fait confirmé.

Bécasse K116313: mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°35 le 23 mai 2017 dans le massif des Cornées.

Il passa la saison de reproduction entre les Cornées et les Jordans. A partir du mois d'août, il se stabilisa dans une zone des Jordans. Il n'en sortit que fin septembre pour se rendre dans les Grands Bois sur le Mont des Verrières. Hormis un séjour de quelques jours au nord des Petits Fourgs en



France, il passa toute la fin de saison dans les Grands Bois jusqu'à sa dernière détection le 13 novembre.

Bécasse K116314 : mâle crouleur +2A, équipé de la balise argos170369 le 26 mai 2017 au Bois des Loges.

Jusqu'au 30 juillet, il était cantonné entre le Bois des Loges et la forêt des Cornées au sud de la Planée. Ensuite sa balise n'émit plus jusqu'au 2 novembre, à partir du Pays basque espagnol. Sa balise cessa d'émettre le 14 décembre 2017. Il était encore vivant à ce moment-là.

Bécasse K116315 : mâle +2A, équipé de la balise argos170370 le 30 mai 2017 dans le massif des Jordans.

Il séjourna tout le mois de juin dans les forêts des Jordans. A partir de fin juin, il commença à se déplacer au sud-ouest. Il passa le mois de juillet et le début du mois d'août dans le Bois des Loges. À mi-août, il se rendit dans le Bois de la Côte vers Pontarlier. Il y resta jusqu'au 28 août, date à partir de laquelle sa balise cessa d'émettre. Après 78 jours d'inactivité, sa balise émit de nouveau le 14 novembre en Tunisie ! Ensuite, il se déplaça de quelques dizaines de kilomètres à l'ouest en Algérie. A partir du 23 novembre, les informations transmises par sa balise suggèrent sa mort.

Bécasse K116316 : mâle crouleur +2A, équipé de la balise argos170371 le 2 juin 2017 à la Grande Joux. Il y est resté jusqu'à sa dernière localisation le 13 juin 2017. Cependant, à partir du 11 juin, les localisations suggèrent que l'oiseau était mort ou que la balise avait été perdue. Pas de départ en migration !

Bécasse K116317 : mâle crouleur +2A équipé de la balise Argos 163078 le 12 juin 2017 à Mauron. Il est resté cantonné sur le massif du Grand Taureau jusqu'au 7 septembre, date de sa dernière localisation dans le Jura. Le 17 novembre 2017 sa balise recommença d'émettre depuis l'Estrémadure. Il y passa tout l'hiver jusqu'au 5 mars 2018.

Le 7 mars 2018 il démarra sa migration pré-nuptiale. Sa balise émit à l'est de Pampelune au pied des Pyrénées. Le 9 mars il était de retour dans la zone d'étude. Sa balise émit dans la matinée entre Pontarlier et Ornan (F). Il avait donc parcouru 1280 km en 4 nuits au maximum. Comme les autres bécasses, en ce début de saison 2018, il évita la neige des crêtes suisses et se remisa dans un site très utilisé par ses congénères près d'Arc-sous-Cicon (F). Ensuite, il se cantonna à nouveau durant tout l'été 2018 dans le massif du Grand Taureau à la frontière franco-suisse. Sa balise a émis pour la dernière fois depuis la zone d'étude le 10 septembre.

Le 24 novembre, sa balise émit à nouveau depuis l'Estrémadure où il resta jusqu'au 26 février 2019. Le 7 mars, il fit une escale dans le site d'Arc-sous-Cicon avant de rejoindre à nouveau le massif du Grand Taureau le 11 mars. Il y resta jusqu'au 5 avril date à laquelle sa balise cessa d'émettre.

Bécasse K116319 : mâle crouleur +2A, équipé de la balise argos170372 le 15 juin 2017 aux Petites Fies proche du Mont Racine.

Le 24 juin, il s'était déplacé à la Nouvelle Censière à 17 km de son lieu de capture. A partir du 25 juillet, les émissions de la balise devinrent irrégulières (pratiquement pas de localisation pour les mois d'août, septembre et octobre). Il fut localisé pour la dernière fois le 28 octobre à La Nouvelle



Censière. Il a été prélevé à la chasse le 16 novembre au Portugal à plus de 900 km de son lieu de capture.

Bécasse K116320 : mâle 2A, équipé de la balise argos170373 le 18 juin 2017 lors de la croule à la Joux sur les Planches.

Il passa tout le mois de juin dans les Bois de la Vaux. Sa balise cessa d'émettre après le 29 juin. Elle émit à nouveau entre le 20 et le 27 août. Cependant, les informations récoltées à ce moment-là suggèrent que l'oiseau était mort ou avait perdu sa balise.

Bécasse K116321 : mâle 1A, équipé de la balise argos170367 le 20 septembre 2017 aux Prés Creteigny. Sa balise cessa d'émettre le 28 septembre. Les émissions à partir du 25 septembre suggèrent que l'oiseau était mort ou avait perdu sa balise. Pas de départ en migration pour cet oiseau !

Bécasse K116322 : mâle adulte +2A, équipé de la balise Argos 170368 le 22 septembre 2017 au phare à la Rocheta.

Il fut contrôlé au phare sur la prairie de Chantemerle le 6 octobre. Malgré un saut sur la zone du Mont Racine mi-octobre, il passa la majeure partie de l'automne dans le secteur du Haut des Joux. Sa dernière localisation dans la zone d'étude fut le 11 novembre. Le 16 novembre sa balise émit à l'ouest de Lyon en bordure de ville de L'Abresle, où il passa l'hiver. Il y a clairement utilisé les cultures environnantes comme remises nocturnes. Il y séjourna jusqu'au 8 mars 2018.

Le matin du 11 mars 2018 il était de retour sur la zone d'étude à proximité de Morteau (F). Très rapidement en mars, il rejoignit le Val-de-Travers malgré la neige sur les hauts. Puis dès le mois d'avril il revint sur le site des Hauts de Joux et de Plans Dernier pour crouler. Il y passa toute la saison jusqu'au 24 septembre, date à partir de laquelle sa balise semble indiquer sa mort ou la chute de sa balise.

Bécasse K116323 : mâle 1A, équipé de la balise argos170375 le 25 septembre 2017 à la Rocheta, en pairon avec la Bécasse K116324.

Contrôlé au phare sur la prairie de la Rocheta le 21 octobre, la position de la balise sur l'oiseau est parfaite au moment du contrôle et le plumage est en ordre. Il resta dans le secteur de la Rocheta jusqu'au 12 novembre. Le 14 novembre sa balise émit depuis la plaine du Val-de-Travers vers Fleurier. Cependant, les émissions suivantes suggèrent sa mort ou la perte de la balise. La dernière émission de cette balise date du 29 novembre. Pas de départ en migration !

Bécasse K116324 : mâle 1A, équipé de la balise argos170374 le 25 septembre 2017 à la Rocheta, en pairon avec la Bécasse K116323.

Les signaux envoyés par sa balise ont indiqué à partir du 30 septembre que l'oiseau était mort ou qu'il avait perdu sa balise. Pas de départ en migration pour cet oiseau !

Bécasse K116325 : femelle +2A, équipée de la balise argos170378 le 28 septembre 2017 aux Cernets.

Cette femelle resta dans le secteur de la Combe de la Vaux jusqu'au 25 octobre, date approximative de son départ en migration. Le 29 octobre, elle était en étape migratoire dans les Pyrénées orientale.

Le 3 novembre, elle était arrivée sur son site d'hivernage en Castille-et-León où elle était encore le 17 janvier.

Bécasse K116326 : femelle 1A, équipée de la balise argos170377 le 3 octobre 2017 au Chasseron.

Jusqu'au 28 octobre, date de la dernière émission de sa balise, elle était dans les côtes des Roches Blanches. Elle était vivante lors de la dernière émission de sa balise.

Bécasse K116327 : femelle 1A, équipée de la balise argos170376 le 5 octobre 2017 à la Rocheta.

La balise de cet oiseau n'a fourni que deux émissions. La dernière émission du 11 novembre suggère que l'oiseau était mort ou qu'il avait perdu sa balise. Pas de départ en migration pour cet oiseau !

Bécasse K116329: femelle 1A, équipée du VHF n°36 le 6 octobre 2017 sur la prairie du Pussin. Elle fut suivie durant une semaine au Combasson puis disparut. Elle fut détectée pour la dernière fois le 30 octobre au Nord de Montbenoît, en France.

Bécasse K116328: femelle 1A, équipée du VHF n°37 le 6 octobre 2017 sur la prairie du Pussin. Elle fut suivie au Combasson jusqu'au 16 octobre où elle fut prélevée à la chasse.

Bécasse K116330: femelle 1A, équipé du VHF n°38 le 16 octobre 2017 sur la prairie du Pussin. Elle fut suivie au Combasson jusqu'au 10 novembre. Elle fut prélevée à la chasse à Saint-Yrieix-la-Perche en Haute-Vienne (France, à 430 km de son lieu de capture) le 21 janvier 2018.

Bécasse K116331: femelle 1A, équipée du VHF n°39 le 17 octobre 2017 sur la prairie du Chasseron. Sa remise diurne était située à la Grande Joux où elle fut détectée jusqu'au 30 octobre.

Bécasse K116337: mâle 2A, équipé du VHF n°40 le 20 octobre 2017 au Signal des Français. Une seule localisation fut relevée aux Bans le 23 octobre pour cet individu.

Bécasse K116341: mâle +2A, équipé du VHF n°41 le 20 octobre 2017 aux Prés Cretegny. Le lendemain de sa capture il fut localisé au sud de Travers, deux jours plus tard à la Rocheta et le lendemain au Petit Pré Baillod. Il s'agit de sa dernière localisation le 24 octobre.

Bécasse K118455: mâle += 3A, équipé du VHF n°42 le 24 octobre 2017 à la Rocheta.

Cet individu avait été capturé au phare au même endroit le 26 octobre 2016, déjà adulte. Sa recapture 1 an après au même endroit a motivé la décision de l'équiper en VHF car il pouvait s'agir d'un individu local. Il fut suivi durant quelques jours à la Rocheta puis son émetteur fut trouvé au sol le 31 octobre, à côté de sa patte baguée ! L'émetteur portait de nombreuses marques de prédation et l'état de la patte laisse penser que la prédation eut lieu dans la journée.

Bécasse K118500 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°19 le 30 mars 2017 à la Rocheta.

Cet individu passa toute la saison 2017 à la Rocheta jusqu'à sa dernière détection à Plan Calame le 9 novembre. De tels petits déplacements juste avant un changement de zone, ou ici un déplacement migratoire, ont pu être observés chez plusieurs individus.

Il était de retour sur site le 24 mars 2018 à Plans Dernier comme en 2017. Il fut capturé à la croule le 5 avril toujours à Plans Dernier et son émetteur remplacé. Comme en 2017 il passa toute la saison de reproduction à Plans Dernier avec quelques déplacements à Plan Calame plus à l'Est. Il effectua



toute sa mue à la Combe des Sagnettes avant de revenir à Plans Dernier en octobre où il fut détecté pour la dernière fois le 27 octobre.

5.1.3 LES OISEAUX DE 2018

Bécasse K122021 : femelle adulte +2A, capturée le 5 avril 2018 à Plans Dernier alors qu'elle effectuait un déplacement silencieux en début de croule. Elle a été équipée du VHF n°45 et a été suivie très régulièrement toute la saison.

Cinq jours plus tard, elle s'était déplacée au Grand Suvagnier dans le Vallon de Noirvaux à 30km de son lieu de capture. Elle y séjourna quelques jours et fut aperçue en couple avec le mâle équipé de l'émetteur VHF n°30. Après un bref passage aux Gillardes elle tenta une nidification au Cernil Ladame du 20 avril au 12 mai. La ponte devait être retrouvée prédatée. Le début de ponte est estimé au 3 mai. Après un nouveau passage aux Gillardes elle fut contactée en couple avec un autre mâle, VHF N°50, vers du Petit Suvagnier à partir du 14 mai. Ce mâle avait été capturé en croule au Cernil Ladame lieu de la précédente ponte. Elle démarra alors une nouvelle nidification que nous avons pu observer depuis un layon de débardage en contre-bas. Le 29 mai, suite à une nuit d'orage, nous elle avait abandonné le nid, trois œufs froids gisant à 50cm en contrebas de son emplacement. L'orage a pu provoquer un glissement des œufs et l'abandon du nid. Elle fut retrouvée dès le 29 mai dans une zone assez humide proche des Gillardes où elle passa 10 jours, semblant même ne pas bouger la nuit. A partir du 8 juin elle se déplaça d'un kilomètre vers le nord et tenta une nouvelle nidification suivie comme les précédentes à l'aide du logger automatique. La date de début de ponte est estimée au 13 juin. Le 1er juillet la femelle quitta le nid et fut retrouvée à Plans Dernier. L'examen de la zone de nidification permet de retrouver la cuvette du nid, mais aucune de traces d'œufs. Une prédation du nid est supposée. Elle effectua une partie de sa mue à Plans Dernier et l'autre partie, à partir du 20 août, à la Grande Robella. Elle y a été contactée pour la dernière fois le 28 octobre.

