FERRIOT Lucile
N°Etudiant : 20904836
2011-2012

Mémoire de stage d'Étude et de Recherche
effectué au :
Chrono-Environnement, UMR 6249 Université de Franche-Comté / CNRS
Ligue pour la Protection des Oiseaux de Franche-Comté

dans le cadre de la première année de Master Sciences, Technologies, Santé
parcours Ecosystèmes et environnement

Elaboration d'une stratégie de pose de nichoirs pour la conservation de la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) en vallée de l'Ognon

Encadrants: Samuel Maas, chargé de mission ; Daniel Gillet, coordinateur du groupe local LPO d'Audeux.

Tuteur pédagogique UFC: Renaud Scheifler, maître de conférences ; Anne-Laure Parmentier, ingénieur d'étude.

Le contenu de ce mémoire est de la seule responsabilité du candidat et de l'organisme d'accueil et n'engage pas nécessairement la responsabilité scientifique du tuteur pédagogique et de l'université

Sommaire

INTRODUCTION 2

MATERIELS ET METHODES 4

1) Habitat de la Chevêche d'Athéna sous nos latitudes 4

2) Recensement de l'espèce sur la zone d'étude 4

3) Cartographie de la distribution spatiale des mâles chanteurs sur le secteur d'étude ... 4

4) Etude des relations entre la présence / absence ou les effectifs de mâles chanteurs et les variables paysagères et population humaine 4

4. 1. Les bases de données utilisées 4

4. 2. Surface étudiée et extraction des pixels des classes d'occupation du sol 5

4. 3. Sélection et regroupement des variables d'occupation du sol 5

4. 4. Démarche générale 6

4. 5. Analyses statistiques 6

5) Définition de la stratégie de pose de nichoirs 6

6) Outils utilisés 7

RESULTATS 8

1) Distribution spatiale des mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone d'étude 8

2) Relation entre la présence / absence ou les effectifs de mâles chanteurs et les variables paysagères et/ou population humaine 8

2.1. Analyse avec la base de données CLC 8

2.2. Analyse avec la base de données Graphab 8

2. 3. Analyse avec la base de données INSEE 11

2. 4. Analyse avec les variables CLC et INSEE 13

2. 5. Analyse avec les variables Graphab et INSEE 14

3) Stratégie de pose de nichoirs : exemple d'application sur une zone 14

DISCUSSION 16

CONCLUSION 17

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 18

INTRODUCTION

La pose de nichoirs artificiels pour la conservation d'espèces d'oiseaux cavernicoles a déjà été mise en place dans de nombreux pays (Newton, 1994 ; Lalas et al., 1999 ; Stamp et al., 2002 ; Avile´s & Parejo, 2004 ; Katzner et al., 2005 ; Gottschalk et al., 2011). Cette mesure permet de compenser le manque de cavités naturelles, et a parfois permis d'augmenter considérablement les populations de certaines espèces en voie d'extinction (Wiley et al., 1991 ; Cade & Jones, 1993 ; Bolton et al., 2004 ; Priddel et al., 2006). L'étude de Priddel et al. a montré que la création d'un site de nidification par la pose de 100 nichoirs artificiels a permis d'établir une nouvelle colonie de Pétrel de Gould (*Pterodroma leucoptera*) sur ce site. Bien que beaucoup de programmes de pose de nichoirs aient prouvé leur réussite, la mortalité excède parfois le taux de reproduction (Delibes et al., 2001 ; Battin, 2004 ; Mänd et al., 2005). Des études ont montré que des nichoirs posés dans des endroits non favorables à l'espèce visée pouvaient constituer de véritables « pièges écologiques » étant donné qu'ils attirent l'espèce dans des endroits qui ne lui sont pas favorables (Klein et al., 2007). L'étude de Klein et al. montre par exemple que le taux de survie des jeunes de Chouette Effraie est plus élevé dans les cavités naturelles que dans les nichoirs artificiels posés. Il suggère alors de revoir les priorités du plan national d'action et par exemple, de rouvrir les cavités des bâtiments plutôt que de poser des nichoirs. Il est donc essentiel que les nichoirs soient installés à un endroit où les habitats environnants sont appropriés et où il est probable que le couple reproducteur puisse élever des jeunes avec succès (Gottschalk et al., 2011). De plus, un placement efficace des nichoirs peut éviter du travail inutile, diminuer le coût du programme, et surtout réduire le temps pour que la population en danger atteigne une taille durable (Gottschalk et al., 2011).

La présente étude s'intéresse à la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*), un rapace nocturne dont les populations sont en déclin en France. Une synthèse nationale a estimé en 1998 les effectifs français de la Chevêche d'Athéna à une fourchette de 11 000 à 33 000 couples, alors qu'en 1976 l'Atlas des oiseaux nicheurs annonçait 100 000 couples (Génot & Lecomte, 2002). Son déclin en Franche-Comté a notamment justifié le classement de ce rapace en catégorie EN (en danger) sur la liste rouge UICN régionale (Paul, 2008). En 2008, la Ligue pour la Protection des Oiseaux Franche-Comté (LPO FC), soutenue par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) ont initié un plan régional d'action (PRA) pour l'espèce (Bannwarth & Maas, 2012). Les principales causes probables du déclin de l'espèce sont les conséquences des modifications de son habitat (destruction, fragmentation). Celles-ci sont dues, d'une part, au développement des villes au détriment des milieux agricoles périurbains souvent favorables (cultures maraîchères et vivrières associées à des vergers), et, d'autre part à une politique agricole commune, entrainant le développement des cultures céréalières au détriment des prairies qui diminue les populations de proies de Chevêche et de ce fait diminue les capacités du milieu (Génot & Lecomte, 2002). Les traitements chimiques en agriculture éliminent également de nombreuses proies et peuvent contaminer la Chevêche (Génot & Lecomte, 2002 ; Zaccaroni et al., 2003). De plus, le réseau routier toujours plus important avec un nombre de véhicules qui ne cesse d'augmenter entrainent un taux de mortalité important par collision (jeunes à l'envol et adultes en chasse) (Génot & Lecomte, 2002 ; LPO Info Franche-Comté, 4ème trimestre 2008, N°8). A cela viennent s'ajouter des dérangements pendant la période de reproduction, comme les prédateurs domestiques (chats et chiens) qui exercent, en plus des prédateurs sauvages, une pression supplémentaire sur les populations de Chevêches. Les différentes « cavités-pièges » dans lesquelles l'oiseau peut être attiré (poteaux électriques creux, abreuvoirs, cheminées) sont également une source de mortalité importante (Génot & Lecomte, 2002 ; LPO Info Franche-Comté, 4ème trimestre 2008, N°8). Il a également été démontré que les populations de Chevêches peuvent être limitées par un manque de cavités naturelles (Exo, 1983). La pose de nichoirs, largement utilisée pour pallier ce manque de cavités de

nidification, peut permettre de densifier les populations existantes et de relier des populations isolées (Exo, 1983). En Franche-Comté, la Chevêche d'Athéna semble majoritairement occuper les cavités en bâti (Bannwarth & Maas, 2012). La perte d'offre en cavités en bâti (notamment lors de travaux de restauration des bâtiments) peut donc également constituer un facteur limitant pour l'espèce. C'est pourquoi, en plus des actions déjà menées en Franche-Comté en faveur de l'espèce, la LPO FC souhaite engager un programme de pose de nichoirs sur une zone étudiée dans le cadre du plan régional d'action, la vallée de l'Ognon (Bannwarth & Maas, 2012). Ainsi, les éventuels manques de cavités naturelles pourraient être compensés et cela pourrait permettre de soutenir les populations en augmentant l'offre en cavités favorables à la nidification et au gîte (Bannwarth & Maas, 2012). Dans l'étude réalisée par Gotschalk et al. en 2011, 800 nichoirs ont été posés pour la Chevêche d'Athéna. Ils ont alors étudié les relations entre habitat et (i) occupation des nichoirs et (ii) taux de reproduction. Ainsi, ils ont déterminé les habitats les plus favorables pour placer les nichoirs afin que les couples de Chevêches obtiennent un taux de reproduction suffisant pour maintenir leur population durablement. L'étude a montré que les nichoirs dans lesquels le succès reproducteur était le plus élevé étaient placés dans une zone avec une surface importante de champs non cultivés et donc de bords de champs, à 269 mètres en moyenne des routes, à 761 mètres en moyenne des forêts et à 53 mètres des vergers.

