

# Caractérisation de la relation entre les structures bocagères et l'avifaune du site Natura 2000 Petite Montagne du Jura

Focus sur trois espèces d'oiseaux inféodés aux milieux agricoles :  
la pie-grièche écorcheur, l'alouette lulu et la chevêche d'Athéna



par

Léa CHALVIN

Rapport de stage de Master II

Université d'Aix-Marseille – Promotion EEGB 2016/2017

Responsable de stage : Tristan NOYERE

Communauté de Communes Petite Montagne

# Remerciements

---

Mes premiers remerciements vont à la Communauté de Communes de la Petite Montagne qui m'a permis de réaliser cette étude.

Un grand merci à Tristan Noyère, mon maître de stage, pour la confiance qu'il m'a accordée tout au long de ces six mois, pour ses conseils et sa bonne humeur. Merci également à Charly Moureau, le roi de la bidouille, pour son aide en SIG, et à Céline Roux, pour sa gentillesse. Travailler avec vous trois fut un réel plaisir.

Je voudrais également remercier ceux qui ont passé certaines de leurs soirées à attendre, sans succès, la réponse des chevêches : Rémi, Isia, Bastien. La prochaine fois, je ferai une étude sur les pinsons !

Enfin, je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé au bon déroulement de ce stage. Je pense en particulier aux salariés de la LPO Franche-Comté, Samuel Maas et Cyrielle Bannwarth, pour leurs précieux conseils, ainsi qu'à certains habitants de la Petite Montagne pour leur accueil et le temps qu'ils m'ont accordé.

Et puis, évidemment, merci à mes parents, qui ont toujours cru en moi. J'espère continuer à vous rendre aussi fiers.

Photographie de couverture : Vue sur la vallée de la Valouse depuis le cirque de Vogna. © L. Chalvin, 2017.

# Avant-propos

---

Ce stage a été mandaté par la Communauté de Communes Petite Montagne (CCPM), qui regroupe actuellement 28 communes et dont le siège est situé à Arinthod (39). Elle est structure animatrice du site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" depuis 2012, et emploie trois chargés de mission afin de mener à bien les objectifs fixés par les deux directives sur lesquelles repose le réseau. La structure a ainsi plusieurs missions environnementales dont la mise à jour des connaissances sur les espèces et habitats d'intérêt communautaire et patrimonial, la mise en œuvre du document d'objectifs (DOCOB) établissant un diagnostic du site et décidant des actions de gestion à mener au sein de celui-ci, ou encore la sensibilisation du public (Site Natura 2000 Petite Montagne du Jura, [S.I.]).

# Sommaire

---

Introduction .....	7
Matériel et méthodes .....	10
1. Site d'étude.....	10
2. Modèles d'étude.....	12
2.1. Pie-grièche écorcheur.....	12
2.2. Alouette lulu.....	13
2.3. Chevêche d'Athéna .....	14
3. Protocole.....	16
3.1. Variable réponse et détectabilité .....	16
3.2. Stratégie d'échantillonnage .....	16
3.3. Prospections .....	17
3.4. Variables explicatives .....	18
3.5. Analyse statistique .....	20
Résultats .....	22
1. Sélection des variables environnementales .....	22
2. Pie-grièche écorcheur .....	23
2.1. Bilan des prospections et résultats généraux .....	23
2.2. Modélisation des relations .....	24
3. Alouette lulu .....	27
4. Chevêche d'Athéna.....	27
Discussion .....	28
1. Pie-grièche écorcheur.....	28
2. Alouette lulu .....	32
3. Chevêche d'Athéna.....	33
4. Préconisation d'actions .....	35
Conclusion.....	37

Abréviations .....	39
Glossaire .....	40
Références bibliographiques .....	41
Annexes .....	47
Résumé .....	56
Abstract .....	57

# Liste des figures

---

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (en bleu) au sein du site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" (en gris). Carte du Jura : <a href="http://www.adapemont.fr">www.adapemont.fr</a> , avec la Petite Montagne représentée en orange.....	11
Figure 2 : Individus mâle et femelle de pie-grièche écorcheur ( <i>Lanius collurio</i> ). Le dimorphisme sexuel est bien visible. © J.-C. Vuilleumier.....	12
Figure 3 : Alouette lulu ( <i>Lullula arborea</i> ). © J. Sottier.....	13
Figure 4 : Chevêche d'Athéna ( <i>Athene noctua</i> ). © J.-P. Paul, LPOFC.....	14
Figure 5 : Localisation des points d'observation au sein de la zone d'étude..	17
Figure 6 : Haies de classes 1 (a), 2 (b), 3 (c) et 4 (d). © L. Chalvin .....	19
Figure 7 : Système de pondération des nœuds. Le zoom encadré correspond à l'ajout d'un segment court lorsque l'extrémité de la haie est liée à un boisement.....	20
Figure 8 : Analyse en composantes principales représentant les corrélations entre les variables environnementales.....	22
Figure 9 : Carte de répartition de la pie-grièche écorcheur au sein de la zone d'étude pour la période 2017.....	23
Figure 10 : Représentation graphique de la relation individuelle entre la probabilité de présence de la pie-grièche écorcheur et quatre variables environnementales : la longueur du linéaire de haies de classe 1 (en haut à gauche), la longueur du linéaire de haies de classe 2 (en haut à droite), la longueur du linéaire de haies de classe 3 (en bas à gauche) et la connectivité du réseau de haies (en bas à droite). .....	26
Figure 11 : Carte de répartition de l'alouette lulu au sein du site d'étude pour la période 2017. Les observations citées "hors protocole et source externe" correspondent aux données de la base de données Obsnatu.....	27
Figure 12 : Carte de répartition de la chevêche d'Athéna au sein du site d'étude pour la période 2017.....	27

# Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Variables explicatives conservées dans les modèles linéaires généralisés.....	23
Tableau 2 : Présentation des meilleurs modèles décrivant la relation entre la présence de pie-grièche écorcheur et les différentes variables environnementales. Avec K = nombre de paramètres ; AICcWt = poids d'AICc ; LL = log de la vraisemblance.....	24
Tableau 3 : Résultats du meilleur modèle décrivant la relation entre la présence de pie-grièche écorcheur et les différentes variables environnementales. Il s'agit du modèle additif des longueurs de haies des classes 1, 2 et 3. Codes de significativité: " *** " = 0.001 ; " ** " = 0.01 ; " * " = 0.05 et " . " = 0.1.....	25

# Introduction

---

L'influence de l'Homme sur les paysages est ancienne. Dès le Néolithique (VI<sup>e</sup> millénaire avant notre ère), il se sédentarise, en même temps qu'émergent les premières formes d'agriculture et d'élevage. Débute alors une dynamique de défrichement, au profit d'espace pour les cultures et d'exploitation du bois (ONF, [S.I.]). Conjointement au développement de l'agriculture, de nombreuses civilisations voient apparaître un type de paysage particulier, façonné par l'homme et caractérisé par ses clôtures végétales entourant les parcelles et formant un véritable réseau de mailles : le bocage (Vadaine, 2002). Tantôt protectrice des cultures contre les éléments, tantôt barrière pour les hommes ou la faune, la haie bocagère et son utilisation varient fortement selon les régions du monde et les époques. En Europe, l'existence de haies et de talus est rapportée dès la période romaine, bien que le bocage se développe réellement à partir du Moyen-Âge (Baudry & Jouin, 2003). Les fonctions premières de la haie sont alors la délimitation des propriétés (Baudry *et al.*, 2000) et le cloisonnement des troupeaux, en particulier au XIV<sup>e</sup> siècle, avec l'abandon de la vaine pâture (Génot & Lecomte, 2002). Cependant, le bocage français, alors également source de bois, connaît son apogée aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles (Tourret, 2003). Outre les fonctions citées, la haie a également un rôle écologique important. Avec son hétérogénéité de micro-habitats, la structure complexe de sa végétation et la création de microclimats favorables de par son effet coupe-vent, la haie est à la fois un habitat majeur et un refuge pour la faune sauvage, abritant une richesse spécifique importante (Burel & Baudry, 1995 ; Hinsley & Bellamy, 2000). Elle a de plus une fonction de corridor écologique, permettant la dispersion des individus et donc le maintien des métapopulations (Burel & Baudry, 1995 ; Marshall & Moonen, 2002 ; Schippers *et al.*, 2009). Enfin, ces linéaires de végétation jouent également un rôle dans le contrôle des flux physiques et chimiques, par exemple en favorisant le drainage et en limitant l'érosion des sols (Baudry *et al.*, 2000). De nombreuses espèces d'oiseaux se sont ainsi adaptées aux milieux agricoles, et trouvent dans le bocage à la fois de quoi s'abriter, se nourrir et nidifier (MacDonald & Johnson, 1995).

Pourtant, le bocage est l'un des paysages agricoles les plus menacés d'Europe occidentale (Burel & Baudry, 1995). La mise en œuvre de la loi agraire du 4 mars 1941, suivie par celle de la Politique Agricole Commune (PAC) dans les années 1960, conduisent à un remembrement agricole à visée productiviste et basé sur la simplification du parcellaire et la modernisation des pratiques (Husson & Marochini, 1997). Ainsi, le paysage bocager si

favorable à la biodiversité laisse rapidement place à de grandes surfaces de cultures intensives. Au total, c'est 50 à 80 % du linéaire de haies qui a été perdu depuis 1950 (Tourret, 2003), entraînant des conséquences néfastes sur la faune inféodée à ces milieux agricoles. La disparition des haies, couplée au développement des cultures céréalières au détriment des prairies, ainsi qu'à la transformation des prairies pérennes restantes en prairies semi-pérennes voire annuelles, conduisent à la raréfaction des zones favorables à la petite faune (Génot & Lecomte, 2002). De plus, l'utilisation de produits phytosanitaires dans les cultures (pesticides, fongicides, insecticides, etc.) et le traitement du bétail par des vermifuges impactent fortement les insectes et rongeurs et, indirectement, leurs prédateurs (Génot & Lecomte, 2002 ; Johannot & Weiltz, 2012). Les oiseaux sont ainsi particulièrement touchés par l'intensification de l'agriculture via le déclin de leurs proies, mais également du fait de la destruction et de la fragmentation des habitats favorables. En France, 75 % des espèces d'oiseaux agricoles suivies par le programme STOC du MNHN ont vu leurs populations diminuer entre 1981 et 2009, et 25 % ont perdu plus de la moitié de leurs effectifs (Pacteau, 2014). Paradoxalement, le phénomène inverse de déprise agricole dû à l'abandon du pâturage et de la fauche, conduit à un enrichissement défavorable à de nombreuses espèces d'oiseaux (Déforêt, 2011 ; Bannwarth & Maas, 2012 ; Johannot & Weiltz, 2012). Au final, de par une modification des pratiques, le développement d'une civilisation agraire qui a longtemps été favorable à certaines espèces d'oiseaux (au détriment des espèces forestières) a fini par leur devenir néfaste.

Le bocage est l'un des paysages caractéristiques du Jura, territoire partagé entre les milieux agricoles extensifs et les zones boisées. En 1992, le département comptait 2 298 km<sup>2</sup> de surface forestière, soit 45,5 % de la surface du département, et 2 257 km<sup>2</sup> de surfaces agricoles, soit 44,7 %. Cependant, l'agriculture jurassienne, au même titre que l'agriculture française, a subi une véritable mutation, avec la spécialisation des plateaux dans l'élevage et la production laitière (AOC Comté). Au total, l'intensification de l'agriculture a, en une trentaine d'années, conduit à la destruction de plus de trois quarts des haies du département, altérant profondément l'intérêt de ses milieux (GOJ, 1993). La Petite Montagne, zone de premiers plateaux située au sud du Jura, est restée jusqu'à présent relativement épargnée par ce phénomène, et peut alors potentiellement constituer, comme de nombreux sites de moyenne montagne, une "zone refuge" pour l'avifaune inféodée au milieu bocager (Johannot & Weiltz, 2012). À l'inverse, la Petite Montagne voit même plutôt ses pelouses et landes s'enfricher, et progressivement se reboiser. Le placement de près de 40 000 hectares du

territoire de Petite Montagne en zone Natura 2000 permet ainsi actuellement une gestion conservatoire du site, dans le but de maintenir la richesse de ses habitats et de ses espèces. En effet, le réseau Natura 2000, composé de sites naturels majeurs désignés par chacun des pays de l'Union européenne en application de la Directive Oiseaux (79/409/CEE remplacée par la directive 2009/147/CE) et de la Directive Habitat-Faune-Flore (92/43/CEE), vise à assurer le maintien ou le rétablissement dans un état de conservation favorable des habitats naturels, des espèces et habitats d'espèces de la flore et de la faune sauvages d'intérêt communautaire (Site Natura 2000 Petite Montagne du Jura, [S.I.]). Cependant, le territoire de Petite Montagne assiste depuis peu à un démantèlement progressif de ses haies.

Ce travail a ainsi pour objectif d'étudier la relation entre les structures bocagères du site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" et l'avifaune inféodée au milieu bocager afin d'évaluer l'impact de la destruction des haies sur ces oiseaux. Les résultats conduiront à la proposition de mesures de gestion adéquates de ces espaces dans le but de maintenir, voire de favoriser les populations avifaunistiques de Petite Montagne, tant que le territoire est encore relativement préservé des mutations paysagères. Trois espèces ont été retenues pour cette étude : l'alouette lulu (*Lullula arborea*, Linné 1758) et la pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*, Linné 1758), inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux et donc considérées comme des espèces d'intérêt communautaire ; ainsi que la chevêche d'Athéna (*Athene noctua*, Scopoli 1769), espèce d'intérêt patrimonial mais à enjeu important en Petite Montagne. Les deux premières espèces sont classées quasiment menacées (NT) sur la liste rouge des vertébrés terrestres de Franche-Comté (Cotte & Paul, 2011 ; Déforêt, 2011), bien qu'elles soient considérées comme assez fréquentes au sein de la ZPS (Paul, 2007). La chouette chevêche est quant à elle classée en danger (EN) en Franche-Comté (Bannwarth *et al.*, 2011).

Actuellement, la majorité des études portant sur la relation entre ces espèces et leur habitat se focalise principalement sur l'occupation du sol (Golawski & Meissner, 2008 ; Gottschalk, 2011 ; Parmentier, 2011 ; Morelli, 2012 ; Salek *et al.*, 2016) ou la fragmentation des habitats (Gottschalk, 2011 ; Morelli *et al.*, 2013), mais rarement sur leur dépendance aux linéaires mêmes. Suite à son étude sur l'état ornithologique de la ZPS "Petite Montagne du Jura", Paul (2007) concluait par exemple que la qualité phytosociologique et l'intérêt communautaire des milieux ouverts ne permettent pas de déterminer les habitats favorables à la pie-grièche écorcheur, mais que la probabilité de présence et l'abondance de l'espèce peuvent potentiellement être liées au linéaire buissonneux, alors non pris en compte dans l'étude. Les travaux portant sur la biodiversité des haies se concentrent quant à eux plutôt sur la richesse

spécifique ou l'abondance globale au sein de ces éléments, et rarement sur une espèce en particulier (Hinsley & Bellamy, 2009). La relation entre chacune de ces trois espèces d'oiseaux et le linéaire de haie semble ainsi nécessiter une étude propre au sein du site Natura 2000.

Il a alors été fait l'hypothèse que la longueur du linéaire influe positivement sur l'occurrence de l'alouette lulu, de la pie-grièche écorcheur et de la chevêche d'Athéna, de même que la connectivité du réseau de haies. L'influence de la structure de la haie est également supposée, mais avec une préférence variant selon l'espèce. Enfin, les surfaces de zones boisées et de milieux agricoles, déjà considérées comme étant des variables influant sur la répartition des trois espèces, ont également été prises en compte afin d'évaluer leur corrélation avec la longueur de linéaire. Dans un premier temps, des prospections de ces populations ont donc été réalisées au sein de la zone d'étude afin d'estimer leur distribution. Les éléments paysagers relatifs au bocage, en particulier les linéaires de haies, ont ensuite été cartographiés et mis en relations avec les données d'espèces.

## Matériel et méthodes

---

### 1. Site d'étude

Le site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" est situé au sud du département du Jura (39), en région Bourgogne-Franche-Comté. D'une superficie de 38 300 ha, il regroupe actuellement 40 communes au sein de trois communautés de communes : Petite Montagne, Jura Sud et Région d'Orgelet. Il a été désigné au titre de la directive Habitat-Faune-Flore en 1999 et au titre de la directive Oiseaux en 2004. De par les surfaces importantes d'habitats d'intérêt communautaire (dont certains sont classés prioritaires) ainsi que les nombreuses espèces d'intérêt communautaire qu'il abrite (38 espèces d'oiseaux sont listées en annexe I de la Directive Oiseaux), le site est à la fois une Zone Spéciale de Conservation (ZSC FR4301334) et une Zone de Protection Spéciale (ZPS FR4312013) pour les oiseaux (Chaput, 2014).

