Analyse des facteurs influençant la répartition de l'avifaune de plaine dans le Mirebalais-Neuvillois

Cas de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), de l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) et du Bruant proyer (*Emberiza calandra*)

Mémoire de dominante d'approfondissement

Gestion des Milieux Naturels

Maëlle Chanut

2014/2015

Photographie de couverture : mâle chanteur d'Outarde canepetière en plaine agricole du Mirebalais-Neuvillois © Cédric Faivre – Ligue de Protection des Oiseaux de la Vienne.

AgroParisTech **Montpellier SupAgro** **Ligue de Protection des Oiseaux de la Vienne**

Analyse des facteurs influençant la répartition de l'avifaune de plaine dans le Mirebalais-Neuvillois

Cas de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), de l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) et du Bruant proyer (*Emberiza calandra*)

Mémoire de dominante d'approfondissement

Gestion des Milieux Naturels

Maëlle Chanut **2014/2015**

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE AgroParisTech

Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech – Nancy **Dominante d'Approfondissement : Gestion des Milieux Naturels**	**TRAVAUX D'ÉLÈVES**
TITRE : Analyse des facteurs influençant la répartition de l'avifaune de plaine dans le Mirebalais-Neuvillois. ***Cas de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), de l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) et du Bruant proyer (*Emberiza calandra*).***	**Mots clés : agriculture, biodiversité, avifaune de plaine, aménagement du territoire, urbanisation, plaine, *Tetrax tetrax, Alauda arvensis, Emberiza calandra***
AUTEUR(S) : Maëlle CHANUT	**Promotion : 2014/2015 (186)**
Caractéristiques : 1 volume ; 76 pages ; 51 figures ; 16 annexes ; 0 cartes ; bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : LIGUE DE PROTECTION DES OISEAUX DE LA VIENNE (86)

Nom du responsable : Cyrille POIREL
Fonction : Chargé de mission agriculture et biodiversité, expertises ornithologiques, plans d'aménagement nature

Nom du correspondant AgroParisTech : François LEBOURGEOIS

Option ☐ **D. d'approfondissement** ☐ **CEI** ☐	**Stage 2A** ☐ **Stage fin d'études** X **Date de remise : 16/11/2015**	**Autre** ☐

SUITE À DONNER (réservé à la Direction des études)

X **Consultable et diffusable**
☐ **Confidentiel de façon permanente**
☐ **Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable**

Résumé

L'intensification et la mécanisation de l'agriculture sont aujourd'hui clairement mises en cause face au déclin généralisé de la biodiversité dans les milieux agricoles. En particulier, en France, l'avifaune des milieux agricoles accuse un déclin de 25 % de ses effectifs depuis 1989. Trois espèces typiques de ces milieux ont été étudiées : l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) et le Bruant proyer (*Emberiza calandra*), dans le but de mieux comprendre les paramètres du milieu influençant leur répartition et leur abondance. Une enquête par points d'écoute (indices ponctuels d'abondance) de cinq minutes a été réalisée sur 55 000 hectares de plaine agricole intensive dans le Mirebalais-Neuvillois (Poitou-Charentes). L'influence des différents paramètres environnementaux a été étudiée à partir de l'ajustement de modèles linéaires généralisés. Les résultats montrent une forte influence négative du bâti sur les trois espèces. Les mesures agro-environnementales (MAE) sont significativement favorables à l'Outarde canepetière et au Bruant proyer tandis que les luzernes et la présence de chemins influencent positivement les effectifs d'Alouette des champs. La richesse spécifique en oiseaux de plaine est globalement favorisée par une forte diversité culturale et négativement influencée par le bâti. En conséquence, l'urbanisation progressive et le mitage de la plaine par les activités humaines constituent une menace pour l'avifaune de plaine. L'hétérogénéité du paysage est un facteur clé pour le maintien de la biodiversité, d'où la nécessité d'encourager la diversité culturale. Les prédictions des modèles obtenus pourront être utilisées pour établir une cartographie des zones potentiellement favorables à chaque espèce. Cela pourra notamment servir d'appui dans la sélection des futures parcelles à engager en MAE pour la conservation de l'Outarde canepetière.

Abstract

Today the consequences of agriculture intensification and mechanization are clearly known to be implicated in the biodiversity global decline in cultivated landscapes. Particularly, farmland birds suffered a decline of 25 % of its population since 1989. Three typical steppe or farmland bird species — Little Bustard (*Tetrax tetrax*), Eurasian Skylark (*Alauda arvensis*) and Corn Bunting (*Emberiza calandra*) — were studied in order to understand better how the environment influences their distribution and abundance. A five-minute-punctual abundance index (PAI) field survey was conducted to collect data on an intensive cultivated area of 55 000 hectares in Mirebalais-Neuvillois (Poitou-Charentes). The influence of different environmental parameters was studied using generalized linear models. Results show a strong negative effect of the building on the three species. Agri-Environment Schemes (AES) are significantly in favour of Little Bustard and Corn Bunting presence, whereas alfalfa crops and the presence of dirt roads influence positively Skylark abundance. Specific richness in farmland birds is globally favoured by a high number of different cultures and it is negatively influenced by buildings. Consequently, urban sprawl for human activities in cultivated plains threatens farmland birds. Landscapes heterogeneity is a key-factor for biodiversity conservation and should be encouraged maintaining cultural diversity for example. The models' predictions may be used in the future to realise a map of the potentially favourable sites for each species. This may be especially useful to improve the selection of the future plots to engage in AES for Little Bustard conservation.

Resumen

Hoy en día las consecuencias de la intensificación y de la mecanización de la agricultura son claramente acusadas frente al descenso generalizado de la biodiversidad en las zonas agrícolas. En particular, la avifauna de estos entornos agrícolas ha sufrido un declive del 25 % de sus poblaciones desde 1989. Se han estudiado tres especies típicas de este hábitat: el Sisón común (*Tetrax tetrax*), la Alondra común (*Alauda arvensis*) y el Escribano triguero (*Emberiza calandra*), con el objetivo de conocer y entender los parámetros del medio que influyen sobre su distribución y su abundancia. Se ha realizado una investigación de terreno basada en Índices Puntuales de Abundancia sobre 55 000 hectáreas de zona agrícola intensiva en el Mirebalais-Neuvillois (Poitou-Charentes). La influencia de los parámetros ambientales ha sido estudiada a partir de modelos lineares generalizados. Los resultados demuestran una fuerte influencia negativa de las diferentes infraestructuras y construcciones en las tres especies. Las Medidas Agroambientales (MA) aparecen significativamente favorables al Sisón común y al Escribano triguero, mientras que los cultivos de alfalfa y la presencia de caminos agrícolas influencian positivamente el número de Alondras comunes. La riqueza específica en avifauna de estos medios es globalmente favorecida por una alta diversidad cultural y negativamente influenciada por las diversas edificaciones. En consecuencia, la urbanización creciente y diseminada en la zona constituye una amenaza para la avifauna de campo. La heterogeneidad del paisaje es un parámetro clave para la conservación de la biodiversidad, de lo que se debe incitar a la diversidad cultural. Las predicciones de los modelos obtenidos podrán ser utilizadas para cartografiar las zonas potencialmente favorables a cada especie, lo que podrá servir de apoyo en la selección de las futuras parcelas que contratar de MA para la conservación del Sisón común.

Remerciements

Avant toute chose je voudrais remercier mon maître de stage, Cyrille Poirel, pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein de la LPO Vienne et pour m'avoir guidée et soutenue tout au long de cette étude, en étant toujours très disponible.

Mes remerciements s'adressent également à mon tuteur, François Lebourgeois, pour tous ses conseils, et à mes professeurs Jean-Claude Gégout et Christophe Abraham qui ont bien voulu prendre un peu de leur temps pour répondre à mes multiples questions.

Un très grand merci tout spécialement à Alexandre Villers sans qui je n'aurais pas pu aller aussi loin dans mon étude, pour son aide, sa patience et le temps qu'il a consacré à relever mon niveau en statistiques !

Merci encore à Cyrille Poirel, Cédric Faivre, Hélène Broucke et Thierry Dubois pour le temps consacré à la relecture de mon rapport, leur aide et leurs conseils.

Mes sincères remerciements à tous les membres de la LPO Vienne, salariés comme bénévoles, pour leur accueil chaleureux et leur gentillesse, pour l'aide et les connaissances diverses qu'ils ont pu m'apporter durant cette courte période. Ce fut un plaisir de travailler dans votre équipe !

À ma famille, pour avoir été à mes côtés et m'avoir soutenue patiemment durant ce stage et depuis toujours. Une profonde pensée pour vous.

Table des matières

Résumé 7
Abstract 7
Resumen 8
Remerciements 1
Table des figures 5
Table des tableaux 6
Index des sigles 7
Introduction 8
Contexte de l'étude 10
1. Caractéristiques générales de la zone d'étude 10
2. Historique et transformation du paysage 11
3. La ZPS des plaines du Mirebalais-Neuvillois 12
4. L'avifaune de plaine dans le Mirebalais-Neuvillois 13
   a. L'Outarde canepetière 13
   b. L'Alouette des champs 16
   c. Le Bruant proyer 16
5. Les Mesures Agro-Environnementales sur la zone d'étude 17
Matériel et méthodes 18
1. Choix de la zone d'étude 18
2. Méthodologie de terrain 18
   a. Description du protocole Outarde du CNRS 19
   b. Recensement des autres espèces de plaine 19
   c. Relevé de l'assolement et des éléments du paysage 19
3. Saisie et traitement des données 2015 19
4. Préparation des données 20
5. Méthode d'analyse des données 20
   a. Détermination de l'influence de l'heure de prospection sur la détectabilité des espèces 20
   b. Mise en évidence des paramètres environnementaux influençant la présence des mâles chanteurs d'Outarde canepetière 21
   c. Mise en évidence des paramètres environnementaux influençant la présence de l'Alouette des champs et du Bruant proyer 23
   d. Cas de la richesse spécifique en avifaune de plaine 24
Résultats 25
1. Résultats généraux du protocole de suivi sur la zone d'étude 25
   a. Assolement moyen sur la zone d'étude 25

b. Fréquence de détection des espèces étudiées ... 25
c. Évolution des effectifs d'Outarde canepetière comparée aux surfaces de MAE sur la période 2000 à 2015 ... 27
2. Influence de l'heure de prospection sur la détectabilité des espèces ... 28
3. Analyses préalables à la construction du modèle « Outarde » ... 30
4. Paramètres environnementaux influençant la présence des mâles chanteurs d'Outarde canepetière ... 31
5. Paramètres environnementaux influençant les effectifs d'Alouette des champs ... 34
6. Paramètres environnementaux influençant les effectifs de Bruant proyer ... 37
7. Modèle linéaire généralisé appliqué à la richesse spécifique ... 40
Discussion ... 42
1. Concernant la performance du protocole sur la détection des mâles chanteurs ... 42
a. Détection des mâles chanteurs d'Outarde canepetière ... 42
b. Détection des autres espèces de plaine ... 42
2. Concernant l'influence des covariables sur les effectifs obtenus ... 43
a. Influence de l'heure de prospection ... 43
b. Effet observateur et influence de la zone géographique sur les effectifs détectés ... 43
c. Cas de l'Outarde canepetière : influence des autres mâles à proximité ... 44
3. Influence des paramètres environnementaux sur la répartition des espèces ... 44
a. Effets du boisement et des autres éléments « naturels » du paysage ... 45
b. Effets du bâti et des autres éléments d'origine « anthropique » présents dans le milieu ... 45
c. Influence de l'assolement et des mesures agro-environnementales ... 47
d. Influence de l'hétérogénéité du paysage et de la diversité culturale ... 49
4. Dans une perspective de gestion de la zone d'étude ... 50
5. Quelques réflexions sur la fiabilité des résultats obtenus ... 52
a. Biais assolement lié à la position exacte des individus détectés ... 52
b. Intervalles de confiance et fiabilité de la modélisation ... 52
Conclusion ... 53
Bibliographie ... 54
Sites web consultés ... 58
Contacts ... 59
Annexes ... 61

Liste des Annexes

Annexe 1 : évolution des effectifs de différents groupes d'oiseaux en France entre 1989 et 2009..... 62
Annexe 2 : Evolution parallèle des populations d'espèces d'oiseaux rares et menacés et d'espèces communes entre 1989 et 2009 en France 62
Annexe 3 : L'ancienne plaine agricole dans le Mirebalais-Neuvillois..... 63
Annexe 4 : Distributions des effectifs d'Alouette des champs, de Bruant proyer et distribution de la richesse spécifique 64
Annexe 5 : Evolution des effectifs des espèces de plaine détectées durant les enquêtes de terrain de 2012 à 2015. 65
Annexe 6 : Détection des espèces de plaine en fonction de l'heure de prospection par rapport à l'heure solaire. 66
Annexe 7 : Modèle explicatif de la répartition des mâles chanteurs d'Outarde canepetière : sortie R et résidus du modèle 68
Annexe 8 : Modèle explicatif de la répartition de l'Alouette des champs : coefficients et résidus du modèle 69
Annexe 9 : Modèle explicatif de la répartition du Bruant proyer : coefficients et résidus du modèle..... 70
Annexe 10 : Modèle explicatif de la richesse spécifique en oiseaux de plaine : coefficients et résidus du modèle..... 71
Annexe 11 : distribution des distances de détection des mâles chanteurs d'Outarde canepetière..... 72
Annexe 12 : Comparaison des résultats du suivi par points d'écoute et du suivi systématique 73
Annexe 13 : Evolution de la détection des mâles chanteurs et des femelles d'Outarde canepetière en fonction de la semaine de prospection. 73
Annexe 14 : Localisation comparée des mâles chanteurs en 2015 et des boisements et du bâti sur la zone d'étude..... 74
Annexe 15 : Exemple de feuille de terrain utilisée lors de l'enquête par points d'écoute en 2015. 75
Annexe 16 : Tableau récapitulatif des variables et covariables introduites dans les modèles de distribution de l'Alouette des champs, du Bruant proyer et de la richesse spécifique. 76