Dans ce contexte, la présente étude a pour objectifs (i) d'étudier la distribution de la population de Chevêches sur le secteur de la vallée de l'Ognon, (ii) de savoir s'il existe des relations entre des variables environnementales (composition paysagère) et socio-économiques (taille de la population humaine et son évolution dans le temps) et la présence/absence de l'espèce d'une part, et l'effectif des mâles chanteurs d'autre part, et (iii) de définir les compositions paysagères favorables à l'espèce à partir des résultats précédents s'ils sont concluants, et des connaissances actuelles sur les exigences écologiques de l'espèce. Ainsi le programme de pose de nichoirs pourra être orienté.

MATERIELS ET METHODES

1) Habitat de la Chevêche d'Athéna sous nos latitudes

La Chevêche d'Athéna se rencontre dans des habitats très variés (prairies avec des saules têtards, vergers, périphérie des villages, …) (Bannwarth et al., 2011). Elle est absente des forêts et autres boisements denses. Les sites qu'elle utilise pour sa nidification sont très variables selon les types de cavités disponibles (Bannwarth et al., 2011). La Chevêche d'Athéna utilise de vieux arbres creux, les anfractuosités des bâtiments, des murs, des pierriers, des murets, ou encore les cavités de falaises. En Franche-Comté, elle niche majoritairement dans les bâtiments (Bannwarth et al., 2011). Les nichoirs déjà installés à son intention dans certains territoires peuvent également être occupés par l'espèce. Il semble que l'alternance de végétations différentes, offrant des zones de végétation haute permettant aux proies de se reproduire et de végétation basse favorisant son activité de chasse, soit particulièrement favorable pour la Chevêche (Bannwarth et al., 2011). Les perchoirs qu'elle utilise pour repérer ses proies sont également importants pour l'espèce.

2) Recensement de l'espèce sur la zone d'étude

Depuis 2008, les enquêtes réalisées sur le canton d'Audeux et les communes voisines dans le cadre du plan régional d'action pour la conservation de la Chevêche ont permis d'obtenir des données de présence / absence et les effectifs de mâles chanteurs. Chaque année, de nouvelles communes sont prospectées, l'objectif étant d'explorer la zone la plus large possible. Bien qu'une prospection de l'ensemble des communes chaque année serait préférable du fait que la distribution de la population est dynamique, un tel travail nécessitant une main d'œuvre importante n'a pu être effectué. Certaines communes ont cependant été prospectées plusieurs fois. Dans la présente étude, le but est alors de connaitre les communes où il y a eu présence de l'espèce au moins une fois et les communes où aucune Chevêche n'a jamais été observée. Les effectifs maximaux de mâles chanteurs notés entre 2008 et 2011 sont également pris en compte pour chaque commune. Les prospections ont permis de renseigner 75 communes.

La méthode de la repasse a été utilisée pour dénombrer les mâles chanteurs présents sur la zone étudiée. Cette technique consiste à diffuser le chant du mâle durant la période de reproduction (mi-février à mi-avril) afin de provoquer une réponse territoriale des mâles présents (http://franche-comte.lpo.fr/index.php?m_id=20101). Chaque année, deux passages sont réalisés sur chaque point d'écoute.

3) Cartographie de la distribution spatiale des mâles chanteurs sur le secteur d'étude

Une cartographie de la distribution spatiale des mâles chanteurs a été réalisée sur la zone d'étude. Sur celle-ci, les délimitations communales sont présentes et, à partir de leurs coordonnées géographiques, chaque centroïde de la surface bâtie de la commune étudiée est représenté par un point auquel correspondent 3 catégories (0, 1 ou 2 mâles).

4) Etude des relations entre la présence / absence ou les effectifs de mâles chanteurs et les variables paysagères et population humaine

4. 1. Les bases de données utilisées

- *Base de données paysagère Corine Land Cover (CLC)*

La base de données CLC utilisée est une base de données d'occupation du sol nationale, mise à jour en 2006. Elle est composée de 44 classes d'occupation du sol, avec une unité minimale de 25 hectares, en coordonnées géographiques et en format raster.

- *Base de données paysagère « Graphab »*

La base de données dite « Graphab » est une base de données d'occupation du sol régionale fournie par le laboratoire ThéMA (UMR 6049). Celle-ci est plus précise que celle de CLC, sa résolution étant plus élevée avec une unité minimale de quelques mètres. Elle comporte 24 classes d'occupation du sol.

- *Base de données « population humaine » (INSEE)*

Une autre base de données pouvant apporter des informations complémentaires a été utilisée : les recensements de la population humaine (www.insee.fr). Deux variables INSEE sont alors crées pour l'analyse : une variable « pop2008 » qui renseigne sur la taille de la population en 2008, et une variable « deltapop » (population en 2008 – population en 1975) qui décrit l'évolution de la taille de la population entre 1975 et 2008. Ces deux variables ont été intégrées à l'analyse sous l'hypothèse que la première constituait un marqueur indirect de l'importance du bâti sur les communes étudiées, et que la seconde pouvait être un marqueur de l'évolution du bâti (création de lotissements par exemple).

4. 2. Surface étudiée et extraction des pixels des classes d'occupation du sol

Le domaine vital moyen de l'espèce, estimé par télémétrie dans les Vosges du Nord à 30 ha (Génot, 1994), est généralement utilisé lors d'études d'occupation du sol chez la Chevêche d'Athéna. L'emplacement du nid est le plus souvent utilisé comme centre de la surface d'analyse (Martinez & Zuberogoïta, 2004 ; Zmihorski et al., 2009 ; Gottschalk et al., 2011). Les recensements effectués sur le secteur d'étude ont été faits grâce à la méthode de la repasse qui n'est pas adaptée pour localiser les nids. Afin de limiter le biais lié à l'absence de localisation des nids et sachant que les domaines vitaux peuvent avoir des formes très irrégulières (Génot, 1994), l'occupation du sol a été étudiée dans des disques (*buffers*) de 500 mètres, 1 000 mètres ou 2 000 mètres de rayon autour du centroïde de la surface bâtie de la commune. Pour chaque type de *buffer*, l'occupation du sol a été quantifiée par le nombre de pixels appartenant à chaque classe d'occupation du sol selon CLC et selon Graphab.

4. 3. Sélection et regroupement des variables d'occupation du sol

- *Bases de données CLC*

Les différentes classes obtenues ont été regroupées afin d'éviter la multicolinéarité. Pour cela, des Analyses en Composante Principale ont été réalisées. Lorsque deux variables étaient proches sur le cercle de corrélation, une seule était retenue. Puis, en se basant sur les exigences écologiques de l'espèce, les variables restantes ont été regroupées pour obtenir un nombre restreint de variables permettant de simplifier les analyses statistiques ultérieures. Au final, les 10, 12, et 14 classes d'occupation du sol pour les buffers de 500, 1 000 et 2 000 mètres respectivement, ont été regroupées en 6 variables paysagères : « urbain », « anthrop », « prairie », « arable », « forêt » et « eau ». La variable « urbain » correspond au tissu urbain discontinu ; la variable « anthrop » regroupe le tissu urbain continu, les zones industrielles et commerciales, les sites d'extraction de matériaux et les chantiers ; la variable « arable » représente les terres arables hors périmètres d'irrigation ; la variable « prairie » regroupe les prairies, les systèmes culturaux et parcellaires complexes, et les surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants ; la variable « forêt » correspond aux forêts de feuillus, aux forêts de conifères, aux forêts mélangées, aux landes et broussailles ainsi qu'aux forêts et végétations arbustives en mutation ; et pour finir la variable « eau » représente les plans d'eau.