Bécasse K122022 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°46 le 10 avril 2018 à Plans Dernier.

Trois jours après sa capture il fut retrouvé à la Fruitière de Bevaix. Il fut perdu quelques jours plus tard mais retrouvé en avion dans le massif du mont Chateleu près des Gras le 20 avril. Il était de retour à Plans Dernier deux jours plus tard. Il y passa une bonne partie de la saison de reproduction et fut contrôlé crouleur sur la place de sa première capture le 13 juin. A partir du 10 juin, sa remise diurne était localisée dans une zone restreinte du Grand Bochat au nord-ouest des Ponts de Martel. De retour à Plans Dernier fin août, il se déplaça une nouvelle fois fin septembre pour rejoindre les pentes nord de la Tête de Ran. Il y resta jusqu'au 28 octobre, date à laquelle il quitta la zone après une chute de neige sans être retrouvé. Il fut finalement recontacté au même endroit le 2 novembre. Il y resta jusqu'au 9 novembre, date de sa dernière détection.

Bécasse K122023 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°47 le 11 avril 2018 à Pré Guillaume au-dessus de Fleurier.

Il passa les jours suivants sa capture à Pré Guillaume. Puis, il se déplaça à l'ouest de la Combe de Vaux, au lieu-dit Grand du Vé. Le 25 avril, il partit encore plus à l'ouest à la Joux de Corcelles. Trois jours plus tard, il s'était à nouveau déplacé pour se rendre au Cernil Ladame où il passa la majorité de la saison de reproduction. Il s'est cependant parfois remis à la Combe de Vaux le jour et y fut également contacté crouleur les 21 et 24 mai. Le 5 juin, il est resta 24h au nord de Buttes dans un secteur utilisé par un autre mâle (VHF N°30). Il se déplaça finalement dans la Combe de Vaux pour la période de mue. Son émetteur y fut retrouvé au sol. Les traces laissées sur l'émetteur suggèrent une prédation par un rapace. Elle dût avoir lieu le 6 septembre.

Bécasse K122024 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°48 le 16 avril 2018 à Plans Dernier.

Quelques jours après sa capture, il s'était déplacé à la Combe Vuilliers à l'ouest de Plans Dernier où il passa tout le mois de mai et fut contacté comme crouleur. En juin, il retourna à Plans Dernier où il fut contrôlé crouleur le 21. Le 10 juillet, il se déplaça à 5km au sud, au-dessus des Oeillons. Il y passa les deux mois suivants dans une zone très restreinte. Le 24 septembre, il retourna à la Combe Vuilliers. Ensuite, il ne la quitta plus que pour de brefs déplacements : le 11 novembre sur la crête au nord de Martel Dernier et le 14 novembre pour un passage aux Oeillons avec retour le lendemain à la Combe Vuilliers. Il fut retrouvé mort le 27 novembre 2018 dans un labour près de La Rotte. Il s'y est sûrement rendu pour s'alimenter et a été prédaté par un renard, puis enterré sur place le 23 novembre dans la nuit. L'examen du cadavre a permis de constater une fracture ressoudée à la patte. Cette fracture était due à un plomb de chasse (éclat retrouvé au milieu des fragments d'os ressoudés). La patte touchée présentait une atrophie musculaire et était encore enflée au niveau de l'articulation. Cet oiseau ne présentait aucun problème lors de sa capture en avril, sa blessure datait donc du début de saison de chasse 2018. L'individu était également particulièrement gras et avait certaines plumes de la queue encore en mue. Il est possible que cette blessure ait retardé son départ en migration.

Bécasse K122025 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°49 le 17 avril 2018 à Plans Dernier.

Il séjourna à Plans Dernier en avril et mai à l'exception d'un passage de 24h dans la tourbière du Bois des Lattes, déjà fréquentée par d'autres mâles au cours des précédentes saisons de terrain. Début juin, il se déplaça au Grand Bochat et y passa tout le mois en alternance avec le site de Plan Calame plus au nord-ouest. Il fut détecté pour la dernière fois le 30 juin 2018 sans qu'il soit possible de savoir s'il avait quitté la zone ou si son émetteur était défaillant.

Bécasse K122026 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°50 le 17 avril 2018 au Cernil Ladame.

Il séjourna durant une bonne partie de la saison de reproduction au Cernil Ladame avec des remises fréquentes à la Montagnette et à la Combe de Vaux. Le 14 mai, il fut retrouvé au Petit Suvagnier en couple avec la femelle équipée du VHF N°45. Il y resta jusqu'au 22 mai avant de revenir au Cernil Ladame. Il refit un bref séjour de 24h au Petit Suvagnier le 30 mai, soit juste après l'abandon du nid par la femelle. Suite à cela, il s'installa dans la Combe de Vaux où il fut finalement retrouvé prédaté. Les restes retrouvés et les traces présentes sur l'émetteur suggèrent une prédation par un mammifère (traces de crocs). La prédation est datée approximativement du 28 août 2018.

Bécasse K122027: mâle crouleur +3A, équipé du VHF n°51 le 18 avril 2018 au Cernil Ladame.

Il passa toute la saison de reproduction au Cernil Ladame, avec un passage aux Pâquiers (Mont Aubert) et un autre aux Auges Colomb au sud-est de Couvet. Il fut retrouvé prédaté le 19 juin 2018. Il était enterré près d'une souche, probablement par un renard. La date supposée de la prédation est la nuit du 13 juin.

Bécasse K122028 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°52 le 18 avril 2018 à Derrière Chincul.

Il fut capté le lendemain plus à l'ouest dans le massif des Jordans et le 20 avril à nouveau Derrière Chincul. Ce furent les deux seules localisations de cet individu qui a ensuite disparu de la zone d'étude. Nous supposons qu'il s'agissait d'un individu migrateur ayant profité d'une halte migratoire pour crouler, puis poursuivre sa route.



Bécasse K122029 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°53 le 19 avril 2018 à Derrière Chincul. Il sera contrôlé crouleur au même endroit le 19 juin 2018.

Cet individu, très mobile, s'est constamment déplacé entre trois sites principaux : le massif des Jordans, le massif des Cornées plus au sud et la Grande Robella à 10 km de son lieu de capture. Il fut contacté successivement sur chacun de ces trois sites au cours d'une même semaine. Lors d'une seule soirée de croule, il commença à chanter aux Jordans puis fut contacté chanteur à la Grande Robella et puis à nouveau aux Jordans en fin de croule. A l'issue de la saison de reproduction, il se stabilisa plus ou moins à la Grande Robella d'où il fit tout de même quelques excursions aux Jordans et aux Cornées. Le 8 octobre, il quittait la Robella et fut retrouvé au nord d'Arc-sous-Cicon dans le Doubs à plus de 25 km de sa remise précédente. Il y fut détecté pour la dernière fois le 2 novembre 2018.

Bécasse K122030 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°54 le 24 avril 2018 au Grand Suvagnier.

Après quelques jours passés à la Grande Robella, il fut retrouvé les 4 et 5 mai aux Aiguilles de Baulmes. Très mobile durant la saison de reproduction, il passa également quelques jours au Cernil Ladame du 7 au 9 mai. Il se déplaça ensuite à l'ouest de la Cluse et Mijoux les 17 et 18 mai puis à la Grande Joux sur le massif du Chasseron et à l'ouest vers la Combe de Vaux. Le 5 juin, il fit une excursion dans les Grands Bois sur le Mont des Verrières. Son signal fut perdu le 13 juin. Malgré les recherches il ne fut plus retrouvé dans la zone d'étude. Il fut finalement détecté le 13 juillet dans la Vallée de Joux, soit à plus de 25 km à vol d'oiseau du massif du Chasseron, lors d'un vol en avion. Il séjourna dans une zone très restreinte juste sous la Dent de Vaulion où il est resta jusqu'à sa dernière détection le 25 octobre 2018.

Bécasse K122031 : mâle crouleur 2A, équipé du VHF n°55 le 26 avril 2018 au Cernu.

Cet individu, très cantonné, a passé toute la saison 2018 dans le Creux du Van, principalement dans une zone restreinte tout au sud. Plus rarement, il a aussi été remisé juste au-dessus, à la Chaille. Il fut détecté pour la dernière fois le 14 novembre 2018.

Bécasse K122032 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°56 le 18 mai 2018 à la Grande Joux sur la commune de Bullet.

Il fut détecté à la Grande Joux tous les jours jusqu'au 29 juin date à laquelle il quitta la zone d'étude. Il fut retrouvé à la Vallée de Joux le 13 juillet lors d'un vol en avion, en même temps que le VHF 54. Il fut toujours détecté dans un massif forestier au nord du lac Brenet, sauf du 2 au 13 octobre où il s'était déplacé plus à l'est, juste au-dessus de Premier. Il fut finalement prédaté le 26 octobre sur une prairie d'altitude au milieu du massif forestier susmentionné. Nous supposons qu'il a été attaqué durant sa sortie en zone ouverte pour s'alimenter. L'auteur de l'attaque semble être un gros rapace au vu des restes de rémiges sectionnées et de l'émetteur arraché retrouvés sur place (Figure 61).

Bécasse K112959 : mâle crouleur +4A, capturé pour la première fois le 24 juin 2015 dans le massif des Jordans. A ce moment-là, il fut seulement bagué, le projet n'en étant qu'aux tests préliminaires. Il était déjà adulte +2A en 2015. Jean-Lou Zimmerman le contrôla crouleur d'après photo le 9 avril 2016 sur la place de sa première capture. Il fut recapturé le 19 juin 2018 et équipé du VHF n°57 à Derrière Chincul.

Il passa toute la saison 2018 entre trois zones de remise diurne : la gorge du Bief à la Reine au nord des Alliés juste à la frontière, le massif des Jordans et Derrière Chincul et la forêt des Cornées plus au nord. Il a occupé ces trois sites en alternance durant la saison sans se fixer sur un site particulier. Il fut aussi contrôlé sur une flaque d'eau aux Cornées au moyen d'un piège photographique le 23 août. Il fut détecté pour la dernière fois aux Cornées le 22 octobre 2018. Il était alors âgé de plus de 5 ans.

Bécasse K122044 : femelle juvénile précoce 1A, équipé du VHF n°58 le 6 juillet 2018 à Plans Dernier.

Cette jeune femelle n'a quitté Plans Dernier que pour des séjours très courts, généralement de 24 heures. Ainsi, elle fut retrouvée le 24 juillet à l'ouest de Plans Dernier dans un petit massif près de la Ronde-Chaux. Le 26 juillet elle fut détectée au nord de la Chaux du Milieu, proche de la frontière et du Grand Calirou. Le 20 septembre, elle passa une journée dans la tourbière du Bois des Lattes, au lieu-dit Sous la Roche Berthoud, près du Crêt Pellaton. Elle fut détectée pour la dernière fois sur sa remise habituelle de Plans Dernier le 22 octobre 2018.

Bécasse K122045 : mâle juvénile 1A, équipé du VHF n°59, capturé le 7 juillet 2018 dans le massif de Plans Dernier.

Au moment de sa capture il pesait 250 g et était en mue post juvénile. Il passa les mois de juillet et d'août dans les massifs forestiers à l'Ouest des Ponts de Martel à partir desquels il se déplaçait de temps en temps de 1 à 2 km. A la mi-juillet, il fut suivi une journée à 10km au sud dans le massif des Coteaux sur la commune de Provence (VD) puis revint les jours suivants aux Ponts de Martel sur sa zone habituelle. A partir de début septembre, il commença à faire des escapades en France entre Meix Lagor et Meix Rochat, tout proche de la frontière, avant de s'y installer en octobre. Le 10 octobre 2018, il fut prélevé à la chasse au lieu-dit Meix Rochat. Il pesait alors 270grs et avait terminé sa mue de première année.

Bécasse K122046 : mâle crouleur +2A, équipé du VHF n°60 le 8 juillet 2018 à Plans Dernier.

Cet oiseau se rendit très rapidement au nord-ouest des Ponts de Martel où il se cantonna dans une zone très restreinte de la forêt du Grand Bochat durant la grande majorité du suivi. Le 27 septembre, il s'était finalement déplacé dans les pentes sud du Mont Racine, dans une zone également très restreinte, à près de 10 km de sa remise habituelle. Il y resta jusqu'au 19 octobre. Il fut détecté pour la dernière fois le 22 octobre de retour au Grand Bochat.

