

Travail de Bachelor

Compétition entre chouette de Tengmalm et chouette hulotte : Modélisation temporelle sur le territoire suisse

Cistac Jonathan

Sous la direction du Prof. Antoine Guisan
Et du Dr. Jean-Nicolas Pradervand



Figure1 :
<https://master.salamandre.net/media/21610/chouette-de-tengmalm-1800x1195.jpg>

Résumé :

La chouette hulotte et la chouette de Tengmalm sont des espèces forestières de nos contrées. Elles dépendent des mêmes ressources et en cas de coprésence sont sujettes à une compétition pouvant amener à l'exclusion de la Tengmalm. Avec le réchauffement climatique, la chouette hulotte pourrait rencontrer plus fréquemment la Tengmalm dans les zones d'altitude et donc augmenter la pression écologique sur sa concurrente. Ce travail cherche donc à modéliser la distribution de ces deux espèces pour les périodes 1993-1996 et 2013-2016 afin d'observer leur évolution dans le temps et de quantifier l'impact de cette compétition interspécifique sur les populations de chouette de Tengmalm.

Les résultats obtenus sont mitigés et ne permettent pas de visualiser l'influence de la chouette hulotte sur la Tengmalm. La valeur prédictive des modèles reste également discutable. Néanmoins cette étude ouvre des approches et méthodes de modélisation qui permettraient d'approfondir les connaissances sur ce sujet.

Table des matières

Remerciements	1
Introduction.....	2
1. Démarche méthodologique.....	3
1.1 Espèces étudiées	3
1.1.1 Chouette de Tengmalm (<i>Aegolius funereus</i>).....	3
1.1.2 Chouette hulotte (<i>Strix Aluco</i>)	4
1.1.3 Pic noir (<i>Dryocopus martius</i>)	4
1.2 Zone d'étude	5
1.3 Acquisition des données.....	5
1.4 Traitement des données.....	6
1.5 Création de pseudo-absences.....	6
1.6 Choix des variables	6
1.6.1 Variables climatiques	7
1.6.2 LandCover.....	7
1.6.3 Altitude	8
1.7 Traitement des variables	8
1.8 Modalités des modèles.....	8
2. Résultats.....	9
2.1 <i>Strix Aluco</i>	9
2.2 <i>Aegolius funerus</i>	11
3. Discussion	13
Perspectives pour une étude approfondie	13
Conclusion.....	15
Bibliographie.....	17

Remerciements

Je souhaite remercier Antoine Guisan et Jean-Nicolas Pradervand qui ont supervisé mon travail et se sont montrés enthousiastes par ce sujet tout en m'aiguillant et m'apportant de précieux conseils.

J'aimerais exprimer toute ma gratitude à Olivier Brönnimann pour sa patience et ses explications précieuses grâce auxquelles j'ai commencé à comprendre les subtilités de la modélisation écologique et la maîtrise de ses outils.

Je suis aussi reconnaissant à Yves Menetrey et Alexandre Roulin pour leur temps et pour m'avoir apporté leur expertise personnelle.

Je tiens à remercier également toute l'équipe de la Vogelwarte, et particulièrement Thomas Sattler et Hans Schmid qui m'ont fourni les données des espèces, ainsi que Jérôme Guélat et Samuel Wechsler qui m'ont transmis de nombreuses informations.

Introduction

La chouette de Tengmalm, ou nyctale de Tengmalm, est un petit rapace nocturne adepte des forêts froides. Originaires des régions boréales, cette espèce est une « relique glaciaire » qui est restée dans les régions au climat froid en Europe à la fin de la dernière glaciation (Korpimäki., 2012). Elle affectionne les futaies de conifères, mais s'adapte aussi aux forêts mixtes et aux hêtraies. On la retrouve en Suisse dans les massifs du Jura, des Préalpes et des Alpes, en règle générale à des altitudes comprises entre 1000 et 1900 mètres (Vogelwarte).

La nyctale côtoie une autre chouette, plus commune dans nos régions, la chouette hulotte. Celle-ci vit généralement à des altitudes plus basses, dans des forêts de feuillus ou bocages. Elle est néanmoins assez généraliste et arrive à s'implanter dans des milieux variés (LPO., 2012).

Lors de la présence de ces deux espèces sur le même territoire, la compétition en nourriture et en sites de reproduction est rude. En effet, elles consomment toutes les deux principalement des micromammifères et utilisent les cavités naturelles ou les anciens trous de pics noirs pour nicher (Theodor Mebs., 2006). En période de faible concentration de proies, la nyctale est souvent évincée face à la chouette hulotte, plus grande et très territoriale (Ravussin., 2015). L'alimentation plus généraliste de celle-ci lui permet également de mieux supporter les fluctuations des populations de micromammifères (Kajtoch, Zmihorski, et Wieczorek., 2015).

La chouette hulotte est cantonnée à des altitudes plus basses car elle supporte avec difficulté les températures extrêmes lors des hivers rigoureux (Theodor Mebs., 2006). Cependant dans le contexte du changement climatique et l'adoucissement des températures dans nos régions (MétéoSuisse), la chouette hulotte arrive à se maintenir à des altitudes où elle était auparavant absente (Ravussin., 2015).

Avec l'augmentation de la pression exercée par la chouette hulotte, les territoires de la chouette de Tengmalm pourraient potentiellement se réduire (Ravussin et al., 2015).

La modélisation des habitats favorables à ces deux espèces, et leur évolution dans le temps, s'avère intéressante afin de visualiser à la fois les tendances générales et l'impact de la chouette hulotte sur la nyctale de Tengmalm. La réalisation des modèles des deux espèces se base sur les données des Atlas de la station Ornithologique Suisse de 1993-1996 et 2013-2016. Les projections des modèles des deux chouettes, espacées d'une période de 20 ans, sont à même de présenter les modifications des conditions environnementales et de leur potentielle distribution sur le territoire suisse.

Les modèles sont produits avec le logiciel R (CRAN) et à l'aide du « package » Biomod2. Ce « package » permet de modéliser les distributions d'espèces avec plusieurs techniques et offre une large gamme d'approches pour tester les modèles et la réponse des variables prédictives (Thuiller., 2010).

La présence du pic noir est une variable importante du fait de l'utilisation de ses anciennes cavités par les deux espèces de chouettes. Une modélisation de la distribution de cette espèce s'est avérée être un prérequis à la modélisation de la Tengmalm et la hulotte.