Appartenant aux "premiers plateaux" du Jura, la région de la Petite Montagne, avec une altitude comprise entre 280 et 841 m (Chaput, 2014), est caractérisée par un ensemble serré de crêtes boisées, de vallées et de plateaux prairiaux (Mathieu, 1994 ; Cotte, 2011), parcourus par trois cours d'eau : la Valouse, le Suran et l'Ain. Le climat, soumis à des influences multiples (continentale, atlantique, supra-méditerranéenne et montagnarde) (Chaput, 2014), est caractérisé par des saisons contrastées avec des écarts thermiques importants (hivers

rigoureux, pluies orageuses en été, printemps frais et humide, automne sec et ensoleillé) (GOJ, 1993), et une pluviométrie annuelle comprise entre 1 200 et 1 500 mm. La végétation est principalement représentée par de la chênaie-hêtraie-charmaie. Le site est caractérisé par une mosaïque paysagère à dominantes agricole et forestière, avec environ 43 % de forêts, 26 % de pelouses et prairies (milieux agropastoraux), 8 % de friches et broussailles et 4 % de cultures, pour seulement 6 % de zones urbanisées (Chaput, 2014). L'agriculture est spécialisée dans l'élevage bovin tourné vers la production de lait, et l'ensemble du territoire est ainsi en zone AOC Comté. Cependant, la société rurale de Petite Montagne a connu une crise importante au XX<sup>e</sup> siècle avec un abandon important du territoire (diminution de 70 % de la population en 200 ans) conduisant à une densité de 16,5 habitants au km<sup>2</sup> en 1990 et classant la région parmi les moins peuplées de France (Mathieu, 1994).

La zone d'étude (Figure1), d'une superficie de 8 446,42 ha, se situe au niveau de la vallée de la Valouse, au centre du site Natura 2000, dans la plus vaste dépression de la région (30 km de long et 7-8 km en largeur maximale) (Mathieu, 1994). Principalement agricole, elle exclut les grands massifs forestiers limitrophes, plutôt situés sur les pentes des crêtes.

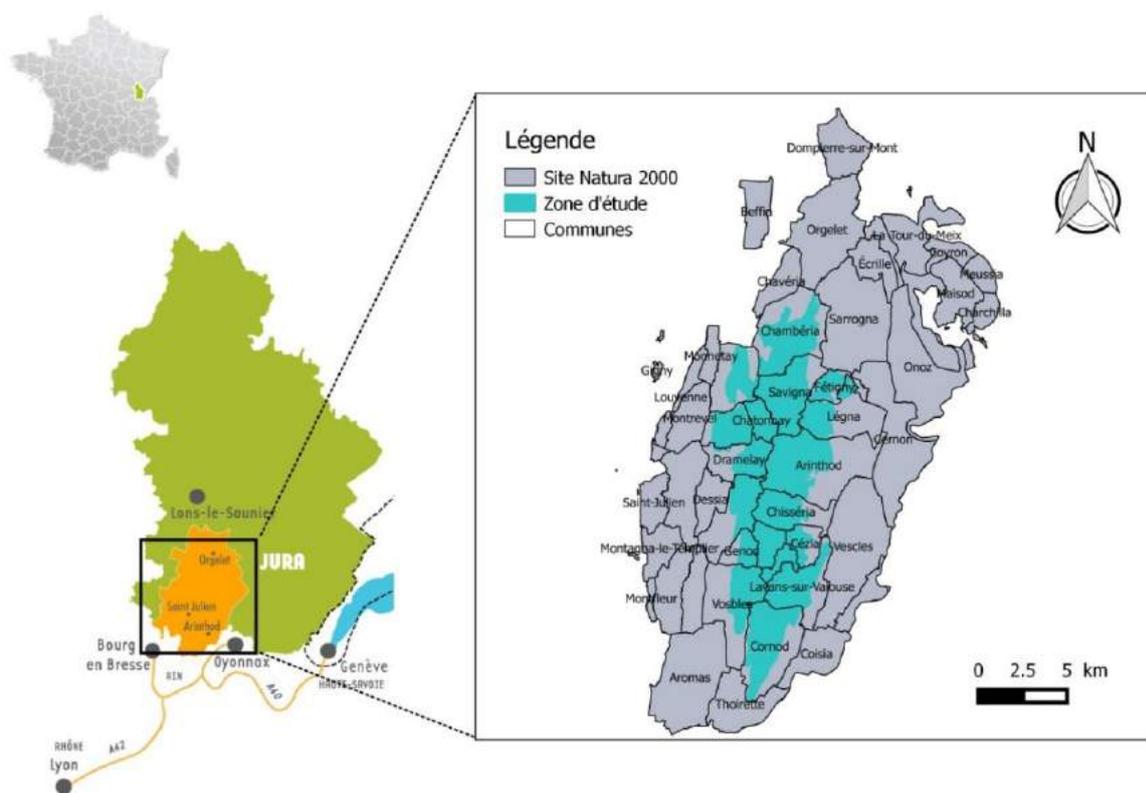


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (en bleu) au sein du site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" (en gris). Carte du Jura : [www.adapemont.fr](http://www.adapemont.fr), avec la Petite Montagne représentée en orange.

## 2. Modèles d'étude

### 2.1. Pie-grièche écorcheur

La pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*, Linné 1758) (Figure 2) est une espèce de passereaux (Passeriformes) appartenant à la famille des Laniidae. Inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux et à l'annexe II de la Convention de Berne, l'espèce est également protégée au niveau national par l'article 3 de l'arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (INPN, 2016).

Plus commune des pies-grièches d'Europe, on la retrouve dans toute la France sauf au nord de la ligne Nantes – Charleville Mézières (Cotte & Paul, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012), et on estime la population française entre 60 000 et 120 000 couples (Évaluation Directive Oiseaux 2013) (INPN, 2016). Bien que la situation de la pie-grièche écorcheur se soit stabilisée en France après un déclin de ses effectifs entre 1989 et 2003 (Cotte & Paul, 2011), l'espèce est classée "quasi menacée" (NT) à la fois en France métropolitaine (liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine) (INPN, 2016) et en Franche-Comté (Cotte & Paul, 2011). En effet, le déclin de l'espèce reste indéniable localement en plaine, malgré la situation de la région au cœur de la distribution nationale (Cotte & Paul,



Figure 2 : Individus mâle et femelle de pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*). Le dimorphisme sexuel est bien visible. © J.-C. Vuilleumier.

2011) et le fait que l'espèce soit considérée par Paul (2007) comme assez fréquente au sein de la ZPS "Petite Montagne du Jura" (fréquence d'apparition sur l'ensemble de l'échantillonnage comprise entre 33 % et 50 %). En 2006, les effectifs y étaient estimés à au moins 38 couples, et 16 IPA sur les 32 réalisés au sein du site d'étude étaient positifs pour cette espèce (Paul, 2007). La pie-grièche écorcheur montre ainsi des disparités de répartition selon l'occupation du sol, avec des abondances locales parfois importantes (GOJ, 1993 ; Cotte & Paul, 2011).

La pie-grièche écorcheur est une espèce directement associée aux milieux semi-ouverts, composés de prairies pâturées ou fauchées et d'éléments buissonneux (GOJ, 1993 ; Paul, 2007 ; Cotte & Paul, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012). Elle a besoin de haies de buissons épineux (prunelliers, aubépines, ronces, etc.) pour nicher, et de zones herbacées basses riches en proies (gros insectes, vers, petits vertébrés) et en perchoirs hauts de 1 à 3 m (clôtures,

buissons, arbres isolés, etc.) pour chasser. À l'inverse, elle évite les forêts fermées, mais aussi les "openfields" dépourvus de végétation ligneuse et les cultures (Cotte & Paul, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012).

La pie-grièche est une espèce migratrice transsaharienne tardive qui arrive en Franche-Comté fin avril, après avoir quitté ses quartiers d'hiver situés dans le sud de l'Afrique. La plupart des individus peut cependant être observée dans la première quinzaine de mai (Cotte & Paul, 2011). Chaque couple va alors occuper un domaine vital de 1,5 à 3 ha, généralement à proximité d'autres couples, certains secteurs pouvant regrouper jusqu'à six couples aux 10 hectares (Johannot & Weiltz, 2012). La femelle pond ensuite quatre à six œufs entre la première décade de mai et début juin. La migration postnuptiale a lieu entre fin juillet et début août, et peut se prolonger jusqu'à fin septembre (Cotte & Paul, 2011).

## 2.2. Alouette lulu

L'alouette lulu (*Lullula arborea*, Linné 1758) (Figure 3) est une espèce de passereaux de la famille des Alaudidae. Inscrite à l'annexe III de la Convention de Berne, l'espèce est également inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux et protégée au niveau national par l'article 3 de l'arrêté du 29 octobre 2009 (INPN, 2016).



Figure 3 : Alouette lulu (*Lullula arborea*).  
© J. Sottier.

L'alouette lulu est largement répandue en métropole, bien qu'elle préfère les régions au climat tempéré ou méditerranéen (Déforêt, 2011). Les effectifs étaient estimés entre 60 000 et 180 000 couples pour la France en 2013 (Évaluation Directive Oiseaux 2013) (INPN, 2016), et entre 400 et 800 couples pour la Franche-Comté, où l'espèce est classée "quasi menacée" (NT) sur la liste rouge des vertébrés de Franche-Comté (Déforêt, 2011). Les populations jurassiennes étaient en effet considérées en forte régression dans les années 1990 (GOJ, 1993). Cependant, faute de réel suivi ancien, il est difficile de dégager des tendances précises des effectifs et de la distribution de l'espèce dans la région. Des inventaires réalisés entre 2006 et 2010 estiment toutefois la population en Petite Montagne à 39 couples (Déforêt, 2011), et les travaux de Paul (2007) sur l'état ornithologique de la ZPS "Petite Montagne du Jura" permettent de conclure que l'espèce y est assez

fréquente (contactée dans près de 50 % des IPA réalisés dans la ZPS), avec 10 IPA positifs sur 32 au sein de la zone d'étude en 2006.

L'alouette lulu niche sur les pelouses sèches et prairies maigres de fauche typiques de la région (Paul, 2007 ; Chaput, 2014), et principalement sur les pelouses d'intérêt communautaires bien conservées (Paul, 2007). Elle recherche ainsi des sols secs ou rapidement drainés avec une strate herbacée courte et éparse combinée à des plages nues, riches en insectes et en graines dont elle se nourrit. Son habitat nécessite également la présence d'abris et de perchoirs tels que des arbres isolés, des haies vives, des fils électriques ou des clôtures (Déforêt, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012). À l'inverse, l'alouette lulu évite les milieux forestiers, les fonds de vallées humides et tous les milieux frais de grande culture intensive (Johannot & Weiltz, 2012).

Dès son arrivée en Franche-Comté vers mi-mars (Déforêt, 2011), l'oiseau va nicher au sol dans de petites dépressions abritées sous un arbuste ou une plante herbacée (GOJ, 1993 ; Déforêt, 2011). La femelle va pondre une première fois trois à quatre œufs début avril, puis une deuxième ponte sera déposée un peu plus tard dans la saison (une troisième ponte de remplacement reste possible jusqu'en juillet) (GOJ, 1993 ; Johannot & Weiltz, 2012). Les individus jurassiens retournent ensuite vers leurs quartiers d'hiver du sud de la France et de l'Afrique du Nord entre fin-septembre et fin-octobre (GOJ, 1993).

### 2.3. Chevêche d'Athéna

La chevêche d'Athéna (*Athene noctua*, Scopoli 1769) (Figure 4), est un petit rapace nocturne appartenant à l'ordre des Strigiformes et à la famille des Strigidae. Inscrite à l'annexe A de la CITES et à l'annexe II de la Convention de Berne, l'espèce est également protégée au niveau national par l'article 3 de l'arrêté du 29 octobre 2009 (INPN, 2016).

En France, la chouette chevêche est présente sur l'ensemble du territoire en dehors des milieux forestiers et des massifs montagneux de plus de 1 200 mètres d'altitude (Johannot & Weiltz, 2012). Après avoir subi un important déclin à partir du milieu des années 1950, puis un accroissement entre 1970 et 1990, les effectifs sont actuellement globalement stables,



Figure 4 : Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*). © J.-P. Paul, LPOFC.

bien qu'inférieurs à ceux des années 1950 et malgré des disparités et extinctions locales (Génot & Lecomte, 2002). La population française était ainsi estimée entre 21 000 et 50 000 couples en 2013 (Evaluation Directive Oiseaux 2013) (INPN, 2016). En Franche-Comté, le rapace, considéré comme nicheur sédentaire peu commun, est classé en danger (EN) sur la liste rouge des vertébrés terrestres régionale. Les prospections réalisées dans la région depuis 2008 par la LPO Franche-Comté indiquent que la chevêche est rare au-dessus de 400 m d'altitude, et qu'elle est connue sur 169 communes du territoire (Bannwarth *et al.* 2011). Dans le secteur de la Petite Montagne, l'espèce a connu une nette régression de ses effectifs au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (GOJ, 1993 ; Chaput, 2014), et a entièrement disparu du plateau de Sarrogn, du plateau d'Aromas et du sud de la vallée du Suran (Bannwarth *et al.*, 2011). Les prospections réalisées par B. Cotte en 2009-2010 dans 83 villages et hameaux de Petite Montagne indiquent que la chouette y était présente dans 15 bourgs, avec 17 réponses avérées (et deux douteuses), dont une quinzaine au sein de la zone d'étude (Cotte, 2011). Aucune autre enquête n'a été menée depuis 2010 sur le site Natura 2000.

Espèce anthropophile, la chevêche s'est développée en même temps que le bocage jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. Cependant, l'oiseau s'est adapté à ces milieux agricoles car son habitat primaire correspond aux zones montagneuses d'Europe méditerranéenne présentant une végétation clairsemée et des éboulis rocheux (Génot & Lecomte, 2002). En réalité, la chouette occupe une grande diversité d'habitats, pourvu que ceux-ci présentent à la fois des cavités pour la nidification, et des espaces dégagés avec une végétation rase (Bannwarth & Maas, 2012) riches en proies (micromammifères, oiseaux, insectes et lombrics) (Johannot & Weiltz, 2012). En France, on retrouve principalement le rapace dans les pâturages humides à saules têtards, les zones de polycultures à proximité des villages et des bâtiments isolés, les vergers traditionnels, et les prairies, pelouses sèches et pâturages (Génot & Lecomte, 2002 ; Johannot & Weiltz, 2012). À l'inverse, la chevêche n'occupe pas les milieux forestiers denses et les lisières où elle peut entrer en compétition avec la chouette hulotte (Génot & Lecomte, 2002 ; Gottschalk *et al.*, 2011).

La chevêche est une espèce territoriale. Dans les Vosges du Nord, son domaine d'activité mensuel est estimé entre 5 et 107 ha, avec une moyenne de 31 ha, la taille du domaine variant selon les saisons. Ainsi, en mai-juin, lors du nourrissage des jeunes, le parcours des adultes est limité à environ 150 m autour du nid. Les mâles chanteurs peuvent être principalement entendus entre les mois de février et mai, c'est-à-dire lors de l'accouplement, et la défense du territoire est maximale en mars-avril (Génot & Lecomte, 2002). Les femelles, quant à elles,

pondent trois à cinq œufs entre début avril et mi-mai (Bannwarth *et al.*, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012). Cavernicole, la chouette niche dans les arbres creux et en têtard, les anfractuosités des vieux bâtiments, ainsi que dans les crevasses de falaises (Génot & Lecomte, 2002 ; Johannot & Weiltz, 2012) et, malgré une fidélité au site de reproduction, elle change de nid chaque année (Génot & Lecomte, 2002). En Franche-Comté, elle niche principalement dans les bâtiments (Bannwarth *et al.*, 2011).

### **3. Protocole**

#### **3.1. Variable réponse et détectabilité**

Dans cette étude, le choix a été fait de traiter des données de présence-absence des espèces au niveau de différents points d'observation, comme le veut la méthode dite du "site occupancy". L'utilisation de données de présence-absence est une méthode classique dans l'étude de la sélection d'habitat (Salek *et al.*, 2016). Elle permet, dans un premier temps, d'estimer la probabilité d'occupation moyenne d'une espèce sur une zone ainsi que sa probabilité de détection, mais également de tester les effets de variables externes sur ces deux probabilités, conduisant à une représentation non biaisée de la distribution des espèces (Besnard & Salles, 2010 ; Kéry *et al.*, 2010). Le "site occupancy" nécessite que les populations étudiées soient closes afin que l'état d'occupation des sites reste identique tout au long de la saison de prospection (Besnard & Salles, 2010). C'est pourquoi, dans le cadre de cette étude, les dates de prospections sont peu espacées et se concentrent après l'arrivée supposée des espèces migratrices dans la région afin de ne pas manquer les individus retardataires lors du premier passage, ainsi que bien avant leur départ.