Bécasse K122033 : mâle crouleur +2A, équipé de la balise Argos 170372 le 22 mai 2018 à la Vy Jaccard. Il utilisa ce site ainsi que le site de la Grande Joux sous le Chasseron durant la saison de reproduction. Il rejoignit ensuite la forêt de la Limasse pour la mue. Il y séjourna jusqu'au 27 octobre puis partit en migration en faisant des sauts de quelques dizaines de kilomètre. Sa balise a émis le 29 octobre depuis Saint-Laurent en Grandvaux. Le 1er novembre, il était entre Lyon et Saint Etienne et il s'installa près de Murles au nord-ouest de Montpellier pour hiverner. Il y resta jusqu'au 6 mars 2019.

Le 8 mars, il était dans le Bugey et rejoignit le 10 mars le massif du Chasseron qu'il quitta rapidement vraisemblablement à cause de la neige. Le 12 mars, il était retourné près de Clairevaux-les-Lacs dans le département du Jura. Il s'installa finalement dans le vallon de Noirvaux le 21 mars. Il passa toute la saison de reproduction entre la Grane Joux, la Vy Jaccard et le Mont de la Chèvre. A la mi-août, il avait rejoint la forêt de la Limasse où il resta jusqu'au 10 novembre. A cette date, sa balise a cessé



d'émettre. Le 10 janvier 2020, sa balise recommençait d'émettre depuis le site d'hivernage utilisé l'hiver précédent. Le 1^{er} mars, il y était toujours. Il a quitté son site hivernage entre le 8 et le 9 mars. Le 10 mars, il a fait escale dans les forêts de la Joux près de Clairvaux-les-Lacs avant de rejoindre les côtes du vallon de Noirvaux le 15 mars. Il est resté jusqu'au 4 mai, date de fin de vie de sa balise, dans les bois de Ban près de la Vraconnaz.



Bécasse K122034 : mâle crouleur +2A, équipé de la balise Argos 53364, le 25 mai 2018 aux Saignes de Crève-Cœur dans la Combe de Vaux.

Entre les mois de juin et juillet, il a alterné entre la Combe de Vaux et les coteaux de La Motte au-dessus de Fleurier. En août, il se déplaça sur les pentes du Crozat sur la commune de Tévenon où sa balise émit jusqu'au 22 août. Ensuite il disparut.

Bécasse K122035 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53374, le 25 mai 2018 aux Saignes de Crève-Cœur dans la Combe de Vaux.

Il passa toute sa saison de reproduction et toute la période de mue dans la Combe de Vaux. Aux premières chutes de neige fin octobre, il se déplaça de 10 kilomètres aux Oeillons. Sa dernière émission sur ce site date du 14 novembre. Sa balise réémit le 21 novembre à une quinzaine de kilomètre au sud-ouest de Mâcon. Il resta sur ce site jusqu'au 1 janvier. Le 6 janvier, il s'était déplacé en Gironde où il fut prélevé à la chasse le 19 janvier.

Bécasse K122036 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53376, le 25 mai 2018 aux Saignes de Crève-Cœur dans la Combe de Vaux.

Il est resté dans la Combe de Vaux jusqu'à ce que sa balise cesse d'émettre le 7 juin. Nous supposons que cet oiseau est mort.

Bécasse K122037 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53365, le 26 mai 2018 au Cernu.

Durant la période reproduction, il utilisa uniquement ce site. Fin juillet, il se déplaça une quinzaine de jours au nord de la Brévine avant de revenir jusque fin octobre au pied du Creux du Van. Début novembre, il se déplaça sur les hauts de Couvet dans un site régulièrement utilisé par les bécasses. Sa balise a émis jusqu'au 15 novembre depuis ce site. Le 17 novembre, sa balise émit entre Limoge et Clermont Ferrand. Le 19 elle émit à nouveau entre Cahors et Agen à partir de 19h. Elle continua d'émettre régulièrement en direction du sud jusqu'à 21h15. A ce moment-là, il se trouvait à 25km au nord-est de Tarbes. Le 26 novembre, sa balise émit depuis une colline à 25 km à l'est de Saragosse. Ensuite, il fit une nouvelle étape du 28 novembre au 2 décembre à 40 km au sud de Valencia avant de poursuivre sa migration et de finalement s'installer à 35 km au nord de Gibraltar à partir du 4 décembre. A partir du 28 décembre les émissions de sa balise ont indiqué qu'il était probablement mort.

Bécasse K122038 : mâle crouleur +2A, équipé de la balise Argos 53370, le 1er juin 2018 à la Grande Joux sous le Chasseron.

Il séjourna dans le massif de la Grande Joux jusqu'au 12 juin. Ensuite, il passa la période du 14 au 29 juin dans le massif nord des Aiguilles de Baulmes. Du 1er au 3 juillet, il retourna sur le Chasseron avant de revenir aux Aiguilles de Baulmes le 5 juillet. Il y resta jusqu'au 15 août. Le 17 août, il était à nouveau sur le Chasseron où sa balise cessa d'émettre le 16 septembre. Nous supposons que cet oiseau est mort.

Bécasse K122039 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53375, le 1er juin 2018 à la Grande Joux sous le Chasseron.

Il séjourna dans le massif de la Grande Joux jusqu'au 6 juin. Le 8 juin, il rejoignit la Forêt de la Limasse où il resta jusqu'au 25 août. Le 27 août, il se déplaça au Col des Etroits où il resta jusqu'au 29 août.



Le 31 août, il avait rejoint le Suard des Envers à l'est de l'Auberson. Sa balise cessa d'émettre dans ce massif le 17 septembre. Les informations transmises entre le 15 et le 17 septembre semblaient indiquer sa mort.

Bécasse K122040 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53363, le 7 juin 2018 au Facteur dans le massif des Jordans. Cette balise n'a émis qu'au moment de la pose. Elle a probablement eu une défaillance technique.

Bécasse K122041 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53378, le 14 juin 2018 au Petites Fies sur les hauts du Val de Ruz.

Du 14 juin au 22 juillet, il occupa la frange amont du massif forestier situé entre les Vuarins et Les Petites Fies. Ensuite entre début août et mi-septembre, il passa son temps entre la Grande Racine, les Rochers bruns et les Grandes Pradières. Sa balise cessa d'émettre le 9 octobre. Toutefois, les informations transmises par celle-ci à partir du 22 septembre semblaient indiquer sa mort.

Bécasse K122042 : mâle crouleur 2A, équipé de la balise Argos 53371, le 29 juin 2018 à la Grosse Prise dans le massif des Jordans.

Il séjourna jusqu'au 16 juillet dans le secteur Chincul – Petite Prise. Du 19 au 21 juillet, il semblait s'être déplacé plus à l'est dans le Bois de Vaux. Le 27 juillet, il semble avoir fait un saut au nord du massif des Cornées avant de revenir dans le secteur Chincul – Petite Prise qu'il ne quitta qu'autour du 18-20 octobre pour se rendre dans la Forêt domaniale de Ban sur la commune d'Hauterive-la-Fresse à moins de 3km de son site estival (mais 100 à 200 m plus bas en altitude) où il resta au moins jusqu'au 5 décembre. Le 18 décembre, il est apparu au nord de Buxy en Saône-et-Loire où il était encore le 2 février 2019. Ensuite, sa balise a cessé d'émettre

Les individus présentés ci-après ont été capturés au phare au printemps. Bien qu'ayant été équipés sur la base de critères laissant supposer qu'il pouvait s'agir d'individus indigènes (traces de mue), faute de suivis ils sont considérés comme des individus d'origine inconnue jusqu'à plus amples informations.

Bécasse K122019 : femelle 2A, équipée du VHF n°43 le 22 mars 2018 sur une prairie près de Môtiers, avec l'individu K122020. Elle a été détectée le lendemain de sa capture dans le cirque de Saint Sulpice. Puis son signal s'est perdu. Nous soupçonnons qu'il s'agissait d'un individu en halte migratoire et non d'une bécasse locale.

Bécasse K122020 : mâle +2A, équipé du VHF n°44 le 22 mars 2018 sur une prairie près de Môtiers, avec l'individu K122019. Il a été localisé le lendemain au sud de Couvet, mais il n'a ensuite jamais plus été détecté. Nous supposons qu'il s'agissait d'un migrateur. Il a finalement été repris à la chasse au Pays Basque Espagnol le 22 novembre 2018.

5.2 METHODOLOGIE DE DETERMINATION DES CONTENUS ISOTOPIQUES DES PLUMES

(Texte de PD Dr. Christian C. Voigt, Linn S. Lehnert)

Stable isotopes of hydrogen, carbon, and nitrogen of feathers were analyzed at the Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research, Berlin, Germany. We removed external contaminants from feathers by first soaking samples in a 2:1 chloroform:methanol solution and then washing samples for 24 hours on a shaking platform (Phoenix Instrument RS-LS 5, Phoenix Instrument, Garbsen, Germany). After drying samples for at least 2 days under a fume hood, we placed aliquots of 0.55 ± 0.05 mg into 4 x 6 mm tin capsules which were combusted in an elemental analyzer (Flash EA 1112 Series; Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany). We measured stable isotope ratios of carbon and nitrogen with a Delta V-Advantage stable isotope ratio mass spectrometer (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany), connected to the elemental analyzer in continuous mode. We calculated stable isotope ratios as per mil (‰) deviations from ratios of international standards (Vienna Pee Dee Belemnite for carbon and atmospheric nitrogen for nitrogen) and expressed in the delta (δ) notation as $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values. The secondary laboratory standards of known $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio tyrosine and leucine were used in conjunction with other international standards (NBS 19, NBS 22, USGS 24, L-SVEC for carbon and IAEA-N-1, IAEA-N-2 and IAEA-NO-3 for nitrogen) for offset and drift correction. Accuracy of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ measurements was better than 0.4‰ (one standard deviation, SD) for laboratory standards. For stable hydrogen isotope analysis, we dried samples for at least 10 days under a fume hood to reach $\delta^2\text{H}$ values in equilibrium to ambient moisture. Samples were then analyzed in conjunction with previously calibrated keratin hydrogen isotope reference materials, which were treated in the same way with respect to drying and equilibration as the focal samples. We report stable isotope ratios of the non-exchangeable hydrogen in fur keratin in samples by correcting values using laboratory keratin standards with known stable isotope ratios of the non-exchangeable portion of hydrogen. We used three in-house hair standards: sheep wool from Sweden SWE-SHE ($-167.9 \pm 1\text{‰}$), sheep wool from Spain ESP-SHE ($-108.3 \pm 1\text{‰}$), and goat wool from Tanzania AFR-GOA ($-66.3 \pm 0.9\text{‰}$); and USGS42 standard ($-74.2 \pm 0.5\text{‰}$). Details on the preparation of the in-house keratin standards are described in Popa-Lisseanu et al. (2012)⁷ and in Voigt & Lehnert (2018)⁸. We weighed fur samples and standards to about 0.27 ± 0.01 mg and placed these into 3.5 x 5 mm silver-foil capsules (IVA Analysetechnik e.K. Meerbusch, Germany). Samples were then transferred to 96-well microtiter plates loosely covered with the lid in order to allow exchange with ambient air moisture. After equilibrating samples in loaded trays in a compartment drier at 50°C for at least 24 h, samples and standards were loaded into the carousel of a Zero Blank autosampler (Costech Analytical Technologies Inc., Cernusco sul Naviglio, Italy) and flushed with helium for 1 hour. We used chemically pure helium as carrier gas with a flow rate of 100 ml/min. Samples were pyrolyzed at 1,350 °C in a high-temperature elemental analyzer (HTO Elementaranalysator HEKAtech GmbH Analysentechnik, Wegberg, Germany) containing a silicon carbide (SiC) tube filled halfway with glassy carbon chips and carbon/water trap. The gas chromatograph (HTO Element Analyzer, HEKAtech GmbH Analysentechnik, Wegberg, Germany), operating at 80 °C, separated H₂, N₂, and CO. The resolved H₂ sample pulse was introduced into the stable isotope ratio mass spectrometer (Delta V Advantage IRMS, ThermoFischer Scientific, Bremen, Germany). Stable hydrogen isotope ratios were expressed in the delta notation as per mill (‰)

⁷ Popa-Lisseanu AG, Sörgel K, Luckner A, et al. A triple-isotope approach to predict the breeding origins of European bats. *PLoS One*. 2012;7(1):e30388. doi:10.1371/journal.pone.0030388

⁸ Voigt CC, Lehnert LS. Tracking of movements of terrestrial mammals using stable isotopes. In: Hobson KA, Wassenaar LI, ed. *Tracking animal migration with stable isotopes*. Academic Press; 2018: ISBN 978-0-12-814723-8



deviations from the international standard V-SMOW. Analytical precision based on the repeated analyses of unequilibrated keratin standards was 3‰ (1 SD).