Ce travail vise donc à modéliser à deux échelles temporelles la distribution du pic noir, de la chouette hulotte et de la chouette de Tengmalm sur le territoire suisse. Une analyse de l'évolution de territoires des deux chouettes est aussi requise afin de

visualiser l'impact de la compétition interspécifique sur la chouette de Tengmalm. Enfin d'autres approches sont proposées pour améliorer les analyses sur ce sujet.

1. Démarche méthodologique

1.1 Espèces étudiées

1.1.1 Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*)

a) Habitat

La chouette de Tengmalm s'installe surtout dans les forêts mixtes, mais peu s'adapter aux boisements composés exclusivement de résineux en altitude, ou de feuillus à des étages de végétation plus bas. Elle affectionne les pessières et les hêtraies d'altitudes. En Suisse on la retrouve à des altitudes comprises entre 1000 et 1900 mètres. Sa présence va être influencée par plusieurs facteurs : l'existence de zones de forêt denses, où elle pourra trouver des reposoirs pour la journée ; des sous-bois clairsemés et éparses qui lui serviront de domaine de chasse ; et des cavités de pic, principalement celles de pics noirs, pour établir son nid (INPN., 2012).

De ce fait elle est souvent associée à la présence des pics noirs et des vieilles futaies. Elle adopte également volontiers les nichoirs artificiels et peut donc se retrouver dans des formations forestières différentes (Korpimäki., 2012).

b) Régime alimentaire

Son régime alimentaire se compose quasi-exclusivement de micromammifères, tel que les campagnols, mulots et musaraignes. En cas de faible abondance de proie, elle peut également chasser de petits oiseaux (INPN., 2012).

c) Reproduction

La reproduction de la chouette de Tengmalm débute dès février avec le chant des mâles. La nidification s'échelonne de mars à juin avec des variations selon l'altitude, étant plus tardive pour les altitudes les plus élevées (INPN., 2012). La chouette de Tengmalm niche principalement dans des cavités de pic noir désertées mais affectionne également les cavités naturelles.

La couvaison dure environ un mois. Les jeunes sont ensuite nourris par les parents jusqu'à la dislocation de la famille dix semaines plus tard (Theodor Mebs., 2006).

La chouette de Tengmalm mise sur une stratégie de reproduction optimale lors des périodes d'abondance de microrongeurs et inversement une faible reproduction en cas de faible population de micromammifères (INPN., 2012). Ayant une bonne tolérance intraspécifique, il arrive de trouver de fortes concentrations de couples nicheurs de Tengmalm. Cette espèce de chouette est partiellement sédentaire avec de nombreux mouvements de population selon les fluctuations de proies. Des écarts d'effectifs élevés, pour une région, peuvent donc survenir selon les années (RAVUSSIN et al., 2013).

1.1.2 Chouette hulotte (*Strix Aluco*)

a) Habitat

La chouette hulotte est une espèce principalement forestière. On la retrouve dans les zones boisées de plaine et de basse à moyenne montagne (LPO., 2012). Elle apprécie les vieilles formations forestières de feuillus ou mixtes mais également les zones semi-boisées de bocages et de haies (LPO., 2012). C'est une espèce très généraliste qui s'adapte à des environnements variés. Il arrive de la trouver dans des régions urbaines où elle élit domicile dans les parcs et jardins (Dubois., 2000).

Sa grande capacité d'adaptation en fait une espèce sédentaire, la dispersion des jeunes s'effectuant sur seulement quelques kilomètres (Cuisin., 2005).

b) Régime alimentaire

La chouette hulotte a un régime alimentaire assez varié et se nourrit de ce que le milieu lui offre. Elle consomme principalement des micromammifères mais chasse aussi des passereaux, batraciens et insectes (Roulin et al., 2008).

c) Reproduction

La hulotte se sert généralement des cavités naturelles dans de vieux arbres ou celles creusées par des pics noirs pour nicher, mais peut également établir son nid dans de vieilles granges, greniers et mêmes dans d'anciens nids de corvidés ou de buses (CUISIN 2005). La reproduction débute en mars. Les jeunes éclosent au bout d'un mois de couvaison et sont nourris jusqu'à leur envol, à l'âge de trois mois (Theodor Mebs., 2006).

1.1.3 Pic noir (*Dryocopus martius*)

a) Habitat

Le pic noir fréquente autant les forêts de tailles conséquentes de feuillus que de conifères. Il affectionne également les vieux boisements avec des arbres de large diamètre et de bois morts en abondance. C'est une espèce sédentaire, mais les jeunes peuvent s'installer à plusieurs dizaines de kilomètres de leur lieu de naissance (Bocca et al., 2007).

b) Régime alimentaire

Le pic noir se nourrit principalement de fourmis et de coléoptères qu'il atteint en creusant des cavités dans d'arbres morts ou en grattant sous l'écorce. Il complète son alimentation par des baies et graines (INPN., 2012).

c) Reproduction

Le pic noir creuse une cavité à distance des branches et du sol dans un arbre sain. L'arbre doit avoir un diamètre suffisant (environ 1m30) pour résister à la cavité creusée. La parade nuptiale débute en janvier et dure environ deux mois (INPN., 2012). La ponte a lieu fin-mars début-mai, les jeunes sont ensuite nourris au nid jusqu'à leur départ à l'âge de trente jours.

Le pic noir peut être fidèle à son nid pendant plusieurs années (INPN., 2012).

1.2 Zone d'étude

Ce travail est basé sur des données provenant de l'ensemble du territoire suisse. Avec le fort relief et grandes différences d'altitude, on retrouve tous les étages de végétation relatifs à l'Europe centrale (infoflora.ch).

1.3 Acquisition des données

Les données des espèces ont été obtenues auprès de la Station Ornithologique Suisse. Elles ont une précision de l'ordre du kilomètre carré. Les jeux de données, des périodes 1993 à 1996 et 2013 à 2016, sont ceux utilisés afin de comparer la distribution temporelle de les chouettes hulotte et de Tengmalm.

La majorité des données proviennent de l'Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse. Le but de l'Atlas est de décrire la distribution et la densité des populations d'oiseaux nicheurs de Suisse et du Lichtenstein. Il comprend plusieurs jeux de données des périodes 1950-1959, 1972-1976, 1993-1996 et 2013-2016 (Vogelwarte). Pendant chacune de ces périodes, des relevés sont effectués sur l'ensemble du territoire suisse (sauf pour l'Atlas de 1959 qui est une reconstitution historique des distributions de cent espèces d'oiseaux nicheurs). Les Atlas sont découpés en carrés atlas de 10km x 10km, pour lesquels est établie une liste des espèces nicheuses. Pour les périodes 1993-1996 et 2013-2016, une cartographie simplifiée de la distribution est également effectuée dans cinq carrés kilométriques à l'intérieur de chaque carré atlas. Les carrés kilométriques sont choisis pour être les plus représentatifs des différents types d'habitat de chaque carré atlas. Ils se situent également dans des zones accessibles et praticables pour les bénévoles qui effectuent le recensement (Vogelwarte).