Table des figures

Figure 1 : Présentation de la zone d'étude : les plaines du Mirebalais-Neuvillois..... 10
Figure 2 : Paysage de la plaine du Mirebalais-Neuvillois. 11
Figure 3 : Évolution des surfaces de différents couverts agricoles en Poitou-Charentes. 12
Figure 5 : Femelle d'Outarde canepetière. 13
Figure 4 : Mâle chanteur d'Outarde canepetière en plumage nuptial. 13
Figure 6 : Mâle chanteur en parade nuptiale. 14
Figure 7 : Évolution des effectifs de mâles chanteurs d'Outarde canepetière sur la zone d'étude Mirebalais-Neuvillois entre 2000 et 2015..... 15
Figure 8 : Alouette des champs dans une prairie..... 16
Figure 9 : Évolution des effectifs d'Alouette des champs en France entre 1989 et 2013 16
Figure 10 : Bruant proyer. 16
Figure 11 : Évolution des effectifs de Bruant proyer en France entre 1989 et 2013 17
Figure 12 : Évolution de la surface engagée en Mesures Agro-Environnementales sur la zone d'étude entre 2001 et 2015 18
Figure 13 : Détail de l'occupation du sol sur la zone d'étude. 25
Figure 14 : Fréquence de détection des espèces d'oiseaux de plaine les plus courantes sur la zone d'étude.. 26
Figure 15 : Fréquence de détection des espèces d'oiseaux de plaine les moins fréquentes sur la zone d'étude 26
Figure 16 : Evolution comparée des effectifs de mâles chanteurs d'Outarde canepetière et de la surface totale des MAE sur la zone d'étude entre 2000 et 2015. 27
Figure 17 : Effectifs relatifs de mâles chanteurs d'Outarde canepetière détectés en fonction de l'heure de prospection "solaire"..... 28
Figure 18 : Effectifs relatifs d'Alouette des champs détectés sur le terrain en fonction de l'heure de prospection "solaire"..... 29
Figure 19 : Effectifs relatifs de Bruant proyer détectés sur le terrain en fonction de l'heure de prospection "solaire". 29
Figure 20 : Résultats de l'analyse en composantes principales effectuée sur les données d'Outarde canepetière : projection des variables. 30
Figure 21 : Résultats de l'analyse en composantes principales effectuée sur les données d'Outarde canepetière : projection des individus. 30
Figure 22 : Probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction du pourcentage de MAE dans la zone tampon. 32
Figure 23 : Probabilités de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction de la distance au boisement le plus proche. 33
Figure 24 : Probabilités de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction du nombre d'hectares de bâti dans la zone tampon. 33
Figure 25 : Probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction de la distance au mâle chanteur voisin le plus proche 33
Figure 26 : Probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction de la distance au bâti le plus proche..... 34
Figure 27 : Ecarts de détection de l'Alouette des champs par les observateurs par rapport à la référence (M. Normant)..... 35
Figure 28 : Evolution des effectifs d'Alouette des champs en fonction du pourcentage de bâti dans la zone tampon. 35
Figure 29 : Evolution des effectifs d'Alouette des champs en fonction du pourcentage de boisement dans la zone tampon..... 35

Figure 30 : Influence du linéaire de haies sur les effectifs d'Alouette des champs 36
Figure 31 : Effectif d'Alouette des champs en fonction de la présence d'arbres isolés, buissons isolés ou alignement d'arbres. 36
Figure 32 : Influence du linéaire de ligne électrique sur les effectifs d'Alouette des champs. 36
Figure 33 : Evolution des effectifs d'Alouette des champs en fonction du pourcentage de luzerne dans la zone tampon 37
Figure 34 : Influence du linéaire de chemin sur les effectifs d'Alouette des champs. 37
Figure 35 : Ecarts de détection du Bruant proyer par les observateurs par rapport à la référence (M. Normant) 38
Figure 36 : Evolution des effectifs de Bruant proyer en fonction du pourcentage de boisement dans la zone tampon. 38
Figure 37 : Evolution des effectifs de Bruant proyer en fonction du pourcentage de bâti dans la zone tampon. 38
Figure 38 : Evolution des effectifs de Bruant proyer en fonction du pourcentage de semis dans la zone tampon. 39
Figure 39 : Influence du linéaire de lignes électriques sur les effectifs de Bruants proyers 39
Figure 40 : Influence du pourcentage de MAE sur les effectifs de Bruants proyers. 39
Figure 41 : Influence du nombre de cultures différentes dans la zone tampon sur les effectifs de Bruants proyers. 39
Figure 42 : Ecart moyen de détection des observateurs rapporté à l'ensemble des espèces de plaine 40
Figure 43 : Influence du pourcentage de boisement dans la zone tampon d'un point d'écoute sur la richesse spécifique en espèces d'oiseaux de plaine. 41
Figure 44 : Influence du pourcentage de bâti dans la zone tampon d'un point d'écoute sur la richesse spécifique en espèces d'oiseaux de plaine. 41
Figure 45 : Evolution des effectifs de Bruants proyers en fonction du nombre de cultures différentes dans la zone tampon 41

Table des tableaux

Table 1: Liste des variables explicatives potentielles testées lors de la construction du modèle de distribution des mâles chanteurs d'Outarde canepetière.. 21
Table 2 : Étapes de la construction du modèle "Outarde" par sélection ascendante sur l'AIC 31
Table 3 : Coefficients des variables retenues et poids des variables dans l'ajustement du modèle. 32
Table 4 : Coefficients et significativité des variables retenues dans le modèle explicatif des effectifs d'Alouette des champs. 34
Table 5 : Coefficients et significativité des variables retenues dans le modèle explicatif des effectifs de Bruants proyers 37
Table 6 : Coefficients et significativité des variables retenues dans le modèle explicatif de la richesse spécifique 40

Index des sigles

ACP : Analyse en Composantes Principales

AIC : Akaike Information Criterion ou Critère d'Information d'Akaike

CAD : Contrat Agriculture Durable

CEBC : Centre d'Etudes Biologiques de Chizé

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CTE : Contrat Territorial d'Exploitation

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

LPO : Ligue de Protection des Oiseaux

MAE : Mesures Agro-Environnementales

MAEC : Mesures Agro-Environnementales et Climatiques. Le dispositif MAEC a remplacé en 2015 les différents dispositifs qui se sont succédé depuis (CTE, CAD et MAEt).

MAEt : Mesures Agro-Environnementales territorialisées

MEDDTL : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, du Transport et du Logement

MINE (zone) : zone des plaines du Mirebalais-Neuvillois, zone d'étude

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

PAC : Politique Agricole Commune

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PNA : Plan National d'Actions

SAU : Surface Agricole Utile

SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale

SIG : Système d'Information Géographique

STOC : Suivi Temporel des Oiseaux Communs

ZPS : Zone de Protection Spéciale

Introduction

Depuis la sédentarisation et l'apparition de l'agriculture, l'Homme n'a cessé de transformer les paysages à sa guise. Les milieux naturels au sens strict se sont progressivement raréfiés, pour devenir des milieux dits semi-naturels, anthropisés, voire même urbanisés. Aujourd'hui en France on considère qu'il n'existe quasiment plus de milieux strictement naturels. D'après les chiffres du ministère de l'environnement, près de 60 % du territoire national est dédié aux activités agricoles, 5 % est artificialisé et 34 % correspond à des milieux semi-naturels comme les forêts, les landes ou les pelouses. (CORINE Land Cover, 2006). Les milieux agricoles ont subi de profonds changements au cours de la seconde moitié du XX^{e} siècle. Avant 1950, l'agriculture française était familiale et extensive. La Politique Agricole Commune créée en 1962 au sein de la Communauté Économique Européenne avait pour but d'assurer l'autosuffisance alimentaire de l'Europe en accroissant la productivité de l'agriculture. La France a entamé la mécanisation et l'intensification de son agriculture qui sont allées de pair avec une succession de remembrements des terres agricoles. Cela a permis un gain de temps considérable et donc un accroissement de la productivité en facilitant l'utilisation des machines agricoles. Ces changements de pratiques ont affecté l'ensemble de la structure des paysages cultivés à hauteur de l'intensification qui a été menée. En particulier, dans les grandes plaines céréalières la taille des parcelles agricoles a fortement augmenté, des éléments structurants du paysage (haies, arbres isolés, vergers-vignes) ont disparu, des problèmes liés à la gestion des eaux souterraines sont apparus (Hamilton & Helsel, 2005). De manière générale on constate une homogénéisation des milieux agricoles.

L'intensification de l'agriculture, et la perte d'hétérogénéité des milieux agricoles, a entraîné un déclin prononcé de la biodiversité associée, notamment de l'avifaune (Moreby *et al.*, 1994 ; McLaughlin & Mineau, 1995 ; Krebs *et al.* 1999 ; Gates & Donald, 2000 ; Donald *et al* ., 2000 ; Chamberlain *et al.*, 2000 ; Benton *et al.*, 2003 ; Jiguet, 2010). Tucker (1997) indique que les milieux agricoles abritent la communauté d'oiseaux la plus riche en termes de nombre d'espèces. Ces espèces ont dû s'adapter aux transformations du milieu opérées par l'homme mais cette adaptation a plus ou moins réussi en fonction de leur niveau d'exigence écologique et de leur biologie. Les oiseaux des milieux agricoles sont le cortège avifaunistique qui a subi le plus fort déclin en Europe avec une perte de 25 à 30 % des effectifs entre 1989 et 2009 (Gregory *et al.*, 2005 ; Tucker & Heath, 1994 ; Jiguet, 2010 ; **Annexe 1**). Ce déclin est dû à plusieurs facteurs, notamment la raréfaction et la fragmentation de l'habitat naturel (Bretagnolle *et al.*, 2011). Le manque de ressources alimentaires est également évoqué, lié surtout à l'utilisation des phytosanitaires, insecticides et autres produits qui réduisent les ressources disponibles à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. (Bretagnolle *et al.*, 2011 ; Rands, 1986). Pour certaines espèces comme le Râle des genêts ou l'Outarde canepetière, les pertes d'effectifs atteignent respectivement 80 % et 95 % par rapport aux effectifs de 1978 (Bretagnolle *et al.*, 2011, Jiguet , 2010). Leur déclin est particulièrement lié à la disparition des habitats favorables aux dépends de l'agriculture et aux pratiques agricoles intensives détruisant les nichées. De plus, les résultats du programme de Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC, MNHN) montrent qu'aujourd'hui ce ne sont pas forcément les espèces rares et localisées qui accusent le plus fort déclin, car l'effort de conservation s'est souvent porté sur elles dans le passé, mais plutôt les espèces communément répandues (**Annexe 2**).

Face au déclin de la biodiversité, l'Union européenne a mis en place le programme Natura 2000. Ce programme a pour but la création et la gestion favorable d'un réseau de sites remarquables pour leurs habitats et leurs espèces d'intérêt communautaire. Il concerne en particulier l'avifaune au travers de la Directive Oiseaux. Les Mesures Agro-Environnementales découlent du programme Natura 2000. Elles prennent la forme d'un contrat rémunéré de cinq ans dans lequel les agriculteurs qui le souhaitent s'engagent à respecter un cahier des charges allant dans le sens de la préservation de la biodiversité ou de la qualité de l'eau. Les contrats MAE visent notamment à recréer des habitats favorables aux espèces en minimisant les

dérangements en période de reproduction et en favorisant leur alimentation. Ce type de dispositif existe en France depuis les années 1990. Les MAE s'appliquent sur des territoires définis et les cahiers des charges sont adaptés aux enjeux environnementaux qui ont été identifiés.

En 2003, Kleijn & Sutherland expliquent que peu d'études ont cherché à déterminer l'efficacité des MAE. Certains résultats remettraient en cause leur efficacité (Feehan *et al.*, 2005 ; Kleijn *et al.* 2001), notamment pour ce qui est de leur efficacité sur l'amélioration de la qualité des eaux (Kuhfuss *et al.*, 2012).

Dans cette étude, nous nous intéresserons à l'avifaune des milieux agricoles dans une zone de plaine céréalière du centre-ouest de la France : les plaines du Mirebalais-Neuvillois. Notre objectif est d'analyser la répartition de ces espèces de plaine au regard des différents paramètres environnementaux et notamment des mesures agro-environnementales mises en place. Nous chercherons à observer les effets à la fois qualitatifs et quantitatifs de ces paramètres. La compréhension des facteurs influençant la répartition et l'abondance des différentes espèces permettra d'être plus pertinent dans la gestion de la zone, notamment pour la localisation de futures parcelles à engager en MAE ou pour la rédaction d'études d'incidence Natura 2000 pour de nouveaux projets d'aménagement, toujours dans l'idée de concilier durablement agriculture, aménagement du territoire et biodiversité.

Nous nous focaliserons sur trois espèces en particulier : l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), espèce emblématique de la zone d'étude et la plus menacée de disparition, ainsi que l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) et le Bruant proyer (*Emberiza calandra*), qui sont les deux espèces les plus communes sur notre zone d'étude. Ces deux passereaux communément rencontrés dans les milieux agricoles sont aujourd'hui en déclin à l'échelle européenne (Siriwardena *et al.*, 1998 ; Krebs *et al.*, 1999 ; Jiguet, 2010).

Dans un premier temps nous chercherons à préciser l'influence des MAE et des éléments du paysage tels que les boisements, le bâti, les routes, etc. sur la présence de l'Outarde canepetière. Dans un second temps, nous commenterons l'influence de ces descripteurs du milieu sur l'Alouette des champs et le Bruant proyer. Enfin, nous nous placerons à une échelle plus large que celle de l'espèce en étudiant cette fois l'ensemble du cortège des oiseaux de plaine au travers de la richesse spécifique.

Contexte de l'étude

1. Caractéristiques générales de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à l'entité géographique des plaines du Mirebalais-Neuvillois situées dans le Nord-Ouest du département de la Vienne (**Figure 1**). C'est une zone d'agriculture intensive d'une superficie d'environ 60 000 hectares, dont 55 000 hectares de surface agricole utile (**Figure 2**).