- *Base de données Graphab*

Sur le même principe que précédemment, les 24 variables de la base de données utilisée ici ont été regroupées pour l'analyse en 7 variables : « forêt », « bâti », « verger », « favorables/prairies », « eau », « infrastructures de transport » et « autres ». La variable « forêt » est composée des variables : forêt de feuillus sec, forêt de conifères sec, forêt de feuillus humide, forêt de conifères humide, lisières feuillus, lisières conifères et arbustes. Les variables « bâti » et « verger » sont des variables gardées isolées. La variable « favorables/prairies » regroupe les variables : prairies ouvertes, prairies bocagères, haies et cultures humides. La variable « eau » désigne les variables : surfaces en eau, plan d'eau, petit réseau hydrologique, et zones humides. La variable « infrastructures de transport » rassemble les variables : réseau routier, réseau ferré, chemin, accotements du réseau routier et accotements du réseau ferré. Pour terminer, la variable « autre » est constituée des vignes et des sols nus.

4. 4. Démarche générale

Dans un premiers temps, les relations entre les variables paysagères de chaque base de données d'occupation du sol et la présence / absence de mâles chanteurs ont été testées. Puis les relations entre les variables concernant la population humaine (INSEE) et la présence / absence ont été testées. Pour finir, les relations entre les variables INSEE ainsi que les variables d'occupation du sol de chaque base de données ont été testées en même temps. Parallèlement, l'ensemble de ces relations ont été testées avec les effectifs maximaux de mâles chanteurs.

4. 5. Analyses statistiques

Un modèle linéaire généralisé (GLM) suivant une loi binomiale a été utilisé pour tenter d'expliquer les résultats de présence / absence par les types d'occupation du sol ou les variables population humaine. Lorsque l'analyse portait sur les effectifs maximaux de mâles chanteurs, un GLM suivant une loi de poisson a été utilisé. Deux groupes de variables, l'un appelé « INSEE » (pop2008 et deltapop), et l'autre « paysage » (« urbain, arables, anthrop, prairie, foret et eau » pour la base de données CLC, et « forêt, bâti, verger, favorables/prairies, eau, infrastructures de transport et autres » pour la base de données Graphab), ont été créés pour réaliser cette analyse. Les modèles ont été construits de la manière suivante : « présence / absence » ou « effectifs » de mâles chanteurs de Chevêches en fonction des variables du groupe « paysage », ou des variables du groupe « INSEE », ou des variables des deux groupes.

Un GLM permet alors de sélectionner le modèle qui explique la présence / absence ou les effectifs. Le meilleur modèle est celui qui a la plus petite valeur d'indice d'AIC (critère d'information d'Akaike). Quand le rapport entre nombre de variables et nombre d'observations est inférieur à 40, comme ici, une valeur d'AIC corrigée (AICc) est utilisée. Le modèle avec le plus petit AICc a le plus de poids dans l'analyse, et les modèles avec un AICc avec 2 unités du meilleur modèle sont à considérer (ΔAICc<2) (Burnham & Anderson, 2002). Le log du maximum de vraisemblance (LL) ; le nombre de paramètres estimés (K) ; le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc); la différence entre l'AICc d'un modèle et la valeur la plus faible d'AICc (ΔAICc) ; et le poids de l'Akaike (wic) sont indiqués dans les tableaux.

5) Définition de la stratégie de pose de nichoirs

Les résultats obtenus lors de l'analyse de l'occupation des sols sur la zone et les nombreuses publications qui renseignent sur les exigences écologiques de l'espèce ont été utilisés afin de définir les zones favorables/défavorables pour l'espèce. La cartographie d'une

petite zone sur le secteur d'étude a alors été réalisée avec les variables paysagères Graphab. Ainsi les endroits les plus propices pour la pose de nichoirs sur cette zone ont été définis selon des paramètres environnementaux et en tenant compte de la capacité de dispersion des jeunes qui pourraient éventuellement occuper le nichoir.

6) Outils utilisés

Les différentes cartographies, les projections des cartes d'occupation du sol Corine Land Cover et Graphab ont été réalisées sur le Système d'Information Géographique Quantum GIS (QGIS) version 1.7.3 Wroclaw. L'extraction des pixels des différentes classes d'occupation du sol et l'ensemble des analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel de biostatistique R version 2.12.1. Les packages qui ont été utilisés sont Splancs 2.01-29 (Rowlingson et al., 2012), Maptools 0.8-10 (Lewin-Koh & Bivand, 2011), Pgirmess 1.5.1 (Giraudoux, 2011), Rgdal 0.7-1 (Keitt et al., 2011), Sp. (Pebesma & Bivand, 2005 ; Bivand et al., 2008), Sp (Pebesma & Bivand, 2005) et Nlme 3.1-97 (Pinheiro et al., 2010).

RESULTATS

1) Distribution spatiale des mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone d'étude

La Figure 1 présente la distribution des effectifs de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur l'ensemble des communes prospectées entre 2008 et 2011. Cette carte permet de visualiser la répartition des 24 communes pour lesquelles au moins un mâle a été contacté et les 51 communes restantes où la Chevêche d'Athéna n'a pas été contactée durant l'enquête. Parmi les 24 communes où l'espèce est présente, il y a 19 communes avec 1 mâle chanteur et 5 communes pour lesquelles l'effectif maximal atteint est de 2 mâles.

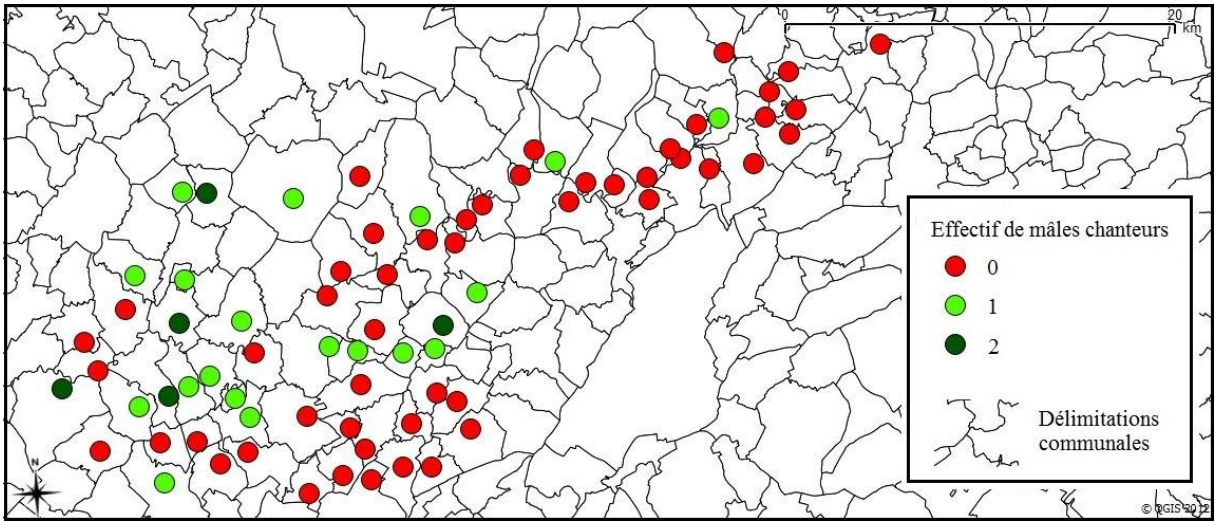

Figure 1. Distribution spatiale des effectifs maximaux des mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna en vallée de l'Ognon, entre 2008 et 2011.