La cartographie des espèces à l'intérieur des carrés kilométriques suit les méthodes du projet MONIR (Monitoring des oiseaux nicheurs répandus). Les recensements se font au printemps, mais les dates varient selon l'altitude des carrés kilométriques. Pour les zones en-dessous de 1200m, la période de recensement commence en avril et finit à mi-juin. Entre 1200m et la limite des forêts, elle débute fin avril et finit début juillet. En-dessus de la limite des forêts, il faut attendre la fonte suffisante du manteau neigeux pour commencer et finir également début juillet. Trois passages par carré kilométrique sont nécessaires pour valider une présence, deux si le carré se situe en-dessus de la limite des forêts ; chaque passage devant être espacé d'un intervalle d'au moins une semaine. Les excursions commencent dès l'aube jusqu'à onze heures du matin (Vogelwarte). La grande majorité des recensements est effectuée par des bénévoles qui suivent un protocole bien précis, en partie décrit ci-dessus.

A cela s'ajoutent les données récoltées par les projets MONIR (Monitoring des oiseaux nicheurs répandus) et MBD (Monitoring de la biodiversité en Suisse).

Le reste des données reçues proviennent d'observations d'amateurs sur le terrain durant les périodes atlas. Ces observations sont transmises à la Station Ornithologique Suisse à travers des formulaires, tout d'abord étant sous format papier (ce qui était le cas pendant la période 1993-1996), puis la démarche a été simplifiée

en utilisant des formulaires numériques (utilisé durant la période 2013-2016). Ces données sont très hétérogènes et ne respectent pas de protocole précis.

Toutes les données ont un code Atlas attribué. Un code Atlas décrit de manière simple les principaux comportements ou signes de reproduction et nous indique si la reproduction est possible, probable ou certaine. Dans le cadre de ce travail, le code atlas n'est pas pris en compte et toutes les observations quel que soit leur code atlas sont utilisées.

1.4 Traitement des données

Les tables de données des périodes 1993-1996 et 2013-2016 ont été choisies afin de pouvoir comparer la distribution des populations des chouettes de Tengmalm et hulotte. Ces deux Atlas sont les seuls à posséder des données au kilomètre carré. Le nombre d'occurrences est également suffisant pour effectuer une modélisation géographique (voir Tableau 1). Les deux période Atlas sont séparées d'une période de vingt ans. Cet écart temporel permet donc d'espérer visualiser des variations suffisantes dans leur distribution.

	1993-1996	2013-2016
Chouette de Tengmalm	567	829
Chouette Hulotte	1247	5296
Pic Noir	1177	5182

Tableau 1 : Nombre d'occurrences par espèce et par période

Les données utilisées se basent sur une grille kilométrique englobant la Suisse et le Lichtenstein, ainsi que certaines zones des pays voisins (Vogelwarte). Certaines cartes de variables ne couvrant que l'intérieur des frontières suisses, les occurrences recensées en dehors de ces limites ont été enlevées. Chaque point d'occurrence est placé à l'angle en bas à gauche du carré kilométrique où l'observation a eu lieu. Les points d'occurrence sont calés sur le système de coordonnées géographiques suisse CH1903+ et sont projetés par le système de coordonnées projetées CH1903+ LV95.

1.5 Création de pseudo-absences

N'ayant pas des données de véritables absences, des pseudos absences sont produites pour les modèles. Elles sont créées en des points déterminés aléatoirement sur la grille kilométrique utilisée pour rééchantillonner les rasters de variables. Un grand nombre de pseudo-absences permet d'homogénéiser la réponse des absences et donc met en valeur la réponse des occurrences dans le modèle (Guisan *et al.*, 2017). 10000 pseudo-absences sont produites pour chaque espèce et période.

1.6 Choix des variables

Les variables environnementales doivent être révélatrices des milieux et conditions favorables à la présence de l'espèce. L'ensemble des variables environnementales utilisées se basent donc sur les connaissances de l'écologie des espèces et des facteurs généraux affectant leur distribution géographique.

1.6.1 Variables climatiques

Plusieurs variables de températures sont sélectionnées : la température moyenne, la température maximum, la température minimum et le GDD (Growing Degree-Days).

Ces variables s'appliquent à trois niveaux temporels.

Premièrement, les différentes variables de températures des années précédentes aux années d'occurrence ont été choisies. Les températures de l'année antérieure ont un impact sur l'abondance des populations de micromammifères de l'année suivante. La réussite de reproduction des chouettes en dépend et les mouvements de population (surtout pour la Tengmalm) sont dirigés par ces fluctuations de proies (Theodor Mebs., 2006).

Les périodes des trois premiers mois d'hiver (Janvier-Février-Mars) et des trois suivants (Avril-Mai-Juin) ont été également choisies. Durant les hivers très rigoureux l'accessibilité aux proies est réduite à cause du maintien de la couverture de neige. De fortes chutes de neige peuvent réduire drastiquement les taux de réussite de chasse et entraîner la mort ou l'exode vers des zones au territoire de chasse plus dégagé (Jedrzejewski et al., 1996). Si la couverture neigeuse perdure durant la période de reproduction, les chances de réussite de la reproduction s'amenuisent également (Geir A. Sonerud., 1986).

Pour correspondre aux périodes de quatre ans des Atlas, les variables sont en réalité les moyennes des températures sur les quatre années correspondantes.

1.6.2 LandCover

La couverture au sol varie avec le temps, il existe donc plusieurs relevés. Celui couvrant les années 1992 à 1997 est utilisé pour le modèle de la période 1993-1996. Le relevé couvrant les années 2013-2018 n'étant pas encore disponible, c'est celui des années 2004 à 2009, étant le plus proche temporellement, qui est utilisé pour le modèle de 2013-2016.

Le Landcover se présente sous la forme d'un raster de maillage de 100 m² et est composé de 72 classes de couverture du sol. Chaque classe n'étant pas toujours intéressante à utiliser, une sélection et des agrégations de plusieurs classes sont effectuées.