Ces plaines constituent de vastes espaces ouverts au relief peu prononcé et aux sols calcaires. Le climat se caractérise par un fort ensoleillement et une pluviosité assez faible. L'orge et le blé sont les cultures dominantes, accompagnés par le colza, le maïs et le tournesol et dans une moindre mesure par les légumineuses (pois, luzerne fourragère). La culture de melon a tendance à se développer ces dernières années, tandis que le vignoble est en régression. L'élevage est peu présent sur la zone ; il est de type caprin intensif.

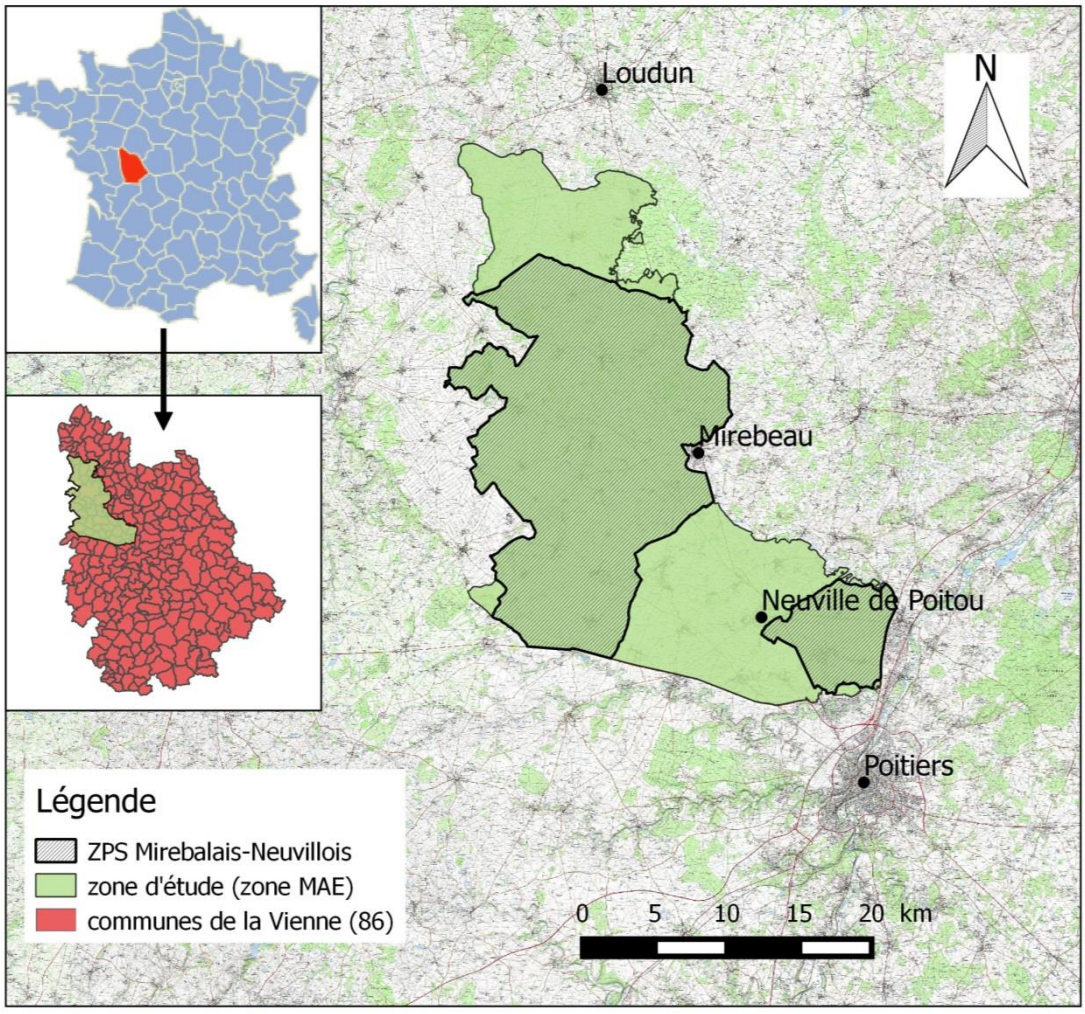


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude : les plaines du Mirebalais-Neuvillois

Figure 2 : Paysage de la plaine du Mirebalais-Neuvillois (source : Didier Papot – LPO Vienne).

2. Historique et transformation du paysage

Après les grands défrichements du Moyen Âge, le Haut-Poitou est progressivement devenu une terre de polyculture et d'élevage. Jollet (1956) et Pitié (1982) rapportent l'existence de la culture du chanvre, de la vigne, des céréales et des plantes sarclées, et de la pratique de l'assolement triennal jusqu'à l'apparition des engrais chimiques dans la seconde moitié du XX^{e} siècle.

Tout au long du XX^{e} siècle le nombre d'exploitations agricoles diminue et on assiste à une transformation des pratiques liées aux phénomènes d'intensification et de mécanisation de l'agriculture (INSEE, 1981 ; Dubois, 2011). Entre 1960 et 1970, 30 000 hectares de surface agricole en moyenne ont été remembrés chaque année (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales, 2006). Entre 1979 et 2000, le nombre d'exploitations agricoles de Poitou-Charentes a diminué de 43 % et leur taille a augmenté de 50 % (Dubois, 2011). On estime que toutes les communes de la zone d'étude ont fait l'objet d'un aménagement foncier, parfois deux ou même trois. C'est le cas de Saint-Jean-de-Sauves, la plus grande commune de la zone d'étude, qui a subi trois aménagements fonciers entre 1964 et 2006 (Tranchant, 2006). Lors du dernier remembrement de Saint-Jean-de-Sauves, la taille des parcelles agricoles a plus que doublé : +118 % contre +7,5 % pour les parcelles non remembrées. Le taux de surface herbacée est de 6 % sur la zone remembrée contre environ 10 % sur la zone témoin, alors que ces taux étaient comparables avant l'aménagement foncier (Poirel, 2014). Les remembrements ont également entraîné la disparition d'éléments du paysage tels que les haies ou les arbres isolés à l'origine très présents sur la plaine comme on peut le voir sur la photographie présentée en **Annexe 3** datée des années 1960 (Institut Atlantique d'Aménagement du Territoire, 2013).

À Saint-Jean-de-Sauves, le nombre d'arbres isolés a été divisé par quatre lors de l'aménagement foncier de 2006 (Poirel, 2014). Beaucoup de vignobles ont été arrachés et reconvertis. La polyculture-élevage à l'herbe a progressivement disparu pour laisser place aux grandes cultures et à un élevage intensif caprin. L'évolution moyenne des surfaces des différents types de couverts en Poitou-Charentes est présenté en **Figure** 3. Ces chiffres correspondent à une moyenne régionale et il existe des disparités selon les zones considérées, notamment en zone de plaines cultivées comme c'est le cas pour notre zone d'étude où les

surfaces toujours en herbe sont en proportion beaucoup plus faible. En 2007, le taux de surface en herbe était de 10,8 % sur la Zone de Protection Spéciale du Mirebalais-Neuvillois (ZPS) grâce à la mesure de gel obligatoire instaurée par la PAC imposant à chaque exploitation le gel d'un minimum de 10 % de sa surface agricole utile (Dubois, 2011). Cette mesure a été supprimée en 2008, mais elle a été compensée par une contractualisation croissante de mesures agro-environnementales (MAE) visant à la création de couverts herbacés en lieu et place de grandes cultures.

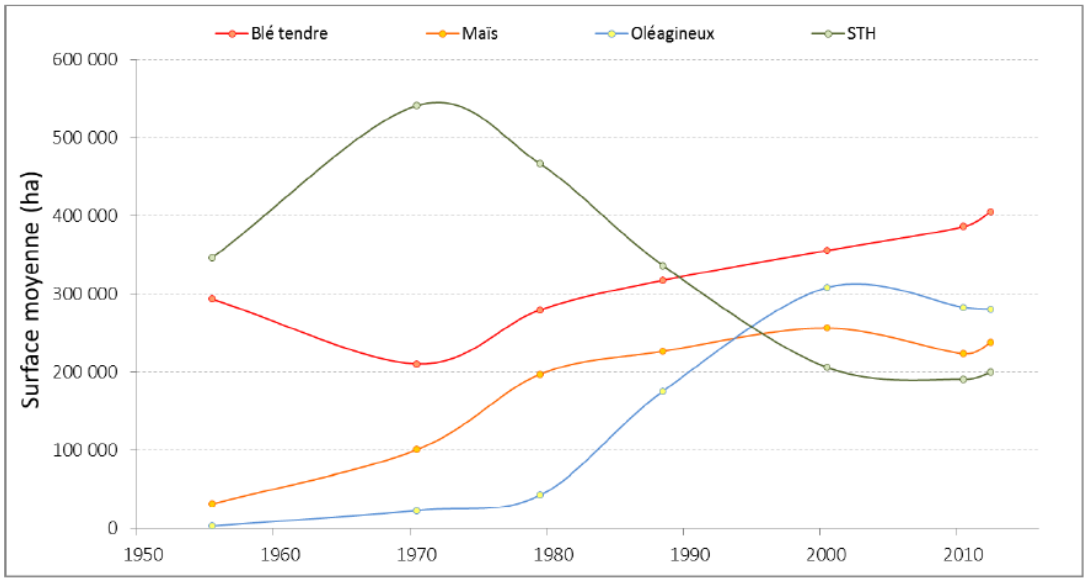


Figure 3 : Évolution des surfaces de différents couverts agricoles en Poitou-Charentes (source Agreste). Les Surfaces Toujours en Herbe (STH) intégrent les prairies permanentes et les prairies temporaires d'au moins 5 ans.

Les villes comme Poitiers et ses abords, Loudun, Mirebeau ou Neuville-de-Poitou sont très attractives pour la population. Autour de ces pôles d'activités l'urbanisation est croissante, tandis que dans les villages éloignés la densité de population diminue (Dubois, 2011). L'expansion des zones d'activités industrielles et commerciales sur la plaine, la construction de nouvelles routes ou de nouveaux bâtiments agricoles accentuent le phénomène de mitage du milieu naturel. Très récemment, la construction de la ligne à grande vitesse reliant Tours à Bordeaux a entraîné une modification notable du paysage en bordure sud de la zone d'étude et la disparition d'habitats pour lesquels des mesures de compensation ont été appliquées.

3. La ZPS des plaines du Mirebalais-Neuvillois

Les deux tiers du territoire d'étude soit une superficie d'environ 37 500 hectares se trouvent en zone de protection spéciale liée à la directive Oiseaux du programme Natura 2000 (**Figure 1**). Cette ZPS, nommée ZPS des Plaines du Mirebalais-Neuvillois (codée FR5412018), a été désignée en 2003, à la suite du programme Natura 2000 instauré par l'Union européenne (Dubois, 2011). On y recense 17 espèces d'intérêt communautaire inscrites à l'annexe 1 de la directive Oiseaux telles que l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), le Busard cendré (*Circus pygargus*), le Busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*), le Bruant ortolan (*Emberiza hortulana*), ou encore l'Œdicnème criard (*Burhinus œdicnemus*) (Dubois, 2011).

La ZPS des plaines du Mirebalais-Neuvillois est la plus étendue des huit zones de plaine désignées ZPS pour la protection de la population migratrice d'Outarde canepetière dans le centre-ouest de la France. Aujourd'hui cette ZPS héberge environ un quart des effectifs d'Outarde de la région Poitou-Charentes (INPN, 2015), ce qui représente 20 % de l'ensemble de la population du centre-ouest (Dubois, 2011). Elle est

contiguë à la ZPS des Plaines d'Oiron-Thénezay dans les Deux-Sèvres (15 500 hectares) qui représente quant à elle 10 % de la population du centre-ouest (Berthomé, 2011).

4. L'avifaune de plaine dans le Mirebalais-Neuvillois

Le cortège de l'avifaune des plaines du Mirebalais-Neuvillois est constitué d'une quinzaine d'espèces, dont la plupart des espèces d'intérêt communautaire visées par la désignation de la ZPS. Ces espèces ont pour habitat d'origine des milieux ouverts, tels que les plaines, les landes ou les steppes semi-arides, et présentent parfois des affinités avec le climat méditerranéen, comme c'est le cas pour l'Outarde canepetière, espèce phare de la zone, ou l'Œdicnème criard. Le Busard cendré et le Busard Saint-Martin (*Circus pygargus*) sont deux rapaces emblématiques de ces plaines. Ils nichent au sol dans les cultures de céréales et chassent majoritairement des campagnols. Le Bruant ortolan dont c'est la population la plus nordique de France est, après l'Outarde canepetière, la seconde espèce phare de la zone d'étude. Des espèces plus courantes comme l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*), le Bruant proyer (*Emberiza calandra*), la Fauvette grisette (*Sylvia communis*) ou encore la Linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*) sont bien représentées sur la plaine. Certaines espèces ont récemment colonisé la zone d'étude. C'est le cas de la Bergeronnette printanière (*Motacilla flava*), du Courlis cendré (*Numenius arquata*) et dernièrement de la Gorgebleue à miroir (*Luscinia svecica*). Enfin, d'autres espèces se rencontrent dans les bosquets, haies ou buissons de la plaine comme la Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*), le Coucou gris (*Cuculus canorus*), le Bruant jaune (*Emberiza citrinella*) et le Bruant zizi (*Emberiza cirlus*).

Dans la suite de cette partie, nous présentons brièvement les trois espèces sur lesquelles nous avons focalisé notre étude : l'Outarde canepetière, l'Alouette des champs et le Bruant proyer.

a. L'Outarde canepetière

L'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax,* Linnaeus 1758) est une espèce du paléarctique de la famille des Otididés. C'est un oiseau de taille moyenne (40 à 45 centimètres de hauteur pour 80 à 90 centimètres d'envergure), nichant au sol. Les individus adultes (**Figure 4** et **Figure 5**) se nourrissent à 98 % de végétaux et de quelques invertébrés (Jiguet, 2002). Les femelles consomment davantage d'insectes au moment de leur nidification pour assurer les besoins en protéines liés à l'ovogenèse. Les jeunes Outardes canepetières se nourrissent quasi exclusivement d'insectes ce qui leur assure une croissance rapide. Leur consommation quotidienne est de l'ordre de 200 criquets (Bretagnolle, donnée non publiée, dans Bretagnolle *et al.*, 2011).