2) Relation entre la présence / absence ou les effectifs de mâles chanteurs et les variables paysagères et/ou population humaine

2. 1. Analyse avec la base de données CLC

Lorsque les analyses sont effectuées avec les variables paysagères selon la base de données CLC, que la présence/absence ou les effectifs maximaux soient considérés, et quelle que soit la taille du buffer, le modèle nul présente toujours la plus petite valeur d'AICc. Aucune relation entre la présence / absence et la composition paysagère autour du centroïde de la surface bâti de chaque commune n'est mise en évidence.

2. 2. Analyse avec la base de données Graphab

- *Présence / absence*

- **Buffers de 500 mètres de rayon**

Par rapport au modèle nul, le modèle contenant la variable « forêt » est conservé car il présente la plus petite valeur d'AICc. Les modèles contenant les autres variables paysagères ne sont pas retenus étant donné que leur ΔAICc est supérieur à 2. Le modèle possédant la variable « forêt » est donc le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence dans les buffers de 500 mètres (Tableau 1).

Tableau 1. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant la présence / absence (PA) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
PA ~ forêt	-42,69	2	89,56	0	0,87
PA ~ 1	-47,02	1	96,09	6,52	0,03

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

L'analyse portant uniquement sur la variable « forêt » montre que la présence de forêt influence négativement la présence de mâles chanteurs (Tableau 2). Le modèle explique cependant seulement 9,2% de la variation totale du jeu de données.

Tableau 2. Coefficients et intervalles de confiance (CI, %) de la variable retenue par le modèle de sélection de PA : forêt.

Modèle sélectionné pour la PA : PA ~ forêt (D^2 = 0,092)		
	Intercept	Forêt
Coefficient	1,1886	0,9981
CI (2,5 / 97,5)	0,5367 / 2,6888	0,9965 / 0,9994

D^2 = (déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle
Overdispersion = 1,2

Les points d'écoute avec présence de Chevêche sont ceux autour desquels il y a le moins de forêt à moins de 500 mètres (Figure 2).

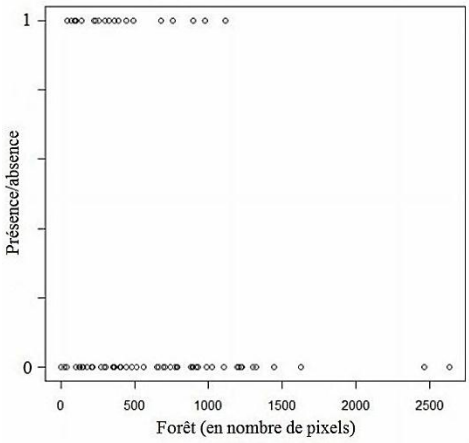

Figure 2. Présence (1) / absence (0) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna en fonction de la quantité de forêt dans un rayon de 500 mètres autour du point d'écoute.

- **Buffers de 1 000 mètres de rayon**

Par rapport au modèle nul, le modèle contenant la variable « sols nus » est conservé. Les modèles contenant les autres variables paysagères ne le sont pas. Le modèle possédant la variable « sols nus » est donc le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence de mâles chanteurs dans les buffers de 1 000 mètres (Tableau 3).

Tableau 3. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant la présence / absence (PA) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
PA ~ sols nus	-44,12	2	92,41	0	0,52
PA ~ bâti	-45,89	2	95,95	3,54	0,09
PA ~ 1	-47.02	1	96,09	3,68	0,08

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

L'analyse portant uniquement sur la variable « sols nus » montre que cette variable n'influence pas significativement la présence / absence de mâles chanteurs car les intervalles de confiance se chevauchent (Tableau 4).

Tableau 4. Coefficients et intervalles de confiance (CI, %) de la variable retenue par le modèle de sélection de PA : sols nus.

Modèle sélectionné pour la PA : PA ~ sols nus (D^2 = 0,062)		
	Intercept	Sols nus
Coefficient	0,0767	1,0002
CI (2,5 / 97,5)	0,0128 / 0,3702	1,0000 / 1,0004

D² = (déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle
Overdispersion = 1,2

- **Buffers de 2 000 mètres de rayon**

Par rapport au modèle nul, le modèle contenant la variable « sols nus » est conservé. Les modèles contenant les autres variables paysagères ne le sont pas. Le modèle possédant la variable « sols nus » est donc le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence dans les buffers de 2 000 mètres (Tableau 5).

Tableau 5. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant la présence / absence (PA) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	**LL**	**K**	**AICc**	**ΔAICc**	**wic**
PA ~ sols nus	-42,11	2	88,39	0	0,68
PA ~ infrastructures de transport	-43,34	2	90,85	2,46	0,20
PA ~ bâti	-44,21	2	92,59	4,2	0,08
PA ~ 1	-47,02	1	96,09	7,69	0,01

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

Ici, l'analyse portant uniquement sur la variable « sols nus » montre également que la présence de sols nus n'influence pas significativement la présence / absence de mâles chanteurs (Tableau 6).

Tableau 6. Coefficients et intervalles de confiance (CI, %) de la variable retenue par le modèle de sélection de PA : sols nus.

Modèle sélectionné pour la PA : PA ~ sols nus (D^2 = 0,10)		
	Intercept	Sols nus
Coefficient	0,022	1,0001
CI (2,5 / 97,5)	0,002 / 0,1697	1,0000 / 1,0002

D² = (déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle
Overdispersion = 1,15

- *Effectif maximal*

L'analyse dans les buffers de 500 mètres et 1 000 mètres donne les mêmes résultats qu'avec l'analyse de présence / absence, les résultats ne sont donc pas présentés.

- **Buffers de 2 000 mètres de rayon**

L'analyse effectuée dans les buffers de 2 000 mètres montre que les variables sols nus, infrastructures de transport et bâti sont susceptibles d'avoir une influence sur les effectifs de mâles chanteurs car leurs ΔAICc est inférieur à 2 et à celui du modèle nul (Tableau 7).

Tableau 7. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant les effectifs maximaux (EM) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
EM ~ sols nus	-54,96	2	114,09	0	0,39
EM ~ infrastructures de transport	-55,30	2	114,77	0,68	0,28
EM ~ bâti	-55,54	2	115,25	1,15	0,22
EM ~ 1	-58,36	1	118,78	4,68	0,04

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

La variable « sols nus » présentant la plus petite valeur d'AICc, une analyse portant uniquement sur cette variable est effectuée. Cependant, les intervalles de confiance se chevauchent ce qui indique que la relation présence de sols nus et effectifs de mâles chanteurs n'est pas significative (Tableau 8).

Tableau 8. Coefficients et intervalles de confiance (CI, %) de la variable retenue par le modèle de sélection de EM : sols nus.

Modèle sélectionné pour la EM : EM ~ sols nus (D^2 = 0,10)		
	Intercept	Sols nus
Coefficient	0,0633	1,000
CI (2,5 / 97,5)	0,0143 / 0,2557	1,0000 / 1,0001

D^2 = (déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle
Overdispersion = 0,81

2. 3. Analyse avec la base de données INSEE

- *Présence / absence*

Par rapport au modèle nul, les trois premiers modèles sont susceptibles d'expliquer la présence / absence car leur ΔAICc est inférieur à 2. Cependant le modèle contenant la variable « deltapop » est conservé car il possède la plus petite valeur d'AICc et contient une seule variable. Les autres modèles ne sont donc pas retenus. Le modèle possédant la variable « deltapop » est le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence (Tableau 9).