#### **3.2. Stratégie d'échantillonnage**

Les points d'observation des espèces ont été choisis selon un échantillonnage aléatoire systématique. Un maillage de 1 km x 1 km de résolution a été réalisé par traitement SIG (QGIS 2.18.7, QuantumGIS Development Team 2017), s'ajustant au nord et à l'est aux extrémités de la zone d'étude (méthode SIG détaillée en Annexe I). La résolution a été choisie selon la portée du chant de la chevêche et la taille de son territoire afin d'éviter tout risque de double comptage, et correspond à la taille de mailles utilisée par la LPO mission rapaces. Les 94 unités d'échantillonnage choisies sont des points d'observation correspondant au centroïde de chaque maille. Au vu du nombre de variables explicatives et des moyens disponibles (un seul observateur, deux à trois passages par espèce, temps limité), une unité sur deux a été sélectionnée dans le maillage, soit au final 47 points (Figure 5). Un passage sur le terrain a

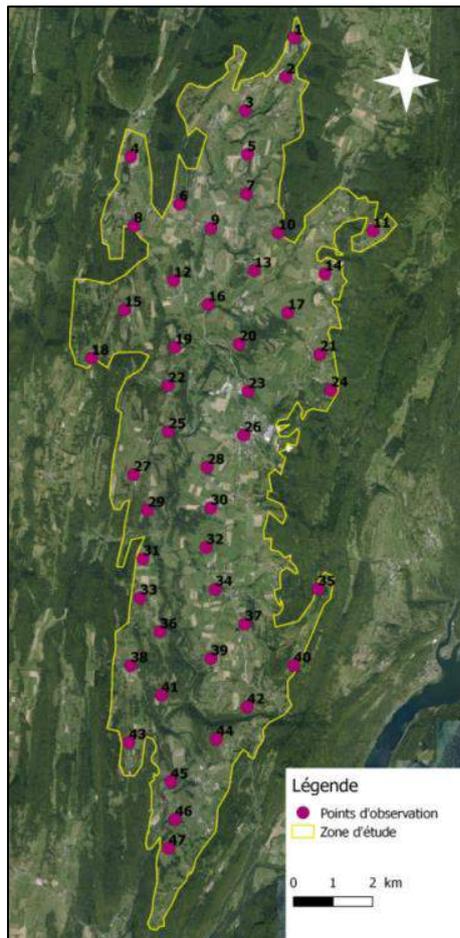


Figure 5 : Localisation des points d'observation au sein de la zone d'étude.

ensuite été nécessaire afin de replacer les points d'observation au sein de chaque maille. En effet, ceux-ci devaient être accessibles, ne pas tomber en forêt puisque le milieu est considéré comme défavorable aux trois espèces, ainsi que ne pas être encaissés et/ou trop entourés par des obstacles pour permettre une bonne diffusion du son et une vue dégagée.

Enfin, une zone tampon d'un rayon dépendant de la taille du domaine vital de chaque espèce a été placée autour de chaque point d'observation, soit 500 m pour la chevêche et 300 m pour les passereaux. Ces zones correspondent aux unités au sein desquelles les variables explicatives ont été récoltées.

### 3.3. Prospections

#### 3.3.1. *Pie-grièche écorcheur*

Les individus de pie-grièche chassent à l'affût et sont donc généralement très visibles (Johannot & Weiltz, 2012), en particulier les mâles. La détection à vue a donc été privilégiée pour cette espèce. Chaque point d'observation a été prospecté trois fois entre mi-mai et fin juin, par temps calme (absence de vent fort et de pluie) et entre l'aube et la fin de matinée. Avant le début de chaque observation, 2 minutes étaient laissées afin que les oiseaux puissent s'habituer à la présence de l'observateur, puis les pies-grièches étaient recherchées aux jumelles dans un rayon de 300 m autour du point durant 10 minutes.

#### 3.3.2. *Alouette lulu*

L'alouette lulu est généralement difficile à observer, mais a un chant bien caractéristique, rendant la détection auditive relativement aisée. Chaque point d'observation a ainsi été prospecté trois fois, selon le même protocole que pour la pie-grièche, soit 2 minutes d'attente

puis 10 minutes d'écoute. L'oiseau commençant à chanter avant l'aube, les prospections ont eu lieu entre 6:00 et 10:30 du matin, et de début avril à début juin afin que la distribution des effectifs soit la plus stable possible. En effet, les migrations les plus tardives ont été observées dans la première dizaine d'avril, et des regroupements interfamiliaux de 20 à 30 individus se forment souvent dès juillet (Johannot & Weiltz, 2012).

### 3.3.3. *Chevêche d'Athéna*

Spontanément, la chevêche chante peu, surtout si les densités de populations sont faibles. Cependant, c'est une espèce territoriale, et le mâle a tendance à réagir lorsqu'il entend un concurrent potentiel sur son territoire. C'est pourquoi la méthode dite de la repasse est la plus utilisée lors des prospections. Cette méthode a ainsi pour objectif de stimuler la réponse des mâles en diffusant le chant enregistré d'un autre mâle (LPO, [S.I.] ; Cotte, 2011). Dans cette étude, deux passages ont été effectués en utilisant la bande son de repasse de la LPO (2 min d'écoute, 30 sec de chant, 1 min d'écoute, 1 min de chant, 1 min d'écoute, 1 min 30 de chant, 1 min 30 d'écoute), diffusée avec un amplificateur audio Radioshack®. La diffusion était coupée dès lors qu'une réponse avait lieu. Le premier passage a eu lieu mi-mars, et le second fin avril, afin de ne pas perturber les individus lors de la période de nidification. Les prospections ont été effectuées par temps calme, du crépuscule à minuit environ, l'activité vocale diminuant ensuite.

## 3.4. Variables explicatives

Les variables explicatives concernent les éléments bocagers, et principalement le linéaire de haies. Il existe de nombreuses typologies du bocage, selon le type de clôtures ou de parcelles entourées, les espèces d'arbres dominantes, la forme et la dimension des mailles, ainsi que son origine (Tourneur & Marchandau, 1996). Au final, les critères de description du bocage et de la haie varient fortement selon les auteurs et les disciplines (Vadaine, 2002), ce qui nécessite une définition préalable des variables afin de fixer les règles de photo-interprétation. Dans cette étude, a été considéré comme haie tout linéaire végétalisé d'une longueur supérieure à 15 m et de largeur maximum de 20 m. Un seul segment de haie est considéré s'il n'y a pas d'interruption de plus de 10 m dans le linéaire et si l'angle entre deux sommets est supérieur à 140°. Enfin, un trait est ajouté à l'extrémité de la haie lorsque celle-ci est liée à un boisement.

Les haies ont été vectorisées sous QGIS au sein de zones tampons de 300 m et de 500 m de rayon (méthode SIG détaillée en Annexe I). Les orthophotographies datant de 2013, une

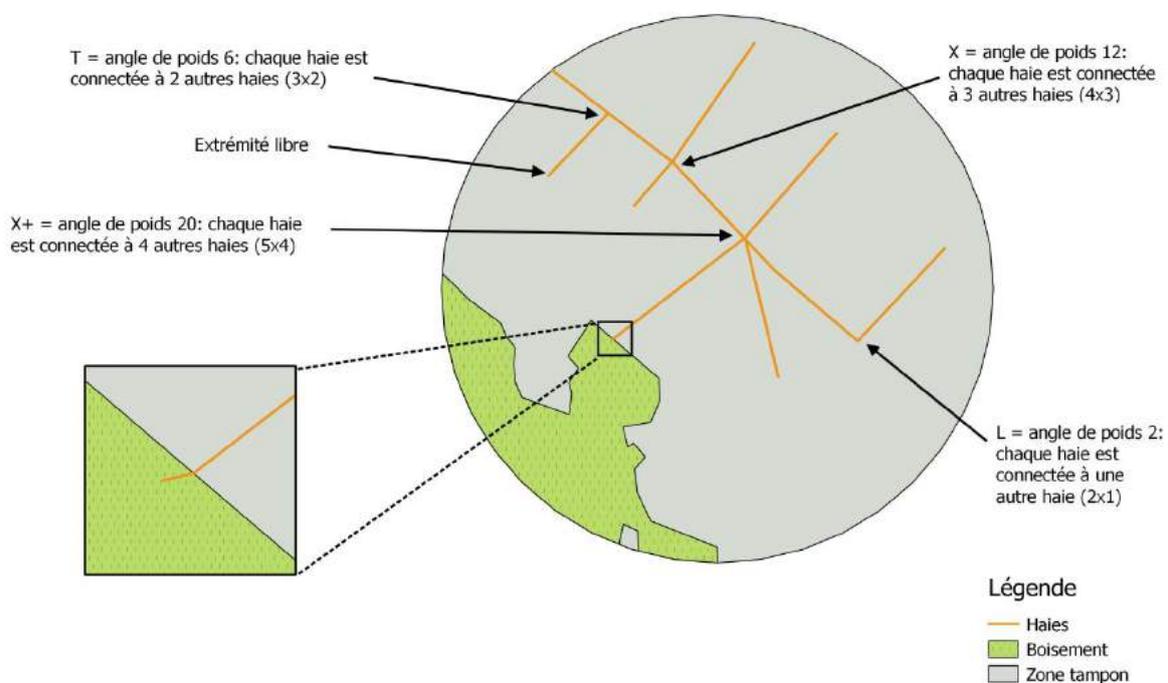
session sur le terrain a permis de vérifier que les haies digitalisées étaient encore présentes, ainsi que de les classer en quatre catégories :

- Classe 1 (Figure 6a): haies dites "épineuses", composées majoritairement de mûriers (*Rubus* sp.), de pruneliers (*Prunus spinosa*), d'églantiers (*Rosa canina*) et d'aubépines (*Crataegus monogyna*), et taillées à hauteur de clôture (entre 50 cm et 2 m de haut) ;
- Classe 2 (Figure 6b) : haies dites "mixtes", de nature arbustive bien que parfois ponctuées de quelques arbres (moins d'un arbre tous les 10 m en moyenne), et d'une hauteur comprise entre 2 et 3,5 m;
- Classe 3 (Figure 6c): haies d'une hauteur comprise entre 3,5 et 5 m, composées d'arbustes hauts tels que le noisetier (*Corylus avellana*) et le charme (*Carpinus betulus*), ainsi que de jeunes arbres ;
- Classe 4 (Figure 6d) : haies dites "arborées", d'une hauteur supérieure à 5 m et composées principalement d'arbres de haut jet.



Figure 6 : Haies de classes 1 (a), 2 (b), 3 (c) et 4 (d). © L. Chalvin.

En effet, toutes les haies n'ont potentiellement pas le même attrait pour les espèces d'oiseaux selon les essences présentes, et une différenciation de la typologie semble ici pertinente. La longueur totale du réseau ainsi que la longueur de chaque type de haie ont été relevées au sein de chaque zone tampon. La connectivité du réseau dans chaque cercle a également été mesurée en s'appuyant sur le nombre de connexions à chaque nœud (Petit & Burel, 1998). En effet, selon le nombre de haies aboutissant, toutes les intersections n'ont pas la même importance dans le calcul de la connectivité. De fait, un poids de 2 a été attribué aux intersections de deux haies, un poids de 6 aux intersections de trois haies, un poids de 12 aux intersections de quatre haies, et un poids de 20 aux intersections de cinq haies (Figure 7).



**Figure 7 : Système de pondération des nœuds. Le zoom encadré correspond à l'ajout d'un segment court lorsque l'extrémité de la haie est liée à un boisement.**

Enfin, le type d'occupation du sol ayant un impact majeur sur la distribution de ces oiseaux (Golawski & Meissner, 2008 ; Gottschalk, 2011 ; Parmentier, 2011 ; Morelli, 2012 ; Salek *et al.*, 2016), cette variable a également été intégrée. La forêt, élément impactant négativement ces espèces (Reino *et al.*, 2006 ; Brambilla *et al.*, 2010 ; Parmentier, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012) a été prise en considération, de même que la surface cultivée.

### 3.5. Analyse statistique

Les analyses ont été réalisées à l'aide des logiciels R 3.4.1 (R Core Team 2017) et Microsoft Excel® 2003.

Le choix a été fait de ne pas prendre en compte le point d'observation n° 26 situé en plein centre-village d'Arinthod, celui-ci ayant été jugé trop différent des autres points. En effet, c'est le seul point dont la zone tampon ne comporte aucun milieu ouvert, pourtant nécessaire aux trois espèces d'oiseaux. De plus, la totalité des haies basses, en nombre important dans la zone, n'appartiennent pas réellement à la classe 1, du fait de leur caractère monospécifique et des essences présentes non épineuses qui les différencient des autres haies de cette classe. Conserver ce point aurait potentiellement apporté un biais dans les analyses.

Un premier tri des variables environnementales a été effectué en s'appuyant sur les résultats d'une analyse en composantes principales (ACP) (package "ade4" : Dray & Dufour, 2007) et d'une matrice des corrélations de Spearman (package "Hmisc" : Harrell, 2017). Le seuil de corrélation au-delà duquel les variables étaient rejetées a été placé à 0,5. Cette étape a permis d'éliminer les variables trop corrélées et de former le jeu de données final entrant dans la composition des modèles.

Un premier test de Wilcoxon-Mann-Whitney ( $\alpha = 0,5$ ) a permis de comparer les abondances moyennes des pies-grièches écorcheurs des études de 2006 et 2017.

Le calcul de la détectabilité s'est basé sur le nombre de détections de l'espèce lors des trois passages par rapport au nombre d'occasions de détecter l'espèce sachant qu'elle est présente dans un tampon donné.

Les données de présence-absence suivant une loi de distribution binomiale, et le biais dû à la détectabilité ayant été jugé marginal (voir *Bilan des prospections et résultats généraux*), des modèles linéaires généralisés (GLMs ; family = binomial ; fonction = logit) ont ensuite été réalisés selon les préconisations de Zuur *et al.* (2009) afin d'étudier la relation entre les variables environnementales, de type continu et quantitatif, et la présence de l'espèce concernée. On peut ici supposer l'indépendance des données (pas d'effet site). Le choix du modèle expliquant au mieux le jeu de données a ensuite été fait en se basant sur l'AICc (Critère d'Information d'Akaike corrigé) (package "AICcmodavg": Mazerolle, 2017). Le risque d'erreur alpha a été fixé à 5%.

# Résultats

## 1. Sélection des variables environnementales

Un premier tri des variables a été effectué avant leur intégration aux modèles, en fonction de leur corrélation. L'ACP réalisée (Figure 8) donne une idée générale des liens entre variables explicatives. Les deux premiers axes représentent respectivement 32,9 % et 25,4 % de la variance expliquée. L'axe 1 représente la proportion des différentes classes de haies : on

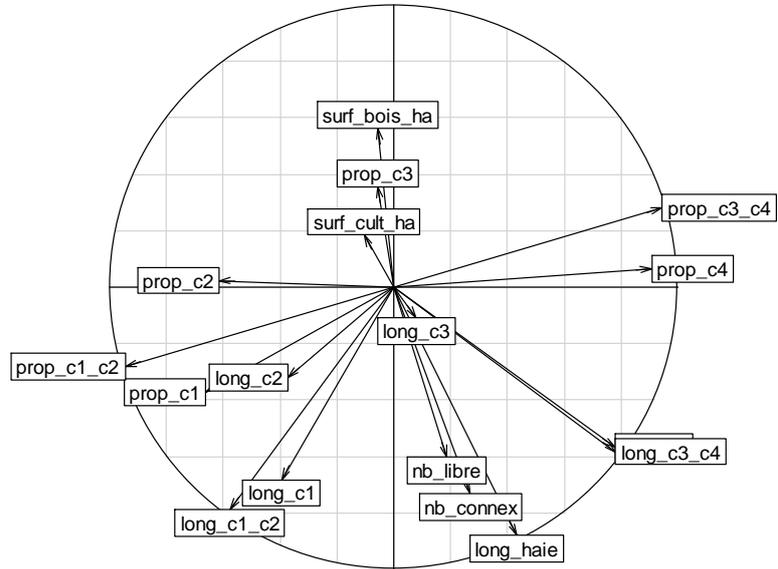


Figure 8 : Analyse en composantes principales représentant les corrélations entre les variables environnementales.

peut voir que les proportions de haies hautes (classes 3 et 4) sont inversement corrélées aux proportions de haies plus basses (classes 1 et 2), mais que le poids des haies de classe 4 est beaucoup plus important que celui de la classe 3 dans la variable regroupant les deux classes. La présence de haies de type 1 est donc généralement liée à la présence de haies de type 2, et la proportion de haies de type 4 est bien supérieure celle des haies du type inférieur. L'axe 2, quant à lui, semble plutôt représenter le réseau de haies. La longueur du linéaire est très fortement corrélé positivement à la connectivité et au nombre d'extrémités libres, et diminue lorsque la surface en boisement, elle, augmente.