Figure 5 : Mâle chanteur d'Outarde canepetière en plumage nuptial (source : Bruno Dubrac – LPO Vienne).

Figure 4 : Femelle d'Outarde canepetière (source : Alain Boullah - LPO Vienne).

La période de reproduction s'étale de la mi-avril à fin juillet (Attié & Dalloyau, 2011). Durant cette période les femelles d'Outarde canepetière sont très farouches et difficile à observer. Seuls les mâles paradent ostensiblement sur une ou des places de chant pour attirer les femelles (**Figure 6**). Le système d'appariement de cette espèce est dit en lek éclaté, c'est-à-dire que les mâles choisissent et défendent leur territoire face aux autres mâles établis à proximité, formant une sorte d'arène éclatée (PNA Outarde, 2015 ; Jiguet *et al.*, 2000). Les femelles visitent le lek uniquement pour s'accoupler puis élèvent seules leurs jeunes jusqu'à l'automne. En Poitou-Charentes, les rassemblements pré-migratoires commencent à la fin de l'été (mi-août) et se densifient jusqu'au départ vers la péninsule ibérique courant octobre-novembre.

Figure 6 : Mâle chanteur en parade nuptiale (source : Jean-Guy Couteau - LPO Vienne).

Habitat

L'habitat d'origine de l'Outarde canepetière correspond à des milieux de steppes semi-arides mais face à la régression de son milieu d'origine, l'espèce a dû s'adapter aux plaines cultivées. L'Outarde a besoin de paysages ouverts, à couverture végétale relativement basse. Plus particulièrement, les mâles affectionnent les couverts très bas et peu denses, tels que les semis de printemps (maïs, tournesol, jachères) pour être bien vus des femelles lors des parades. Les femelles au contraire recherchent des couverts relativement plus denses et plus hauts (luzernes et prairies non fauchées notamment) pouvant assurer une fonction de protection de la nichée et fournir plus de ressources alimentaires aux jeunes.

Distribution et effectifs actuels

À l'origine présente dans une large zone de l'Europe de l'Ouest et centrale, l'Outarde canepetière d'Europe occidentale subsiste désormais pour la grande majorité en Espagne et au Portugal (Svensson *et al.*, 2000). En France, on compte aujourd'hui deux noyaux de population distincts. L'une des populations est celle des grandes plaines cultivées du centre-ouest de la France. Elle constitue **la dernière population migratrice de toute l'Europe de l'ouest et centrale**. Durant l'hiver, cette population séjourne en Espagne ou au Portugal. L'effectif de mâles chanteurs est estimé à environ 360 mâles chanteurs en 2008 (MEDDTL, 2011). L'autre population française est sédentaire et se trouve sur le pourtour méditerranéen. Ces effectifs, d'environ 1 400 mâles chanteurs en 2008, sont globalement en forte augmentation, avec des disparités selon les zones.

Statut et menaces

La population migratrice du centre-ouest de la France a frôlé la disparition avec un effondrement de 96 % de ses effectifs entre 1978 et 2008 (Bretagnolle *et al.*, 2011). En 1978, Géroudet signalait déjà le déclin et le risque potentiel de disparition de l'espèce. Inchausti & Bretagnolle (2005) prédisaient un risque de disparition de la population du centre-ouest à hauteur de 0,45 dans les trente années à venir si aucune mesure n'était prise. D'autre part, une forte contraction de son aire de répartition a été observée. Sur la zone d'étude du Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, à nombre de mâles égal, l'aire couverte par les mâles en 2007 ne représentait que 50 % de l'aire couverte en 1998 (Attié & Nicol, 2009). En Charente, en Vienne et en Deux-

Sèvres, on a constaté une concentration des effectifs sur les secteurs les plus favorables et une disparition sur les zones périphériques ou les noyaux plus faibles (MEDDTL, 2011) créant ainsi un phénomène d'isolement des sous-populations.

Le déclin de l'Outarde canepetière a plusieurs origines :

- d'une part, la très forte régression des couverts herbacés favorables à la reproduction et à l'alimentation de l'Outarde, conséquence des changements de pratiques agricoles vus précédemment.
- d'autre part, la destruction directe des femelles et des nichées par le passage des machines agricoles lors de la fauche des parcelles.
- Il faut également considérer le manque de ressources alimentaires pour les jeunes, lié à la fois à la réduction des milieux favorables, à la disparition des bordures et chemins enherbés et à l'utilisation de pesticides et autres produits.

Toutes ces affirmations ont été démontrées dans une étude récente de Bretagnolle *et al.* (2011).

Aujourd'hui, l'Outarde canepetière est classée vulnérable à l'échelle nationale (UICN France & MNHN, 2011), et montre un grand déséquilibre entre l'état de la population méditerranéenne et celui de la population des plaines de l'ouest. À l'échelle du Poitou-Charentes, son statut est passé de « vulnérable » (Salamolard, 1999) à « en danger » (Jourde, à paraître), du fait de la chute drastique de ses effectifs. Au niveau régional, la baisse des effectifs d'Outarde canepetière s'est poursuivie jusqu'en 2008, après quoi ils semblent s'être stabilisés, avec de fortes disparités selon la ZPS concernée. Sur la zone d'étude le nombre de mâles chanteurs, après avoir décliné et atteint son minimum historique en 2010, a aujourd'hui retrouvé un effectif proche de celui du début des années 2000 (**Figure 7**).

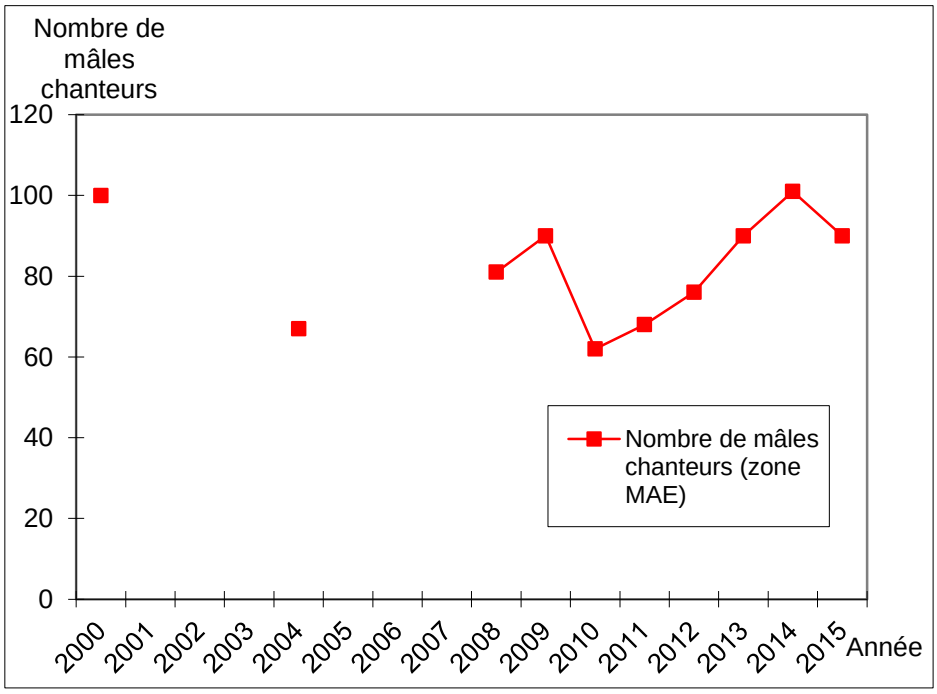


Figure 7 : Évolution des effectifs de mâles chanteurs d'Outarde canepetière sur la zone d'étude Mirebalais-Neuvillois entre 2000 et 2015 (source : LPO Vienne). Note au lecteur : les effectifs annoncés pour 2015 sont encore provisoires et nécessitent d'être validés par le Centre d'Etudes Biologique de Chizé.

b. L'Alouette des champs

L'Alouette des champs est un passereau d'environ 17 centimètres originaire des zones steppiques (**Figure** 8). C'est l'Alouette la plus abondante en France. Ses effectifs sont aujourd'hui en déclin car si elle s'est bien adaptée à l'agriculture extensive, l'agriculture trop intensive entraîne une réduction des habitats favorables à sa reproduction et des ressources alimentaires disponibles (Evans *et al.*, 1995 ; Wakeham-Dawson *et al.*, 1998 ; Poulsen *et al.*, 1996). L'Alouette recherche des secteurs de cultures diversifiées et des couverts de faible hauteur, soit entre 20 et 50 centimètres, pour nicher (Donald, Evans, *et al.*, 2001). Le fort développement des cultures de maïs, colza ou tournesol ne lui est pas favorable. De plus, l'Alouette des champs, nichant au sol, est vulnérable au passage des machines. Chamberlain & Crick (1999) rapportent une diminution de 55 % des effectifs d'Alouette des champs en Europe entre 1975 et les années 1990, plus particulièrement dans les régions de culture intensive. Le MNHN présente l'évolution de cette espèce depuis 1989 jusqu'à aujourd'hui et annonce une baisse de 30 % des effectifs sur cette période (**Figure 9**). L'Alouette des champs est considérée comme quasi menacée en Poitou-Charentes même si son statut n'est pas préoccupant à l'échelle nationale (Jourde, à paraître).

Figure 8 : Alouette des champs dans une prairie (source : Jean-Guy Couteau – LPO Vienne)

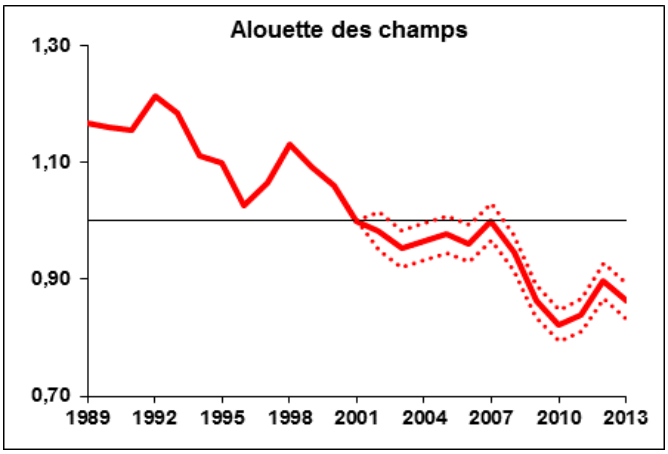


Figure 9 : Évolution des effectifs d'Alouette des champs en France entre 1989 et 2013 (source : Muséum National d'Histoire Naturelle, Suivi Temporel des Oiseaux Communs).

c. Le Bruant proyer

Figure 10 : Bruant proyer (source : Alain Boullah - LPO Vienne).

Le Bruant proyer (**Figure** 10) est un autre passereau que l'on rencontre dans les zones cultivées et paysages ouverts. Il est sédentaire en France. De par son chant caractéristique et sonore il est facile à reconnaître et à comptabiliser sur le terrain. Il recherche souvent un perchoir en hauteur pour chanter. La femelle construit son nid au sol dans les champs de

plantes sarclées ou les prairies. Le déclin de cette espèce a commencé dans les années 1970 : Hagemeijer & Blair (1997) et Jiguet (2010) enregistrent un déclin significatif de 30 % par rapport au niveau de 1989 (**Figure 11**). La principale cause de ce déclin énoncée dans la littérature est la diminution des disponibilités alimentaires (Brickle & Harper 1999, 2002) et la raréfaction des jachères pour la nidification (Henderson *et al.*, 2000). Il est aujourd'hui considéré comme quasi menacé au niveau national (UICN & MNHN, 2011).

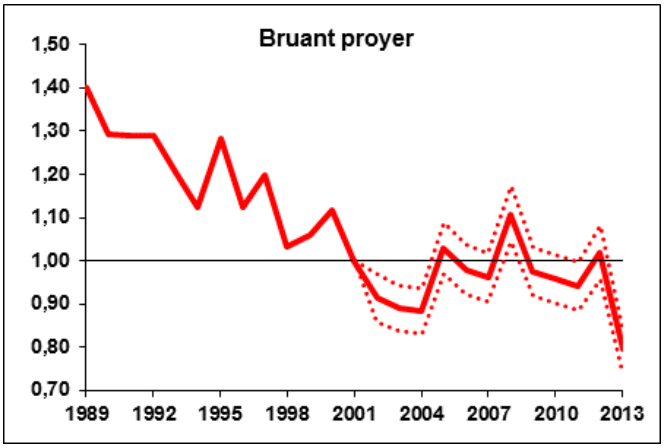


Figure 11 : Évolution des effectifs de Bruant proyer en France entre 1989 et 2013 (source : MNHN, STOC).

5. Les mesures agro-environnementales sur la zone d'étude

Depuis 2008 et la fin de la mesure de gel obligatoire de la PAC, les mesures agro-environnementales (MAE) et les mesures compensatoires sont les principaux éléments permettant de conserver des parcelles en couvert herbacé dans la plaine.

Les MAE de la zone Mirebalais-Neuvillois ont été instaurées pour la première fois dans le cadre du premier programme LIFE Outarde (1997-2001) pour tenter d'enrayer le déclin catastrophique de cette population. Elles correspondaient alors à la création d'un Contrat Territorial d'Exploitation (CTE) pour la mise en place d'un couvert herbacé géré favorablement. Par la suite se sont succédés les différents types de contrats agro-environnementaux avec des objectifs similaires : Contrats Agriculture Durable (CAD) entre 2004 et 2007, Mesures Agro-Environnementales territorialisées (MAEt) de 2008 à 2014 et Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) depuis 2015. Aujourd'hui, plus de 150 agriculteurs sont engagés dans ce dispositif pour un total de 1 500 hectares de MAE soit environ 2,7 % de la surface agricole utile de la zone d'étude (**Figure 12**). La zone actuelle d'éligibilité aux mesures agro-environnementales correspond à peu de choses près à l'entité géographique des plaines du Mirebalais-Neuvillois.