5.2.1 CARTES COMPLÉMENTAIRES POUR LES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE

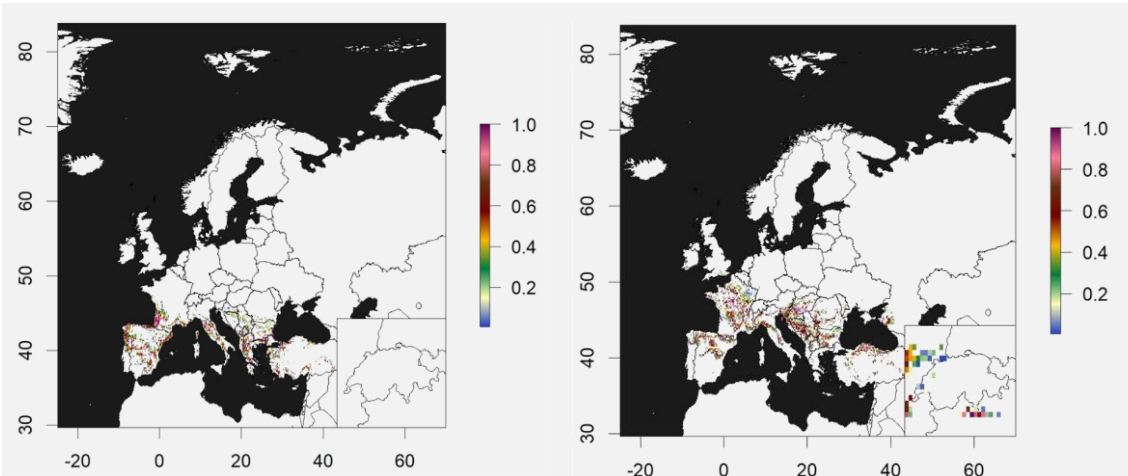


Figure 102: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 3.

Figure 103: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 4.

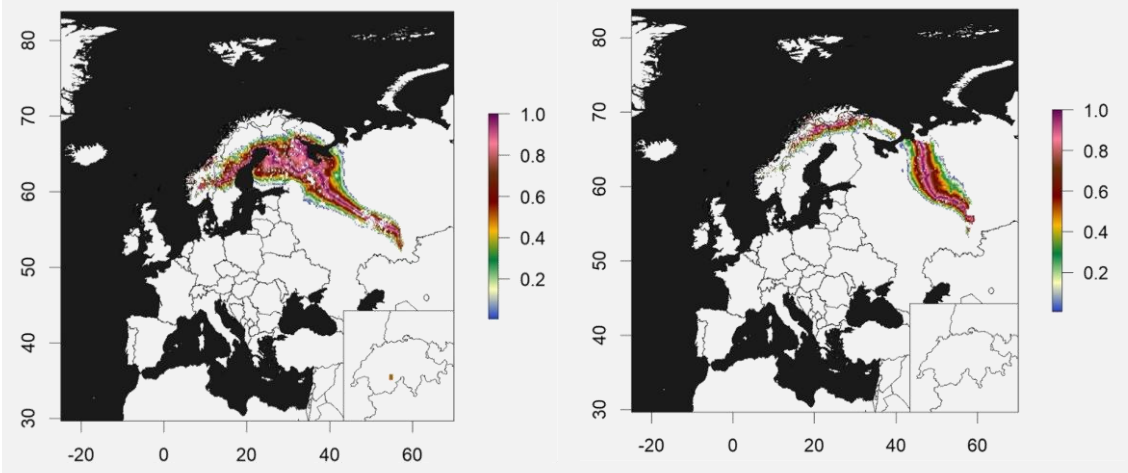


Figure 104: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 8.

Figure 105: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 9.

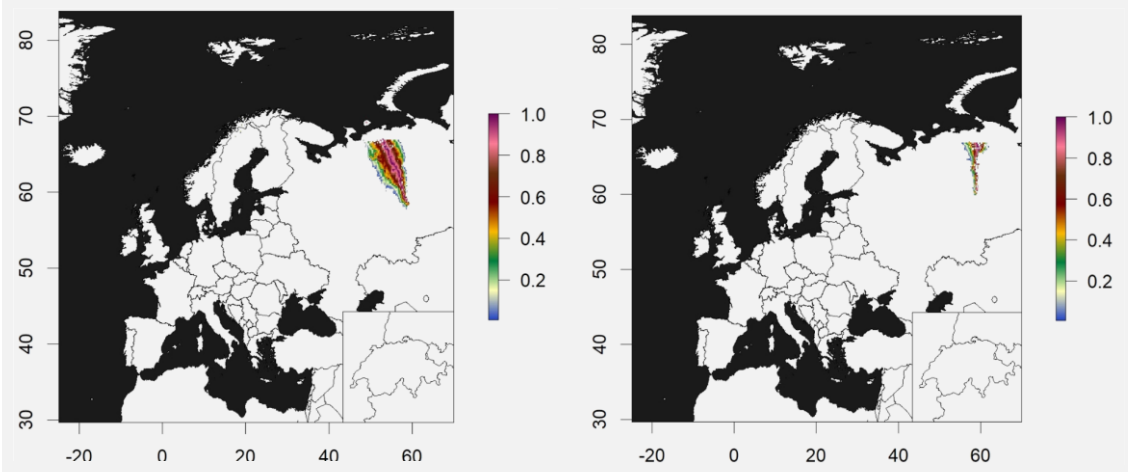


Figure 106: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 10.

Figure 107: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 11.

5.2.1 CARTES COMPLÉMENTAIRES POUR LES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE SUR L'ARC JURASSIEN

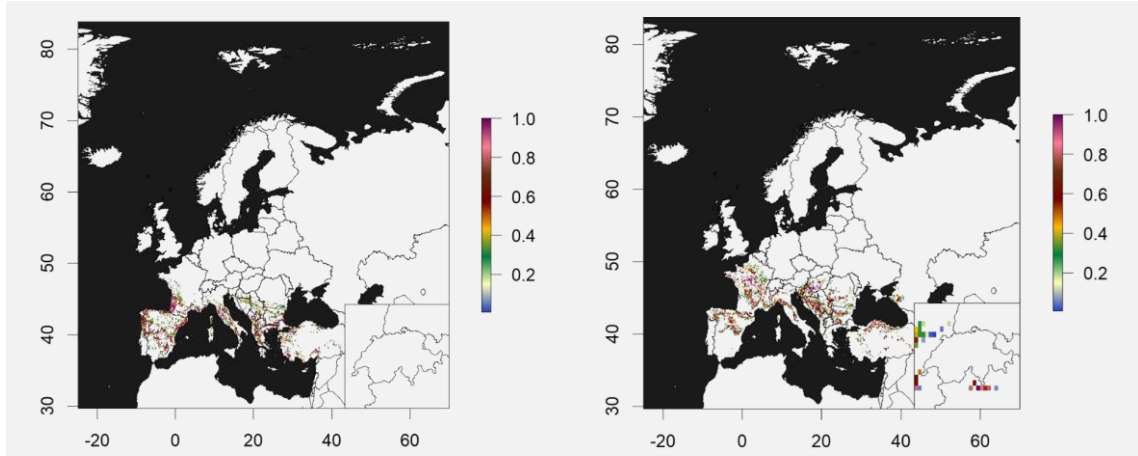


Figure 108: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 3.

Figure 109: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 4.

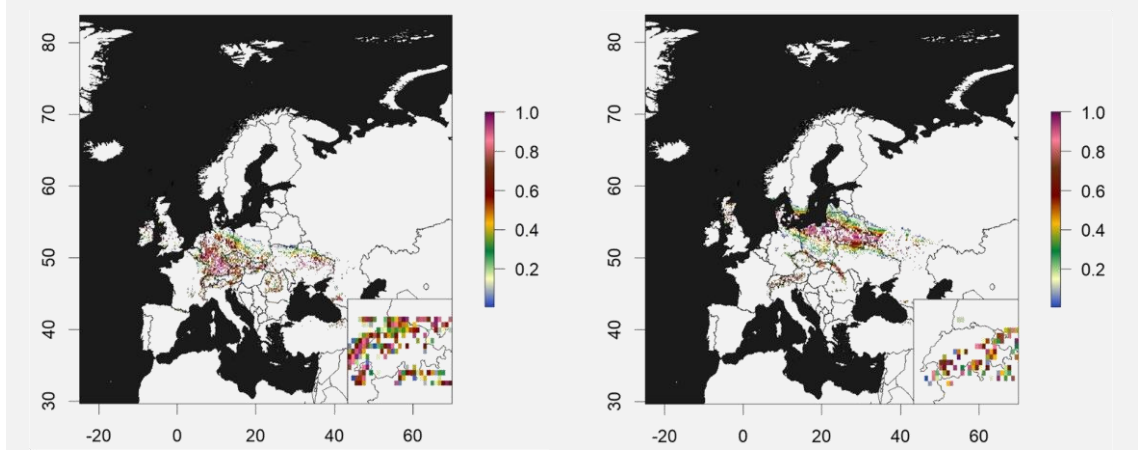


Figure 110: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 5.

Figure 111: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 6.

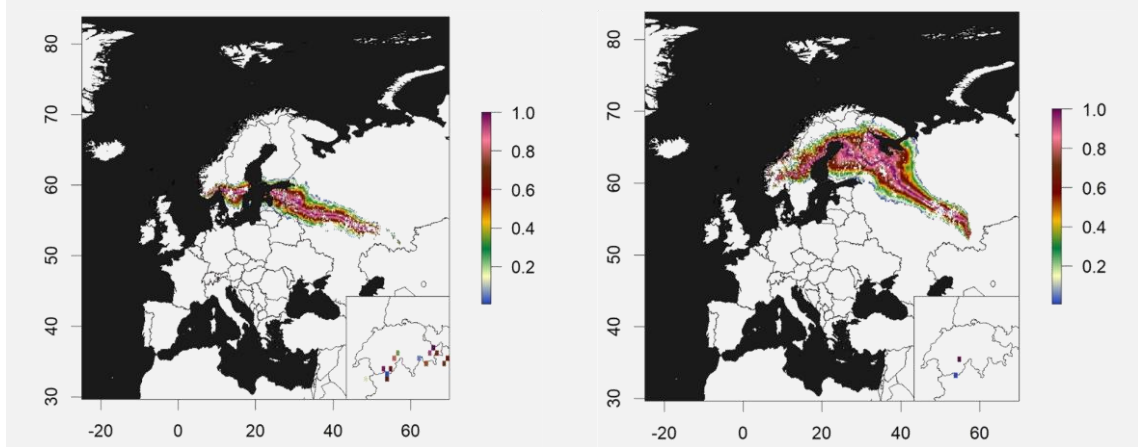
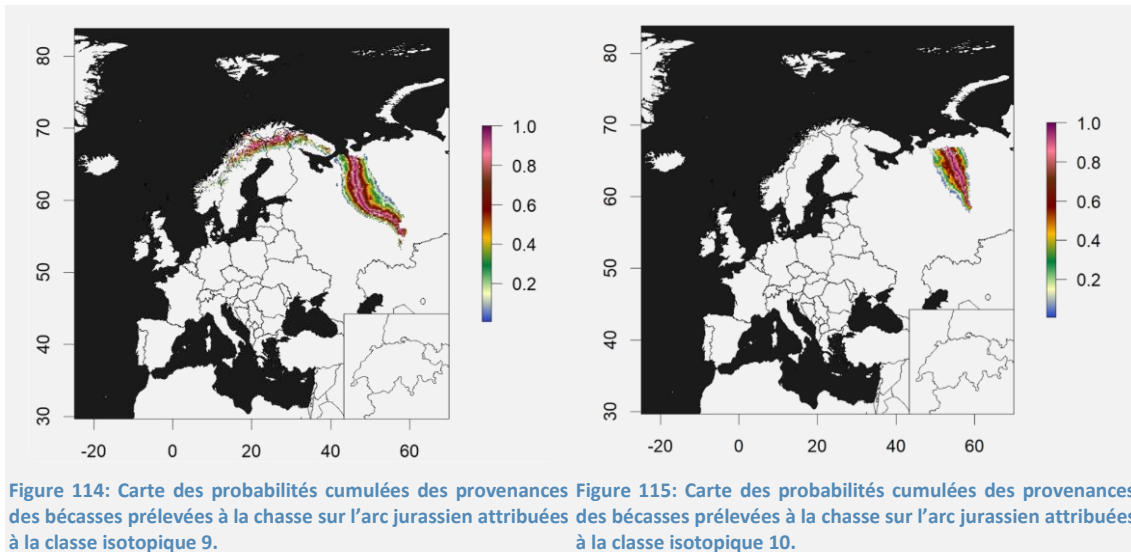


Figure 112: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 7.