Une matrice des corrélations basée sur la méthode de Spearman a été réalisée dans un second temps afin d'écartier définitivement les variables trop corrélées (Annexe II). Les deux variables principales de l'étude, soit la longueur du linéaire et la connectivité, étant très fortement corrélées ( $p\text{-value} = 0$  ;  $\rho = 0,74$ ), et la première variable étant également corrélées à d'autres variables d'intérêt telles que les longueurs de linéaire totales pour chacune des classes, c'est le nombre de connexions qui a été conservé. Les variables explicatives intégrées aux modèles sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Variables explicatives conservées dans les modèles linéaires généralisés.

Code de la variable	Description de la variable
<b>Long_c1</b>	Longueur de linéaire de classe 1 (en m)
<b>Long_c2</b>	Longueur de linéaire de classe 2 (en m)
<b>Long_c3</b>	Longueur de linéaire de classe 3 (en m)
<b>Prop_c4</b>	Proportion de linéaire de classe 4 (en %)
<b>Nb_connex</b>	Connectivité mesurée par le nombre de connexions
<b>Nb_libre</b>	Nombre d'extrémités libres
<b>Surf_bois_ha</b>	Surface en boisement (en ha)
<b>Surf_cult_ha</b>	Surface cultivée (en ha)

## 2. Pie-grièche écorcheur

### 2.1. Bilan des prospections et résultats généraux

Au terme des trois passages, la présence de la pie-grièche écorcheur a pu être avérée dans 25 unités sur 46 (Figure 9), soit une fréquence d'apparition de 54 % au sein de l'échantillonnage (un 47<sup>e</sup> point est indéniablement occupé par l'espèce, mais l'individu, détecté en dehors du protocole, n'a pas été comptabilisé dans la suite des analyses). Cette fréquence coïncide avec les dernières prospections de 2006, qui avaient mis en évidence l'occurrence de l'espèce dans 50 % des IPA réalisés au niveau du site d'étude. La fréquence d'observation de l'espèce semble donc être restée stable depuis une dizaine d'année. Il est ici néanmoins difficile de conclure quant à une stabilité des effectifs de la population de la vallée de la Valouse, en particulier lorsque les protocoles diffèrent entre les études, bien que les abondances moyennes semblent tout de même avoir peu évolué ( $0,66 \pm 0,75$  couples au niveau de chaque point d'observation en 2006 contre  $0,72 \pm 0,83$  en 2017; p-value = 0,855).

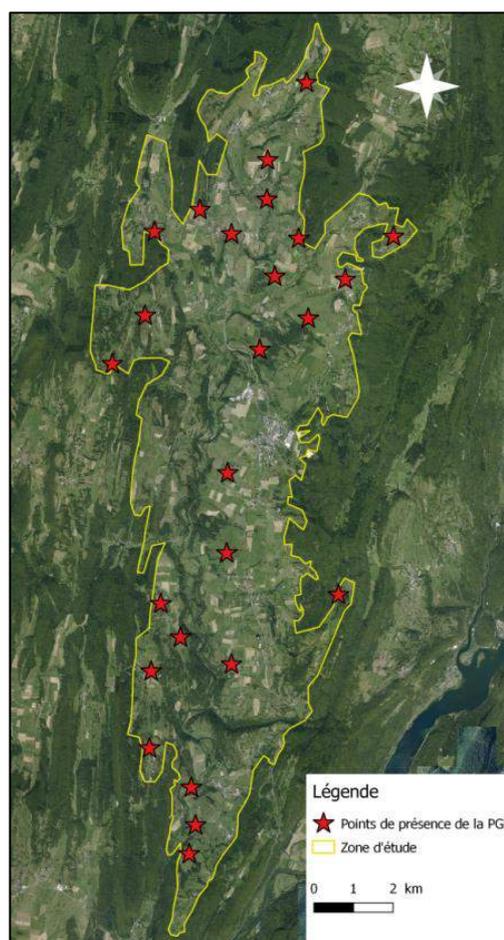


Figure 9 : Carte de répartition de la pie-grièche écorcheur au sein de la zone d'étude pour la période 2017.

Au sein des 25 unités positives, 33 couples, dont 24 avérés (présence des deux sexes ensemble ou d'un individu lors d'au moins deux passages), ont été détectés. Les femelles ont été observées 27 fois sur l'ensemble des points et des trois passages contre 57 fois pour les mâles ; les mâles ont donc été vus 2,1 fois plus que les femelles.

La probabilité de détection de l'espèce était de 65 % après le premier passage. Elle a atteint 88 % avec le deuxième passage, pouvant justifier un passage supplémentaire conduisant à un pouvoir de détection de 96 %. Or, lorsque cette détectabilité dépasse les 90 %, le biais associé devient marginal.

Concernant le paysage, la longueur moyenne de linéaire de haies au sein des échantillons est de 1 804 m ( $\pm$  693 m), soit une densité moyenne de 6 443 m par km<sup>2</sup>. La zone de prospection la plus riche en linéaire se retrouve au niveau du point 7, qui comptabilise 3 338 m de haies au total et un couple de pie-grièche. À l'inverse, le point 29, avec seulement 820 m de haies dans sa zone tampon, présente le linéaire le plus faible, et l'espèce en est absente. Le point n°7 présente également le plus grand nombre de connexions, soit 120. La connectivité la plus faible se retrouve au niveau du point 31 (0 connexion), où l'oiseau est également absent, et la connectivité moyenne sur l'ensemble de l'échantillon est de 35,43 ( $\pm$  24,28).

## 2.2. Modélisation des relations

Afin de déterminer l'influence de la structure bocagère sur la distribution de la pie-grièche écorcheur au sein de la zone d'étude, une trentaine de modèles ont été testés (Annexe III). Il ressort de l'analyse quatre modèles expliquant au mieux le lien entre l'occurrence de l'espèce et les variables environnementales (Tableau 2). Les longueurs du linéaire de haies appartenant aux classes 2 et 3 apparaissent dans l'ensemble de ces modèles et semblent être les variables les plus liées à la présence de l'espèce. On retrouve également la longueur en haies de type 1 et la connectivité du réseau.

**Tableau 2 : Présentation des meilleurs modèles décrivant la relation entre la présence de pie-grièche écorcheur et les différentes variables environnementales. Avec K = nombre de paramètres ; AICcWt = poids d'AICc ; LL = log de la vraisemblance.**

Modèles	K	AICc	$\Delta$ AICc	AICcWt	LL
Classes 1+2+3	4	57,24	0	0,19	-24,13
Classes 1+2+3 + classe 3 (quadratique)	5	57,7	0,45	0,15	-23,1
Classes 2+3 + connectivité	4	58,45	1,21	0,1	-24,74
Classes 2+3	3	58,54	1,3	0,1	-25,99

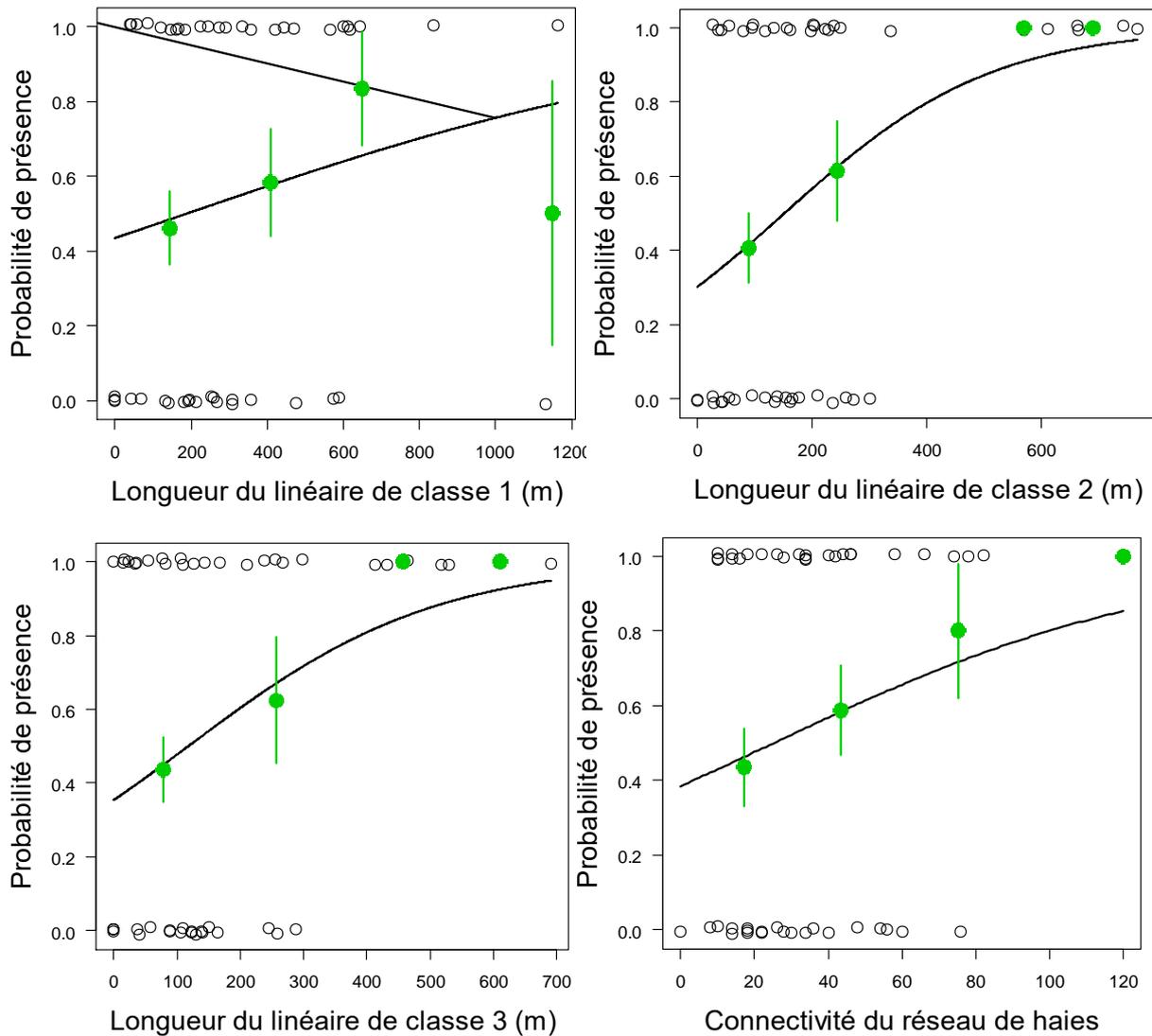
Le meilleur modèle, sélectionné après vérification de la non sur-dispersion des données ( $\hat{\phi}=1.15$ ), est celui avec l'AICc le plus bas (AICc = 57,24). Il indique un effet additionnel de la longueur des classes 1, 2 et 3 sur la probabilité de présence de la pie-grièche, alors que les variables de classe seules n'ont pas d'effet significatif. Ce modèle prédit un effet positif significatif de la longueur du linéaire de type 2 sur la probabilité de présence de l'espèce (p-value = 0,044) et, bien que non significatifs, les résultats traduisent également une tendance à l'accroissement de la probabilité de présence lorsque la longueur des linéaires de types 1 et 3 augmentent (p-values respectives de 0,070 et 0,051) (Tableau 3).

**Tableau 3 : Résultats du meilleur modèle décrivant la relation entre la présence de pie-grièche écorcheur et les différentes variables environnementales. Il s'agit du modèle additif des longueurs de haies des classes 1, 2 et 3. Codes de significativité: " \*\*\* " = 0.001 ; " \*\* " = 0.01 ; " \* " = 0.05 et " . " = 0.1.**

	Estimate	Erreur standard	z value	Pr(> z )
<b>Intercept</b>	-2,625454	0,964002	-2,723	0,00646 **
<b>long_c2</b>	0,006292	0,003129	2,011	0,04435 *
<b>long_c1</b>	0,002402	0,001326	1,812	0,06999 .
<b>long_c3</b>	0,006262	0,003205	1,954	0,05074 .

Le modèle sélectionné prédit une probabilité de présence moyenne de la pie-grièche écorcheur de  $-2,625 \pm 0,964$  sur l'échelle logit, lorsque les longueurs totales de haies de classes 1, 2 et 3 dans la zone tampon sont égales à 0 (Tableau 3). La probabilité de présence de l'espèce augmente de  $0,006 \pm 0,003$  sur l'échelle logit lorsque la longueur de haies de classe 2 augmente de 1 m. On observe le même résultat concernant la longueur du linéaire de haies de classe 3. Le modèle prédit également que la probabilité de présence augmente de  $0,002 \pm 0,001$  sur l'échelle logit lorsque la longueur de haies de classe 1 augmente de 1 m, avec tout de même une forte variance pour les longueurs les plus importantes. De plus, c'est pour la classe 2 que la probabilité de présence semble la plus faible lorsque le linéaire est absent dans la zone de prospection (Figure 10), confirmant l'importance de cette variable. Cependant, ce modèle explique 24 % de la variance des données ( $R^2$  de McFadden).

Bien que les effets de la proportion de haies de classe 4 et de la surface en boisement sur la probabilité de présence de l'oiseau ne soient pas assez significatifs pour être intégrés aux meilleurs modèles, il ressort tout de même une tendance individuelle négative de ces deux variables environnementales (p-values respectives de 0,0522 et 0,0550) (Annexe IV).



**Figure 10 :** Représentation graphique de la relation entre la probabilité de présence de la pie-grièche écorcheur et quatre variables environnementales: la longueur du linéaire de haies de classe 1 (en haut à gauche), la longueur du linéaire de haies de classe 2 (en haut à droite), la longueur du linéaire de haies de classe 3 (en bas à gauche) et la connectivité du réseau de haies (en bas à droite). La probabilité de présence moyenne par tranche est représentée par les points verts ; l'erreur standard associée est représentée par les traits verts.

En résumé, plus la longueur en haies basses et moyennes est importante, et plus ces haies sont connectées entre elles, plus le milieu est favorable à la présence de la pie-grièche écorcheur. À l'inverse, l'oiseau semble avoir tendance à éviter les zones boisées et les zones où la proportion en haies hautes est forte.

### 3. Alouette lulu

Contrairement aux pies-grièches, les prospections d'alouettes lulu se sont révélées peu concluantes avec seulement quatre points positifs sur les 47 points prospectés lors des trois passages (Figure 11), pour un total de cinq mâles chanteurs. Cependant, la présence de l'espèce a été avérée au niveau de deux points d'échantillonnage supplémentaires où des individus ont été entendus lors de prospections d'oiseaux nocturnes. En outre, l'espèce a été détectée à trois autres endroits au sein du site d'étude, deux de ces données provenant de la base de données Obsnatu. Les points de présence semblent plutôt se regrouper dans les parties nord et centre-ouest du site d'étude, zones où la pie-grièche est également présente. Cependant, au vu des faibles effectifs, aucune analyse statistique n'a été effectuée sur ces données.

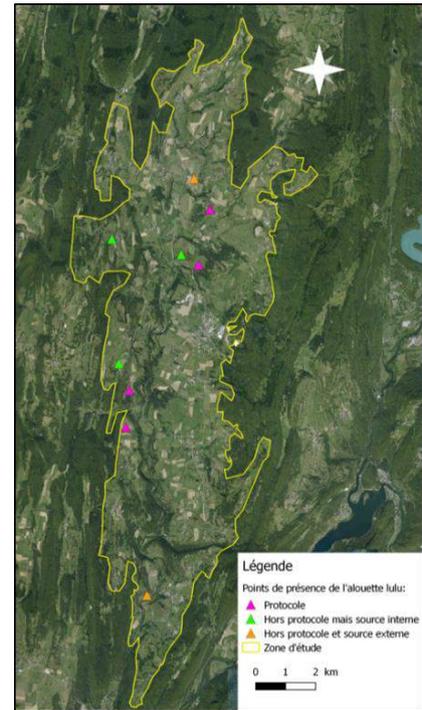


Figure 11 : Carte de répartition de l'alouette lulu au sein du site d'étude pour la période 2017. Les observations citées "hors protocole et source externe" correspondent aux données de la base de données Obsnatu.

### 4. Chevêche d'Athéna

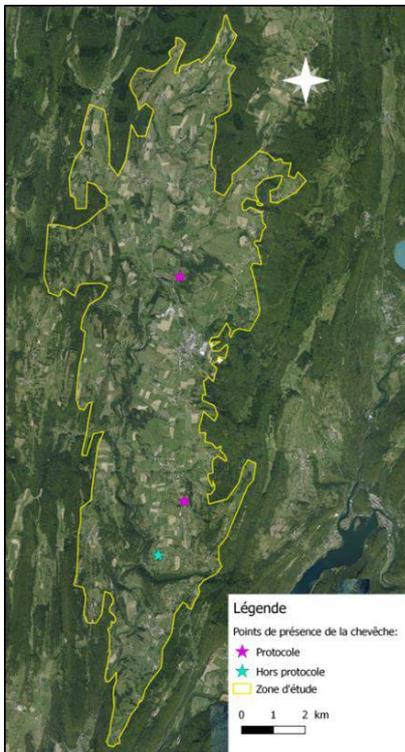


Figure 12 : Carte de répartition de la chevêche d'Athéna au sein du site d'étude pour la période 2017.