Tableau 9. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant la présence / absence (PA) de mâles chanteurs sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
PA ~ deltapop	-44,42	2	93,01	0	0,40
PA ~ pop2008 + deltapop	-43,44	3	93,22	0,21	0,36
PA ~ pop2008	-45,33	2	94,83	1,81	0,16
PA ~ 1	-47,02	1	96,09	3,07	0,09

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

L'analyse portant uniquement sur la variable deltapop montre que l'évolution de la population humaine entre 1975 et 2008 influence négativement la présence / absence de mâles chanteurs (Tableau 10). Le modèle explique cependant seulement 5,5% de la variation totale du jeu de données.

Tableau 10. Coefficients et intervalles de confiance (CI, %) de la variable retenue par le modèle de sélection de PA : deltapop.

Modèle sélectionné pour la PA : PA ~ deltapop (D^2 = 0,055)		
	Intercept	Deltapop
Coefficient	0,8701	0,9964
CI (2,5 / 97,5)	0,4136 / 1,9043	0,9917 / 09996

D^2 = (déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle
Overdispersion = 1,22

La Figure 3 illustre la relation entre la présence / absence de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna et l'évolution de la taille de la population humaine de chaque commune.

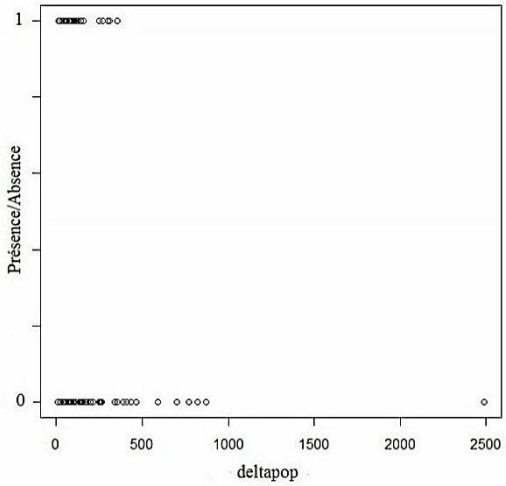

Figure 3. Présence (1) / absence (0) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna en fonction de l'évolution de la taille de la population humaine de chaque commune entre 1975 et 2008.

- *Effectif maximal*

Par rapport au modèle nul, les deux premiers modèles sont susceptibles d'expliquer les effectifs maximaux car leur ΔAICc est inférieur à 2. Cependant le modèle contenant la variable « deltapop » est conservé car il possède la plus petite valeur d'AICc et contient une seule variable. Les autres modèles ne sont donc pas retenus. Le modèle possédant la variable « deltapop » est le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence (Tableau 11).

Tableau 11. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant les effectifs maximaux (EM) de mâles chanteurs sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
EM ~ deltapop	-55,55	2	115,26	0	0,40
EM ~ pop2008 + deltapop	-54,49	3	115,32	0,06	0,39
EM ~ Pop2008	-56,65	2	117,46	2,2	0,13
EM ~ 1	-58,36	1	118,78	3,52	0,07

LL : log du maximum de vraisamblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

L'analyse portant uniquement sur la variable deltapop montre ici que l'évolution de la population humaine entre 1975 et 2008 influence négativement les effectifs de mâles chanteurs (Tableau 12). Le modèle explique cependant seulement 8,5% de la variation totale du jeu de données (Tableau 12).

Tableau 12. Coefficients et intervalles de confiance (CI, %) de la variable retenue par le modèle de sélection d'effectif maximal : deltapop.

Modèle sélectionné pour la EM : EM ~ deltapop (D^2 = 0,085)		
	Intercept	deltapop
Coefficient	0,6123	0,9968
CI (2,5 / 97,5)	0,3464 / 1,0631	0,9928 / 09996

D^2 = (déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle
Overdispersion = 0,83

La Figure 4 illustre la relation entre les effectifs de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna et l'évolution de la taille de la population humaine de chaque commune.

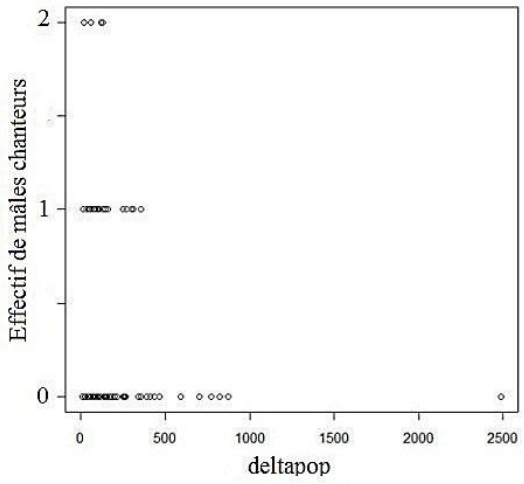

Figure 4. Effectif de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna en fonction de l'évolution de la population de chaque commune entre 1975 et 2008.

2. 4. Analyse avec les variables CLC et INSEE

o *Présence / absence*

- **Buffers de 500 mètres de rayon**

Par rapport au modèle nul, le modèle contenant les variables du groupe INSEE est conservé. Le modèle contenant les variables paysagères CLC n'est donc pas retenu. Le modèle possédant le groupe INSEE est donc le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence (Tableau 13).

Tableau 13. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant la présence / absence (PA) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
PA ~ pop2008 + deltapop	-43,44	3	93,22	0	0,77
PA ~ 1	-47,02	1	96,09	2,87	0,18

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

Les résultats obtenus avec les buffers de 1 000 et 2 000 mètres de rayon sont similaires.

o *Effectif maximal*

- **Buffers de 500 mètres de rayon**

Par rapport au modèle nul, le modèle contenant les variables du groupe INSEE est conservé. Le modèle contenant les variables paysagères CLC n'est donc pas retenu. Le modèle possédant le groupe INSEE est donc le plus susceptible d'expliquer les effectifs de mâles chanteurs (Tableau 14).

Tableau 14. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant l'effectif maximal (EM) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
EM ~ pop2008 + deltapop	-55,26	3	116,86	0	0,90
EM ~ 1	-60,02	1	122,1	5,23	0,07

LL : log du maximum de vraisemblance; K : nombre de paramètres estimés; AICc : critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc : différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic : poids de l'Akaike.

Les résultats obtenus avec les buffers de 1000 et 2 000 mètres de rayon sont similaires.

2. 5. Analyse avec les variables Graphab et INSEE

- *Présence / absence*

- **Buffers de 500 mètres de rayon**

Les résultats obtenus avec la base de données Graphab sont similaires à ceux obtenus précédemment avec la base de données CLC. Par rapport au modèle nul, le modèle contenant les variables du groupe INSEE est conservé. Le modèle contenant les variables paysagères Graphab n'est donc pas retenu. Le modèle possédant le groupe INSEE est donc le plus susceptible d'expliquer les données de présence / absence (Tableau 15).

Tableau 15. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant la présence / absence (PA) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
PA ~ pop2008 + deltapop	-43,44	3	93,22	0	0,77
PA ~ 1	-47,02	1	96,09	2,87	0,18

LL: log du maximum de vraisemblance; K: nombre de paramètres estimés; AICc: critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc: différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic: poids de l'Akaike.

Les analyses effectuées dans des buffers de 1 000 et 2 000 mètres de rayon mettent en évidence les mêmes relations.

- *Effectif maximal*

Les résultats obtenus ici sont également similaires à ceux obtenus avec la base de données CLC. Par rapport au modèle nul, le modèle contenant les variables du groupe INSEE est conservé. Le modèle contenant les variables paysagères Graphab n'est donc pas retenu. Le modèle possédant le groupe INSEE est donc le plus susceptible d'expliquer les effectifs maximaux de mâles chanteurs (Tableau 16).