Les contrats MAE mis en place sur la plaine du Mirebalais-Neuvillois ont pour but la création de zones favorables à la reproduction et à l'alimentation de l'Outarde canepetière et plus généralement de l'avifaune de plaine. Ils correspondent à la création de nouveaux couverts herbacés ou bien à la gestion favorable des couverts herbacés existants. Le cahier des charges impose un retard de fauche du 1er mai au 31 août pour les mesures de type jachère ou du 20 mai au 31 juillet pour les mesures de type prairie conservant une vocation de production fourragère. L'objectif est de limiter les risques de destruction des femelles et des poussins d'Outarde, ainsi que de toutes les espèces qui nichent au sol. L'interdiction de l'usage de phytosanitaires et de fertilisation contribue à diversifier le couvert herbacé, ce qui est favorable aux populations d'insectes et autres invertébrés dont se nourrissent les poussins d'Outardes. La LPO Vienne intervient dans l'animation du dispositif d'engagement en MAE auprès des agriculteurs de la zone Mirebalais-Neuvillois. Elle valide la

localisation des parcelles proposées par les exploitants en s'assurant qu'elles soient réellement profitables à l'avifaune de plaine.

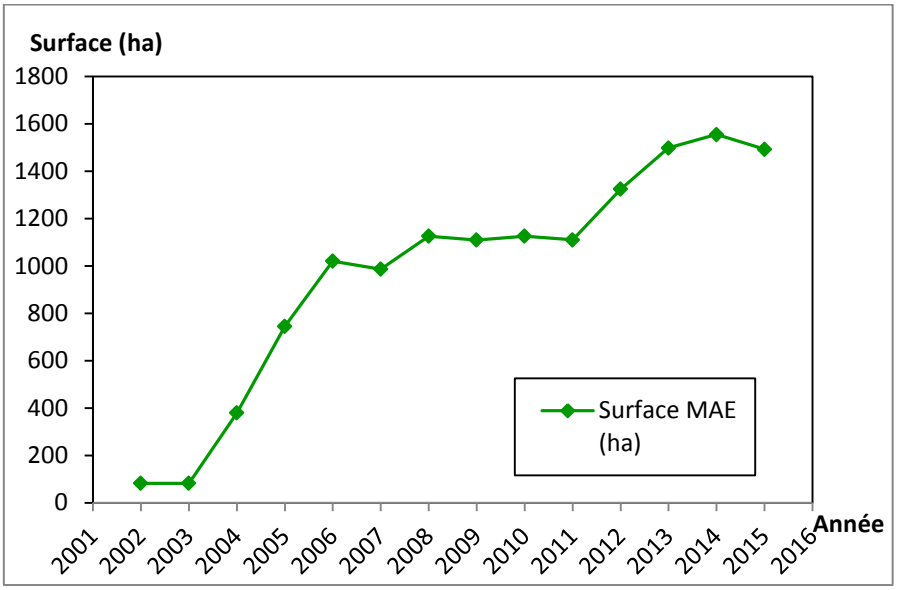


Figure 12 : Évolution de la surface engagée en Mesures Agro-Environnementales sur la zone d'étude entre 2001 et 2015 (source : LPO Vienne).

Matériel et méthodes

1. Choix de la zone d'étude

La zone étudiée correspond à la zone d'éligibilité pour la mise en place de MAE favorables à l'Outarde canepetière en Vienne. Cette zone s'appuie sur l'entité géographique que forment les plaines du Mirebalais-Neuvillois et elle englobe dans sa totalité la ZPS (**Figure** 1). Le choix de la zone d'étude est lié au fait que l'on souhaite étudier en particulier l'effet des MAE sur la présence des espèces de plaine. De plus, c'est sur cette zone qu'est réalisée chaque année l'enquête avifaune de plaine par points d'écoute et on dispose donc de données pour la période 2012-2015. La zone « MAE » a donc plus de pertinence que la ZPS elle-même vis-à-vis de nos objectifs d'étude.

2. Méthodologie de terrain

Le protocole utilisé pour la phase de terrain a été élaboré par le Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC-CNRS, Bretagnolle *et al.*, 2014) dans le cadre du 1er programme LIFE pour la conservation de l'Outarde canepetière. Ce protocole est spécifiquement adapté au recensement des mâles chanteurs d'Outarde canepetière. Il est mis en œuvre depuis 2000 par la LPO Vienne sur notre zone d'étude, et plus généralement sur toutes les zones de présence de l'Outarde.

La collecte des données de terrain de l'année 2015 a été réalisée entre le 4 mai et le 16 juin par sept observateurs différents (stagiaires, salarié et bénévoles de la LPO Vienne). Les relevés de terrain ont été faits à l'aide de fiches de terrain dont un exemplaire est visible en **Annexe 15**.

a. Description du protocole Outarde du CNRS

Les points d'écoute sont positionnés d'après un maillage théorique de points espacés à intervalles réguliers de 750 mètres. Ils respectent au maximum ce maillage, tout en étant dans la mesure du possible situés sur des chemins accessibles et non au milieu des parcelles cultivées. La distance de 750 mètres a été retenue car elle est suffisante pour détecter la grande majorité des mâles chanteurs, dont le chant porte loin (testé par le CNRS lors de l'élaboration du protocole).

Les points d'écoute se trouvent majoritairement dans des zones cultivées ouvertes, favorables à l'Outarde. Les zones dont on sait qu'elles ne sont pas favorables à l'Outarde, telles que les zones fortement boisées et les zones urbanisées sont exclues du protocole. Dans de rares cas, un point peut être déplacé voire supprimé d'une année à l'autre en raison de l'urbanisation croissante ou de l'apparition de nouvelles infrastructures (telles que la ligne à grande vitesse reliant Bordeaux et Tours par exemple).

Chaque point est réalisé une seule fois durant la campagne de terrain qui doit avoir lieu entre le 1er mai et le 30 juin. Les points d'écoute, d'une durée de 5 minutes, sont réalisés avant 10 heures le matin ou après 17 heures le soir, uniquement par temps favorable : pas de vent ni de pluie. En effet, les mauvaises conditions météorologiques n'incitent pas les oiseaux à chanter et gênent l'écoute. Sur chaque point d'écoute, l'observateur note le nombre de mâles Outarde vus ou entendus, leur position précise, leur comportement et le type de culture où ils se trouvent. Les observations de femelles Outardes sont également renseignées.

b. Recensement des autres espèces de plaine

Depuis 2012, la LPO Vienne profite de l'enquête Outarde pour relever la présence des autres espèces d'oiseaux de plaine afin d'élargir au maximum les connaissances sur ces espèces pour lesquelles il n'existe pas d'études ou de protocoles de suivi spécifiques sur la zone. L'observateur note tous les individus vus ou entendus durant les 5 minutes, mais contrairement à l'Outarde, la position des individus observés n'est pas précisément renseignée, elle correspond à celle du point d'écoute où ils ont été observés.

c. Relevé de l'assolement et des éléments du paysage

Depuis 2012 également, la LPO Vienne reporte plus précisément les cultures en place dans un rayon de 200 mètres autour des points d'écoute : pourcentage de blé/orge, luzerne, colza, tournesol, jachère, etc. dans ce périmètre. L'observateur note également la présence de structures linéaires telles que les routes, chemins, lignes électriques, haies (en mètres linéaires), ainsi que la présence de bâti (pourcentage) ou de buissons et arbres isolés.

3. Saisie et traitement des données 2015

Les observations d'Outarde canepetière de la phase de terrain de 2015 ont été saisies directement sur la base de données en ligne Biolovision de la LPO Vienne [1] en localisant de manière précise chaque mâle chanteur. L'ensemble des données restantes a été saisi sur tableur Excel.

Les données de mâles chanteurs d'Outarde canepetière ont été analysées tout particulièrement afin de repérer les éventuels doublons, c'est-à-dire les mâles vus ou entendus depuis deux points d'écoute différents.

[1] Disponible sur http://vienne.lpo.fr/index.php

Cela a permis d'obtenir une première estimation de l'effectif de mâles chanteurs sur la zone d'étude. Les données brutes sont transmises au CNRS qui réalise cette analyse à l'échelle de toute la population d'Outarde du centre-ouest et valide le nombre de mâles chanteurs (en cours).

4. Préparation des données

Nos analyses ont été menées sur les données obtenues au cours des enquêtes de 2012 à 2015. Les données de 2012, 2013 et 2014 extraites de la base de données ont été compilées et révisées au préalable. Pour l'analyse de l'évolution des effectifs et des fréquences des espèces de plaine, seuls les points d'écoute réalisés toutes les années ont été conservés afin d'obtenir des données comparables.

Définition des MAE actives

On définit comme MAE « actives » pour une année donnée les mesures agro-environnementales qui sont en place sur l'année considérée et dont peut bénéficier l'avifaune comme milieu-ressource pour la reproduction et l'alimentation. Les engagements pris au cours d'une année donnée ont été considérés comme effectifs pour l'Outarde seulement l'année suivante. Ainsi, pour une année N, les contrats actifs sont ceux des années N-1 à N-5. Nous avons inclus dans ce calcul les mesures de compensation de la ligne à grande vitesse Tours-Bordeaux qui correspondaient à des parcelles à couvert herbacé favorable aux Outardes canepetières. Les MAE actives pour les années 2012, 2013, 2014 et 2015 ont été cartographiées à partir des données d'engagements sur la période 2007-2014 disponibles en shapefiles (source : Direction Départementale des Territoires de la Vienne).

Préparation des autres données SIG

Pour les analyses nous disposions de couches vectorielles représentant le bâti et les lisières de boisement sur l'emprise de la ZPS. Ces couches ont été passées en revue et complétées sur la zone hors ZPS. La couche lisière a été transformée en polygones pour représenter le boisement et seuls les polygones de surface supérieure à un hectare ont été conservés, le reste correspondant à de petits bosquets dont on a considéré qu'ils ont peu d'impact sur les Outardes. La variable périmètre utilisée dans le modèle Outarde est obtenue à partir de la couche vectorielle du registre parcellaire graphique de 2011 représentant les îlots de culture (source : Plateforme ouverte des données publiques françaises).

5. Méthode d'analyse des données

a. Détermination de l'influence de l'heure de prospection sur la détectabilité des espèces

Les prospections ont lieu entre le lever du soleil et 10h le matin, puis entre 17h et le coucher du soleil. En pratique cela correspond aux horaires 6h30-10h et 17h30-21h30 pour les mois de mai et juin. Or il se peut que l'activité de chant de certaines espèces ne soit pas homogène tout au long de la journée. Elles seront donc plus ou moins bien détectées par l'observateur selon l'heure de réalisation du relevé.

L'analyse de ce facteur lié au terrain a été menée sur les données 2012 à 2014 pour toutes les espèces de plaine. Les heures de prospection ont été découpées en tranches horaires de 30 minutes soit après le lever du soleil, soit avant le coucher. Par exemple, la classe [+30] rassemble tous les points d'écoute effectués entre 30 et 59 minutes **après** le lever du soleil tandis que la classe [-120] correspond aux points effectués entre 149 et 120 minutes **avant** le coucher du soleil. Les effectifs observés lors des points d'écoute ont été sommés pour chaque tranche horaire. Pour s'affranchir de l'effet « prospection », on a pris soin de diviser les effectifs observés dans chaque tranche horaire par le nombre total de points d'écoute effectués dans cette

même tranche horaire. En effet, il y a moins de points réalisés vers 6 heures ou vers 10 heures qu'en plein milieu de la matinée et de même en soirée.

Lorsque les résultats graphiques montraient une différence nette entre les effectifs détectés le matin et ceux détectés l'après-midi un test statistique de comparaison de moyenne (test non paramétrique de Wilcoxon bivarié) a été réalisé. Cette analyse a été menée pour toutes les espèces qui ont été prises en compte ensuite dans le calcul de la richesse spécifique.

b. Mise en évidence des paramètres environnementaux influençant la présence des mâles chanteurs d'Outarde canepetière

Un des principaux objectifs de l'étude est d'observer l'influence des paramètres du milieu semi-naturel influençant la répartition des mâles chanteurs d'Outarde canepetière. Pour ce faire, nous avons préparé un jeu de données de type présences / pseudo-absences. Les données d'outarde utilisées sont celles de 2014.

Données

Les présences correspondent aux places de chant des mâles chanteurs d'Outarde observées sur le terrain et validées par le CNRS **en 2014** (**101 données**).

Les pseudo-absences, c'est-à-dire les points témoins, sont obtenus par la sélection aléatoire de points sur la même zone d'étude (**300 données**). Ce ne sont pas des absences « réelles ». On estime que 300 données de pseudo-absences (trois fois plus que l'échantillon des présences) est un échantillon suffisamment représentatif du milieu réellement disponible pour les outardes sur la zone. Du fait de la sélection aléatoire, certains points témoins se trouvaient situés au milieu d'une zone de bâti ou de boisement. Dans d'autres cas, c'est la zone tampon des points qui présentait plus de 50 % de bâti et/ou boisement en termes de surface. Ces points ont été supprimés du jeu de données car ils n'étaient pas réalistes du point de vue de l'habitat naturel de l'Outarde canepetière.

Variables explicatives

Les variables du milieu retenues comme possibles variables explicatives de la répartition des mâles chanteurs concernent les MAE en place et les différents éléments naturels et anthropiques du paysage. Elles sont présentées dans le tableau suivant (**Table 1**).

Table 1: Liste des variables explicatives potentielles testées lors de la construction du modèle de distribution des mâles chanteurs d'Outarde canepetière. Toutes les variables de distance sont exprimées en mètres et toutes les variables de surface en hectares.

Code de la variable	Définition
ha_MAE	nombre d'hectares de MAE dans la zone tampon de 330 mètres de rayon (MAE actives pour l'année de reproduction 2014)
ha_bati	nombre d'hectares de bâti dans la zone tampon
ha_bois	nombre d'hectares de boisement dans la zone tampon (boisement > 1ha)
dist_bati	distance au bâti le plus proche
dist_bois	distance au boisement le plus proche (boisement > 1 ha)
dist_route	distance à la route la plus proche
dist_chemin	distance au chemin le plus proche
voisin_proche	distance au mâle chanteur voisin le plus proche (point Outarde à voisin Outarde et point témoin à voisin Outarde)
perim	linéaire total de bordures dans la zone tampon

Des **zones tampons d'un rayon de 330 mètres** ont été réalisées autour des places de chant d'Outarde et autour des points témoins. Le choix du rayon des zones tampons repose sur l'analyse du territoire d'un mâle d'Outarde. Du fait de l'organisation en leks éclatés des mâles reproducteurs, il peut s'avérer assez difficile d'estimer cette donnée. Néanmoins, Jiguet *et al.* (2000) obtiennent un territoire de 18,7 +/- 16,2 hectares basé sur un échantillon de 51 mâles dits « cantonnés » vus au moins dix fois durant le temps de leur étude. La borne supérieure de l'intervalle de confiance (34,9 ha) correspond à un territoire circulaire hypothétique de 333 mètres de rayon, d'où la valeur retenue pour notre étude de 330 mètres.