Sur les 47 points prospectés, seulement deux ont permis de mettre en évidence la présence de la petite chouette au sein du site d'étude (Figure 12). Le premier point se situe au niveau du village de Faverge et le second à proximité de la Grange Chartru, le long de la D109. Un troisième individu a été aperçu en dehors du protocole à l'entrée du village de Lavans-sur-Valouse. Au vu du trop faible nombre de points positifs, ces résultats ne permettent pas de tester statistiquement la relation entre les structures bocagères de Petite Montagne et l'occurrence de l'espèce.

Il est également à noter que la chouette hulotte (*Strix aluco*, Linné 1758), dont la présence a été rapportée en remarque lors des prospections de chevêches, a été entendue à proximité de plus de 40 % des points d'écoute (chant spontané).

# Discussion

---

## 1. Pie-grièche écorcheur

Avec une présence constatée dans plus de la moitié des zones prospectées, la pie-grièche écorcheur est toujours bien représentée dans la vallée de la Valouse. En 10 ans, les fréquences d'observation et effectifs du site Natura 2000 semblent avoir peu fluctué, confirmant la tendance de la population régionale évaluée comme stable entre 2002 et 2015 (Maas & Giroud, 2017), et par là même le statut de la Franche-Comté en tant que cœur de distribution nationale. On retrouve également ce type de résultat dans le reste de la France, notamment en région Rhône-Alpes, ainsi que sur le territoire suisse, où l'espèce se maintient bien dans les secteurs de moyenne montagne, contrairement aux plaines (Cotte & Paul, 2011). Des déclin locaux sont tout de même constatés dans la région, et la relative stabilité de la population de Petite Montagne est rassurante quant à cette tendance. Néanmoins, les points prospectés sur le site Natura 2000 cette saison ainsi que le protocole étant différents de ceux de l'étude réalisée par Paul (2007), aucune comparaison statistique ne peut réellement être entreprise et ces conclusions sont donc à prendre avec circonspection. De plus, face à des densités allant jusqu'à six couples aux 10 ha dans certaines régions de France, la population de Petite Montagne pourrait potentiellement être plus importante.

Dans ces deux études, les prospections ont été réalisées au niveau de points d'observation statiques afin de limiter la fuite des oiseaux et de faciliter la détection au chant (Besnard & Salles, 2010), comme c'est le cas pour l'alouette lulu. Cependant, il est possible de se demander si la méthode des transects ne serait pas plus adaptée aux prospections de pies-grièches qui sont principalement détectables à vue, dans un milieu bocager où les nombreuses haies sont des barrières potentielles à l'observation. Ainsi, bien que certains déplacements aient été effectués au sein des tampons afin de visualiser le plus d'espace possible, il est probable d'avoir manqué des individus. Cette option avait déjà été pensée au moment de l'élaboration des protocoles, mais n'avait pas été retenue du fait de la difficulté de se déplacer entre les parcelles à cause des nombreuses clôtures barbelées et haies denses, ainsi que de la nécessité d'avoir un protocole commun à l'alouette et à la pie-grièche afin de limiter le temps passé sur le terrain. Néanmoins, dans des milieux plus accessibles tels que les champs cultivés, l'utilisation de transects serait sûrement plus pertinente. Les prospections communes à plusieurs espèces ont également d'autres défauts, en particulier lorsque les heures d'activité diffèrent. Cela a été le cas lors des deux premiers passages qui débutaient généralement à

l'aube afin de correspondre à la période de chant de l'alouette lulu. Or, à cette saison, les premières observations de pie-grièche n'ont jamais été notées avant 7:30. On peut alors supposer un biais dû au protocole, ayant potentiellement conduit à manquer des individus et pouvant être à l'origine d'une détectabilité différente entre les passages.

Concernant l'analyse paysagère, les résultats indiquent une préférence de la pie-grièche vis-à-vis de certaines structures caractéristiques du milieu bocager. Ainsi, le milieu le plus favorable à l'espèce semble se traduire par la présence importante de haies basses et moyennes (classes 1 à 3) connectées entre elles. Ces résultats confirment l'utilisation des haies arbustives plutôt basses, épineuses et mixtes pour la nidification de l'espèce (GOJ, 1993 ; Cotte & Paul, 2011 ; Johannot & Weiltz, 2012), au sein desquelles le nid se retrouve protégé et où les insectes chassés peuvent être empalés. Cependant, l'influence positive des haies de type 3, plus hautes et homogènes, paraît quelque peu surprenante, en particulier lorsque la littérature indique une préférence pour une hauteur de perchoirs inférieure à 3 m (Johannot & Weiltz, 2012). D'après la typologie établie, ces haies sont généralement peu diversifiées, avec une dominance de charme (*Carpinus betulus*), de noisetier (*Corylus avellana*) et de jeunes arbres, essences non épineuses et offrant de hauts perchoirs. Deux explications semblent alors plausibles : la première concerne la réalité de terrain quant à la classification du linéaire ; la seconde, la question de l'utilisateur de ce type de haie.

La caractérisation des haies par photo-interprétation permet certes un gain de temps non négligeable, mais se heurte à un décalage avec la réalité de terrain. C'est notamment le cas pour les études à échelle fine, où la suppression d'une haie dans une zone de quelques dizaines d'hectares peut induire des résultats sensiblement différents lors de l'analyse des données. Ainsi, travailler sur des orthophotographies datant de 2013 impliquait de devoir vérifier l'état du paysage, en particulier dans un contexte où celui-ci est rapidement amené à changer. De plus, le classement du linéaire dans les différentes classes ne pouvait se faire qu'à partir d'une observation directe. Néanmoins, la caractérisation des haies sur le terrain demande un effort très important en termes de temps, et une description aussi fine que celle présentée dans l'ouvrage de Baudry & Jouin (2003) n'aurait pas été envisageable avec des moyens aussi limités, auxquels s'ajoutent des prospections d'espèces. En compromis, seulement quatre classes ont été décrites dans cette présente étude, ne permettant pas une caractérisation précise de la structure de haie favorable à la présence de la pie-grièche écorcheur. Réduire ainsi la précision de la typologie implique que certains paramètres soient parfois communs à plusieurs de ces classes et, malgré une description *a priori* claire, la confrontation au terrain est toute

autre. En réalité, plusieurs hauteurs et essences caractéristiques d'une classe se retrouvent souvent dans le même linéaire, induisant une grande difficulté lors de la classification des haies. Lorsque les limites sont bien définies, une même haie peut-être découpée en plusieurs classes; cependant, ce n'était pas toujours le cas. Ainsi, la strate arbustive épineuse était souvent présente au sein des haies de types 3 et 4, selon leur richesse en strates, ce qui peut expliquer l'effet positif de la longueur du linéaire de classe 3 sur la probabilité de présence de la pie-grièche écorcheur.

L'influence de cette classe 3, tout comme la connectivité du réseau, posent également la question de l'utilisation de la haie. Concernant son régime alimentaire, la pie-grièche écorcheur est une espèce opportuniste et généraliste, principalement insectivore mais se nourrissant également de petits vertébrés tels que les amphibiens, reptiles, oiseaux et micromammifères (Johannot & Weiltz, 2012). Un réseau de haies connectées peut ainsi être nécessaire au déplacement de ces espèces entre les patchs favorables afin d'assurer les échanges génétiques indispensables au maintien de leurs populations: c'est l'effet corridor (Burel & Baudry, 1999 ; Baudry & Jouin, 2003). Une préférence du type de haie par ces espèces pourrait également être envisagée. Il serait alors intéressant d'étudier la relation entre les structures bocagères et l'abondance de chaque espèce de proies afin de vérifier cette hypothèse. La survie de la pie-grièche dépendant de la disponibilité en proies, la qualité de l'habitat de ces dernières peut ainsi indirectement influencer sur la probabilité de présence de l'oiseau. Au vu de la capacité de dispersion de la pie-grièche et de la taille de son domaine vital, la mesure de la connectivité d'un linéaire tracé avec une option d'accrochage de 10 m semble en effet peu pertinente pour conclure à l'influence directe de cette variable. Malgré tout, plusieurs biais peuvent être associés à l'intégration de la connectivité dans les modèles. Tout d'abord, sont comptées comme extrémités libres les haies intersectant le bord des zones tampons, même si elles se poursuivent au-delà, impliquant des connexions potentielles. Ensuite, le choix a été fait de vectoriser le linéaire sous forme de polygones et non de polygones: le trait matérialisant la haie est ainsi placé au centre de la végétation et, selon la largeur du linéaire, la distance réelle entre les haies se retrouve alors biaisée. Quoiqu'il en soit, l'écologie du paysage est une discipline complexe et à part entière, et l'étude de la connectivité du réseau bocager de Petite Montagne nécessiterait une étude plus approfondie qui, par exemple, ne se limiterait pas au linéaire de haies mais s'étendrait à l'ensemble des patchs d'habitats, permettant alors un travail sur l'hétérogénéité du paysage. Il est également essentiel d'avoir une bonne connaissance de l'espèce étudiée, en particulier de ses déplacements, afin

d'intégrer la notion de connectivité fonctionnelle (Burel & Baudry, 1999), et ne pas se contenter de travaux sur la connectivité spatiale, moins informatifs pour ce type d'étude. Enfin, il faut garder à l'esprit qu'une haie peut être bénéfique pour certaines espèces, mais néfaste pour d'autres, en particulier du fait de l'effet barrière (Baudry & Jouin, 2003).

Concernant la suite des analyses, les résultats montrent également que la pie-grièche écorcheur semble avoir tendance à éviter les zones où la proportion en haies hautes et la surface en boisement sont importantes. Le rapprochement entre ces deux variables n'est pas étonnant dans le sens où, plus la végétation de la haie est haute, large et dense, plus les conditions ressemblent à celles de la forêt. Cela justifie en partie le fait que de nombreuses espèces bocagères soient en réalité des oiseaux forestiers qui utilisent le bocage comme "habitat sous-optimal". Néanmoins, ce n'est pas le cas de la pie-grièche écorcheur pour laquelle la relation au bois est moins importante (Baudry & Jouin, 2003). Il a déjà été démontré que l'espèce évite les massifs forestiers uniformes et étendus, où elle ne rencontre pas les conditions favorables à l'ensemble de son cycle de vie (Reino *et al.*, 2006 ; Brambilla *et al.*, 2010). En Franche-Comté, par exemple, la pie-grièche est absente de la forêt de Chaux, des massifs du Risoux et du Massacre ainsi que des forêts vosgiennes (Cotte & Paul, 2011).

Au final, ces résultats confortent les informations que l'on peut trouver dans la littérature et permettent de proposer des mesures de gestion adaptées au site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" (voir *Préconisation d'actions*). Malgré tout, les analyses effectuées sur les données de présence de la pie-grièche mériteraient un approfondissement, notamment au niveau des modèles utilisés. Le meilleur modèle explique 24 % de la variance des données, ce qui est faible en conditions contrôlées, mais peut paraître assez satisfaisant *in natura* (S. Maas, comm. pers.). Cependant, l'influence de variables non prises en compte dans cette étude peut être envisagée. Il serait sans doute également pertinent d'essayer d'autres modèles que les GLM, comme par exemple des GAM (modèles additifs généralisés), adaptés à des relations potentiellement non linéaires. De plus, des tests de puissance auraient dû être réalisés au moment de l'élaboration du protocole afin de déterminer le nombre d'unités d'échantillonnage minimum nécessaire. Des tests post-hoc permettraient *a posteriori* de vérifier si ce nombre d'unités a été suffisant, bien qu'il aurait été difficilement possible d'augmenter l'effort d'échantillonnage au vu des moyens disponibles pour cette étude. Enfin, la détermination d'une longueur minimum de linéaire pour chaque classe favorable, au-delà de laquelle la probabilité de présence de la pie-grièche est considérée comme acceptable, aurait été un atout pour mieux cibler les mesures de gestion à préconiser.

## 2. Alouette lulu

Le résultat des prospections d'alouettes lulu se révèle particulièrement surprenant en comparaison des dernières prospections de 2006. En effet, dans son étude, Paul (2007) indiquait que l'espèce était assez fréquente en Petite Montagne, avec une présence dans près de 50 % des IPA réalisés dans la ZPS et dans 30 % des points situés dans la zone d'étude actuelle. Or, avec seulement cinq couples détectés cette saison, le taux de présence chute à 8,5 %.

Ce chiffre se heurte aux résultats publiés dans le bilan du STOC-EPS réalisé en Franche-Comté entre 2002 et 2015, qui indiquent que les effectifs d'alouette lulu semblent en forte augmentation dans la région. Cependant, ces résultats ne peuvent pas réellement s'appliquer à la Petite Montagne en raison d'une sous-prospection évidente dans le Jura et, les occurrences étant très faibles pour cette espèce, la robustesse des analyses a été jugée incertaine par les auteurs. À l'inverse, un fort déclin de l'espèce est à noter en Bourgogne (Maas & Giroud, 2017).

Dans tous les cas, une telle chute des effectifs paraît peu probable, du moins si l'on considère la cause comme environnementale, la population de pie-grièche écorcheur s'étant, elle, relativement bien maintenue dans la même période. Comme semble le démontrer la détection d'individus au niveau des unités d'échantillonnage en dehors du protocole, l'explication pourrait se trouver au niveau de la détectabilité de l'espèce. En effet, la durée d'un IPA étant généralement de 20 minutes, un temps de présence de seulement 10 minutes à chaque point lors des prospections, combiné à une faible probabilité de détection, peut justifier le fait d'avoir potentiellement manqué des individus. Les recherches bibliographiques n'ont pas permis de quantifier la détectabilité de l'alouette lulu ; cependant, et malgré une bibliographie conseillant de débiter les prospections un peu avant l'aube, l'espèce a pu être entendue à toute heure lors du temps passé en Petite Montagne, que ce soit tôt le matin, en début d'après-midi ou en plein milieu de la nuit. De plus, malgré de nombreux passages en dehors du protocole, le chant était rarement entendu plus d'une fois au même point. Cela laisse ainsi penser que la probabilité de détection de la population de Petite Montagne est relativement faible. Un autre facteur pouvant expliquer de tels résultats est la date des passages. La météo de la région ayant été particulièrement défavorable aux mois de mars et avril, avec de fortes pluies et un brouillard généralement présent jusqu'en fin de matinée, les prospections ont été peu aisées et souvent repoussées. L'espèce étant de phénologie très précoce en Franche-

Comté (S. Maas, comm. pers.), des passages tardifs peuvent avoir conduit à manquer certains chanteurs.

Néanmoins, la possibilité d'un déclin des effectifs n'est pas non plus à exclure, et des conditions d'hivernage difficiles ou une mauvaise saison de reproduction l'année précédente, comme cela a été le cas en Franche-Comté avec une météo défavorable au printemps 2016, peuvent également impacter négativement l'espèce (Bourguet, 2016).

### **3. Chevêche d'Athéna**

Les prospections réalisées durant cette étude permettent de mettre en évidence la présence d'au moins deux mâles chanteurs sur le site, à laquelle s'ajoute celle d'un troisième individu non sexé, aperçu en journée. Il est généralement admis que, lorsque les individus répondent uniquement lors du premier passage, il n'est pas possible de conclure à une nidification certaine. En effet, en moyenne, 5 à 12 % des mâles chanteurs ne participent pas à la reproduction (Génot & Lecomte, 2002), et deux réponses au même point sont alors nécessaires pour conclure que le mâle est cantonné. Cependant, il est également possible de considérer qu'un mâle ayant répondu une première fois à la repasse pour défendre son territoire n'y réponde pas lors du second passage si sa reproduction est lancée. Une seconde réponse pourrait alors être assimilée à un mâle toujours à la recherche d'une femelle (S. Maas, comm. pers.). De fait, les deux individus détectés peuvent potentiellement être cantonnés.