Les classes choisis sont : (Nomenclature standard NOAS04, OFS)

- Les forêts denses
- Les forêts clairsemées, comprenant les aires afforestées, les coupes de bois, les surfaces forestières dévastées, les forêts clairsemées sur surfaces agricoles et les forêts clairsemée sur surfaces dites improductives
- Les boisements épars, comprenant les bosquets et haies, ainsi que les groupes d'arbres sur surface agricole ou improductive
- Les bâtiments, soit les bâtiments et les terrains attenants

Le raster de LandCover est rééchantillonné à une échelle kilométrique. Chaque carré kilométrique se voit attribuer le pourcentage d'occupation des carrés de 100 m² dans le carré kilométrique.

1.6.3 Altitude

La variable altitudinale a également été choisie car la distribution de chaque espèce étudiée est influencée par l'altitude. La variable d'altitude est couplée et à celle de température, qui est généralement le véritable facteur limitant (Guisan et al., 2017). Le raster de cette variable est rééchantillonné de manière bilinéaire d'un maillage 100m² à celui 1000m².

Les mêmes variables sont utilisées pour chaque modélisation d'espèce, pour des raisons de simplification. Les trois espèces se retrouvent principalement dans des zones forestières, les variables de LandCover, pour leur part, peuvent donc en théorie être utilisées pour chacune des espèces.

1.7 Traitement des variables

Les rasters des variables doivent se chevaucher parfaitement et avoir le même nombre de cellules. Pour cela, une grille raster définie à partir des frontières officielles suisses et de la grille kilométrique de l'Atlas a été créée. Elle est projetée avec les mêmes systèmes de coordonnées, projetées et géographiques, que ceux utilisés pour les occurrences (CH1903+ / CH1903+ LV95).

Tous les rasters de variables sont donc rééchantillonnés avec une méthode bilinéaire à une échelle kilométrique et sont délimités par les contours de la grille.

1.8 Modalités des modèles

La distribution des espèces est reflétée par la qualité de leur habitat. Celui-ci est indiqué par un indice allant de 0 à 1, 0 correspondant à des conditions fortement défavorables et inversement pour les valeurs proches de 1 (Guisan et al., 2017).

Trois types de modèles sont effectués pour chaque jeu de données : GLM (Generalized Linear Model), GAM (Generalized Additive Model) et GBM (Generalized Boosting Model).

Chaque modèle est évalué cinq fois, avec 80% des données utilisées pour la calibration et les 20% restantes sont utilisées pour le test. Toutes les prédictions des modèles sont mises à l'échelle avec un GLM binomiale. Les modèles sont ensuite combinés selon l'évaluation métrique TSS et la proportion des probabilités moyennes pondérées.

Les jeux de données sont donc projetés par la pondération des trois modèles.

L'évaluation métrique TSS valide les modèles en calculant la valeur maximum du ratio de présences et d'absences correctement prédites (Allouche et al., 2006).

Une évaluation externe des modèles aurait été utile afin de les valider. Cela n'a pas été possible à cause de l'absence de véritables absences, qui sont nécessaires afin de confirmer la cohérence des projections.

Une fois la calibration et l'évaluation des modèles terminées, les projections sont effectuées pour les modèles calibrés à chaque période. Les projections du pic noir sont les premières à être produites. Les cartes de distribution sont ensuite intégrées aux jeux de variables explicatives des deux chouettes.

Les modèles des chouettes calibrés avec les données de 1993-1996 sont projetés pour la période relative à la calibration, puis pour la période « future » de 2013-2016. Les différences entre ces projections sont analysées afin d'évaluer l'évolution de la distribution des espèces.

Afin de visualiser l'influence de la chouette hulotte sur la qualité de l'habitat des chouettes de Tengmalm, les projections de la distribution de la chouette hulotte pour chaque période sont, de la même manière que pour le pic noir, insérées dans les jeux de variables des modèles de chouette de Tengmalm. L'idée est de visualiser la réponse de cette nouvelle variable et l'impact sur la distribution de la nyctale de Tengmalm.

2. Résultats

Les modèles calibrés avec les données de 1993-1996 ont donné des résultats mitigés. Les modèles évalués avec la méthode TSS donnent des scores assez faibles, 0.354 pour le pic noir et 0.377 pour la chouette hulotte. Un modèle est considéré comme bon à partir d'un score de 0.4, les scores obtenus ne sont donc pas considérés comme bons mais ne sont pas médiocres non plus (Allouche et al., 2006). Le modèle de la chouette de Tengmalm s'en sort mieux avec un score de 0.599, ce qui est satisfaisant.

Cependant les trois modèles ont une sensibilité élevée (Pic noir : 82.944, chouette hulotte : 89.283, chouette de Tengmalm : 83.273). Les présences sont donc prédites de manière convenable. La spécificité n'est pas intéressante à analyser ici car les absences ont été produites aléatoirement et ne nous donne pas d'information sur la distribution des espèces.