Etudes préalables des données

Avant de construire le modèle linéaire généralisé, nous avons réalisé une Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les différentes variables et les individus ainsi qu'une matrice des corrélations des variables afin d'observer les caractéristiques du jeu de données.

L'ACP a été faite à partir des données centrées réduites afin d'accorder la même importance à toutes les variables. Elle permet de visualiser rapidement le profil des individus en termes de ressemblances et le comportement des variables explicatives en termes de corrélations entre elles.

La corrélation entre les différentes variables a été testée en construisant la matrice des coefficients r de Spearman, afin de quantifier plus précisément les corrélations entre les différentes variables explicatives, notamment pour les variables où on visualise une corrélation graphique sur les résultats de l'ACP. Nous avons pris en compte les corrélations dont le coefficient r était supérieur à 0,5 soit un r^2 de 0,25.

Construction du modèle

Afin d'affiner notre étude, nous avons réalisé une régression logistique sur le jeu de données des présences/pseudo-absences d'Outardes et sur les caractéristiques de l'environnement autour de ces points de présence/pseudo-absence. C'est un modèle de type binomial qui modélise la probabilité de présence de l'Outarde p telle que :

$$y = \text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \ldots$$

avec [p] la probabilité de présence du mâle chanteur, [a] la constante, [x_1, x_2, x_3, …] les variables explicatives, [b, c, d, ...] les coefficients des variables explicatives.

La construction du modèle s'est faite par la méthode ascendante. Chacune des variables est d'abord testée seule et la variable dont l'effet sur la qualité du modèle est le plus fort, c'est-à-dire le modèle présente l'AIC la plus faible, est conservée. Chacune des variables restantes est testée ensuite dans le modèle construit avec la première variable. Le modèle à deux variables possédant l'AIC la plus faible est conservé, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de variable dont l'effet permette d'abaisser significativement l'AIC du modèle, ou bien si plus aucune variable ne présente un effet significatif sur l'Outarde pour un risque d'erreur de 5 %. Lorsqu'une variable était sélectionnée dans le modèle, on a pris soin de retirer des variables restantes les variables qui lui étaient corrélées afin de ne pas introduire dans le modèle deux variables trop corrélées.

Les interactions d'ordre 2 qui pouvaient avoir un sens biologiquement ont été testées. Les interactions d'ordre supérieur à 2 n'ont pas été testées car trop nombreuses et difficiles à interpréter. Le modèle présentant la meilleure AIC tout en respectant les principes de logique biologique et de parcimonie a été conservé.

Courbes de réponse

Les courbes de réponse à chacune des variables ont été tracées pour mieux visualiser l'évolution de la probabilité de présence de l'Outarde en fonction des valeurs prises par les variables explicatives.

L'équation utilisée pour le calcul est la suivante :

$$\text{Prob.presence (Outarde)} = p = \frac{e^{ai+bix1+cix2+dix3+\ \ldots}}{1+e^{ai+bix1+cix2+dix3+\ \ldots}}$$

C'est la réciproque de la fonction de lien logit utilisée pour construire le modèle.

Pour tracer la courbe de réponse à une variable x_i donnée, on fait varier cette variable sur 100 pas égaux entre sa valeur minimale et sa valeur maximale. Les autres variables sont fixées à leur valeur moyenne.

c. Mise en évidence des paramètres environnementaux influençant la présence de l'Alouette des champs et du Bruant proyer

De même que pour l'Outarde, nous avons cherché à observer l'influence des paramètres du milieu sur la présence de l'Alouette des champs et du Bruant proyer car ce sont les deux espèces du cortège avifaune de plaine les plus communes. La méthode est similaire : construction d'un modèle linéaire généralisé à partir du logiciel R. Les données utilisées sont celles de **2013 à 2015** (environ 3000 points).

Variables explicatives

Les variables explicatives considérées sont celles de l'assolement (pourcentage de colza, pourcentage de blé/orge etc.) et des éléments du paysage (linéaire de haies ou de route, pourcentage de bâti, etc.). Ces données sont issues des relevés de terrain effectués chaque année dans un rayon de 200 mètres autour de chaque point d'écoute. Nous avons complété les données de terrain par le calcul à partir des données SIG du pourcentage de MAE présentes dans un rayon de 200 mètres autour des points d'écoute ainsi que par la « richesse culturale » c'est-à-dire le nombre de cultures différentes observées autour du point d'écoute. La richesse culturale est un indicateur d'hétérogénéité du paysage, de son aspect plus ou moins « en mosaïque ».

Covariables

Les données de vent, année et observateur ont été considérées comme des covariables du modèle. Nous avons également pris en compte la différence entre un relevé fait le matin ou bien l'après-midi ainsi que le délai en minutes entre l'heure de relevé et l'heure de lever du soleil, qui transcrit une information similaire mais de manière quantitative et continue.

Le tableau des variables et covariables testées dans le modèle est présenté en **Annexe 16**.

Au vu du nombre de variables considérées dans le modèle, nous avons fait le choix de ne pas travailler avec les éventuelles interactions, qui par ailleurs sont assez peu évidentes. Pour chaque variable quantitative a été testé le terme simple ainsi que le polynôme de degré 2 en fonction de nos hypothèses de travail.

Les données qualitatives nécessitent de faire le choix d'un facteur de référence. Le modèle calcule ensuite le coefficient « écart à la référence » pour tous les autres facteurs de la variable qualitative considérée. Nous avons choisi comme « référence observateur » un stagiaire de la LPO Vienne qui a parcouru un grand nombre de communes de la zone. Le but est de minimiser l'effet « commune » éventuel qui serait de visualiser de meilleurs effectifs liés à la richesse d'une commune en particulier plutôt qu'à la qualité de l'observateur. La référence de la variable vent est 0, celle de la variable « matin ou après-midi » est l'après-midi. Enfin, la référence de la variable « arbre isolé/buisson isolé/alignement d'arbres » est l'absence.

De même que pour l'Outarde canepetière, nous avons pris en considération les corrélations possibles entre les variables d'après les coefficients r de Spearman, en évitant d'introduire dans le modèle deux variables trop corrélées.

Construction du modèle

La variable à expliquer est l'effectif d'Alouette des champs ou de Bruant proyer, dont les distributions sont présentées en **Annexe 4**. Cette variable suit une loi de Poisson, comme c'est le cas pour les dénombrements en général. Les données utilisées sont centrées et réduites car les variables d'entrée sont dans des unités très différentes.

La fonction de lien utilisée est le logarithme népérien de sorte que l'équation de sortie du modèle est de type :

$$\ln(y) = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 \ldots$$

avec [y] l'effectif de l'espèce considérée, [a] la constante du modèle, [X_1, X_2, X_3, ...] les variables explicatives et [a, b, c, d, ...] les coefficients des variables.

NB. Les variables peuvent être sous la forme X_i^2.

Ici encore, la méthode ascendante a été utilisée, en conservant à chaque fois la variable qui abaissait le plus l'AIC.

Courbes de réponses

Les courbes de réponse ont été tracées de la même manière que pour le modèle « Outarde » à partir de la fonction réciproque du logarithme népérien.

$$\text{Effectif (espèce)} = y = e^{a+bX1 + cX2 + dX3\ldots}$$

Pour l'interprétation des données, les abscisses des courbes de réponse sont retranscrites dans les unités de départ, c'est-à-dire en donnée non centrée réduite.

d. Cas de la richesse spécifique en avifaune de plaine

Le même type d'analyse a été réalisé en considérant comme variable à expliquer non plus une espèce en particulier mais la richesse spécifique en avifaune de plaine. La richesse spécifique d'un point d'écoute est définie comme le nombre d'espèces de plaine différentes observé sur ce point lors de l'enquête. Les espèces considérées dans le « pool espèces de plaine » sont celles dont les fréquences de présence sur la zone d'étude sont présentées en **Figure 14** et **Figure 15**.

Pour la méthodologie employée, se référer à la section précédente (cf. **Matériel et Méthodes, 5. c.**) car la variable à expliquer suit également une loi de Poisson et nous avons inséré dans le modèle les mêmes variables explicatives potentielles. La méthodologie est donc similaire.

Résultats

1. Résultats généraux du protocole de suivi sur la zone d'étude

a. Assolement moyen sur la zone d'étude

L'assolement moyen observé autour des points d'écoute lors de l'enquête de terrain 2015 est présenté en **Figure 13**. Le blé et l'orge sont les cultures dominantes avec 48 % de la surface observée. Les jachères, luzernes et prairies forment 11,5 % de l'assolement dont environ 3 % sont placés en contrat MAE. Les boisements représentent 3,5 % et le bâti 3,8 % de la surface des zones tampons échantillonnées. On rappelle que les points d'écoute ne sont jamais situés au cœur des zones boisées et urbanisées mais peuvent se trouver en bordure. En 2015, la surface échantillonnée avec les zones tampons de 200 mètres correspond à environ 21 % de la surface totale de la zone d'étude, soit 931 points d'écoute. Nous avons constaté par ailleurs que l'assolement n'a pas sensiblement évolué au cours de la période 2012-2015.

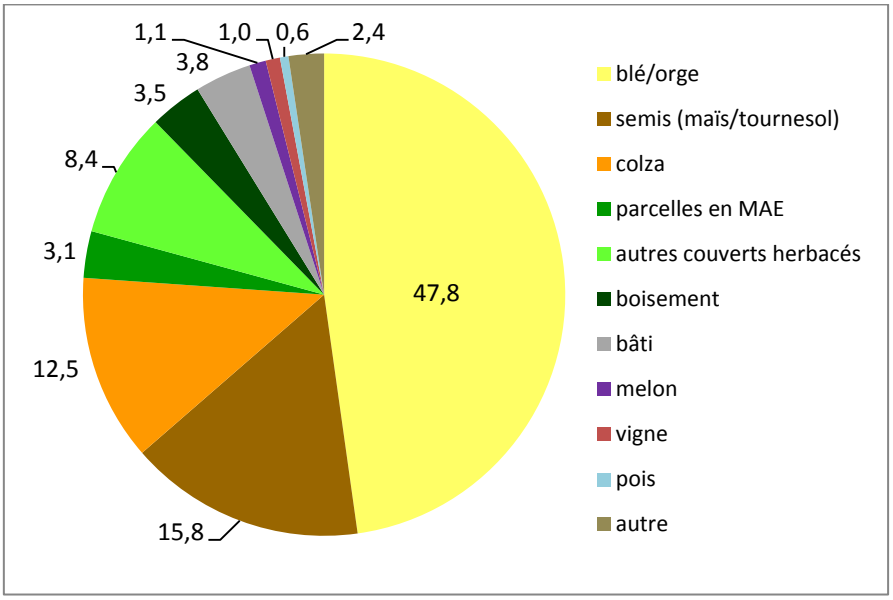


Figure 13 : Détail de l'occupation du sol sur la zone d'étude (en pourcentage de la surface échantillonnée).

b. Fréquence de détection des espèces étudiées

Les figures ci-dessous montrent les fréquences de détection des espèces de plaine rapportées au nombre de points d'écoute (**Figure 14** et **Figure 15**). On traite ici des espèces de plaine autres que l'Outarde canepetière, pour laquelle l'évolution des effectifs a déjà été étudiée par la LPO Vienne (voir **Contexte 4. a.**). L'évolution des effectifs des espèces, relativement similaire à celle des fréquences, est visible en **Annexe 5**.

Pour des raisons d'échelle, les espèces sont présentées sur deux graphiques différents : les espèces les plus communément rencontrées sur la zone d'étude (**Figure 14**) et les espèces moins communes (**Figure 15**).

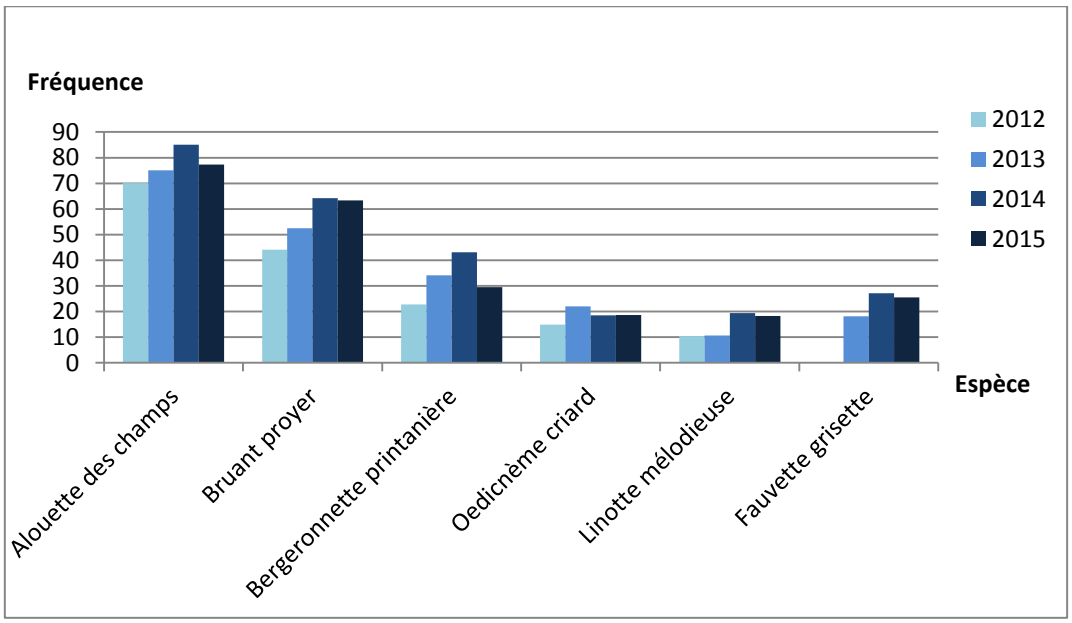


Figure 14 : Fréquence de détection des espèces d'oiseaux de plaine les plus courantes sur la zone d'étude (données des enquêtes de terrain 2012* à 2015). *Note au lecteur : pour certaines espèces les données de 2012 ne sont pas représentées car toutes les espèces n'ont pas été notées de manière systématique durant la première année d'application du protocole Outarde aux autres espèces.