Tableau 16. Paramètres statistiques de sélection du modèle expliquant les effectifs maximaux (EM) de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna sur la zone étudiée.

Modèles	LL	K	AICc	ΔAICc	wic
EM ~ pop2008 + deltapop	-54,49	3	115,32	0	0,82
EM ~ 1	-58,36	1	118,78	3,46	0,15

LL: log du maximum de vraisemblance; K: nombre de paramètres estimés; AICc: critère d'information d'Akaike corrigé; ΔAICc: différence entre l'AICc du modèle et la valeur la plus faible d'AICc; wic: poids de l'Akaike.

Les analyses effectuées dans des buffers de 1 000 et 2 000 mètres de rayon mettent en évidence les mêmes relations.

3) Stratégie de pose de nichoirs : exemple d'application sur une zone

Le seul résultat de la présente étude pouvant être utilisé pour orienter la stratégie de pose de nichoirs est que la présence de forêt dans un rayon de 500 mètres autour du centroïde de la surface bâti de la commune semble défavorable à la Chevêche d'Athéna. Il est donc nécessaire d'avoir recours aux données disponibles dans la littérature sur les conditions

favorables à l'occupation et à la reproduction de l'espèce dans les nichoirs. La stratégie de pose de nichoirs se basera alors principalement sur les résultats de l'étude de Gottschalk et al. Selon cette étude, la Chevêche se reproduit en moyenne à 269 mètres des routes, 53 mètres des vergers, et 761 mètres des forêts. La présence de champs non cultivés et donc de bords de champs, semble favorable à l'occupation des nichoirs et à la reproduction des Chevêches. Pour résumer, les résultats indiquent que pour qu'un nichoir soit efficace, il doit être posé dans une zone éloignée de la route et de la forêt, au milieu d'une zone favorable (prairie bocagère). Par ailleurs, il est important de tenir compte du fait que la distance de dispersion des jeunes est d'environ 6,5 kilomètres en moyenne, plus faible pour les mâles (5,6 kilomètres) que pour les femelles (9 kilomètres) (Génot, 1994). Le nichoir doit donc être proche de communes où l'espèce est présente (moins de 6,5 kilomètres) afin d'augmenter les chances que ce nichoir soit colonisé par la progéniture des couples des communes alentours.

Sur une cartographie représentant les variables paysagères Graphab, un endroit qui semble favorable pour la pose d'un nichoir a été déterminé à titre d'exemple tenant compte de l'ensemble des critères énumérés ci-dessus (Figure 5).

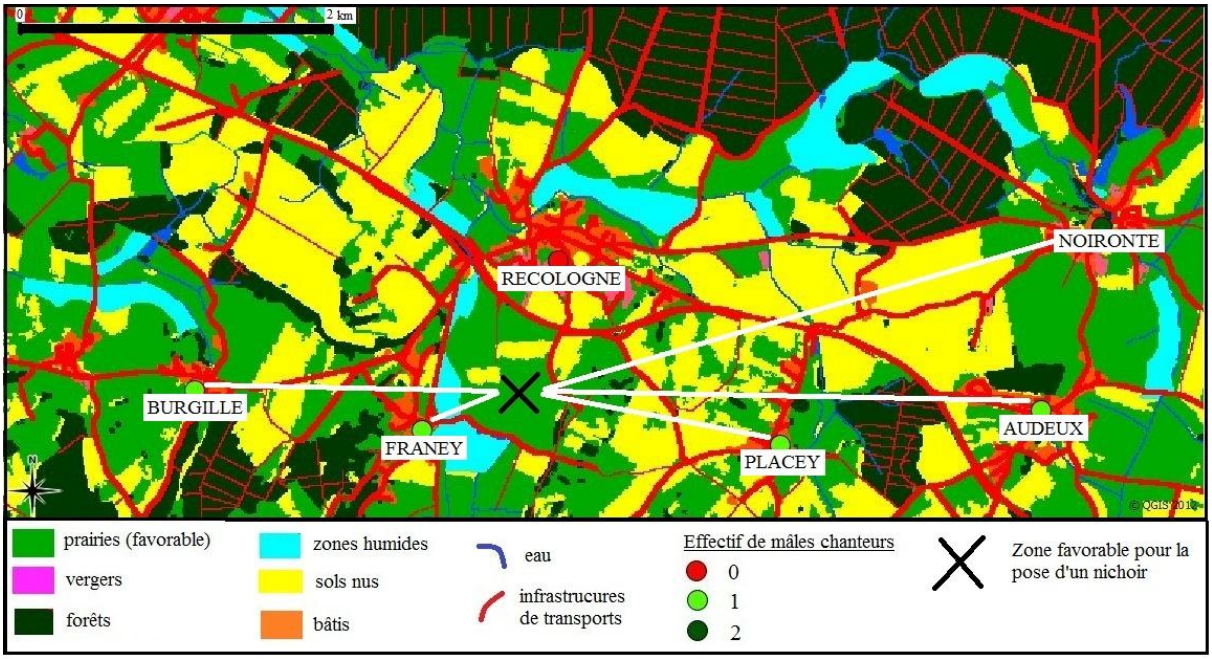

Figure 5. Cartographie d'une zone du secteur d'étude : exemple de détermination d'un endroit propice pour la pose de nichoirs, indiqué par la croix noire.

DISCUSSION

La présente étude suggère que l'augmentation de la taille de la population humaine de la commune influencerait plus la présence / absence ou les effectifs maximaux de mâles chanteurs de Chevêche d'Athéna, que les variables d'occupation du sol. Cependant, le pourcentage d'explication des modèles sélectionnés ne dépasse jamais 10%. Ces résultats sont donc à utiliser avec prudence et suggèrent que d'autres variables, non prises en compte dans ce travail, expliquent la présence / absence ou les effectifs de l'espèce. L'augmentation de la taille de la population humaine d'une commune sous-entend très probablement la construction de lotissements, la destruction de vergers, la rénovation des maisons, ce qui expliquerait que les effectifs de Chevêches diminuent lorsque la taille de la population humaine augmente. Les communes où il y a peu de bâti sont en général des communes où les bâtis sont anciens et présentent donc des anfractuosités favorables à la nidification de l'espèce. En Franche-Comté, la Chevêche d'Athéna niche majoritairement dans les bâtiments (Bannwarth et al., 2011). De plus, s'il y a peu de bâti cela signifie qu'il y a également moins de dérangements d'origine anthropique, avec moins d'infrastructures de transport par exemple. D'après Gottschalk et al. (2011), les nichoirs dans lesquels les couples présentent un succès reproducteur élevé sont ceux qui sont installés loin des routes et des forêts. Les infrastructures de transport sont responsables d'un taux de mortalité par collision élevé et expliquent un tel résultat (Génot, 1991 ; Frias, 1999). Les résultats de la présente étude laissent penser que la forêt a un effet négatif sur la présence de Chevêches. Ce résultat n'est pas surprenant car il est largement connu que la présence de forêt est défavorable pour la Chevêche, de par sa structure elle-même et parce que les forêts sont souvent peuplées par la chouette hulotte (*Strix aluco*), une espèce prédatrice de la Chevêche d'Athéna (Gottschalk et al, 2011). Par ailleurs, l'analyse de la présente étude ne montre pas de relation entre la présence de l'espèce et l'occupation du sol de type « prairie », en général favorable à l'espèce. L'étude de Gottschalk et al. (2011) a montré qu'une surface élevée en champs non cultivés et des bords de champs sont liés à un succès reproducteur élevé dans les nichoirs suivis. En effet, ces zones favorisent la présence de rongeurs et autres petites proies de Chevêches car elles sont attirées par les bords des champs, ces zones présentent donc une disponibilité en proies plus élevée. Il est donc important de tenir compte de l'ensemble de ces conditions pour déterminer les endroits propices à la pose de nichoirs.