Dans son étude parue en 2011, Cotte indiquait qu'une quinzaine de couples étaient présents au sein du site d'étude en 2009-2010. Cela paraissait déjà peu à l'époque en vertu des potentialités habitationnelles du site (Chaput, 2014), la densité de population étant alors de 0,26 couples au km<sup>2</sup> dans la vallée de la Valouse (en prenant en compte uniquement les milieux ouverts et non la forêt) (Cotte, 2011). Avec une détection de deux mâles chanteurs cette saison, il semblerait que les effectifs de la population de la vallée aient fortement chuté en sept ans. Les données récentes de la base "Obsnatu" indiquent qu'aucun individu n'a été entendu en 2015 et que seules des pelotes de réjection ont été trouvées en 2016, au niveau de la commune de Faverge (LPO Franche-Comté [S.I.]), confirmant potentiellement ces résultats. L'étude de Cotte (2011) laissait déjà entendre une contraction de l'aire de répartition de l'espèce en Petite Montagne au vu des données historiques. L'explication généralement avancée dans ce cas est le déficit en cavités (Cotte, 2011), bien que l'étude de Parmentier (2011) démontre que le nombre de cavités n'influe pas sur la distribution de la chevêche en Franche-Comté, de même que le type de bâti. En outre, le milieu semble globalement

favorable à l'espèce, ce qui permet difficilement d'expliquer ces résultats. Un recensement des arbres à cavités tels que les saules têtards pourrait tout de même être envisagé à l'avenir en Petite Montagne afin de rendre compte de l'état du site. L'isolement des individus de la vallée de la Valouse peut également être un facteur expliquant le faible nombre d'occurrences. En effet, l'enclavement géographique de la vallée, quasi-totalement entourée de crêtes boisées, ne facilite pas le déplacement de la chouette, et les noyaux de populations les plus proches se situent actuellement au nord de Lons le Saunier et dans la partie ouest du département de l'Ain, soit à plus d'une trentaine de kilomètres (LPO, [S.I.]). Or la chevêche d'Athéna n'est pas une espèce à forte dispersion, celle-ci dépassant rarement 100 km. Par exemple, dans les Vosges du Nord, les jeunes parcourent en moyenne 6 km à la sortie du nid, avec un maximum de 25 km (Génot & Lecomte, 2002). Les résultats de cette présente étude paraissent quelque peu inquiétants quant au devenir de la population de Petite Montagne, dans le sens où il semble que l'espèce fonctionne en métapopulation et qu'une population de cinq couples ou moins soit menacée d'extinction à court terme (Génot & Lecomte, 2002). Les échanges entre populations sont donc indispensables à la survie de l'espèce dans la région. Enfin, la présence importante de la chouette hulotte, entendue à proximité de plus de 40 % des points les nuits de prospections, peut également expliquer les faibles effectifs de chevêches. En effet, d'un poids près de trois fois supérieur à celui de la petite chouette, la hulotte n'hésite pas à la prédater et, dans certaines régions, il a été noté une absence quasi-totale de chevêche dans un rayon de 1 à 2 km autour de la forêt, habitat de la chouette hulotte (Anonyme, 2017). Il serait en ce sens intéressant d'évaluer les tendances de la population de hulottes de Petite Montagne, un élargissement de son aire de distribution pouvant potentiellement expliquer une régression de la population de chevêches.

Cependant, ces conclusions sont à modérer, aucune comparaison statistique n'ayant été effectuée entre les deux études, en partie du fait d'une différence d'échantillonnage. Afin de maximiser les chances de contacts, les prospections réalisées par Cotte (2011) se concentraient au niveau des zones habitées, la chevêche étant fortement anthropophile dans la région (Bannwarth *et al.*, 2011 ; Cotte, 2011). Le but de cette présente étude étant d'évaluer la dépendance de l'espèce au milieu bocager, l'échantillonnage aléatoire a été préféré à la réutilisation des mêmes points d'écoute afin d'assurer la diversité du réseau de haies. Près de la moitié des points se situent tout de même à moins de 300 m d'une zone habitée, n'expliquant pas une différence si importante de résultats. Enfin, un faible taux de réponse supposé peut également expliquer une partie de ces résultats. En effet, même si la méthode de

la repasse permet généralement de détecter 80 à 90 % des mâles chanteurs, certains individus y répondent peu voire pas du tout, qui plus est lorsque les densités de population sont faibles (Génot & Lecomte, 2002 ; P. Philip, comm. pers.), ce qui semble être le cas en Petite Montagne. De plus, en raison d'une météo défavorable, le second passage a dû être réalisé entre fin avril et début mai. Or, la reproduction ayant généralement déjà commencé à cette période, les mâles réagissent sensiblement moins à la repasse, ce qui peut aussi expliquer une absence de réponse lors de ce passage (S. Maas, comm. pers.).

En conclusion, ces résultats semblent tout de même indiquer une tendance au déclin de la population de chevêches de la vallée de la Valouse. Il paraît alors nécessaire de réaliser un recensement plus complet de la population de chevêches de Petite Montagne en ciblant les zones les plus favorables à l'espèce, par exemple à l'aide d'une modélisation de niche. De plus, des suivis réguliers doivent être effectués afin d'estimer l'évolution de ces populations à long terme.

#### **4. Préconisation d'actions**

À partir des résultats obtenus lors de cette étude, les actions suivantes sont à préconiser :

- La conservation du linéaire de haies doit faire l'objet de mesures réglementaires telles qu'un arrêté préfectoral limitant leur destruction, par exemple via l'obligation d'effectuer une notice d'incidence avant tout travaux de démembrement. Face à la recrudescence de l'arrachage des haies dans le but d'augmenter la surface éligible aux subventions de la PAC, une réglementation plus stricte interdisant la déclaration de parcelles ayant été sorties récemment du programme pourrait être mise en œuvre.
- Un replantage pourrait être envisagé sur le site, en particulier le long des clôtures pour limiter la gêne lors du passage des engins agricoles, ainsi qu'au niveau des "futaies simples" afin d'augmenter le nombre de strates. Plus l'écartement entre les plants est important, plus il faudra de temps à la haie pour se refermer. Dans un souci d'efficacité et de coût financier, il est recommandé d'espacer les plants de 0,5 à 1,5 m pour les arbustes, de 2 à 5 m pour les arbres de cépée, et de 5 à 10 m pour les arbres de haut jet (Liagre, 2006), afin d'accélérer la régénération naturelle. Ce replantage doit être ciblé sur certaines zones, une telle action ne pouvant pas être envisagée sur l'ensemble du site pour des raisons évidentes de moyens. Le réseau doit alors être digitalisé pour l'ensemble du site afin de déterminer les zones les plus pauvres en haies, et cibler les actions sur ces secteurs.

- Une haie non entretenue va évoluer à terme vers un linéaire arboré, augmentant son emprise et perdant une partie de sa strate arbustive. Une gestion des haies par la taille doit donc être mise en œuvre (ONCFS, [S.I.]). La taille des haies doit favoriser les haies arbustives de hauteur inférieure à 5 m et présentant une diversité d'essences, en particulier les haies basses épineuses ou mixtes. Cependant, quelques grands arbres doivent être conservés (environ 1 arbre de haut jet tous les 10 m), de même que certaines haies hautes bénéfiques à d'autres espèces. Un cycle court (1 à 2 ans) permet le maintien des haies basses à leur hauteur original; un cycle long (7 à 8 ans) permet quant à lui de laisser la haie basse atteindre 4 à 5 m, et donc de valoriser le bois de coupe. Le lamier à scie peut être utilisé dans les deux cas (Cleran & Vivien, 2007).
- Le bois provenant des coupes peut être valorisé en bois d'œuvre ou en bois de chauffage pour les arbres de haut jet. La taille de formation, l'élagage et l'émondage doivent être faits régulièrement afin d'accompagner l'arbre lors de sa croissance (Cleran & Vivien, 2007). Les rémanents peuvent quant à eux être valorisés via la technique du BRF (bois raméal fragmenté) afin de favoriser la pédogenèse.
- L'entretien des haies doit être évité durant la période de nidification, soit entre début mars et début septembre. Effectuer la taille au mois de février permet en plus de laisser les baies hivernales à disposition de la faune (ONCFS, [S.I.]).
- Les arbres isolés, ainsi que les vieux arbres creux et en têtard, particulièrement favorables à la chevêche, doivent être conservés. Il en va de même des vergers.
- Les terrains en déprise doivent être entretenus de manière extensive afin de limiter le regain de la forêt. Les troupeaux conservatoires de race Highland se prêtent tout à fait à ce type de tache, et sont d'ailleurs déjà utilisés en Petite Montagne par l'ADAPEMONT.
- L'habitat des proies doit être valorisé en maintenant et restaurant les prairies permanentes de haute qualité environnementale, en évitant l'utilisation de pesticides, insecticides, rodenticides, d'amendements chimiques et biologiques, ainsi que de produits antiparasitaires sur les troupeaux. Dans ce sens, l'augmentation du nombre de parcelles faisant l'objet de MAEC est une action à encourager.
- Des actions de sensibilisation à destination des agriculteurs doivent être mises en place, notamment afin de les informer des sites de nidification et des méthodes de valorisation des haies. Un partenariat avec la Chambre d'Agriculture pourrait alors être envisagé.

# Conclusion

---

Dans un premier temps, cette étude a permis de rendre compte de l'état des populations de pie-grièche écorcheur, d'alouette lulu et de chevêche d'Athéna du site Natura 2000, plus de sept ans après les dernières prospections réalisées. Les résultats de ces travaux indiquent ainsi une présence significative de la pie-grièche en Petite Montagne, ainsi qu'une relative stabilité de sa population, tendance retrouvée actuellement dans le reste de la Franche-Comté. À l'inverse, avec seulement deux mâles chanteurs détectés cette saison, la population de chevêche semble fragile et en déclin. Les résultats concernant la population d'alouette lulu sont quant à eux difficiles à interpréter du fait d'un protocole potentiellement peu adapté à l'espèce, d'une faible détectabilité et de conditions météorologiques défavorables ayant fortement perturbé les prospections, mais ils laissent néanmoins sous-entendre un déclin possible des effectifs. Au final, la chevêche et l'alouette lulu nécessitent un recensement plus complet au sein du site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura". Dans tous les cas, le bilan du STOC-EPS de Franche-Comté a permis de mettre en évidence un déclin certain des populations d'oiseaux inféodés aux milieux agricoles, avec une chute globale des effectifs de 22,9 % entre 2002 et 2015. Bien que moindre, cette tendance se retrouve également chez les espèces généralistes (-1,8 %), les espèces forestières (-3,2 %) ainsi que chez les espèces inféodées aux milieux bâtis (-15 %) (Maas & Giroud, 2017). Les espèces spécialistes, telles que l'alouette lulu et la pie-grièche écorcheur, sont plus sensibles aux changements de l'environnement dans le sens où leurs besoins spécifiques ne leur permettent pas de se contenter de milieux de substitution, et ce sont donc elles qui souffrent le plus de l'homogénéisation des paysages et de la destruction de leurs habitats.

Dans un second temps, cette étude a permis de montrer qu'au moins une de ces espèces, la pie-grièche écorcheur, dépend de la qualité du réseau de haies. Le milieu le plus favorable à l'oiseau semble se traduire par la présence importante de haies basses et moyennes, épineuses à mixtes (classes 1 à 3) connectées entre elles. Les surfaces boisées et les haies d'arbres de haut jet semblent quant à elles avoir un effet négatif sur la probabilité de présence de l'espèce. Cependant, il serait intéressant d'étudier la relation entre ces mêmes structures paysagères et les populations des proies de la pie-grièche afin de déterminer le caractère direct ou indirect de l'effet de ces variables sur la probabilité de présence de l'oiseau. Une étude diachronique du réseau de haies entre 2006 (date des précédentes prospections de pie-grièche et d'alouette

lulu) et 2017 pourrait également être envisagée dans le but d'étudier les changements paysagers du site Natura 2000 et leur incidence sur les populations aviaires.

Au final, la conservation de la pie-grièche écorcheur nécessite la préconisation de mesures favorisant le maintien de haies plutôt basses et épineuses, connectées entre elles, via une taille réglementée et des actions de plantations, ainsi que d'une réouverture de certains sites en déprise. De telles mesures, par effet parapluie, peuvent être bénéfiques à de nombreuses autres espèces inféodées aux milieux agricoles et ayant des exigences écologiques similaires, bien qu'il faille garder à l'esprit que chaque espèce est différente et que, de fait, il n'existe pas de haie idéale pour l'ensemble de l'avifaune. Dans tous les cas, le maintien d'une agriculture extensive, sans intrants chimiques et pesticides, ainsi que d'un paysage bocager diversifié, caractérisé par un réseau de haies important et connecté, est indispensable à la sauvegarde de notre biodiversité agricole. La Petite Montagne est une région dont le paysage rural est encore relativement bien conservé, et elle se doit de résister à la tendance générale prônant une intensification des pratiques.

# Abréviations

---

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

**ADAPEMONT**: Association pour le Développement et l'Animation de la Petite Montagne

**CCPM** : Communauté de Communes Petite Montagne du Jura

**CITES** : Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction

**DOCOB** : Document d'Objectifs

**GAM** : Generalized Additive Model (modèle additif généralisé)

**GLM** : Generalized Linear Model (modèle linéaire généralisé)

**IPA** : Indice Ponctuel d'Abondance

**LPO** : Ligue pour la Protection des Oiseaux

**MAEC**: Mesures Agro-Environnementales et Climatiques

**MNHN** : Muséum national d'Histoire naturelle

**ONCFS** : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

**ONF** : Office National des Forêts

**PAC** : Politique Agricole Commune

**SIG**: Système d'Information Géographique

**STOC – EPS** : Suivi Temporel des Oiseaux Communs – Echantillonnages Ponctuels Simples

**ZSC** : Zone Spéciale de Conservation

**ZPS** : Zone de Protection Spéciale

# Glossaire

---

**BRF** : la technique du BRF (bois raméal fragmenté) est une technique de culture visant à introduire les résidus de broyage des rameaux de bois dans la couche supérieure du sol afin de favoriser le processus naturel de pédogenèse.

**Connectivité** : concept d'écologie du paysage reposant sur la connexion de structures de même nature.

**Corridor** : de manière générale, on appelle corridor une liaison fonctionnelle entre deux écosystèmes ou patchs d'habitats, et qui permet le déplacement des individus entre ces patchs, assurant ainsi les flux de gènes entre populations indispensables à la survie des espèces. Il peut s'agir par exemple d'une haie, d'un cours d'eau, d'une bande enherbée, d'un réseau de mares, etc.

**DéTECTABILITÉ** : la détectabilité correspond à la probabilité de détecter un individu ou une espèce sachant qu'il/elle est présent(e) sur le site. Cette détectabilité varie selon les espèces, les conditions météorologiques, la saison, l'expérience de l'observateur, etc., et son estimation permet de corriger le nombre d'individus observés pour en déduire le nombre d'individus réellement présents.

**Espèce parapluie** : espèce, généralement au domaine vital étendu, et dont la protection permet la protection de nombreuses autres espèces ayant des exigences écologiques similaires.

**IPA** : la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) est une méthode d'échantillonnage couramment utilisée lors des prospections d'oiseaux. L'observateur, placé à un point précis (ou station) note ainsi tous les contacts visuels et auditifs d'oiseaux durant un laps de temps défini.

**MAEC** : les mesures agro-environnementales et climatiques sont un dispositif contractuel d'accompagnement des agriculteurs, soutenant le maintien et le développement de pratiques agricoles favorables à l'environnement principalement via la compensation des manques à gagner des exploitants s'engageant à respecter le cahier des charges.

**Métapopulation** : le concept écologique de métapopulation correspond à un ensemble de populations d'une même espèce, au sein desquelles s'opèrent des échanges d'individus et donc

de gènes. La survie d'une métapopulation dépend ainsi du bon état des connexions entre ses populations.

**STOC-EPS** : programme de suivi national des oiseaux nicheurs communs, basé sur des points d'écoute et visant à évaluer les variations spatiales et temporelles de l'abondance de ces populations (<http://vigienature.mnhn.fr>).

**Transect (line transect)** : unité de prospection linéaire, à l'inverse des quadrats (carrés) ou des points d'écoute/observation.

## Références bibliographiques

---

**ANONYME (2017).** *La petite chouette*. La Hulotte, Edition Passerage, 105 : 40 p.

**BANNWARTH, C., SCHEIFLER, R. & PARMENTIER, A.L. (2011).** *Chevêche d'Athéna Athene noctua Fiche espèce Liste rouge Franche-Comté* [en ligne]. LPO Franche-Comté. Disponible sur : < <http://files.biolovision.net/franche-comte.lpo.fr/userfiles/publications/MonographiesLR/ChevchedAthenaListerougeFC.pdf> > (dernier accès : 08.02.2017).

**BANNWARTH, C. & MAAS, S. (2012).** *Plan régional de conservation d'espèces en faveur de la Chevêche d'Athéna Athene noctua*. LPO Franche-Comté, DREAL Franche-Comté & Union européenne, 23 p.

**BAUDRY, J., BUNCE, R.G.H. & BUREL, F. (2000).** *Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management*. Journal of Environmental Management, 60 : 7–22.

**BAUDRY, J. & JOUIN, A. (coord.) (2003).** *De la haie aux bocages : organisation, dynamique et gestion*. INRA, 474 p.

**BESNARD, A. & SALLES, J.-M. (2010).** *Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000*. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000, 62 p.

**BOURGUET, N. (2016).** *Printemps pluvieux et conséquences sur la reproduction*. Bulletin Obsnatu, 40 : 11.

**BRAMBILLA, M., CASALE, F., BERGERO, V., BOGLIANI, G., CROVETTO, M., FALCO, R., ROATI, M. & NEGRI, I. (2010).** *Glorious past, uncertain present, bad future? Assessing effects of land-use changes on habitat suitability for a threatened farmland bird species.* *Biological Conservation*, 143 : 2770–2778

**BUREL, F. & BAUDRY, J. (1995).** *Social, aesthetic and ecological aspects of hedgerows in rural landscapes as a framework for greenways.* *Landscape and Urban Planning*, 33 : 327 – 340.