2.1 Strix Aluco

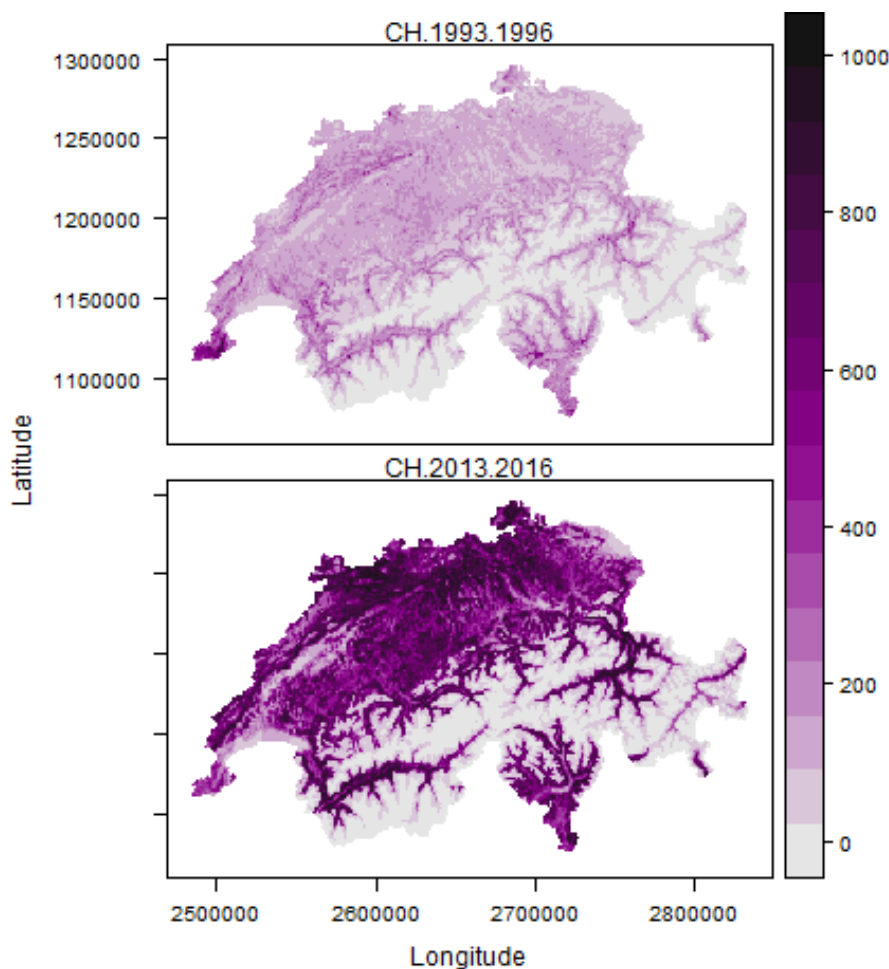


Figure 2 : Cartes montrant la projection géographique utilisant l'ensemble pondéré de modèles pour Strix Aluco aux conditions des périodes 1993-1996 et 2013-2016

La chouette hulotte est répartie sur l'ensemble de la Suisse sauf dans les régions de haute montagne, sa distribution potentielle étant très nettement délimitée au fond des vallées (figure 2). Ces cartes suggèrent que l'habitat optimal de la chouette hulotte s'est amélioré et est devenu plus favorable entre les deux périodes. La réponse est beaucoup plus forte pour la période 2013-2016.

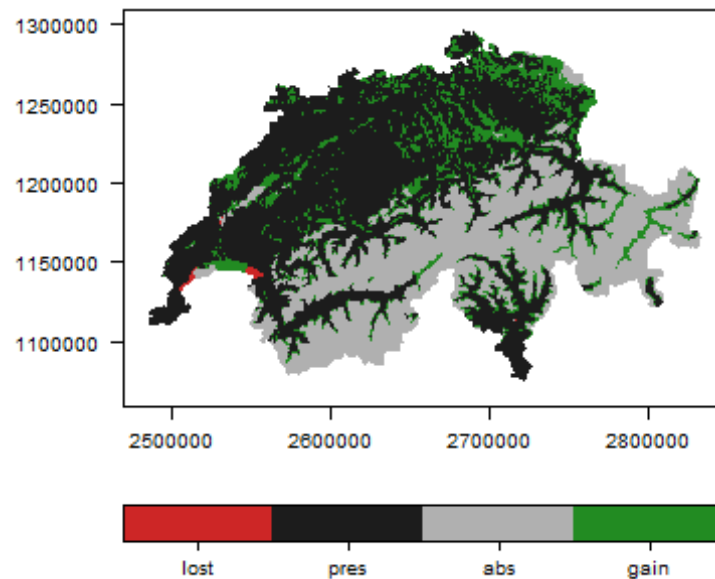


Figure 3 : Carte du changement de distribution entre la période 1993-1996 et 2013-2016 pour Strix Aluco

Sur la figure 3 le constat est clair, l'habitat favorable à la hulotte suit une extension marquée dans les zones de vallées alpines où elle gagne en altitude et au niveau du plateau qu'elle colonise presque totalement. Il faut également ignorer les gains ou pertes observés pour les lacs qui ne sont pas fréquentés et colonisables par cette espèce.

2.2 Aegolius funerus

L'habitat favorable à la chouette de Tengmalm se retrouve dans la Jura et les flancs de vallées alpines. Elle est absente des zones de haute altitude mais aussi des fonds de vallée et du Plateau. La tendance générale semble aller vers une hausse des zones favorables à son installation, ce qui est confirmé par la figure 4.

Des différences de réponse s'observent entre les projections avec et sans variable « hulotte ». D'une manière générale, la distribution semble rester identique, cependant la valeur des réponses diffère. Les projections avec la variable « hulotte » ont des valeurs atténuées par rapport à celles sans la variable « hulotte ».