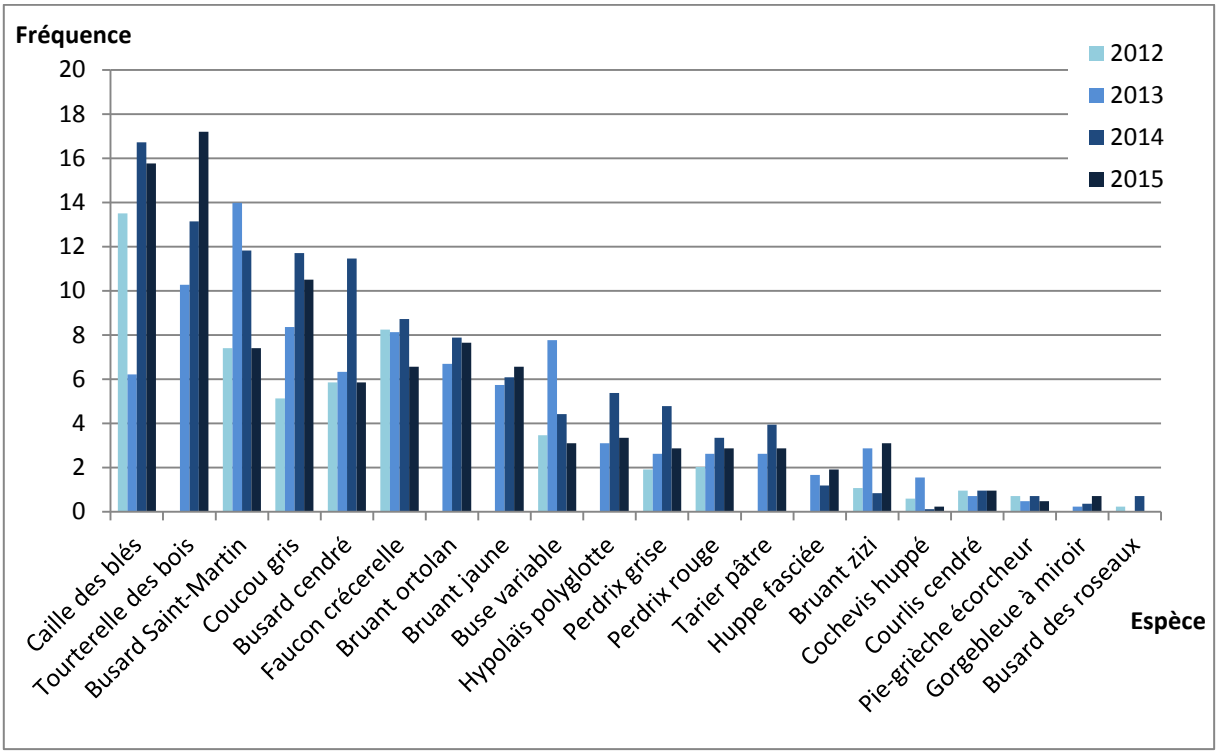


Figure 15 : Fréquence de détection des espèces d'oiseaux de plaine les moins fréquentes sur la zone d'étude (données des enquêtes de terrain 2012* à 2015). * Note au lecteur : pour certaines espèces les données de 2012 ne sont pas représentées car toutes les espèces n'ont pas été notées de manière systématique durant la première année d'application du protocole Outarde aux autres espèces.

Les deux espèces les plus représentées sur nos points d'écoute sont l'Alouette des champs avec une fréquence allant de 70 à plus de 80 % des points d'écoute, soit 1 500 à 2 000 individus observés selon les années, et le Bruant proyer, présent sur 40 à 60 % des points d'écoute, soit 500 à 800 individus observés.

Viennent ensuite la Bergeronnette printanière, la Linotte mélodieuse, l'Œdicnème criard et la Fauvette grisette avec des fréquences de l'ordre de 20 %. Enfin, les autres espèces sont moins courantes, voire rarement observées comme c'est le cas pour le Busard des roseaux, la Gorgebleue à miroir, la Huppe fasciée ou encore la Pie-grièche écorcheur avec moins de 5 % des points d'écoute.

Entre 2013 et 2015, le nombre moyen d'Alouette par point d'écoute est de 1,9 et le nombre moyen de Bruant proyer par point est de 0,9. La richesse spécifique moyenne par point est de 3,3.

c. Évolution des effectifs d'Outarde canepetière comparée aux surfaces de MAE sur la période 2000 à 2015

La **Figure 16** présente l'évolution du nombre de mâles chanteurs d'Outarde canepetière en parallèle avec l'évolution de la surface engagée en MAE sur la zone d'étude. Jusqu'en 2004 le nombre de mâles chanteurs était en diminution rapide. L'instauration du dispositif des MAE a permis d'enrayer ce déclin et d'amorcer une légère remontée des effectifs jusqu'en 2009. La brusque diminution du nombre de mâles entre 2009 et 2010 pourrait s'expliquer par la suppression de l'obligation de gel de la PAC en 2008 qui a entraîné une diminution progressive de la surface en couverts herbacés et donc une perte d'habitat disponible pour les outardes. Ensuite, la contractualisation croissante de MAE a permis de compenser cette perte d'habitat et d'amorcer une nouvelle augmentation du nombre de mâles chanteurs.

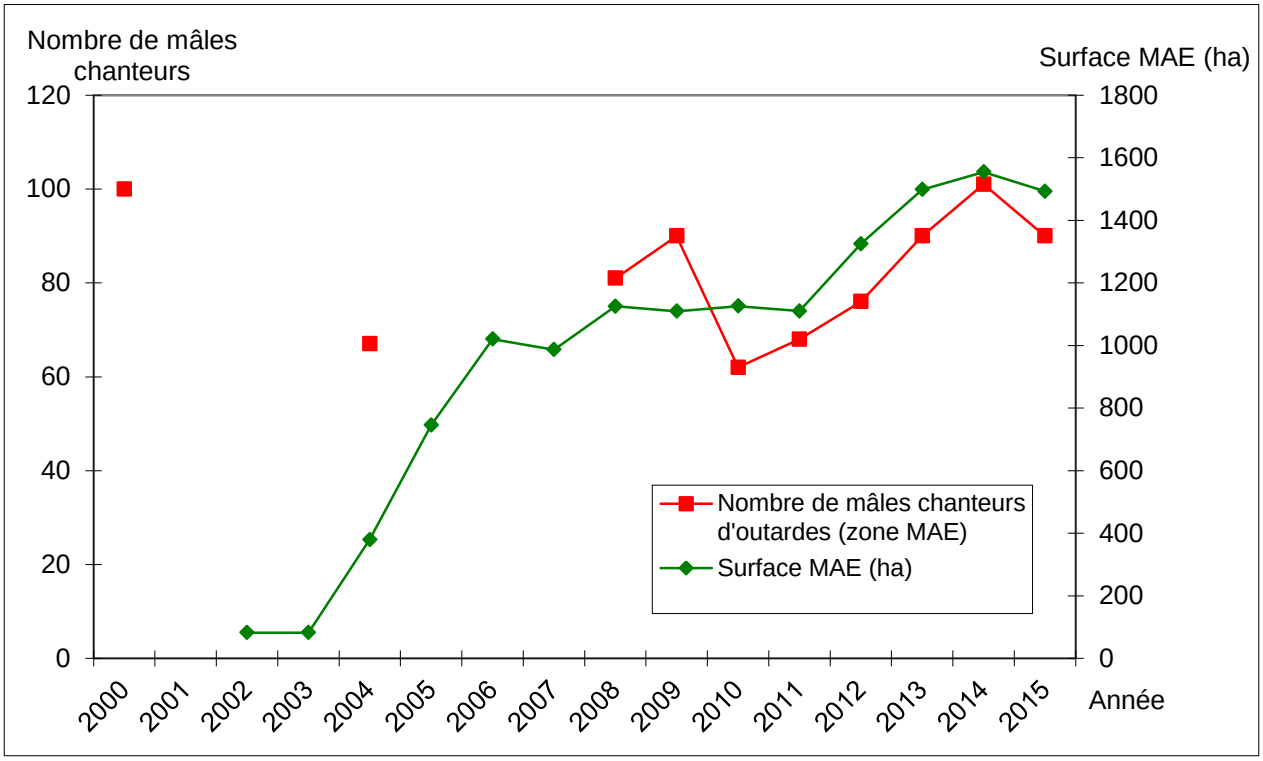


Figure 16 : Evolution comparée des effectifs de mâles chanteurs d'Outarde canepetière et de la surface totale des MAE sur la zone d'étude entre 2000 et 2015.

2. Influence de l'heure de prospection sur la détectabilité des espèces

Nous présentons ci-après la répartition des effectifs détectés en fonction de l'heure de prospection pour les trois espèces étudiées (**Figure 17**, **Figure 18** et **Figure 19**) Des résultats similaires pour d'autres espèces de plaine sont présentés en **Annexe 6**.

Les tranches horaires pour lesquelles les effectifs réels observés sont inférieurs à 30 sont à observer avec précaution (en orange sur les figures). Les tranches horaires pour lesquelles les effectifs sont très supérieurs à 30 sont considérés fiables (en vert sur les figures).

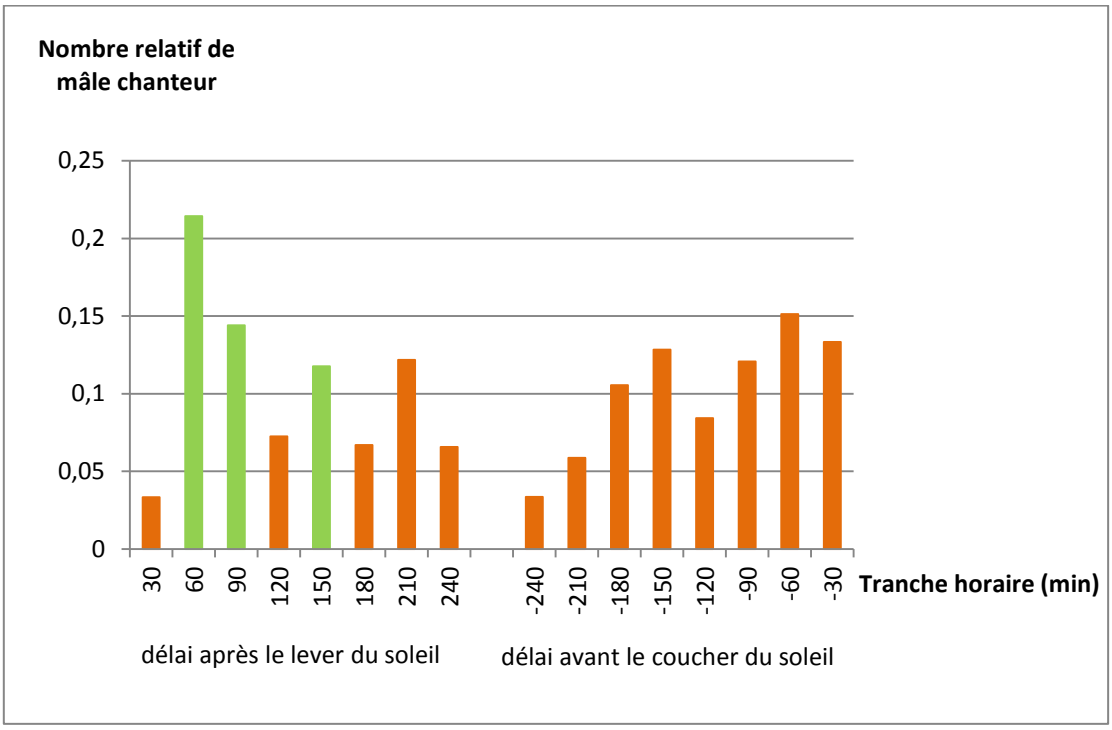


Figure 17 : Effectifs relatifs de mâles chanteurs d'Outarde canepetière détectés en fonction de l'heure de prospection "solaire" (Nombre de données : 101). Les tranches horaires correspondent à des délais en minutes par rapport au lever ou au coucher du soleil. Les effectifs ont été rapportés au nombre de points d'écoute effectués dans la tranche horaire correspondante.

La figure ci-dessus (**Figure 17**) présente les effectifs relatifs obtenus pour l'Outarde canepetière, c'est-à-dire le nombre de mâles chanteurs observés pendant chaque tranche horaire rapporté au nombre total de points de la tranche horaire correspondante. Les effectifs sont très fluctuants sur la matinée et il est difficile de distinguer une réelle tendance. Le test non paramétrique de Wilcoxon montre des résultats significatifs qui sont à prendre avec précaution car l'échantillon présente peu de données (N = 101 ; W = 22 ; p-value = 0,317).

L'Alouette des champs (N = 5212 ; V = 552992,5 ; p-value < 2.2e-16 ; **Figure 18**) et le Bruant proyer (N = 1907 ; V = 779790,5 ; p-value = 2,351e-10 ; **Figure 19**), ainsi que plusieurs autres espèces de plaine telles que la Fauvette grisette, la Bergeronnette printanière etc. (**Annexe 6**) sont moins bien détectées durant l'après-midi en comparaison de la matinée.