L'absence de relations entre variables paysagères CLC et la présence / absence ou les effectifs de l'espèce peut être due au fait que sa résolution est trop « grossière ». Cependant, lorsque l'analyse est effectuée avec la base de données Graphab, la seule variable qui semble avoir une influence sur les paramètres étudiés est la forêt et le pourcentage d'explication est faible (inférieur à 10%). C'est pourquoi il est supposé que la démographie de la Chevêche sur la zone soit trop mauvaise pour qu'il y ait un lien apparent entre habitat et présence de l'espèce, les habitats favorables n'étant pas colonisés faute d'effectif. Mais il est également probable qu'un biais soit introduit par le fait que la localisation des nids ne soit pas géoréférencée précisément et que l'analyse paysagère soit faite selon des buffers dont le centre correspond au centroïde de la surface bâti de chaque commune et non au nid.

Par ailleurs, lorsqu'un programme de pose de nichoirs est engagé, il faut tenir compte d'autres paramètres. Il est par exemple important de noter que si des cavités naturelles sont disponibles sur une zone, la Chevêche préfère occuper les cavités naturelles (Tomé et al., 2004). Les nichoirs installés peuvent alors être occupés par d'autres espèces comme la fouine qui est une espèce prédatrice de la Chevêche (Tomé et al., 2008). Il est donc préférable que les nichoirs installés soient équipés de systèmes anti-prédation, comme souhaite le faire la LPO Franche-Comté (Bannwarth & Maas, 2012). Malgré tout, un excédent de nichoirs améliore généralement un territoire, puisqu'un couple reproducteur utilise souvent plusieurs cavités autour du site de nidification (Schönn et al., 1991).

Face aux nombreuses pressions qui pèsent sur les populations de Chevêches d'Athéna, il est difficile de trouver des zones favorables à l'espèce en tenant compte de l'ensemble des paramètres qui favorisent ou défavorisent sa survie et son succès de reproduction. Cette étude montre donc qu'il est difficile d'élaborer une stratégie de pose de nichoirs convenable et efficace dans des situations de déclin aussi important. De plus, le risque de poser des nichoirs dans des endroits qui ne réunissent pas l'ensemble des conditions favorables au renouvellement de l'espèce, est que les nichoirs peuvent constituer des pièges écologiques et accélérer le processus d'extinction de l'espèce dans une région donnée.

CONCLUSION

La présente étude montre donc que le processus d'urbanisation semble influencer négativement la présence de la Chevêche d'Athéna sur la zone d'étude. Il est alors supposé que l'augmentation de la taille de la population entraine l'expansion de la surface bâtie et donc la destruction des habitats de nombreuses espèces, notamment la Chevêche d'Athéna. L'étude semble montrer que la présence de milieux forestiers dans un rayon de 500 mètres autour des centroïdes de la surface bâtie de chaque commune semblent impacter négativement sur la présence de Chevêches, un résultat déjà connu.

Pour finir, il est important de garder à l'esprit que la pose de nichoirs est une mesure de conservation d'urgence qui n'influe pas sur la qualité du milieu, et notamment sur les ressources alimentaires et leur accessibilité (Masson & Nadal, 2010). Cette mesure devrait donc être provisoire jusqu'à ce que les sites de nidifications naturels ne soient plus un facteur limitant (Gottshalk et al., 2011). Les nichoirs ne peuvent pas résoudre le problème de perte d'habitat et la dégradation qui résulte de l'utilisation intensive des terres. Des actions de restauration des habitats de la Chevêche telles que la plantation d'arbres fruitiers devraient préférablement être réalisées ou couplées au programme de pose de nichoirs, pour maintenir durablement les populations de Chevêche d'Athéna sur le secteur d'étude. Seulement, les pommiers ont besoin de 50 ans ou plus pour développer des cavités (Gottschalk et al., 2011). La pose de nichoirs est donc une alternative intéressante dans des situations critiques mais devrait systématiquement être couplée avec des actions de restaurations d'habitats.

En fonction des résultats de l'enquête Chevêche 2012, il serait intéressant d'élargir le programme de pose de nichoirs à d'autres communes au fur et à mesure de l'avancée des connaissances sur la présence/absence de l'espèce en vallée de l'Ognon et des résultats de la présente étude.

REMERCIEMENTS

Je remercie mon tuteur pédagogique Renaud Scheifler, sans qui mon stage n'aurait pu avoir lieu. Je le remercie également pour son soutien, ses conseils rédactionnels et l'aide qu'il m'a apportée pour la réalisation des analyses statistiques. Merci à Samuel Maas, Anne-Laure Parmentier, Cyrielle Bannwarth, Patrick Giraudoux, qui ont été à mon écoute et qui m'ont conseillée et aidée tout au long de mon stage. Je remercie également le laboratoire ThéMA du CNRS qui m'a fourni la base de données paysagères « Graphab ». Je suis reconnaissante envers les membres du groupe local d'Audeux qui m'ont fait part de leurs connaissances naturalistes qui ont pu orienter mes décisions au cours de mon stage. Pour terminer, je tiens à remercier l'ensemble des bénévoles participants aux enquêtes « Chevêches » sans qui l'acquisition des données serait impossible.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Avile's, J. M. & Parejo, D. 2004. Farming practices and roller Coracias garrulus conservation in south-west Spain. *Bird Conservation International*. 14:173–181.

Bannwarth C., Scheifler, R. & Parmentier A.-L. 2011. Chevêche d'Athéna *Athene noctua* - Fiche espèce Liste rouge des vertébrés terrestres de Franche-Comté.

Bannwarth, C. & Maas, S. 2012. Plan régional de conservation d'espèce en faveur de la Chevêche d'Athéna *Athene noctua***.** LPO Franche-Comté, DREAL Franche-Comté & Union européenne : 20p.

Battin, J. 2004. When good animals love bad habitats: ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology*. 18:1482–1491.

Bivand, R. S., Edzer, J., Pebesma, Virgilio, Gomez-Rubio. 2008. Sp : Applied spatial data analysis with R. Springer, NY. http://www.asdar-book.org/

Bolton, M., Medeiros, R., Hothersall, B. & Campos, A. 2004. The use of artificial breeding chambers as a conservation measure for cavity-nesting procellariiform seabirds: a case study of the Madeiran Storm Petrel (Oceanodroma castro). *Biological Conservation*. 116:73–80.

Burnham, K. P. & Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference. Springer-verlag. NY USA.

Cades, T.J. & Jones, C.G. 1993. Progress in restoration of the Mauritius Kestrel. *Conservation Biology*. 7:169–175.

Delibes, M., Gaona, P. & Ferreras, P. 2001. Effects of an attractive sink leading into maladaptive habitat selection. *The American Naturalist*. 158:277–285.

Exo, 1983. in D. van Nieuwenhuyse, Génot, J.C. & Johnson. D.H. 2008. The Little Owl – conservation, ecology and behavior of Athene noctua. Cambridge University Press, New York, NY U.S.A.

Frias, O. 1999. Estacionalidad de los atropellos de aves en el centro de España: numero y edad de los individuos y riqueza y diversidad de especies. Ardeola 46:23–30.

Génot, J.-C. 1991. Mortalité de la chouette Chevêche *Athene noctua*, en France. Pages 139–147 in M. Juillard, P. Bassin, H. Baudvin, J.-C. Génot, P.-A. Ravussin, and C. Reletez [EDS.], Rapaces nocturnes. Actes du 30e Colloque Interrégional d'Ornithologie, 2–4 November 1990. Porrentruy, Switzerland.

Génot, J.C. 1994. La Chevêche d' Athéna dans la réserve de la biosphère des Vosges du nord. Ciconia,.

Génot, J.C. & Lecomte, P. 2002. La chevêche d'Athéna. Edition delachaux et niestlé, collection "Les sentiers du naturaliste".