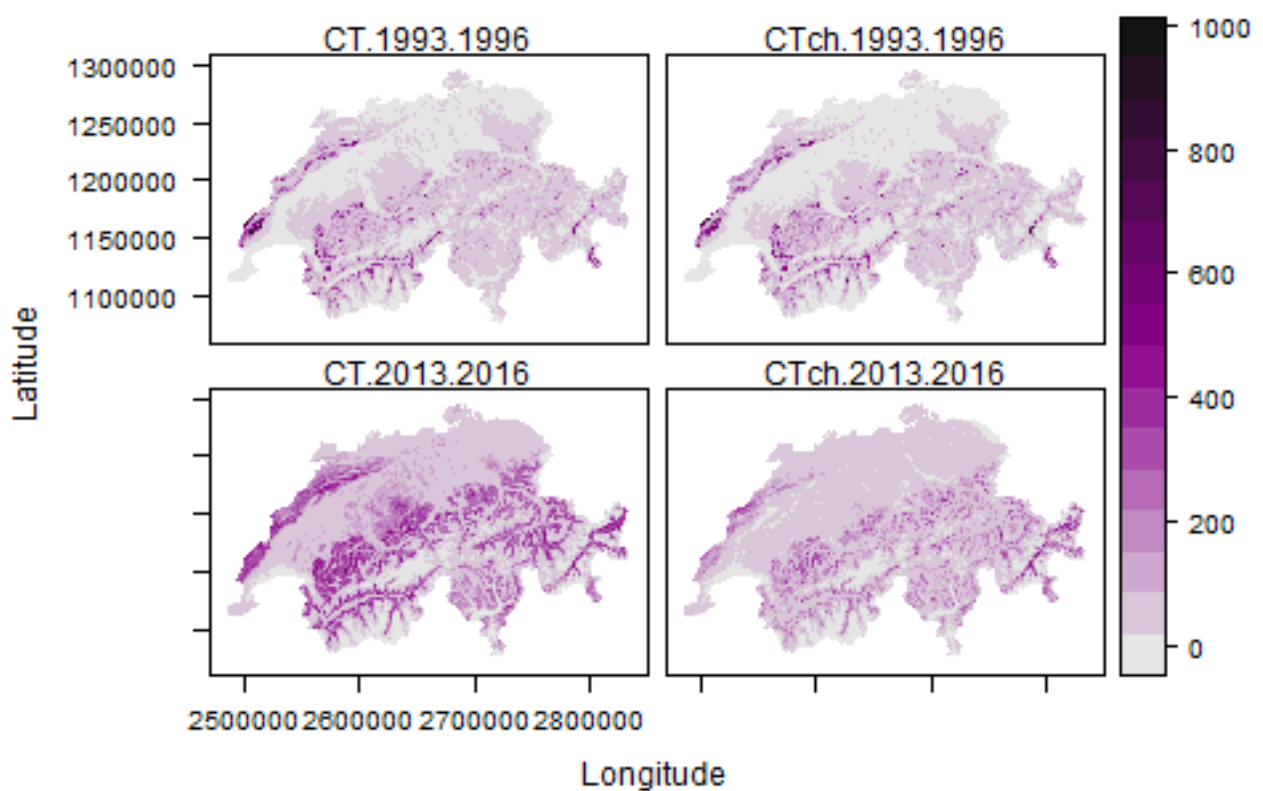


Figure 4 : Cartes montrant la projection géographique utilisant l'ensemble pondéré de modèles pour *Strix Aluco* aux conditions des périodes 1993-1996 et 2013-2016 avec la "variable hulotte" (CTch) et sans (CT)

L'insertion de la chouette hulotte dans le modèle de la Tengmalm ne présente pas d'impact notable sur les projections binarisées. Aucun changement de distribution de l'espèce n'est établi. L'évolution entre 1993-1996 et 2013-2016 est la même pour CT et CTch, représentée en figure 5.

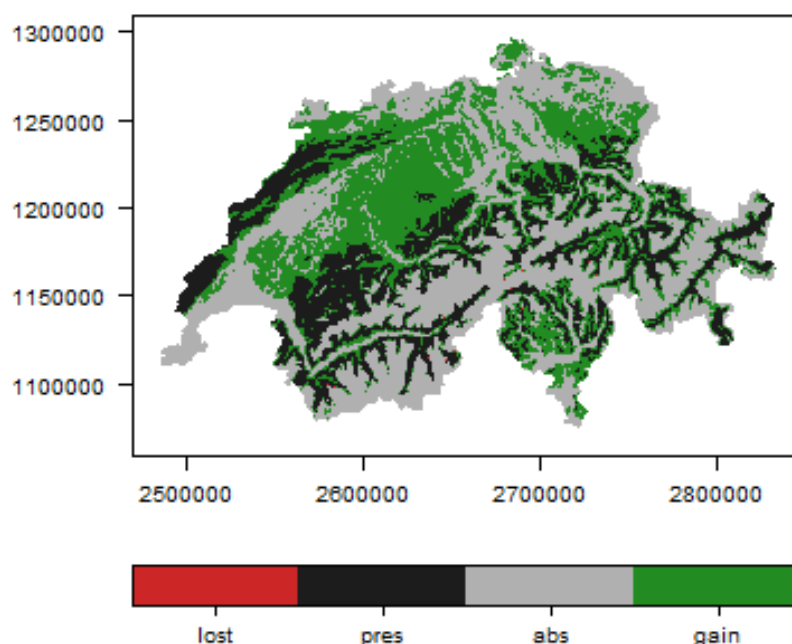


Figure 5 : Carte du changement de distribution entre la période 1993-1996 et 2013-2016 pour *Aegolius Funerus*

Pour ce qui est de l'évolution temporelle de la chouette de Tengmalm, les conditions environnementales de 2013-2016 semblent permettre la colonisation de nouveaux espaces, surtout dans les basses altitudes, au niveau du Plateau et du Jura ainsi que vers les fonds de vallées alpines (figure 4).

Variables explicatives	Pic noir	Chouette hulotte	Chouette de Tengmalm	
T°C moy. année	1.000	1.000	0.761	0.529
T°C min. année	0.535	0.188	0.355	0.370
T°C max. année	0.296	0.120	0.392	0.148
GDD année	0.591	0.492	0.464	0.235
T°C moy. hiver	0.441	0.321	0.412	0.548
T°C min. hiver	0.507	0.110	0.270	0.391
T°C max. hiver	0.155	0.016	0.259	0.098
GDD hiver	0.131	0.219	0.678	0.477
T°C moy. printemps	0.372	0.245	0.470	0.311
T°C min. printemps	0.481	0.154	0.342	0.541
T°C max. printemps	0.138	0.002	0.056	0.004
GDD printemps	0.312	0.231	0.521	0.591
Altitude	0.160	0.468	0.062	0.111
Forêt dense	0.326	0.024	0.066	0.048
Forêt claire	0.032	0.002	0.006	0.030
Arbres éparses	0.024	0.000	0.007	0.008
Bâtiments	0.011	0.058	0.005	0.012
Pic noir		0.228	0.687	0.427
Chouette hulotte				0.094

Tableau 2 : Importance des variables explicatives pour les modèles de chaque espèce (Le code couleur sert seulement à dégager l'information du tableau. En rouge : >0.5 ; en rouge pâle : <0.5 et >0.3 ; en bleu : <0.3 et >0.1 ; en gris : <0.1)

Ce qui ressort du tableau 2, est la forte influence de la température moyenne de l'année précédente pour chaque espèce. C'est la variable avec les plus hautes valeurs, allant jusqu'à 1 pour le pic noir et la chouette hulotte. Les variables influentes sont d'une manière générale les variables climatiques, toutes les variables de LandCover n'apportent que peu d'informations aux modèles (toutes ont des valeurs inférieures à 0.1, sauf celle de forêt dense pour le pic noir : 0.326).

Le modèle de chouette hulotte est surtout influencé par la température annuelle moyenne et dans une moindre mesure par le GDD annuel et l'altitude. La « variable pic noir » n'a que peu d'impact sur le modèle (0.228).

Quant à la chouette de Tengmalm, il ressort que les variables importantes sont la température moyenne annuelle et hivernale, le GDD pour chaque période, la « variable pic noir » et avec moins d'importance le reste des variables climatiques. Entre les deux modèles de Tengmalm il existe des différences d'importance des variables mais dans l'ensemble ce sont les mêmes qui ressortent du lot. Cependant la variable « chouette hulotte » a une influence très faible sur le modèle avec une valeur d'importance inférieur à 0.1.

Les variables qui n'apportent pas de contribution significative aux modèles devraient être supprimées afin de rendre la réponse des autres variables plus fortes (Guisan et al., 2017).

3. Discussion

Les projections obtenues nous informent seulement sur les tendances générales de l'évolution de la distribution des chouettes de Tengmalm et hulotte. Celles-ci, d'après les résultats obtenus, devraient avoir eu une augmentation de leurs territoires potentiels entre 1996 et 2016.