Figure 113: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 8.



5.2.1 CARTES COMPLÉMENTAIRES POUR LES BÉCASSES PRÉLEVÉES À LA CHASSE AU TESSIN

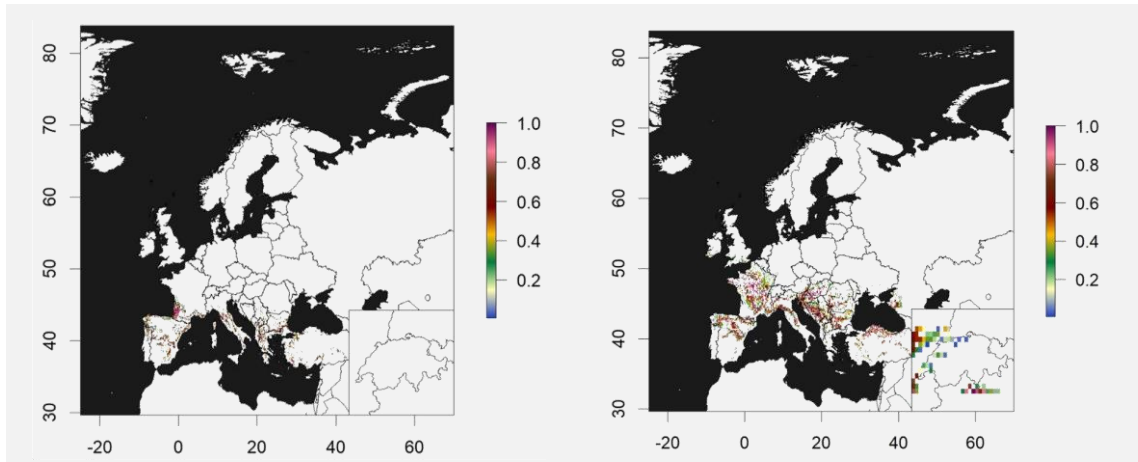


Figure 116: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 3. Figure 117: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 4.

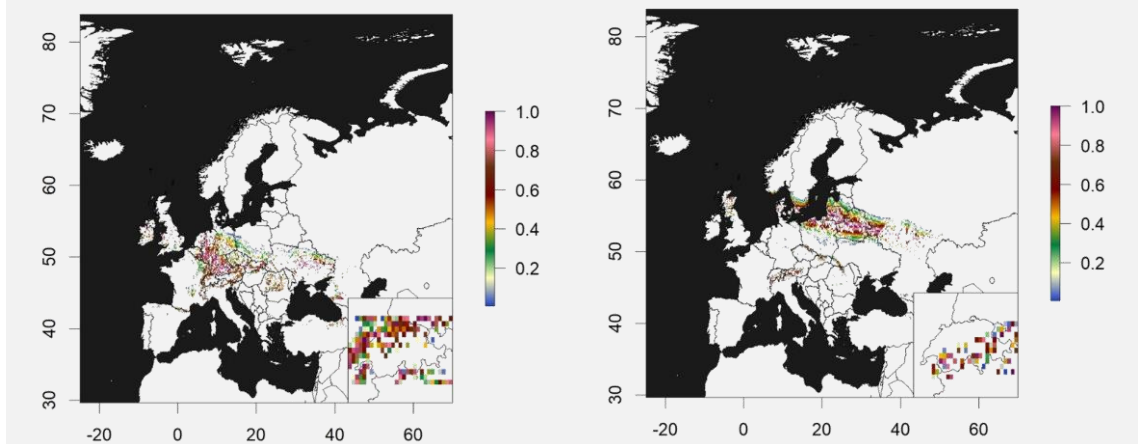


Figure 118: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 5. Figure 119: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 6.

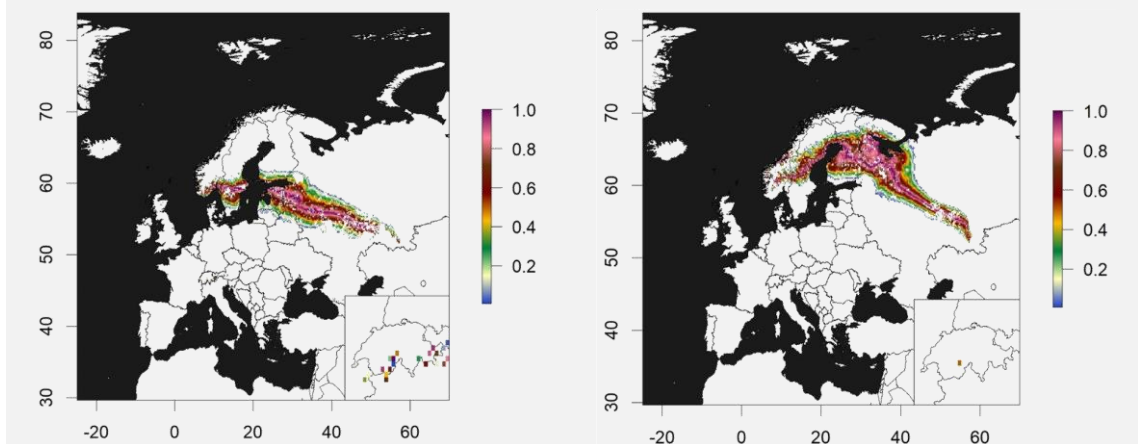
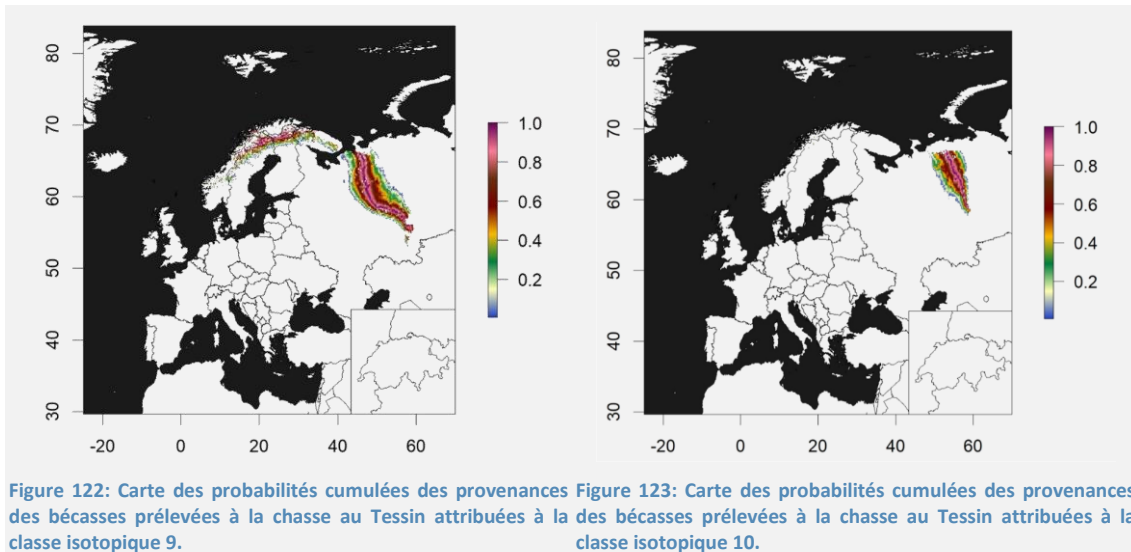


Figure 120: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 7. Figure 121: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 8.



5.3 GRAPHIQUES DE LA STATISTIQUE DE CHASSE DANS LES CANTONS ROMANDS ET TESSIN

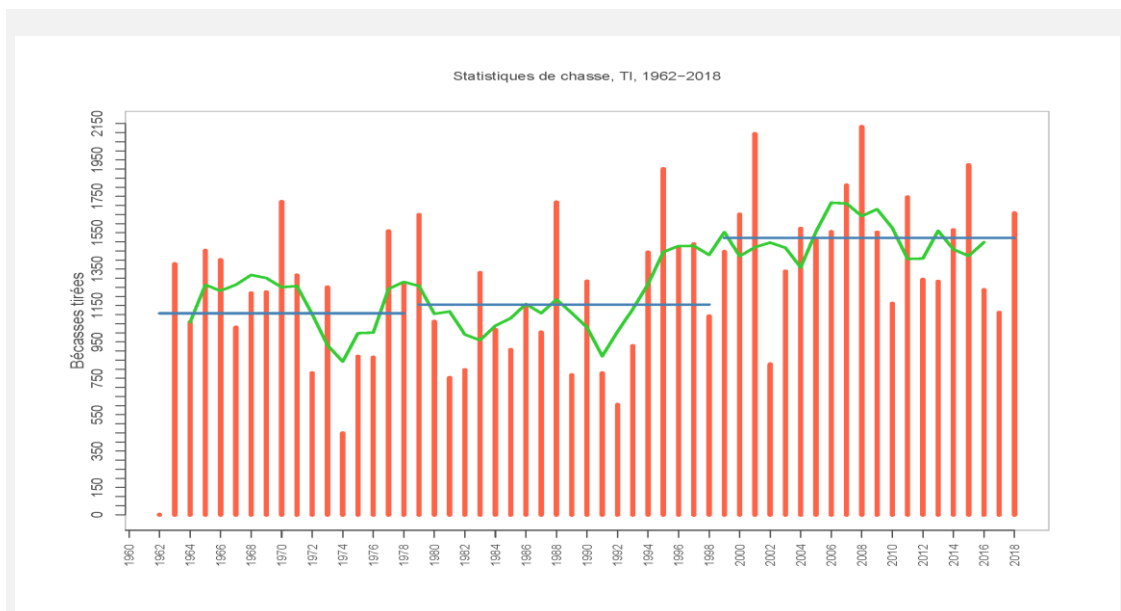


Figure 124: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois au Tessin 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne pondérée sur 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch

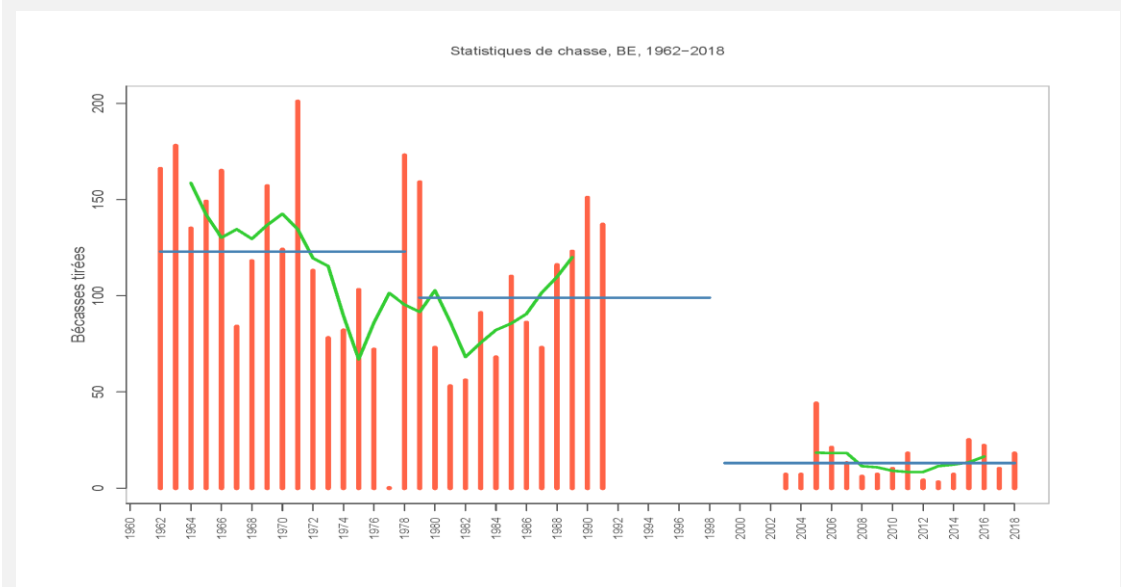


Figure 125: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Berne 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Moratoire de la chasse entre 1992 et 2002. Dès 2003 chasse uniquement dans le Jura Bernois. Source : www.jagdstatistik.ch