**BUREL, F. & BAUDRY, J. (1999).** *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications.* Paris, TEC & DOC, 362 p.

**CHAPUT, E. (2014).** *Document d'Objectifs Petite Montagne du Jura site Natura 2000 FR 4301334 et FR 4312013.* Adapemont et Communauté de Communes Petite Montagne, Saint-Julien, 155 p.

**CLERAN, E & VIVIEN, A. (2007).** *Guide des bonnes pratiques pour une gestion durable des haies* [en ligne]. Chambre d'Agriculture de la Manche, Service Territoire. Disponible sur < <http://afac-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/2015/02/070131Charte-des-bonnes-pratiques-6.pdf> > (dernier accès : 19.08.2017).

**COTTE, B. (2011).** *La Chevêche d'Athéna (Athene noctua) en Petite Montagne du Jura (39) – Inventaire et répartition en 2009-2010.* *Falco*, 41 : 3 – 11.

**COTTE, B. & PAUL, J.-P. (2011).** *Pie-grièche écorcheur Lanius collurio Fiche espèce Liste rouge Franche-Comté* [en ligne]. LPO Franche-Comté. Disponible sur : < <http://files.biolovision.net/franche-comte.lpo.fr/userfiles/publications/MonographiesLR/Pie-grichecorcheurListerougeFC.pdf> > (dernier accès : 08.02.2017).

**DÉFORÊT, T. (2011).** *Alouette lulu Lullula arborea Fiche espèce Liste rouge Franche-Comté* [en ligne]. LPO Franche-Comté. Disponible sur : < <http://files.biolovision.net/franche-comte.lpo.fr/userfiles/publications/MonographiesLR/AlouetteluluListerougeFC.pdf> > (dernier accès : 08.02.2017).

**DRAY, S. & DUFOUR, A.B. (2007).** *The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists.* *Journal of Statistical Software*, 22 (4): 1-20.

**GÉNOT, J.-C. & LECOMTE, P. (2002).** *La Chevêche d'Athéna – Biologie, mœurs, mythologie, régression, protection.* Les sentiers du naturaliste, Delachaux et Niestlé S.A., Paris, 144 p.

**GOLAWSKI, A. & MEISSNER, W. (2008).** *The influence of territory characteristics and food supply on the breeding performance of the Red-backed Shrike (Lanius collurio) in an extensively farmed region of eastern Poland.* Ecological Research, 23 : 347–353

**GOTTSCHALK, T., EKSCHEMITT, K. & WOLTERS, V. (2011)** *Efficient placement of nest boxes for the little owl (Athene Noctua).* The Journal of Raptor Research, 45 (1) : 1 – 14.

**GROUPE ORNITHOLOGIQUE DU JURA (1993).** *Atlas des Oiseaux Nicheurs du Jura.* Groupe Ornithologique du Jura, Lons-le -Saunier, 430 p.

**HARRELL, F.E.J. (2017).** *Hmisc: Harrell Miscellaneous.* R package version 4.0-3. Disponible sur < <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc> >.

**HINSLEY, S.A., BELLAMY, P.E. (2000).** *The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review.* Journal of Environmental Management, 60 : 33–49.

**HUSSON, J.-P., MAROCHINI, E. (1997).** *Les remembrements agricoles entre économie et écologie.* Norois, 173 (1) : 195 – 208.

**INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL (2016).** *Données espèces* [en ligne]. Disponible sur : < <https://inpn.mnhn.fr> > (dernier accès : 06.02.2017).

**JOHANNOT, F. & WELTZ, M. (dir.) (2012).** *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Oiseaux, Tome 8, Volume 1 (de l'Aigle Botté à la Fauvette Pitchou).* Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt – MNHN. La Documentation française, Paris, 382 p.

**JOHANNOT, F. & WELTZ, M. (dir.) (2012).** *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Oiseaux, Tome 8, Volume 3 (de l'Oie des moissons au Venturon montagnard).* Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt – MNHN. La Documentation française, Paris, 384 p.

**LIAGRE, F. (2006).** *Les haies rurales. Rôles – création – entretien.* Editions France Agricole, Paris, 321 p.

**LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX FRANCHE-COMTÉ [S.I.].** *Obsnatu La base* [en ligne]. Disponible sur : < <http://franche-comte.lpo.fr> > (dernier accès : 06.08.2017).

**MAAS, S. & GIROUD, I. (2017).** *STOC : bilan 2002-2015 en Franche-Comté.* LPO Franche-Comté, DREAL Bourgogne-Franche-Comté & Conseil régional Bourgogne-Franche-Comté, 21 p.

**MACDONALD, D.W., JOHNSON, P.J. (1995).** *The relationship between bird distribution and the botanical and structural characteristics of hedges.* Journal of Applied Ecology, 32 (3) : 492-505.

**MARSHALL, E.J.P. & MOONEN, A.C. (2002).** *Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture.* Agriculture, Ecosystems and Environment, 89 : 5–21.

**MATHIEU, D. (1994).** *La Petite Montagne : aspects géographiques.* In Collectif (1994). *Regards sur la Petite Montagne. Invitation à la découverte d'une petite région jurassienne.* ADAPEMONT, Éditions du Suran, 260 p.

**MAZEROLLE, M.J. (2017).** *AICcmodavg : Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c).* R package version 2.1-1. Disponible sur < <https://cran.r-project.org/package=AICcmodavg> >

**MORELLI, F. (2012).** *Plasticity of habitat selection by red-backed shrike (Lanius collurio) breeding in different landscapes.* The Wilson Journal of Ornithology, 124 (1) : 51 – 56.

**MORELLI, F., PRUSCINI, F., SANTOLINI, R., PERNA, P., BENEDETTI, Y. & SISTI, D. (2013).** *Landscape heterogeneity metrics as indicators of bird diversity: determining the optimal spatial scales in different landscapes.* Ecological Indicators, 34 : 372– 379

**OFFICE NATIONAL DES FORÊTS [S.I.].** *L'homme défricheur* [en ligne]. Disponible sur < <http://www.onf.fr> > (dernier accès : 14.02.2017).

**OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE [S.I.].** *Pôle bocage et faune sauvage*. Disponible sur < <http://www.polebocage.fr> > (dernier accès: 19.08.2017).

**PACTEAU, C. (2014).** *Pourquoi les oiseaux des champs disparaissent-ils ? L'éclairage du programme STOC*. Le courrier de la nature, 181 : 36 – 43.

**PAUL, J.P. (2007).** *Zone de Protection Spéciale Petite Montagne du Jura – FR4312013, Etat initial ornithologique 2006*. GNFC/LPO Franche-Comté, ADAPEMONT, DIREN Franche-Comté & Union européenne, 37 p. + annexes.

**PARMENTIER, A.L. (2011).** *Analyse exploratoire des causes de déclin d'une population de Chevêches d'Athéna (Athena noctua) en Franche-Comté*. Rapport de stage de Master II, Université de Franche-Comté, 31 p.

**PETIT, S. & BUREL, F. (1998).** *Effects of landscape dynamics on the metapopulation of a ground beetle (Coleoptera, Carabidae) in a hedgerow network*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 69 : 243 – 252.

**QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM (2017).** Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponible sur < <http://qgis.osgeo.org> >.

**R CORE TEAM (2017).** *R : A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible sur < <https://www.R-project.org> >.

**REINO, L., BEJA, P. & HEITOR, A.C. (2006).** *Modelling spatial and environmental effects at the edge of the distribution : the red-backed shrike Lanius collurio in Northern Portugal*. Diversity and Distributions, 12 : 379–387.

**SALEK, M., CHRENKOVA, M., DOBRY, M., KIPSON, M., GRILL, S., VACLAV, R. (2016).** *Scale-dependent habitat associations of a rapidly declining farmland predator, the Little Owl Athene noctua, in contrasting agricultural landscapes*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 224 : 56–66.

**SCHIPPERS P., GRASHOF-BOKDAM C.J., VERBOOM J., BAVECO J.M., JOCHEM R., MEEUWSEN H.A.M. & VAN ADRICHEM M.H.C. (2009).** *Sacrificing patches for*

*linear habitat elements enhances metapopulation performance of woodland birds in fragmented landscapes.* Landscape Ecology, 24 : 1123 – 1133.

**SITE NATURA 2000 PETITE MONTAGNE DU JURA [S.I.].** *Le site* [en ligne]. Disponible sur : < <http://petitemontagnedujura-n2000.fr> > (dernier accès : 10.02.2017).

**TOURNEUR, J.-C. & MARCHANDEAU, S. (1996).** *Milieus bocagers et biodiversité. Les vertébrés typiques du grand-ouest. Enjeux de la préservation de cet agroécosystème.* Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse, 207 : 22-35.

**TOURRET, V. (2003).** *Les grands types de bocages en Europe et leurs fonctions.* In Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (2003). *Journées d'études européennes sur les bocages – Ruralité, faune sauvage et développement durable. Le bocage, enjeux de territoire pour demain.* Actes du colloque Cerizay (79) 16 et 17 octobre 2002, 124 p. + annexes.

**VADAINÉ, E. (2002).** *Appréciation quantitative de l'évolution du paysage bocager. Mise au point d'un indicateur de la dynamique bocagère.* Maîtrise de géographie, Laboratoire CRESO, Université de Caen, 132 p.

**ZUUR, A., IENO, E.N., WALKER, N., SAVELIEV, A.A. & SMITH, G.M. (2009).** *Mixed effects models and extensions in ecology with R.* Springer Science & Business Medi, 580 p.

# Annexes

---

Annexe I : Guide méthodologique pour le traitement SIG .....	48
Couches de base .....	48
Chaîne de traitement.....	48
Annexe II : Matrice des corrélations de Spearman entre les variables environnementales. Les valeurs du Rho de Spearman sont présentées dans le tableau du haut; les p-values associées sont présentées dans le tableau du bas.....	49
Annexe III : Résultats des GLM décrivant la relation entre la présence de pie-grièche écorcheur et les différentes variables environnementales. Avec $K$ = nombre de paramètres ; $AICcWt$ = poids d'AICc ; $LL$ = log de la vraisemblance. ....	50
Annexe IV: Représentation graphique de la relation entre la probabilité de présence de la pie-grièche écorcheur et deux variables environnementales: la proportion du linéaire de classe 4 (à gauche) et la surface boisée (à droite). La probabilité de présence moyenne par tranche est représentée par les points verts ; l'erreur standard associée est représentée par les traits verts. ....	52

## Annexe I : Guide méthodologique pour le traitement SIG

### Couches de base

Couches	Description	Format
39-2013-0890-6605-LA93-0M50 39-2013-0895-6605-LA93-0M50 39-2013-0900-6600-LA93-0M50 39-2013-0900-6590-LA93-0M50 39-2013-0900-6585-LA93-0M50 39-2013-0900-6595-LA93-0M50 39-2013-0900-6605-LA93-0M50 39-2013-0895-6600-LA93-0M50 39-2013-0895-6595-LA93-0M50 39-2013-0895-6595-LA93-0M50 39-2013-0895-6595-LA93-0M50 39-2013-0895-6595-LA93-0M50 39-2013-0890-6600-LA93-0M50 39-2013-0890-6595-LA93-0M50 39-2013-0890-6590-LA93-0M50 39-2013-0890-6585-LA93-0M50 39-2013-0890-6580-LA93-0M50	Orthophotoplans de la zone d'étude (en Lambert-93)	Raster (.ecw)
perimetre_stage_2017	Contours de la zone d'étude (en Lambert-93)	Vecteur (.shp)

### Chaîne de traitement

Toutes les couches doivent être définies selon le système de coordonnées EPSG : 2154, RGF93/Lambert-93.

Objectif	Action/Outil <i>sous QGIS 2.18.7</i>	Couche en sortie
Produire un quadrillage pour l'échantillonnage aléatoire systématique	<i>Vecteur &gt; Outils de recherche &gt; Grille vecteur</i> Étendue de la grille = "perimetre_stage_2017" Ajuster l'emprise et la résolution à la couche raster sélectionnée X et Y = 1 km Exporter la grille en tant que polygones	grille
Découper le quadrillage aux contours de la zone d'étude	<i>Vecteur &gt; Outils de géotraitement &gt; Couper</i> Couche en entrée = "grille" Couche de découpage = "perimetre_stage_2017"	grille_ZE
Insérer un centroïde au sein de chaque maille du quadrillage	<i>Vecteur &gt; Outils de géométrie &gt; Centroïdes de polygones</i> Couche en entrée = "grille_ZE"	centre_grille_ZE
Supprimer les centroïdes en limite de la zone d'étude	<i>Basculer en mode édition &gt; Sélectionner l'entité &gt; Supprimer les entités sélectionnées</i>	centre_grille_ZE

Echantillonnage aléatoire systématique : <ul style="list-style-type: none"> <li>- sélection d'un point aléatoire</li> <li>- sélection d'un point sur deux à partir du point aléatoire en allant de la gauche vers la droite et du haut vers le bas</li> </ul>	<i>Vecteur &gt; Outils de recherche &gt; Sélection aléatoire</i> Couche en entrée = "centre_grille_ZE" Méthode = nombre d'entités sélectionnées Nombre/pourcentage d'entités sélectionnées = 1  <i>Sélectionner une entité &gt; Enregistrer sous</i>	ech_regulier
Repositionner les points après vérification sur le terrain	<i>Ajouter une couche vecteur shapefile (point) :</i> "points_obs" Attributs = "id_point", "nom" <i>Basculer en mode édition &gt; Ajouter une entité</i>	points_obs
Créer une zone tampon de 300 m autour de chaque point	<i>Vecteur &gt; Outils de géotraitement &gt; Distance tampon fixe</i> Couche en entrée = "points_obs" Segments = 10 Distance = 300	buffer_300
Créer une nouvelle couche pour vectoriser le boisement dans chaque tampon	<i>Ajouter une couche vecteur (polygone):</i> "boisement" Attributs = "id_point", "surface"	boisement
Accrocher la couche "boisement" aux contours de la couche "buffer_300"	<i>Préférences &gt; Options d'accrochage</i> Choix de la couche = avancé Mode = sur un sommet ou un segment Tolérance = 2 pour les couches "boisement" et "buffer_300"	boisement
Vectoriser les contours du boisement par photo-interprétation dans chaque tampon	<i>Basculer en mode édition &gt; Ajouter une entité</i>  Préciser le point d'observation correspondant	boisement
Calculer les surfaces de chaque boisement	<i>Calculatrice de champs</i> Couche en entrée = "boisement" Mise à jour d'une couche existante: "surface" Expression: \$area	boisement
Fusionner les polygones d'une même zone tampon en additionnant les surfaces	<i>Sélectionner une entité &gt; Editer &gt; Fusionner les entités sélectionnées</i> "Surface" = somme	boisement_fusion
Créer une nouvelle couche pour vectoriser les haies dans chaque tampon	<i>Ajouter une couche vecteur (ligne):</i> "haie" Attributs = "id_point", "type"	haie
Accrocher les haies entre elles et aux contours de la couche "buffer_300"	<i>Préférences &gt; Options d'accrochage</i> Activer l'édition topologique Choix de la couche = avancé Mode = "sur un sommet ou un segment" Tolérance = 10 pour la couche "haie" et 2 pour la couche "buffer_300"	haie

Vectoriser les haies dans chaque tampon: vectoriser la haie individuellement lorsque l'angle est inférieur à 140° et lorsqu'il y a une intersection de plusieurs haies	<i>Basculer en mode édition &gt; Ajouter une entité</i>  Préciser le type de haie et le point d'observation correspondant	haie
Tracer 1 trait à l'extrémité de la haie lorsque celle-ci est reliée à un boisement autre	<i>Préférences &gt; Options d'accrochage &gt; Mode d'accrochage avancé</i> Tolérance = 0.2 pour la couche "haie"  <i>Basculer en mode édition &gt; Ajouter une entité</i>	haie
Obtenir la longueur totale des haies par tampon	<i>Vecteur &gt; Outils d'analyse &gt; Somme des longueurs des lignes</i> Lignes = "haie" Polygones = "buffer_300"	long_haie
Extraire les points d'extrémités des haies : <ul style="list-style-type: none"> <li>- créer 4 nouveaux champs dans "haies " avec les coordonnées de début et de fin des lignes</li> <li>- transformer les coordonnées en points</li> </ul>	<i>Basculer en mode édition &gt; Ouvrir la calculatrice de champs</i> Créer 4 nouveaux champs: Xdeb, Xfin, Ydeb et Yfin Type = nombre décimal (réel) Longueur = 20 Précision = 15 Expression: respectivement xat(0), xat(-1), yat(0) et yat(-1)  <i>Enregistrer sous: Valeurs séparées par une virgule [CSV] ; "coord_deb_haie"</i>  Ouvrir sous un logiciel de tableur et ne conserver que les colonnes "id_point", "Xdeb" et "Ydeb"  <i>Ajouter une couche de texte délimité &gt; enregistrer sous: ESRI Shapefile</i>  Recommencer la manipulation avec "Xfin" et "Yfin": "coord_fin_haie"  <i>Vecteurs &gt; Outils de gestion des données &gt; Fusionner des couches vecteur</i> Couches à fusionner = "coord_deb_haie" et "coord_fin_haie"	extrem_haie
Problème : les points ne tombent pas exactement aux extrémités des haies (décalage de quelques centimètres), ce qui ne permet pas de faire la	<i>Vecteur &gt; Outils de géotraitement &gt; Distance tampon fixe</i> Couche en entrée = "extrem_haie" Segments = 10 Distance = 0.05	buffer_extrem_haie_sup

jointure par emplacement avec les haies : il faut donc créer un tampon pour intersecter la haie		
Problème: les tampons des différents points d'extrémités se superposent (début/fin de plusieurs haies au même endroit)	<i>Traitement &gt; Delete duplicate geometries</i> Couche en entrée = "buffer_extrem_haie"	buffer_extrem_haie
Attribuer un poids à chaque tampon selon le nombre de haies intersectées	<i>Vecteur &gt; Outils de gestion des données &gt; Joindre les attributs par localisation</i> Couche vecteur cible = "buffer_extrem_haie" Couche vecteur à joindre = "haie" Prédicat géométrique = intersecte Résumé de l'attribut = prendre un résumé des entités intersectées Statistiques pour le résumé = sum	"poids_extrem_haie"