Cependant, les projections de la Tengmalm pour 2013-2016, notamment la colonisation du Plateau suisse, ne semble que peu vraisemblable vis-à-vis de l'écologie de l'espèce (Ravussin et al.,). Ces espaces sont peut-être viables pour la Tengmalm vis-à-vis des variables utilisées mais des variables limitantes doivent manquer pour expliquer les réels territoires potentiels.

Quant à la compétition entre les deux chouettes, d'après les résultats obtenus il n'y a pas d'impact notoire sur la distribution de la Tengmalm. Cependant, il faudrait analyser plus en profondeur les critères qui déterminent l'exclusion de l'une par l'autre. La compétition entre les deux espèces peut aussi n'être que temporaire, lors des faibles concentrations en proies ou/et à des échelles locales. En utilisant une échelle au kilomètre carré, il n'est alors évidemment pas possible d'observer les fluctuations précises dans les zones de coprésences. Ce travail n'est donc pas à même de répondre à cette question et des études plus approfondies allant dans ce sens seraient nécessaires.

Perspectives pour une étude approfondie

Cette étude est faite dans le cadre d'un travail de bachelor et est simplifiée pour des raisons de temps et de compétences. Plusieurs aspects peuvent être améliorés et

approfondis afin de produire des résultats utilisables à des fins scientifiques ou de gestion des espèces.

Tout d'abord, des réflexions plus poussées sur la coexistence et la compétition entre la chouette de Tengmalm et la hulotte seraient nécessaires pour pouvoir analyser correctement les modèles de distribution. Les ressources que se disputent les deux espèces, à savoir les micromammifères comme source alimentaire principale et les cavités de pic noir (Theodor Mebs., 2006), devraient être analysées plus en détail pour extraire les liens de causalités entre les fluctuations de populations. Des études à des échelles plus précises seraient aussi plus à même de démontrer les effets de la compétition entre ces espèces à des niveaux locaux.

Dans le cas d'espèces discrètes et qui ne sont pas fréquemment observables à chaque passage de relevé, des modèles utilisant la détectabilité de l'espèce sont privilégiés. Ce sont des modèles dits « bayésiens » qui combinent la probabilité de présence et la probabilité d'observation de l'espèce en question. Cette méthode, outre l'avantage de nécessiter moins de passages de relevé, permet d'affiner et d'avoir de bonnes estimations des taux d'occupation (DARRYL et al., 2002). Les chouettes sont peu visibles de jour et leur activité nocturne cesse généralement un peu avant l'aube (Theodor Mebs., 2006). Les relevés se font le matin, à une période donc peu propice à l'observation (ou l'écoute). L'utilisation de tels modèles, pour de faibles probabilités de détection, est donc une approche intéressante à suivre.

La chouette de Tengmalm et la hulotte fréquentent généralement des étages de montagne distincts, la hulotte restant dans les altitudes plus basses (Ravussin et al., 2015). Il pourrait être intéressant de procéder à des modélisations des limites d'altitudes afin d'observer leur évolution temporelle dans le contexte de réchauffement climatique. Cela permettrait de visualiser si les territoires de la hulotte venaient à chevaucher ceux de la Tengmalm, puis de voir si cela entraînerait une réponse de sa part avec l'élévation en conséquence de ses territoires.

L'évolution des populations de chouettes seraient également intéressante à analyser pour des périodes futures. En se basant sur des modèles concluants, les projections futures pourraient aider à comprendre comment vont évoluer les populations de chouettes et donc amener une réflexion sur les moyens à même d'aider à la préservation de ces espèces.

Conclusion

La modélisation écologique des espèces du pic noir et des chouettes hulotte et de Tengmalm ne s'est montrée que partiellement convaincante. Les faibles scores des modèles et certaines incohérences dans les projections de la chouette de Tengmalm démontrent des lacunes au niveau du traitement et du choix des variables explicatives. Néanmoins, il en ressort une grande dépendance entre les espèces de chouette et les variables de températures. La chouette de Tengmalm, liée à des habitats froids, pourrait donc devenir un bon indicateur du changement climatique dans les régions d'Europe centrale.

La compétition entre la chouette hulotte et la chouette de Tengmalm est encore un phénomène mal connu et peu étudié. Cette étude ne présente pas de résultats concluant à un impact significatif de la chouette hulotte sur la chouette de Tengmalm. Cependant les données utilisées sont peu précises (de l'ordre du carré kilométrique) et il est possible que les variations se font à des échelles très localisées ce qui n'est pas observable avec les projections effectuées. D'autres méthodes de modélisation permettraient d'améliorer la qualité des prédictions ; entre autres les modèles bayésiens qui prennent en compte la détectabilité de l'espèce. Travailler à des échelles réduites pour visualiser les interactions locales ou concevoir des modèles visant les changements des limites altitudinales des territoires peuvent être également des approches intéressantes à suivre.

Table des illustrations

Tableau 1 : Nombre d'occurrences par espèce et par période	6
Tableau 2 : Importance des variables explicatives pour les modèles de chaque espèce	12
Figure1 : https://master.salamandre.net/media/21610/chouette-de-tengmalm-1800x1195.jpg	3
Figure 2 : Cartes montrant la projection géographique utilisant l'ensemble pondéré de modèles pour Strix Aluco aux conditions des périodes 1993-1996 et 2013-2016	10
Figure 3 : Carte du changement de distribution entre la période 1993-1996 et 2013-2016 pour Strix Aluco	10
Figure 4 : Cartes montrant la projection géographique utilisant l'ensemble pondéré de modèles pour Strix Aluco aux conditions des périodes 1993-1996 et 2013-2016 avec la "variable hulotte" (CTch) et sans (CT)	11
Figure 5 : Carte du changement de distribution entre la période 1993-1996 et 2013-2016 pour Aegolius Funerus.....	12