Giraudoux P., 2011. Pgirmess : data analysis in ecology. http://CRAN.R-project.org/package=pgirmess.

Gottschalk, T. K., Ekschmitt, K. & Wolters, V. 2011. Efficient placement of nest boxes for the little owl (*Athene noctua*). *The Journal of raptor Research*. 45: 1-14.

Katzner, T., Robertson, S., Robertson, B., Klucsarits, J., Mccarty, K., & Bildstein, K.L. 2005. Results from a long-term nest-box program for American Kestrels: implications for improved population monitoring and conservation. *Journal of Field Ornithology*. 76:217–226.

Keitt T.H., Bivard, R., Pebesma, E. & Rowlingson, B. 2011. Rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. http://CRAN.R-project.org/package=rgdal.

Klein, A., Nagy, T., Csorgo, T., & Matics, R. 2007. Exterior nest-boxes may negatively affect Barn Owl Tyto alba survival: an ecological trap. Bird conservation international. 17: 273-281.

Lalas, C., Jones, P.R. & Jones. J. 1999. The design and use of a nest box for Yellow-eyed Penguins Megadyptes antipodes - a response to a conservation need. *Marine Ornithology*. 27:199–204.

Lewin-Koh N., J. & Bivand., R. 2011. Maptools: Tools for reading and handling spatial objects. http://CRAN.R-project.org/package=maptools.

LPO Info Franche-Comté, 4ème trimestre 2008, N°8.

Mänd, R., Tilgar, V., Lohmus, A. & Leivits, A. 2005. Providing nest boxes for hole-nesting birds - does habitat matter? *Biodiversity Conservation.* 14:1823–1840.

Martinez, J. & Zuberogoita, I. 2004. Effects of habitat loss on perceived and actual abundance of the Little Owl Athene noctua in Easten Spain, Ardeola. 51(1): 215 - 219.

Martinez, J. & Zuberogoitia, I. 2004. Habitat preferences for Long-eared Owls Asio otus and Little Owls Athenenoctua in semi-arid environments at three spatial scales, Bird Study. 51 (2) : 163 – 169.

Masson, L. & Nadal, R. 2010. Bilan du plan national d'action Chevêche d'Athéna 2000 - 2010. Ligue pour la Protection des Oiseaux – Birdlife France.

Newton, I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: a review. *Biodiversity Conservation*. 70:265–276.

Paul, J.P. 2008. Liste rouge des vertébrés terrestres de Franche-Comté.

Pebesma, E. J., & Bivand, R. S. 2005. Sp : Classes and methods for spatial data in R. R News 5 (2), http://cran.r-project.org/doc/Rnews/.

Pinheiro, J., Bates D., DebRoy, S. & Sarkar, D. 2010. Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models.

Priddel, D., Carlile, N. & Wheeler, R. 2006. Establishment of a new breeding colony of Gould's Petrel (Pterodroma leucoptera leucoptera) through the creation of artificial nesting habitat and the translocation of nestlings. *Biological Conservation.* 128:553–563.

Rowlingson B., & Diggle, P. 2012. Splancs : Spatial and sapace-time point pattern analysis. http://CRAN.R-project.org/pachage=splancs

Schönn, S., Scherzinger, W., Exo, K.M. & Ille, R. 1991. Der Steinkauz. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt, Germany.

Stamp, R.K., Brunton, D.H. & Walter, B. 2002. Artificial nest box use by the North Island Saddleback: effects of nest box design and mite infestations on nest site selection and reproductive success. *New Zealand Journal of Zoology*. 29:285–292.

Tome, R., Bloise, C. & Korpimaki, E. 2004. Nest-site selection and nesting success of Little Owls (Athene noctua) in Mediterranean woodland and open habitats. Journal of Raptor Research 38:35–46.

Tome, R., Catry, C. P., Bloise, C. & Korpimäki, E. 2008. Breeding density and success, and diet composition of Little Owls Athene noctua in steppe-like habitats in Portugal. Ornis Fennica 85:22–32.

Venables, W. N. & Ripley, B. D. 2002. MASS : Modern Applied Statistics with S. http://www.stats. ox.ac.uk/pub/MASS4

Wiley, J.W., Post, W. & Cruz, A. 1991. Conservation of the Yellow-shouldered Blackbird Agelaius xanthomus, an endangered West Indian species. *Biological Conservation.* 55:119–138.

Zaccaroni, A., Amorena, M., Naso B., Castellani, Lucisano, G. A. & Stracciari, G.L. 2003. Cadmium, chromium and lead contamination of Athene noctua, the little owl, of Bologna and Parma, Italy. Chemosphere 52 : 1251–1258.

Zmihorski, M., Romanowski, J. & Osojca, G. 2009. Habitat preferences of a declining population of the little owl, Athene noctua in Central Poland, Folia Zoological. 58 : 207 - 215.

RESUME

La Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) est classée dans la catégorie « en danger » sur la liste rouge régionale basée sur les méthodes de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature. En plus des actions déjà menées en faveur de l'espèce par la Ligue pour la Protection des Oiseaux de Franche-Comté, celle-ci souhaite engager un programme de pose de nichoirs dans une zone prospectée entre 2008 et 2011 en vallée de l'Ognon. L'objectif du programme de conservation est de soutenir les populations en augmentant l'offre en cavités favorables à la nidification et au gîte. Il est alors essentiel que les nichoirs soient installés dans des zones favorables à l'espèce. La présente étude vise à étudier la distribution spatiale de l'espèce sur la zone étudiée, puis à rechercher les relations entre des variables environnementales (composition paysagère) et socio-économiques (taille de la population humaine et son évolution dans le temps) et la présence / absence ou les effectifs de mâles chanteurs de l'espèce. Le but est alors de définir les zones favorables à l'espèce et d'orienter le programme de pose de nichoirs. Deux bases de données paysagères (Corine Land Cover et « Graphab ») et des variables concernant la population humaine de chaque commune ont été utilisées, pour tenter d'expliquer la présence / absence ou les effectifs de l'espèce sur la zone d'étude. Les résultats montrent que les effectifs de Chevêches sont plus faibles dans les communes où la population humaine a augmenté fortement entre 1975 et 2008. De même, la présence de forêt, semble défavorable à l'espèce. Cependant aucune autre relation entre la composition paysagère et la présence / absence de l'espèce n'a été mise en évidence. L'orientation du programme de nichoirs a donc principalement été appuyée sur les exigences écologiques de l'espèce trouvées dans la littérature.

Mots-clés : composition paysagère; *Athene noctua*; nichoirs; conservation.

ABSTRACT

The Little Owl (*Athene noctua*) is classified in the category "in danger" on the regional IUCN red list. Besides the actions already led in favor of the species by the Ligue pour la Protection des Oiseaux de Franche-Comté, this association wishes to achieve a nest-box program in a zone prospected between 2008 and 2011 in "vallée de l'Ognon". The aim of the conservation program is to support the populations by increasing the offer in cavities that can be used for nesting or for sheltering. It is then essential that nest boxes are installed in favorable zones to the species. The present work aims at studying the spatial distribution of the species on the prospected zone, then at looking at the relations between the landscape composition and the presence / absence of the species. The purpose is then to define zones favorable to the species and to direct the nest-box program. Two soil use databases (Corine Land Cover and "Graphab") and variables concerning the human population were used as explanatory variables for the presence / absence of the little owl on the area. The results show that the number of Little Owls is lower in the villages where the human population has increased strongly between 1975 and 2008. Also the presence of forest seem unfavorable to the species. However, no other relation between the landscaped composition and the presence / absence of the species was revealed. The orientation of the nest-box program was therefore mainly based on the ecological requirements of the species found in the literature.

Key words : landscape composition; *Athene noctua*; nest boxes; conservation.