**Annexe II : Matrice des corrélations de Spearman entre les variables environnementales. Les valeurs du Rho de Spearman sont présentées dans le tableau du haut; les p-values associées sont présentées dans le tableau du bas.**

	long_haie	long_c1	long_c2	long_c3	long_c4	prop_c1	prop_c2	prop_c3	prop_c4	nb_connex	nb_libre	surf_bois_ha	long_c1_c2	long_c3_c4	prop_c1_c2	prop_c3_c4	surf_cult_ha
long_haie	1	0.43	0.19	0.12	0.85	-0.02	-0.18	-0.27	0.29	0.74	0.57	-0.56	0.5	0.85	-0.14	0.14	-0.18
long_c1	0.43	1	-0.05	-0.13	0.13	0.87	-0.23	-0.26	-0.33	0.47	0.34	-0.25	0.78	0.08	0.58	-0.58	-0.02
long_c2	0.19	-0.05	1	0.07	-0.01	-0.11	0.9	0.03	-0.31	0.07	0.05	-0.19	0.45	-0.06	0.4	-0.4	0.07
long_c3	0.12	-0.13	0.07	1	-0.09	-0.25	0.08	0.89	-0.37	-0.03	0.3	-0.13	0.03	0.16	-0.11	0.11	-0.14
long_c4	0.85	0.13	-0.01	-0.09	1	-0.27	-0.37	-0.43	0.71	0.65	0.44	-0.39	0.07	0.95	-0.51	0.51	-0.15
prop_c1	-0.02	0.87	-0.11	-0.25	-0.27	1	-0.09	-0.17	-0.51	0.12	0.09	-0.03	0.64	-0.34	0.77	-0.77	0.07
prop_c2	-0.18	-0.23	0.9	0.08	-0.37	-0.09	1	0.19	-0.48	-0.26	-0.15	-0.02	0.27	-0.4	0.48	-0.48	0.18
prop_c3	-0.27	-0.26	0.03	0.89	-0.43	-0.17	0.19	1	-0.52	-0.3	0.02	0.11	-0.1	-0.19	0.03	-0.03	-0.12
prop_c4	0.29	-0.33	-0.31	-0.37	0.71	-0.51	-0.48	-0.52	1	0.21	0	-0.02	-0.55	0.62	-0.79	0.79	-0.08
nb_connex	0.74	0.47	0.07	-0.03	0.65	0.12	-0.26	-0.3	0.21	1	0.32	-0.13	0.47	0.63	-0.04	0.04	-0.14
nb_libre	0.57	0.34	0.05	0.3	0.44	0.09	-0.15	0.02	0	0.32	1	-0.33	0.36	0.44	-0.01	0.01	-0.03
surf_bois_ha	-0.56	-0.25	-0.19	-0.13	-0.39	-0.03	-0.02	0.11	-0.02	-0.13	-0.33	1	-0.28	-0.4	0.01	-0.01	-0.1
long_c1_c2	0.5	0.78	0.45	0.03	0.07	0.64	0.27	-0.1	-0.55	0.47	0.36	-0.28	1	0.03	0.75	-0.75	-0.05
long_c3_c4	0.85	0.08	-0.06	0.16	0.95	-0.34	-0.4	-0.19	0.62	0.63	0.44	-0.4	0.03	1	-0.57	0.57	-0.22
prop_c1_c2	-0.14	0.58	0.4	-0.11	-0.51	0.77	0.48	0.03	-0.79	-0.04	-0.01	0.01	0.75	-0.57	1	-1	0.1
prop_c3_c4	0.14	-0.58	-0.4	0.11	0.51	-0.77	-0.48	-0.03	0.79	0.04	0.01	-0.01	-0.75	0.57	-1	1	-0.1
surf_cult_ha	-0.18	-0.02	0.07	-0.14	-0.15	0.07	0.18	-0.12	-0.08	-0.14	-0.03	-0.1	-0.05	-0.22	0.1	-0.1	1

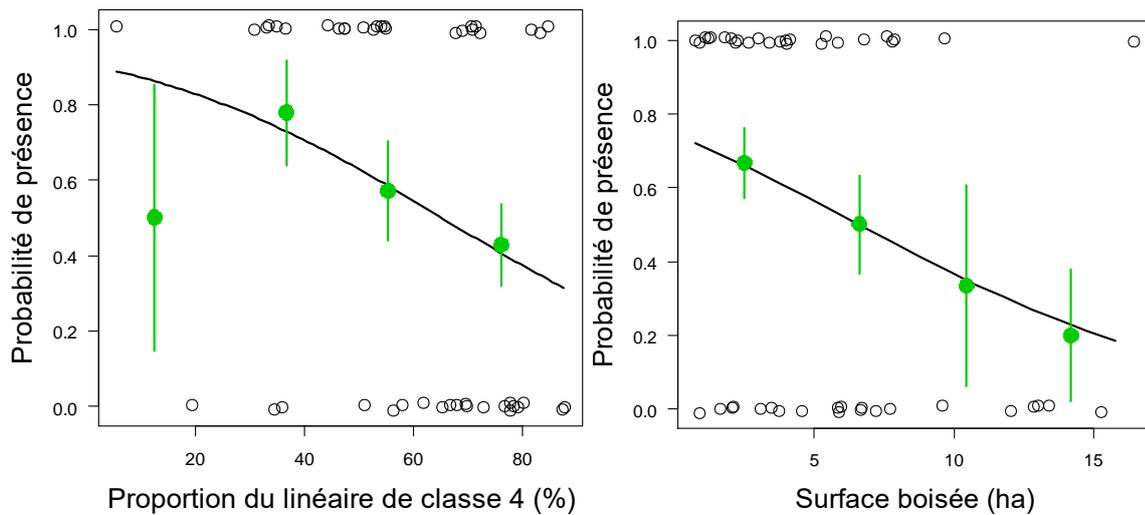
	long_haie	long_c1	long_c2	long_c3	long_c4	prop_c1	prop_c2	prop_c3	prop_c4	nb_connex	nb_libre	surf_bois_ha	long_c1_c2	long_c3_c4	prop_c1_c2	prop_c3_c4	surf_cult_ha
long_haie		0.0028	0.195	0.4181	0	0.9129	0.2241	0.0741	0.0525	0	0	0	0.0004	0	0.3511	0.3511	0.2243
long_c1	0.0028		0.7224	0.3785	0.3939	0	0.1301	0.0847	0.0274	0.0009	0.0214	0.0932	0	0.5783	0	0	0.9082
long_c2	0.195	0.7224		0.6457	0.9274	0.4828	0	0.8525	0.036	0.6608	0.7516	0.1988	0.0015	0.7004	0.0063	0.0063	0.6343
long_c3	0.4181	0.3785	0.6457		0.5642	0.0996	0.6023	0	0.0114	0.8412	0.0413	0.4038	0.8322	0.3034	0.4801	0.4801	0.3379
long_c4	0	0.3939	0.9274	0.5642		0.0688	0.011	0.0028	0	0	0.0021	0.0071	0.6539	0	0.0003	0.0003	0.3309
prop_c1	0.9129	0	0.4828	0.0996	0.0688		0.5395	0.2487	0.0003	0.4281	0.5553	0.848	0	0.0207	0	0	0.622
prop_c2	0.2241	0.1301	0	0.6023	0.011	0.5395		0.1984	0.0007	0.084	0.3333	0.9093	0.065	0.0054	0.0006	0.0006	0.233
prop_c3	0.0741	0.0847	0.8525	0	0.0028	0.2487	0.1984		0.0002	0.0412	0.8697	0.4697	0.5148	0.2021	0.8681	0.8681	0.4335
prop_c4	0.0525	0.0274	0.036	0.0114	0	0.0003	0.0007	0.0002		0.1602	0.9873	0.8839	0	0	0	0	0.6051
nb_connex	0	0.0009	0.6608	0.8412	0	0.4281	0.084	0.0412	0.1602		0.0309	0.3974	0.0009	0	0.7858	0.7858	0.363
nb_libre	0	0.0214	0.7516	0.0413	0.0021	0.5553	0.3333	0.8697	0.9873	0.0309		0.0235	0.0127	0.0022	0.9734	0.9734	0.847
surf_bois_ha	0	0.0932	0.1988	0.4038	0.0071	0.848	0.9093	0.4697	0.8839	0.3974	0.0235		0.0623	0.0062	0.9407	0.9407	0.5024
long_c1_c2	0.0004	0	0.0015	0.8322	0.6539	0	0.065	0.5148	0	0.0009	0.0127	0.0623		0.8239	0	0	0.7545
long_c3_c4	0	0.5783	0.7004	0.3034	0	0.0207	0.0054	0.2021	0	0	0.0022	0.0062	0.8239		0	0	0.1485
prop_c1_c2	0.3511	0	0.0063	0.4801	0.0003	0	0.0006	0.8681	0	0.7858	0.9734	0.9407	0	0		0	0.4907
prop_c3_c4	0.3511	0	0.0063	0.4801	0.0003	0	0.0006	0.8681	0	0.7858	0.9734	0.9407	0	0	0	0	0.4907
surf_cult_ha	0.2243	0.9082	0.6343	0.3379	0.3309	0.622	0.233	0.4335	0.6051	0.363	0.847	0.5024	0.7545	0.1485	0.4907	0.4907	

**Annexe III : Résultats des GLM décrivant la relation entre la présence de pie-grièche écorcheur et les différentes variables environnementales. Avec K = nombre de paramètres ; AICcWt = poids d'AICc ; LL = log de la vraisemblance.**

Modèles	K	AICc	$\Delta$ AICc	AICcWt	LL
long_c1+long_c3+long_c2	4	57.24	0	0.19	-24.13
long_c3+I(long_c3^2)+long_c2+long_c1	5	57.7	0.45	0.15	-23.1
long_c2+long_c3+nb_connex	4	58.45	1.21	0.1	-24.74
long_c3+long_c2	3	58.54	1.3	0.1	-25.99
long_c1+long_c3+long_c2+nb_connex	5	59.4	2.16	0.06	-23.95
surf_bois_ha+long_c2	3	59.96	2.71	0.05	-26.69
long_c2	2	60.07	2.83	0.05	-27.9
long_c3+I(long_c3^2)+nb_connex+long_c2 +long_c1	6	60.14	2.9	0.04	-22.99
long_c2+prop_c4	3	60.98	3.74	0.03	-27.21
long_c2+prop_c4+nb_connex	4	61.16	3.91	0.03	-26.09
surf_bois_ha+I(surf_bois_ha^2) +long_c2	4	61.69	4.45	0.02	-26.36
nb_libre+long_c2	3	61.79	4.54	0.02	-27.61
long_c1+long_c3+long_c2+prop_c4+ nb_connex	6	61.83	4.59	0.02	-23.84
prop_c4+I(prop_c4^2)+long_c1+long_c2 +long_c3	6	61.84	4.59	0.02	-23.84
prop_c4*nb_connex	4	62.14	4.9	0.02	-26.58
long_c3	2	62.3	5.05	0.02	-29.01
long_c3+I(long_c3^2)+nb_connex	4	62.69	5.44	0.01	-26.86
long_c3+nb_connex	3	62.85	5.61	0.01	-28.14
prop_c4	2	63.39	6.15	0.01	-29.56
long_c2*nb_connex	4	63.45	6.21	0.01	-27.24
surf_bois_ha	2	63.49	6.24	0.01	-29.6

<b>long_c2*nb_connex+prop_c4</b>	5	63.68	6.43	0.01	-26.09
<b>surf_bois_ha+long_c1+long_c2+prop_c4 +nb_connex+long_c1</b>	6	63.99	6.75	0.01	-24.92
<b>long_c3*nb_connex</b>	4	65.21	7.96	0	-28.12
<b>prop_c4+I(prop_c4^2)</b>	3	65.21	7.96	0	-29.32
<b>nul</b>	1	65.51	8.27	0	-31.71
<b>nb_connex</b>	2	65.7	8.45	0	-30.71
<b>long_c1</b>	2	66.27	9.02	0	-30.99
<b>long_c3*nb_connex+long_c2*nb_connex +long_c1*nb_connex</b>	8	66.37	9.12	0	-23.24
<b>surf_bois_ha+I(surf_bois_ha^2)+ nb_connex+long_c2+prop_c4+long_c1+ long_c3</b>	8	66.52	9.27	0	-23.31
<b>surf_cult_ha</b>	2	66.75	9.5	0	-31.23
<b>nb_libre</b>	2	67.43	10.19	0	-31.58
<b>long_c1+nb_connex</b>	3	67.51	10.26	0	-30.47
<b>complet</b>	9	69.33	12.08	0	-23.16

**Annexe IV: Représentation graphique de la relation entre la probabilité de présence de la pie-grièche écorcheur et deux variables environnementales: la proportion du linéaire de classe 4 (à gauche) et la surface boisée (à droite). La probabilité de présence moyenne par tranche est représentée par les points verts ; l'erreur standard associée est représentée par les traits verts.**



# Résumé

---

Le démantèlement des haies, dû à l'intensification de l'agriculture et au changement des pratiques, menace aujourd'hui fortement de nombreuses espèces inféodées aux milieux agricoles. Cette étude a ainsi pour but de caractériser la relation entre les structures bocagères du site Natura 2000 "Petite Montagne du Jura" et la distribution de trois espèces d'oiseaux – la pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*), l'alouette lulu (*Lullula arborea*) et la chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) – afin d'évaluer l'impact de la destruction des haies sur ces espèces et de proposer des mesures de gestion adéquates. Dans un premier temps, les prospections réalisées ont permis de rendre compte de l'état de ces populations. La pie-grièche est toujours significativement présente en Petite Montagne et sa population apparaît comme stable, au contraire des deux autres espèces dont les populations semblent en déclin. La présence de la pie-grièche a ensuite été mise en relation avec huit variables environnementales. Il ressort que la longueur de haies basses et moyennes, composées principalement d'arbustes épineux et mixtes, ainsi que la connectivité du réseau, influent positivement sur l'occurrence de l'espèce, contrairement au boisement et aux fortes proportions de haies arborées. Une gestion adaptée du paysage bocager semble donc nécessaire pour la préservation de ces oiseaux et de nombreuses autres espèces agricoles.

*Mots clés* : agriculture ; haie ; bocage ; Jura ; connectivité ; avifaune ; *Lanius collurio* ; *Lullula arborea* ; *Athene noctua*.

# Abstract

---

Agricultural intensification, especially via hedge removal, is a major threat to a large number of farmland species. This study examined the play of bocage structure effects shaping the distribution of birds from the Natura 2000 site "Petite Montagne du Jura", Eastern France, in order to assess the impact of hedge removal on this taxon and to guide management. Three species were studied: the red-backed shrike (*Lanius collurio*), the woodlark (*Lullula arborea*) and the little owl (*Athene noctua*). In a first time, the occurrence of each species was noted to assess the status of the three populations. We can say that the red-backed shrike is still significantly present in "Petite Montagne" and that its population is quite stable whereas the other two seem to decay. In a second time, the occurrence of the red-backed shrike was related to eight environmental variables. The results show that the bird occurrence is positively linked to the length of low and middle height hedges, mainly composed of thorny and mixed shrubs. There is also a positive effect, but not significant, of connectedness. On the contrary, woodland and high proportions of wooded hedges seem to have a negative impact on the red-backed shrike occurrence. Finally, a proper management of hedgerow network landscapes is needed for the conservation of these birds, and also of many other farmland species.

*Key words* : agriculture ; hedgerow ; bocage ; Jura ; connectedness ; farmland birds ; *Lanius collurio* ; *Lullula arborea* ; *Athene noctua*.