Bibliographie

- P. Sunde et M. S. Bølstad, « A telemetry study of the social organization of a tawny owl population », *Journal of Zoology*, vol. 263, n° 1, p. 65-76, mai 2004.
- S. Rumbutis, D. Vaitkuvienė, G. Grašytė, M. Dagys, D. Dementavičius, et R. Treinys, « Adaptive habitat preferences in the Tawny Owl *Strix aluco* », *Bird Study*, vol. 64, n° 3, p. 421-430, juill. 2017.
- O. Allouche, A. Tsoar, et R. Kadmon, « Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS) », *Journal of Applied Ecology*, vol. 43, n° 6, p. 1223-1232.
- A. R. Pirovano et G. Zecca, « Black Woodpecker *Dryocopus martius* habitat selection in the Italian Alps: implications for conservation in Natura 2000 network », *Bird Conservation International*, vol. 24, n° 03, p. 299-315, sept. 2014.
- INPN, « Cahiers d'Habitat « Oiseaux » Fiche projet - Pic noir, *Dryocopus martius* ». .
- P.-A. RAVUSSIN, D. TROLLIET, L. WILLENEGGER, D. BÉGUIN, et G. MATALON, « Choix du site de nidification chez la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* : influence des nichoirs », *Nos Oiseaux*, p. 11, 2001.
- « Chouette hulotte - observatoire-rapaces.lpo.fr », 13-déc-2017. [En ligne]. Disponible sur: http://observatoire-rapaces.lpo.fr/index.php?m_id=20108. [Consulté le: 13-déc-2017].
- M. Cuisin, *Chouettes et hiboux*. Editions Artemis, 2005.
- P. Sunde et S. M. Redpath, « Combining information from range use and habitat selection: sex-specific spatial responses to habitat fragmentation in tawny owls *Strix aluco* », *Ecography*, vol. 29, n° 2, p. 152-158, avr. 2006.
- Geir A. Sonerud, « Effect of Snow Cover on Seasonal Changes in Diet, Habitat, and Regional Distribution of Raptors That Prey on Small Mammals in Boreal Zones of Fennoscandia », *Holarctic Ecology*, vol. 9, n° 1, p. 33-47, 1986.
- Mackenzie, « Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one », 2002.
- E. Korpimäki, « Gradients in population fluctuations of Tengmalm's owl *Aegolius funereus* in Europe », *Oecologia*, vol. 69, n° 2, p. 195-201, mai 1986.
- A. Kajtoch, M. Zmihorski, et P. Wieczorek, « Habitat displacement effect between two competing owl species in fragmented forests », *Popul. Ecol.*, vol. 57, n° 3, p. 517-527, juill. 2015.
- A. Guisan, W. Thuiller, et N. E. Zimmermann, *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R*. 2017.
- M. Bocca, L. Carisio, et A. Rolando, « Habitat use, Home Ranges and Census Techniques in the Black Woodpecker *Dryocopus martius* in the Alps », *Ardea*, vol. 95, n° 1, p. 17-29, juin 2007.
- S. M. Redpath, « Impact of habitat fragmentation on activity and hunting behavior in the tawny owl, *Strix aluco* », *Behav Ecol*, vol. 6, n° 4, p. 410-413, oct. 1995.
- P.-A. Ravussin, « La Chouette de Tengmalm dans le Jura franco-suisse : bilan de 30 années de suivi », p. 8.

- M. Deque et L. Li, « La prévision climatique : régionalisation et extrêmes », *La Météorologie*, vol. 8, n° 57, p. 28, 2007.
- H. BAUDVIN et H. JACOB, « LES CHOUETTES HULOTTES *Strix aluco* EN FORÊT DE », p. 5.
- P. Geroudet, *Les Rapaces d'Europe diurnes et nocturnes*, 7e édition revue et augmentée. Paris: Delachaux, 2013.
- J. A. Swets, « Measuring the accuracy of diagnostic systems », *Science*, vol. 240, n° 4857, p. 1285-1293, juin 1988.
- M. Brambilla *et al.*, « Modelling distribution and potential overlap between Boreal Owl *Aegolius funereus* and Black Woodpecker *Dryocopus martius*: implications for management and monitoring plans », *Bird Conservation International*, vol. 23, n° 04, p. 502-511, déc. 2013.
- M. Brambilla *et al.*, « Modelling distribution and potential overlap between Boreal Owl *Aegolius funereus* and Black Woodpecker *Dryocopus martius*: implications for management and monitoring plans », *Bird Conservation International*, vol. 23, n° 04, p. 502-511, déc. 2013.
- E. Korpimäki, « Niche Relationships and Life-History Tactics of Three Sympatric *Strix* Owl Species in Finland », *Ornis Scandinavica*, vol. 17, n° 2, p. 126, mai 1986.
- M. Redon et S. Luque, « Presence-only modelling for indicator species distribution: biodiversity monitoring in the French Alps », in *6th Spatial Analysis and Geomatics international conference (SAGEO 2010)*, Toulouse, France, 2010, vol. 1, p. 42-55.
- W. Thuiller, « Presentation Manual for BIOMOD », p. 35.
- R. Mänd, V. Tilgar, A. Lõhmus, et & Agu Leivits, « Providing nest boxes for hole-nesting birds – Does habitat matter? », *Biodiversity and Conservation*, vol. 14, n° 8, p. 1823-1840, juill. 2005.
- P.-A. Ravussin, D. Trolliet, C. Daenzer, L. Longchamp, K. Romailier, et V. Métraux, « QUEL AVENIR POUR LA CHOUETTE DE TENGMALM *AEGOLIUS FUNEREUS* DANS LE MASSIF DU JURA ? », *Nos Oiseaux*, vol. Volume 62 (2015), p. 5-28, mars 2015.
- T. Mebs, *Rapaces nocturnes de France et d'Europe*, Editions Delachaux et Niestlé. 2006.
- A. ROULIN, B. DUCRET, P. BIZE, R. PIAULT, et P.-A. RAVUSSIN, « RÉGIME ALIMENTAIRE DE LA CHOUETTE HULOTTE *STRIX ALUCO* EN SUISSE ROMANDE DE 1986 À 2007 », p. 8.
- M. Zárybníková, J. Riegert, et K. Šťastný, « Seasonal habitat-dependent change in nest box occupation by Tengmalm's owl associated with a corresponding change in nest predation », *Popul Ecol*, vol. 59, n° 1, p. 65-70, janv. 2017.
- W. Jedrzejewski, B. Jedrzejewska, A. Szymura, et K. Zub, « Tawny Owl (*Strix aluco*) Predation in a Pristine Deciduous Forest (Białowieża National Park, Poland) », *The Journal of Animal Ecology*, vol. 65, n° 1, p. 105, janv. 1996.
- E. Korpimäki et H. Hakkarainen, *The Boreal Owl Ecology, Behaviour and Conservation of a Forest-Dwelling Predator*. .
- H. N. Southern, « The natural control of a population of Tawny owls (*Strix aluco*) », *Journal of Zoology*, vol. 162, n° 2, p. 197-285.
- C. Tobalske et B. W. Tobalske, « Using Atlas Data to Model the Distribution of Woodpecker Species in the Jura, France », *The Condor*, vol. 101, n° 3, p. 472-483, 1999.