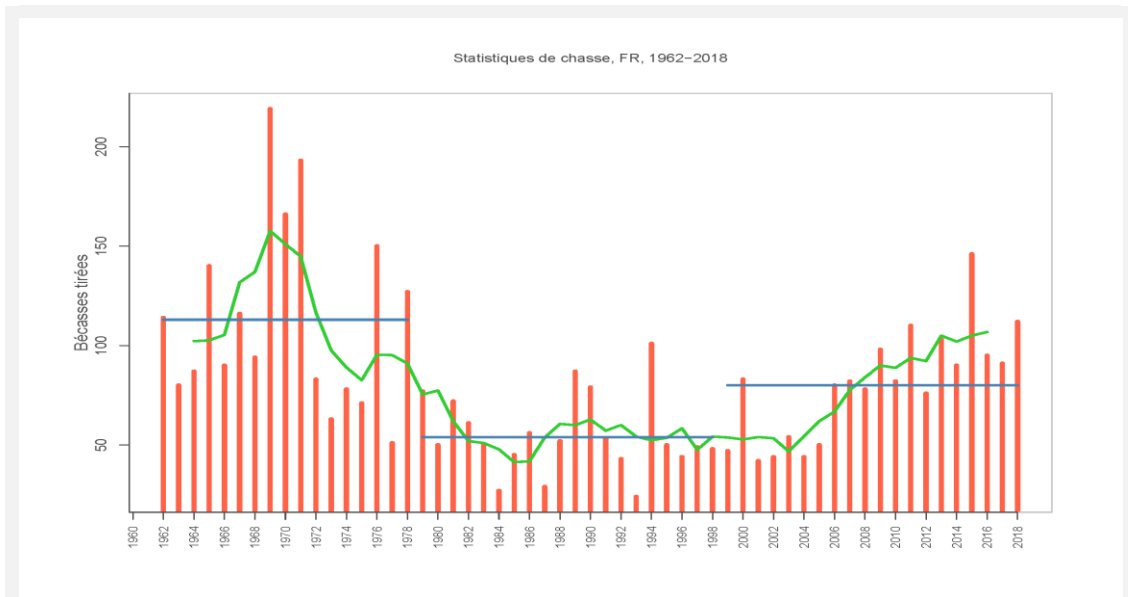


Figure 126: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Fribourg 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch

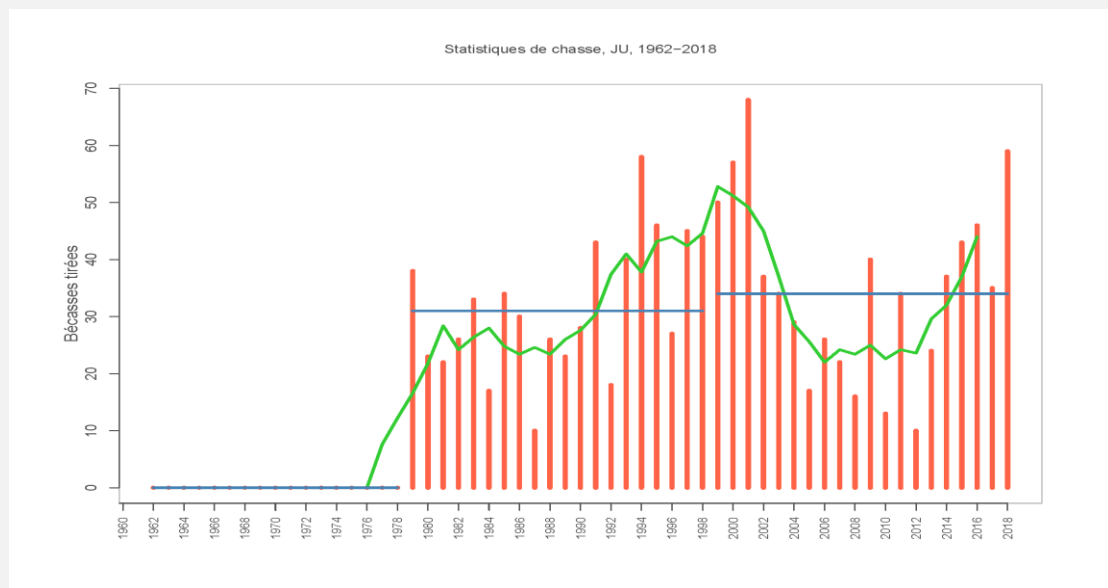


Figure 127: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton du Jura 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch

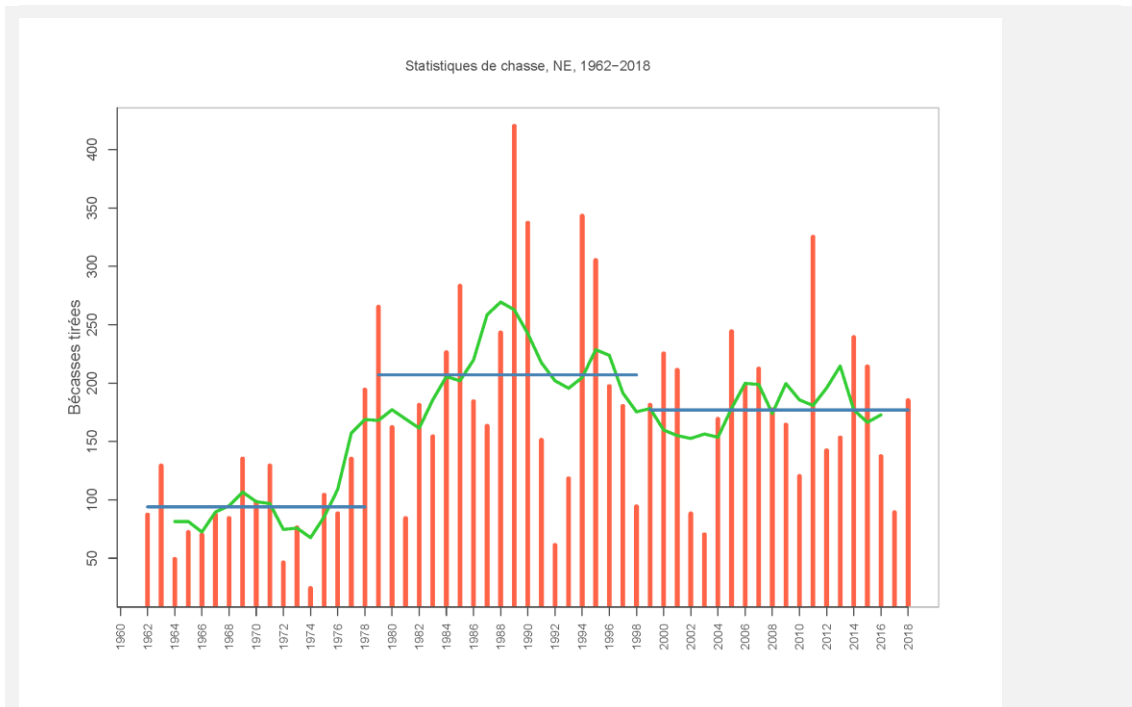


Figure 128: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Neuchâtel 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch

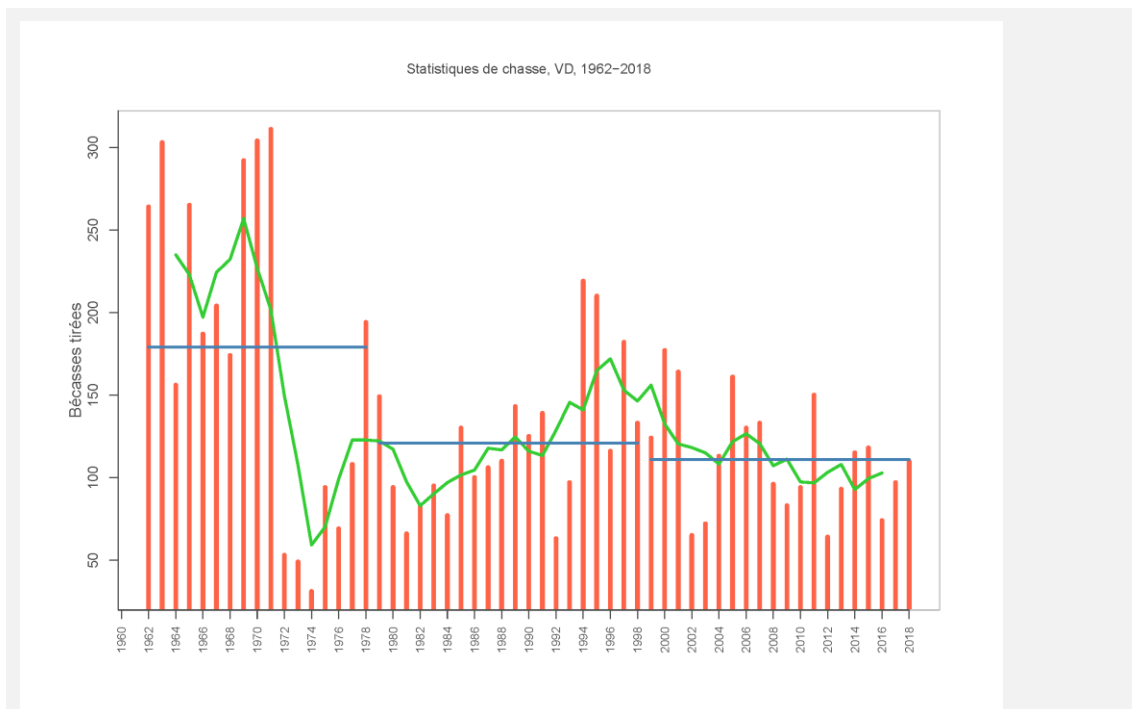
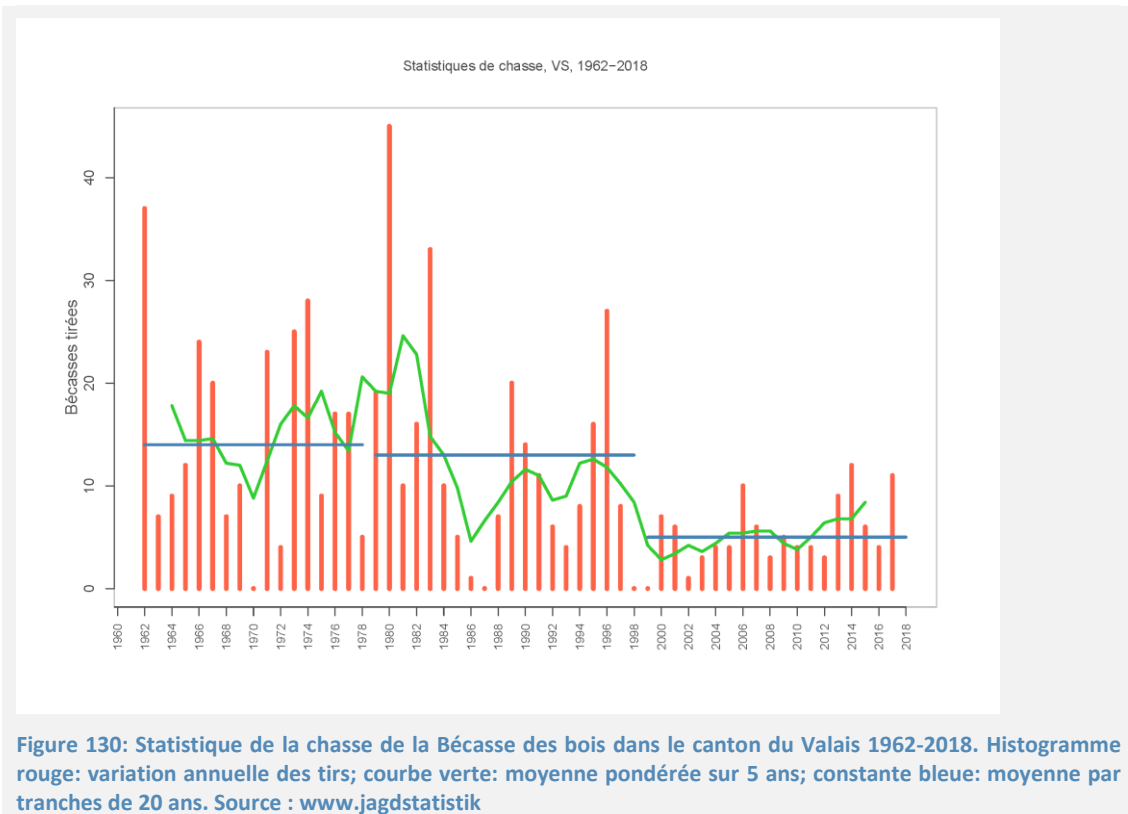


Figure 129: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Vaud 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch



LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1: variables environnementales influençant la distribution suisse de la Bécasse des bois (résolution 1 km ²). | 20 |
| Tableau 2: variables environnementales envisagées et retenues dans la modélisation. | 22 |
| Tableau 3: variables descriptives de l'habitat choisies et retenues dans le modèle avec leur influence : positive (+), négative (-) ; PT: Exigences des domaines vitaux ; UI: intensité d'utilisation ; voir annexe 3 pour plus de détails. | 30 |
| Tableau 4: Synthèse des caractéristiques de l'habitat de la Bécasse des bois en période de nidification. PT: présence de domaine vital ; UI: intensité d'utilisation ; Synthèse des résultats : +++ / --- influences positives / négatives très significatives; ++ / -- significatives ; + / - non significatives mais sensibles. | 43 |
| Tableau 5: Types comportementaux des bécasses suivies par télémétrie et leur liens aux déplacements pré- migratoires. | 47 |
| Tableau 6: Synthèse des estimations de surface des domaines vitaux des bécasses suivies par télémétrie dans le Jura valdo-neuchâtelois entre 2016 et 2018. | 56 |
| Tableau 7: Synthèse du baguage et des reprises entre le 8 mai 2015 et le 18 janvier 2020. | 76 |
| Tableau 8: Taux de recapture et de reprise (individus morts) estimés par le modèle Burnham avec deux sessions par an pour les bécasses baguées en fonction de l'âge. | 77 |
| Tableau 9: Tableau synthétique des oiseaux d'origine inconnue bagués et recapturés à l'automne. | 77 |
| Tableau 10: taux estimés de survie, de recapture et de reprise pour les bécasses marquées par session. | 82 |
| Tableau 11: Nombre d'échantillons de plumes de bécasses des bois prélevées à la chasse par canton et année en fonction de l'âge. | 90 |
| Tableau 12: Test U de Mann-Whitney sur les médianes des taux de Deutérium des échantillons de plumes provenant de l'Arc jurassien (p-value avec correction de Bonferroni). Gauche : juvéniles, droite : adultes. | 91 |
| Tableau 13: Nombres et pourcentages totaux des attributions des adultes indigènes (N=60) aux classes isotopiques déterminant les provenances probables (Figure 56). | 92 |
| Tableau 14: Nombres et pourcentages totaux des attributions des bécasses prélevés à la chasse (N=835) aux classes isotopiques déterminant les provenances probables (Figure 56). Pour chaque région de prélèvement, la classe isotopique dominante est mise en gras. Les classes avec 1 ou 2 individus ne sont pas représentées. | 96 |
| Tableau 15: Nombres et pourcentages totaux des attributions des juvéniles prélevés à la chasse (N=645) aux classes isotopiques déterminant les provenances probables (Figure 58). Pour chaque région de prélèvement, la classe isotopique dominante est mise en gras. Les classes avec 1 ou 2 individus ne sont pas représentées. | 98 |
| Tableau 16: Test U de Mann-Whitney sur les médianes des taux de Deutérium des échantillons de plumes des juvéniles prélevés à la chasse (p-value avec correction de Bonferroni) en fonction des provenances. Les Alpes centrales (Valais) ne sont pas retenues en raison du trop faible nombre d'échantillons. | 101 |
| Tableau 17: Nombres et pourcentages totaux des attributions des adultes prélevés à la chasse (N=190) aux classes isotopiques (Figure 58). En raison du faible nombre d'échantillons provenant du versant nord des Alpes [N=1] et des Alpes centrale [N=1], les trois régions alpines ont été rassemblées. Pour chaque région, la classe isotopique dominante est en gras. Les classes avec 1 ou 2 individus pour toute la Suisse ne sont pas représentées. | 102 |
| Tableau 18: Test U de Mann-Whitney sur les médianes des taux de Deutérium des échantillons de plumes d'adultes prélevés à la chasse (p-value avec correction de Bonferroni). Le versant nord des Alpes et les Alpes centrales (Valais) ne sont pas retenus ici en raison du trop faible nombre d'échantillons. | 105 |
| Tableau 19: Synthèse des altitudes [m] dans les Alpes auxquelles sont retrouvés les taux de Deutérium pluvial correspondant aux valeurs de la classe isotopique 6 déterminée pour les adultes et les jeunes bécasses prélevées à la chasse en Suisse. | 110 |
| Tableau 20: Illustration de quelques statistiques de chasses des années 1960 et 70 en Suisse. Jusqu'en 1978 le l'actuel canton du Jura était encore bernois. | 113 |
| Tableau 21: Périodes de chasse à la bécasse (en vert) selon les cantons pour l'année 2018. | 115 |
| Tableau 22: Évolution des PMA et des quotas "Bécasse" en Suisse pour les cantons ayant introduit ces outils de gestion. | 115 |



LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1: bas-filets installés dans une clairière..... | 12 |
| Figure 2: hauts-filet installés sur un site de croule..... | 12 |
| Figure 3: leurre mobile aidant à la capture de bécasses des bois. | 12 |
| Figure 4: nasse portative et phare utilisés pour la capture de bécasses des bois sur prairie. | 12 |
| Figure 5: Émetteur confectionné par la Station ornithologique..... | 13 |
| Figure 6: Région de l'étude éco-éthologique (secteur rouge) et tracé des vols en avion (en noir)..... | 14 |
| Figure 7: balise Argos avant la pose. | 15 |
| Figure 8: Bécasse équipée d'une balise Argos. | 15 |
| Figure 9: Carte de distribution de la Bécasse des bois entre 2013 et 2016, maille 10x10 km (Knaus, et al., 2018). | 18 |
| Figure 10: Carte de probabilité d'occurrence de la bécasse (Strebel, et al., 2018) | 19 |
| Figure 11: Emissions lumineuses en Suisse en 1992–1994 (à gauche) et 2010–2012 (à droite) sur la base d'images satellite. Les pixels représentent les valeurs moyennes sur trois ans dans une fenêtre mobile de 90 × 90 secondes d'arc. La carte a été projetée sur le système de coordonnées suisse et convertie en une taille de pixel de 1 km ² . les émissions lumineuses dirigées ou reflétées vers le haut ont plus que doublé. Elles se sont renforcées en particulier dans les zones d'agglomération, mais l'obscurité recule aussi dans les régions périphériques (source : (Kienast, et al., 2013; Rey L., et al., 2017))..... | 21 |
| Figure 12: Préviation spatiale de l'adéquation de l'habitat pour la bécasse dans la région biogéographique du Jura (à l'exclusion de Randen, SH) à des résolutions spatiales (échelles) de 500 m (A) et 1000 m (B). Les points rouges en (B) indiquent les endroits où la bécasse a été détectée et qui ont été utilisés pour la modélisation. La préviation a été effectuée uniquement pour les zones (cellules de la grille) ayant une couverture forestière d'au moins 33 %. Les enregistrements d'espèces dans la région d'Unterberg-Bettlachstock ne sont que modérément prédits par le modèle | 24 |
| Figure 13: Influence relative des différentes variables aux 3 résolutions retenues (1ha en bleu, 25 ha en orange foncé, 1 km ² en olive). | 25 |
| Figure 14: Courbes de réponse de la bécasse des bois aux variables explicatives. | 25 |
| Figure 15: mouvements de la femelle suivie entre avril et septembre 2018. Les secteurs bleus identifient les massifs forestiers utilisés. L'étoile rouge localise le site de capture. Les points rouges localisent les tentatives de nidification. Les flèches orange illustrent les déplacements entre les secteurs aux dates indiquées. | 37 |
| Figure 16: 1 ^{er} nid détruit par un mustélidé. | 38 |
| Figure 17: Œufs charriés hors du deuxième nid lors d'un épisode orageux. | 38 |
| Figure 18: Femelle en train de couvrir dans une clairière forestière. La flèche permet de localiser la femelle. | 38 |
| Figure 19: Distances aux lisières, chemins non carrossables et sentiers et routes pour les onze nids et 3 nichées documentés en Suisse romande et France voisine. | 41 |
| Figure 20: Orientation du terrain où étaient localisés les onze nids annoncés. | 41 |
| Figure 21: proportion de nids par classe de pente (N=11). | 41 |
| Figure 22: Proportion de nids par classe de taux d'humidité du sol (N=9). | 41 |
| Figure 23: Proportion de nids par classe de couverture herbacée (N=9). | 41 |
| Figure 24: Illustration du contexte forestier de 6 des 10 nids documentés durant le projet. Le poteau blanc (parfois identifié au moyen d'une flèche orange) localise l'emplacement exact de chaque nid..... | 42 |
| Figure 25: Localisations des sites de captures des oiseaux indigènes équipés de balise Argos (bleu foncé) ou d'émetteurs VHF (beige) entre 2016 et 2018. Les ronds bicolores indiquent les sites où ont été posés à la fois des balises Argos et des émetteurs VHF. | 45 |
| Figure 26: Illustration schématique des deux types de comportement de la bécasse des bois. Les graphiques de gauche représentent la distribution spatiale des localisations et ceux de droite la succession temporelle des localisations. Les phases de comportement sédentaire sont caractérisées par des plateaux sur le graphique temporel. En-haut, le mâle | |

adulte K74000 suivi en 2016 présente un comportement de type « sédentaire » avec un rayon d'action court (~1km) sur l'ensemble du suivi. Au milieu, le mâle K122046 suivi en 2018 de type « sédentaire » mais avec un changement de remise durant la période prémigratoire. En bas le mâle adulte K115164 suivi en 2017 et 2018 présente un comportement de type « mobile » avec plusieurs secteurs de remise diurne et une alternance entre ceux-ci. 48

Figure 27: déplacements de quatre bécasses suivies par VHF au printemps 2018 : K115155 (vert foncé) [1] 27 mars [2] 10 avril [3] 12 avril et [4] 16 avril ; K115164 (rouge et blanc) [1] 12 mars [2] 16 avril. K116303 (vert et violet) [1] 26 mars [2] 28 mars. K116307 (violet et blanc) [1] 28 mars et [2] 16 avril. Fond : OpenStreetMap 50

Figure 28: Déplacements durant les mois de mars et avril de sept oiseaux équipés de balises Argos entre 2016 et 2018. Les déplacements transfrontaliers sont bien visibles. Chaque couleur identifie une bécasse. Fond : OpenStreetMap 50

Figure 29: Déplacements du mâle K122029 durant la coule 2018. En bleu les secteurs occupés de jour. Les flèches colorées illustrent les déplacements entre ses sites de coule. Fond : Swisstopo..... 51

Figure 30: Déplacement à longue distance effectué par le mâle adulte K115151 durant la coule 2018. 52

Figure 31: Déplacements le long de l'Arc jurassien de deux mâles équipés d'émetteurs VHF en 2018. 52

Figure 32: déplacements des jeunes oiseaux. En-haut, ceux de 2016. En-bas, ceux de 2018. Fonds : Swisstopo..... 53

Figure 33: Exemple de changement de remises entre la période de reproduction et la période automnale. Remises diurnes des bécasses K118500 (en vert & rouge) et K115185 (en rose) au printemps et en été (à gauche) et en automne (à droite). Fond : Swisstopo 54

Figure 34: déplacements automnaux (septembre à mi-décembre) dans le Jura de 21 bécasses indigènes équipées de balises Argos entre 2016 et 2018. Chaque couleur identifie un oiseau. Fond : OpenStreetMap 55

Figure 35: Mouvements automnaux de trois bécasses suivies par télémétrie en 2018. Fond : OpenStreetMap 55

Figure 36: relation des domaines vitaux des 28 oiseaux pour lesquels un domaine vital a pu être modélisé pour la période de reproduction. Les polygones convexes minimaux MCP 95% des différents oiseaux sont illustrés par les polygones vides. Les modèles Kernel 95% sont identifiés par les polygones colorés. La sélection du 95 % des données par oiseau pour créer les polygones entraîne des différences entre les MCP et les Kernels. 56

Figure 37: parcours nocturnes effectués pour le suivi de la migration et pour la caractérisation des prairies. 60

Figure 38: Sélection des 10 points de relevé habitat prairial. Traitillé : parcours de référence; surface violette : tampon de 200 m autour du parcours de référence; surfaces roses : tampon de 25 m autour des points de capture de bécasses des bois en 2016 et 2017; points noirs : points « présence »; points blancs : points « absence ». 60

Figure 39: Influence de différentes variables sur l'utilisation d'herbages par la Bécasse des bois : a) pâture (p -value < 0.01) ; b) ensemencement (p -value < 0.01) ; c) hersage (p -value < 0.1) ; d) girobroyage (p -value < 0.1) ; e) irrégularité du sol (p -value < 0.1) ; f) distance à la lisière. 62

Figure 40: Moyennes cumulées des présences automnales et des départs en migration des bécasses équipées de balises Argos et d'émetteurs VHF entre 2016 et 2018 comparées comptages nocturnes effectués sur les prairies et pâturages d'altitude..... 65

Figure 41: Identification des voies migratoires automnales entre 2016 et 2019 pour les Bécasses indigènes équipées de balises Argos entre 2016 et 2018 et localisation des sites d'hivernage (rond) pour les trois bécasses indigènes prélevées à la chasse durant la saison hivernale (mi-décembre – janvier)..... 66

Figure 42: Déplacements pré-migratoires tardifs pour le jeune mâle K115182 en 2016. 67

Figure 43: Rémiges primaires 2 et 3 en pousse (flèche rouge), en fourreau (flèche bleue) chez la bécasse adulte K116325 le 28 septembre 2017. 71

Figure 44: Flèche bleue rectrice centrale en pousse en fourreau chez la bécasse adulte K116325 le 28 septembre 2017. 72

Figure 45: Flèche rouge mue active des couvertures secondaires chez la jeune bécasse K116322 le 22 septembre 2017. 72

Figure 46: Modèle de Captures-Marquage-Recapture CMR Burnham. a) zones de provenance des individus retenus pour l'analyse : zone d'échantillonnage des individus vivants correspond à la zone d'étude du projet et la zone de prélèvement des individus morts correspond à l'ensemble des informations de chasse et de mortalité qui ont été rapportées ; b) principe théorique du modèle mathématique..... 73

Figure 47: Provenance des 409 bécasses baguées entre 2015 et 2018 classées par âges..... 74

| | |
|--|----|
| Figure 48: Chronologie du baguage..... | 75 |
| Figure 49: Reprises ou contrôles des 132 bécasses identifiées dans le cadre du projet pour lesquelles une information de reprise a été transmise (rouge : indigènes ; orange : inconnues ; vert : allochtones)..... | 78 |
| Figure 50: Reprises pour les 35 bécasses prélevées à la chasse ou prédatées dans un rayon de 50 km autour de la zone d'étude (rouge : indigènes ; orange : inconnues). Les ronds localisent les sites de baguage, les étoiles les lieux de tir et les croix les lieux de prédation..... | 78 |
| Figure 51: Chronologie des prédatations [N=12]..... | 79 |
| Figure 52: Restes du mâle K122032 retrouvés à la Vallée de Joux..... | 79 |
| Figure 53: Nombre de bécasses prélevées par classe de distance [km] (inconnues N=64; indigènes N=14)..... | 80 |
| Figure 54: Pourcentage des prélèvements à la chasse en fonction du mois et du lieu de prélèvement pour les 79 bécasses tirées..... | 80 |
| Figure 55: Pourcentage des prélèvements à la chasse en fonction du mois et du lieu de prélèvement pour les 14 bécasses indigènes..... | 81 |
| Figure 56: Prélèvements par classes d'âge [N=79]..... | 81 |
| Figure 57: Proportion mensuelle des tirs de bécasses baguées par classes d'âge [N=78]. La bécasse tirée à la croûle en Russie a été exclue..... | 81 |
| Figure 58: Carte combinée pour les mois d'avril à septembre des taux de deutérium $\delta^2\text{H}$ pour l'Europe. Les courbes de niveau isotopiques correspondant aux valeurs centrales des classes isotopiques (2 à 12) sont illustrées. En vignette, zoom sur les Alpes. Le gradient très marqué y est bien visible. Source : Bowen, et al., 2005..... | 88 |
| Figure 59: Carte de la couverture forestière en Europe. Source: European Forest Institute https://efi.int/ | 88 |
| Figure 60: Variabilité des taux de Deutérium dans les échantillons de plume des adultes en fonction du type de prélèvement pour l'arc jurassien..... | 91 |
| Figure 61: Variabilité des taux de Deutérium dans les échantillons de plume des juvéniles en fonction du type de prélèvement pour l'arc jurassien..... | 91 |
| Figure 62: Distribution graphique des proportions d'adultes indigènes attribués aux différentes classes isotopiques et courbe cumulée..... | 92 |
| Figure 63: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes indépendamment des classes isotopiques. La moitié de taux de deutérium relevés chez les oiseaux indigènes sont équivalent à ceux trouvés dans ces régions. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable)..... | 92 |
| Figure 64: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 3..... | 93 |
| Figure 65: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 4..... | 93 |
| Figure 66: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 5..... | 93 |
| Figure 67: Carte de distribution des probabilités cumulées des taux de deutérium équivalent aux adultes indigènes attribués à la classe isotopique 6..... | 93 |
| Figure 68: Distribution graphique des proportions des bécasses prélevées à la chasse attribuées aux classes isotopiques et courbe cumulée (N=835)..... | 95 |
| Figure 69: Carte des probabilités de provenance des bécasses prélevées à la chasse indépendamment des classes isotopiques et des régions de prélèvement. 416 (50 %) oiseaux sont assignés à cette région. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable)..... | 95 |
| Figure 70: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 7 (N=192)..... | 96 |
| Figure 71: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 5 (N=63)..... | 97 |
| Figure 72: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 6 (N=148)..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| Figure 73: Carte des probabilités de provenance des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien indépendamment des classes isotopiques. 108 (53 %) oiseaux sont assignés à cette région (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable). | 97 |
| Figure 74: Carte des probabilités de provenance des bécasses prélevées à la chasse au Tessin indépendamment des classes isotopiques. 249 (50 %) oiseaux sont assignés à cette région (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable). | 97 |
| Figure 75: Distribution graphique des proportions de juvéniles attribués aux classes isotopiques et courbe cumulée. | 99 |
| Figure 76: Carte des probabilités de provenance des juvéniles prélevés à la chasse indépendamment des classes isotopiques et des régions de prélèvement. 50 % des oiseaux sont assignés à cette région. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable) | 99 |
| Figure 77: Carte des probabilités cumulées des provenances des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 7..... | 100 |
| Figure 78: Carte des probabilités cumulées des provenances des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 5..... | 100 |
| Figure 79: Carte des probabilités cumulées des provenances des juvéniles prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 6..... | 100 |
| Figure 80: Taux de Deutérium mesuré dans les plumes de bécasses juvéniles prélevées à la chasse dans les différentes régions de Suisse. | 101 |
| Figure 81: Distribution graphique des proportions d'adultes prélevés à la chasse attribués aux classes isotopiques (bins) et courbe cumulée. | 103 |
| Figure 82: Carte des probabilités de provenance des adultes prélevés à la chasse indépendamment des classes isotopiques et des régions de prélèvement. 50 % des oiseaux sont assignés à cette région. (0=origine peu probable, 1= origine la plus probable) | 103 |
| Figure 83: Carte de probabilité cumulée des provenances des adultes prélevés à la chasse attribués à la classe 10 (0= origine peu probable, 1= origine la plus probable). | 104 |
| Figure 84: Carte des probabilités cumulées des provenances des adultes prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 5..... | 104 |
| Figure 85: Carte des probabilités cumulées des provenances des adultes prélevés à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 6..... | 104 |
| Figure 86 (à gauche): Taux de Deutérium mesuré dans les plumes de bécasses adultes prélevées à la chasse dans les différentes régions de Suisse. Avec une seule donnée à chaque fois, les régions du versant nord des Alpes et des Alpes centrales ne sont pas représentées. | 105 |
| Figure 87: Variation des taux d'azote dans les échantillons de plumes des bécasses adultes en fonction des régions de prélèvement à la chasse en comparaison des bécasses indigènes. Avec une seule donnée à chaque fois, les régions du versant nord des Alpes et des Alpes centrales ne sont pas représentées ici. * : p-value <0.05 ; *** p-value < 0.0001 | 106 |
| Figure 88: Analyse en composante principale des échantillons de plumes des bécasses adultes en fonction des taux de Deutérium et d'Azote. Les différents groupes sont identifiés ainsi que leurs ellipses de confiance : ronds rouges = indigènes (61), ronds gris = captures dont l'origine est inconnue (58), croix jaunes = prélèvements Jura, croix bleues = prélèvements Plateau, croix vertes = prélèvement versant sud des Alpes. Les centroïdes des ellipses sont identifiés par les chiffres rouge : 0 = indigènes, -1 = capture indéterminées, 1 = Jura, 2 = Plateau, 6 = Versant sud des Alpes. | 107 |
| Figure 89: Nombre de kilomètres carrés occupés par la bécasse des bois dans les Alpes suisses par tranche d'altitude durant la période de nidification (soit du 15 mars au 15 juillet) entre 2000 et 2019. source: www.ornitho.ch | 110 |
| Figure 90: Pourcentages annuels des prélèvements de bécasses par canton. | 113 |
| Figure 91: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois en Suisse, synthèse nationale 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne pondérée sur 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 114 |
| Figure 92: Moyennes cumulées des présences automnales (et des départs en migration des bécasses équipées de balises Argos et d'émetteurs VHF entre 2016 et 2018 comparées aux prélèvements moyens journaliers..... | 115 |

| | |
|--|-----|
| Figure 93: Chronologie saisonnière des prélèvements de bécasses des bois entre 2009 et 2018 | 116 |
| Figure 94: indice de prélèvement journalier basé sur le nombre total annuel de bécasses prélevées divisé par le nombre de jours où la chasse est ouverte dans le canton concerné. | 116 |
| Figure 95: Nombre moyen de bécasses prélevées par chasseur et par an dans les cantons de Neuchâtel et Vaud. Sources: Service Faune, Forêts et Nature du canton de Neuchâtel et Direction générale de l'environnement du canton de Vaud | 118 |
| Figure 96: Nombre d'année que chaque chasseur a consacré à la chasse à la bécasse dans le canton de Vaud entre 2011 et 2018 [N=89]. Source: Direction générale de l'environnement du canton de Vaud..... | 118 |
| Figure 97 : représentation graphique des statistiques des prélèvements de bécasses par chasseur pour les cantons de Neuchâtel (2016-2018) et de Vaud (2011-2018). Sources: Service Faune, Forêts et Nature du canton de Neuchâtel et Direction générale de l'environnement du canton de Vaud | 118 |
| Figure 98: Distribution des effectifs de chasseurs en fonction du nombre de bécasses prélevées. | 118 |
| Figure 99: Distribution altitudinale des prélèvements à la chasse pour les cantons de Fribourg, Neuchâtel et Vaud entre 2009 et 2018..... | 119 |
| Figure 100: Evolution de l'altitude de prélèvement des bécasses au cours de la saison de chasse pour les cantons de Fribourg (2004 à 2018), Neuchâtel (2007 à 2018) et Vaud (2008 à 2018). | 119 |
| Figure 101: Nombre d'observations hivernales de bécasses des bois en Suisse. Source: www.ornitho.ch..... | 122 |
| Figure 102: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 3..... | 154 |
| Figure 103: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 4..... | 154 |
| Figure 104: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 8..... | 154 |
| Figure 105: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 9..... | 154 |
| Figure 106: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 10..... | 154 |
| Figure 107: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse en Suisse attribués à la classe isotopique 11..... | 154 |
| Figure 108: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 3. | 155 |
| Figure 109: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 4. | 155 |
| Figure 110: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 5. | 155 |
| Figure 111: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 6. | 155 |
| Figure 112: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 7. | 155 |
| Figure 113: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 8. | 155 |
| Figure 114: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 9. | 156 |
| Figure 115: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse sur l'arc jurassien attribuées à la classe isotopique 10. | 156 |
| Figure 116: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 3..... | 157 |

| | |
|--|-----|
| Figure 117: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 4. | 157 |
| Figure 118: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 5. | 157 |
| Figure 119: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 6. | 157 |
| Figure 120: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 7. | 157 |
| Figure 121: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 8. | 157 |
| Figure 122: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 9. | 158 |
| Figure 123: Carte des probabilités cumulées des provenances des bécasses prélevées à la chasse au Tessin attribuées à la classe isotopique 10. | 158 |
| Figure 124: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois au Tessin 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne pondérée sur 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 159 |
| Figure 125: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Berne 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Moratoire de la chasse entre 1992 et 2002. Dès 2003 chasse uniquement dans le Jura Bernois Source : www.jagdstatistik.ch | 159 |
| Figure 126: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Fribourg 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 160 |
| Figure 127: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton du Jura 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 160 |
| Figure 128: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Neuchâtel 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 161 |
| Figure 129: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton de Vaud 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 161 |
| Figure 130: Statistique de la chasse de la Bécasse des bois dans le canton du Valais 1962-2018. Histogramme rouge: variation annuelle des tirs; courbe verte: moyenne pondérée sur 5 ans; constante bleue: moyenne par tranches de 20 ans. Source : www.jagdstatistik.ch | 162 |