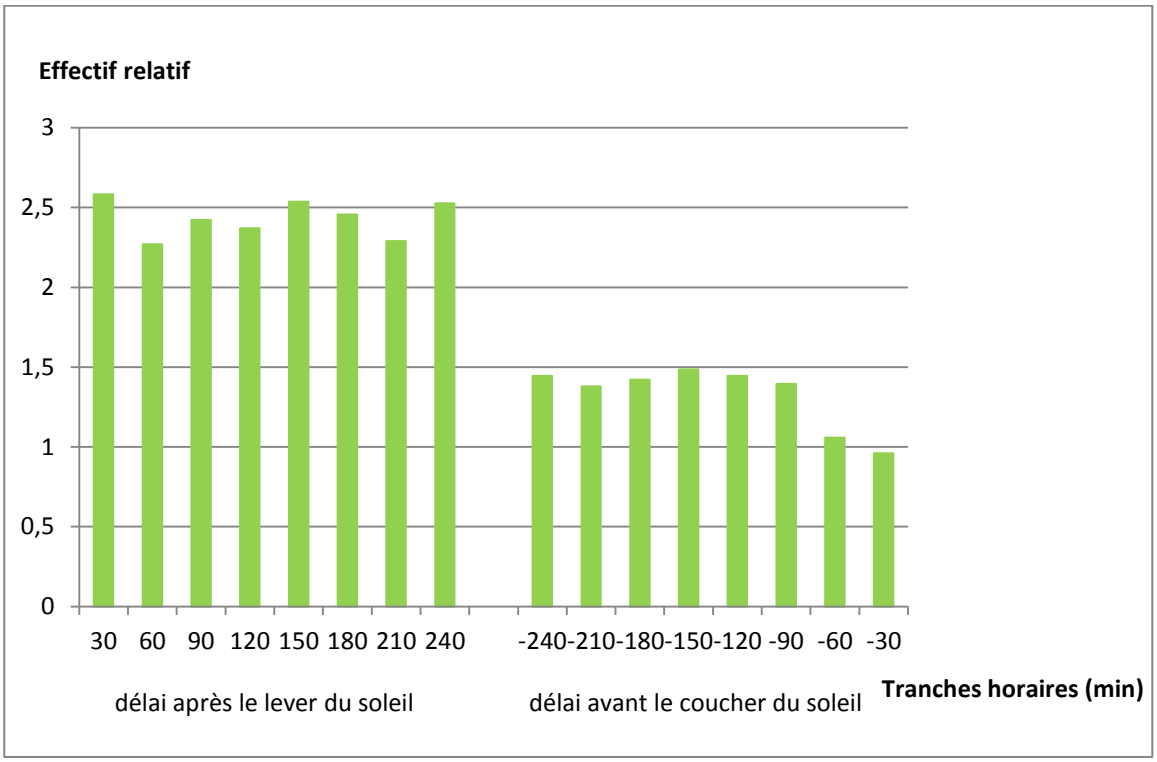


Figure 18 : Effectifs relatifs d'Alouette des champs détectés sur le terrain en fonction de l'heure de prospection "solaire" (Nombre de données 5212). Les tranches horaires correspondent à des délais en minutes par rapport au lever ou au coucher du soleil. Les effectifs ont été rapportés au nombre de points d'écoute effectués dans la tranche horaire correspondante.

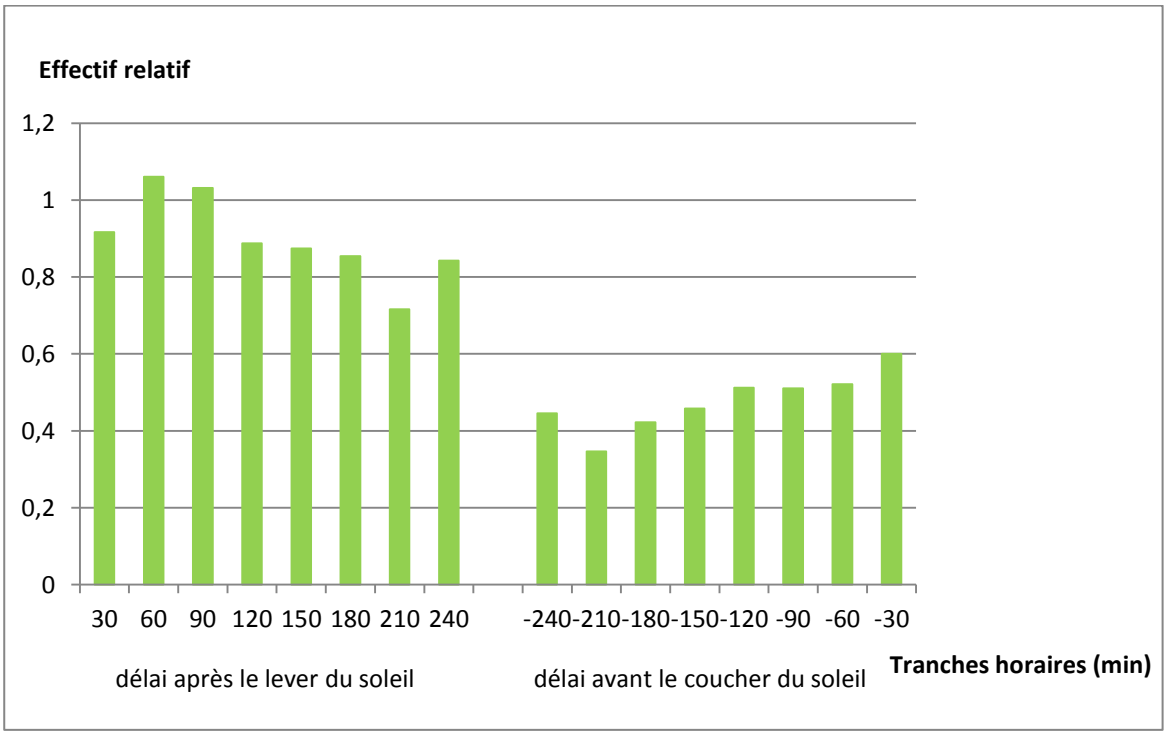


Figure 19 : Effectifs relatifs de Bruant proyer détectés sur le terrain en fonction de l'heure de prospection "solaire" (Nombre de données : 1907).

3. Analyses préalables à la construction du modèle « Outarde »

On présente ici les résultats de l'analyse en composantes principales réalisée sur le jeu de données Outardes/témoins et les variables explicatives étudiées (**Figure 20** et **Figure 21**). L'axe 1 explique 21 % de la variabilité des points et l'axe 2 explique 16 %, enfin, l'axe 3 explique 14 %, soit 50 % au total.

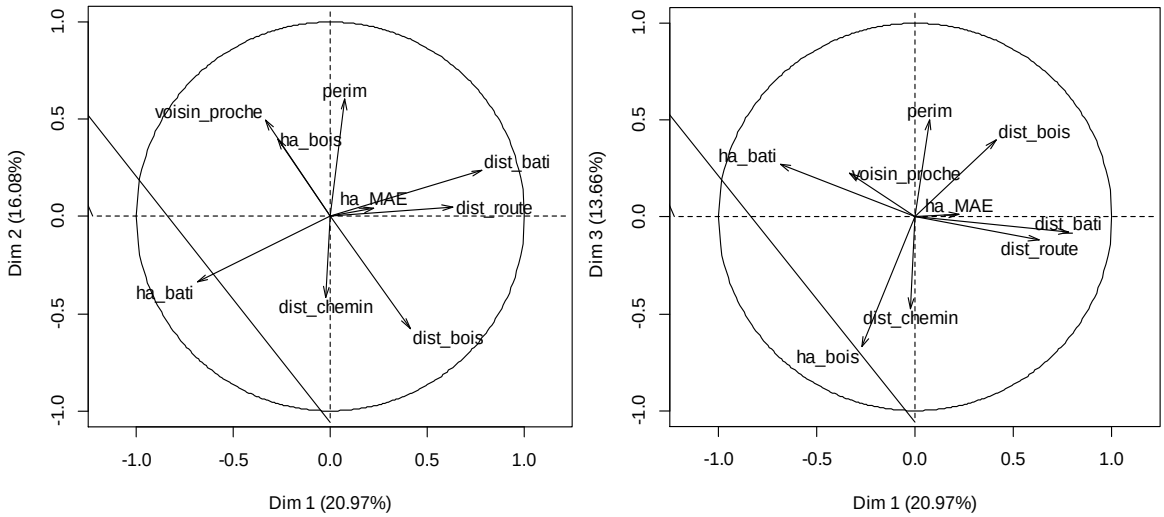


Figure 20 : Résultats de l'analyse en composantes principales effectuée sur les données d'Outarde canepetière : projection des variables (à gauche : axes de dimensions 1 et 2, à droite : axes de dimensions 1 et 3).

Les variables « hectares de bâti » et « distance au bâti » s'opposent logiquement, de même que les variables « hectares de boisement » et « distance au boisement ». En effet, plus il y a d'hectares boisés dans la zone tampon, plus la probabilité que cette zone boisée soit proche du point central représentant la position du mâle chanteur est élevée. Les coefficients de corrélation de Spearman confirment la corrélation négative élevée entre ces variables (-0,74 pour le bâti et de -0,63 pour le boisement). Il s'agira de conserver à chaque fois une seule des deux variables dans la construction du modèle. On note de plus une corrélation positive relativement forte entre la distance au bâti et la distance à la route visible selon l'axe 1 qui sera à prendre en compte également. Cette corrélation est confirmée par le coefficient de corrélation de Spearman de 0,36.

Les variables « nombre d'hectares de MAE » et « distance aux chemins » sont assez mal décrites par les différents axes.

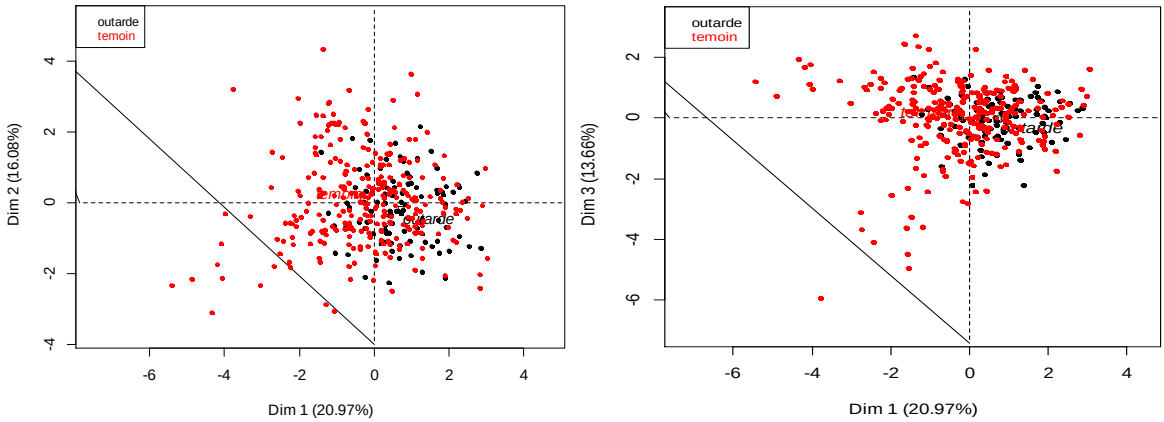


Figure 21 : Résultats de l'analyse en composantes principales effectuée sur les données d'Outarde canepetière : projection des individus (en noir : mâles chanteurs, en rouge : points témoins).

Au niveau de la distribution des individus, une distinction est visible selon l'axe 1, puisqu'on retrouve la majorité des points de présence de mâles chanteurs (en noir) à droite, soit dans le sens d'une augmentation de la distance au bâti ou à la route, dans le sens de la variable MAE également. Les points correspondant aux témoins (en rouge) ont une distribution plus étalée, ils sont plus hétérogènes que les points « Outardes ». On note la présence de certains points témoins assez excentrés dans la direction des variables « hectares de bâti » ou « hectares de boisement » contrairement aux points « Outardes ». On n'observe pas de distinction claire selon les axes 2 et 3, on s'attend donc à ce que les variables « distance au chemin le plus proche » et « périmètre total », qui sont plutôt bien décrites selon ces axes, n'aient pas forcément d'impact sur la distribution des mâles chanteurs d'Outarde.

4. Paramètres environnementaux influençant la présence des mâles chanteurs d'Outarde canepetière

Modèle final

Le modèle retenu conserve les quatre variables suivantes : le nombre d'hectares de MAE dans la zone tampon, le nombre d'hectares de bâti dans la zone tampon, la distance au boisement le plus proche et la distance avec le mâle voisin le plus proche (AIC = 367,81). Les étapes de sélection des variables sont présentées ci-dessous (**Table 2**).

Table 2 : Étapes de la construction du modèle "Outarde" par sélection ascendante sur l'AIC

Etapes de construction du modèle	AIC
modalité = f(1) (modèle nul)	443,29
modalité = f(ha_MAE)	400,05
modalité = f(ha_MAE + voisin_proche)	385,2
modalité = f(ha_MAE + voisin_proche + ha_bati)	371,13
modalité = f(ha_MAE + voisin_proche + ha_bati + dist_bois)	367,81

Comme supposé au vu de l'ACP, les variables « distance au chemin le plus proche » et « périmètre total » ne sont pas significatives. Aucune interaction d'ordre 2 n'est significative à 5 %. La variable « hectares de boisement » apportait peu de poids au modèle, contrairement à la variable « distance au boisement le plus proche ». Les deux étant corrélées, le choix a été fait de conserver cette dernière. De même la variable « hectares de bâti dans la zone tampon » a été conservée, plus performante que la variable « distance au bâti le plus proche » en termes d'amélioration du modèle. Enfin, la variable « distance à la route » n'est plus significative après l'insertion des quatre premières variables dans le modèle, possiblement à cause de sa corrélation avec la variable liée au bâti. Elle n'a pas été conservée. Le modèle final explique 357/441 soit environ 80 % de la déviance. La valeur du paramètre de dispersion est inférieure à 1 : il semble qu'il n'y ait pas de surdispersion des données.

Poids des variables

Le poids des différentes variables dans le modèle est obtenu en observant les variations d'AIC entre le modèle complet et le modèle sans la variable **(Table 3**). Dans l'ajustement de notre modèle explicatif les MAE ont le plus de poids, suivies de la distance au voisin le plus proche.

En termes d'influence des variables sur la probabilité de présence des mâles chanteurs d'Outarde, les coefficients donnés par le modèle peuvent être comparés car le modèle est construit à partir des données centrées réduites. La présence des mâles chanteurs est fortement déterminée par le nombre d'hectares de bâti

dans la zone tampon et dans un second temps par la présence de parcelles en contrat MAE. Elle apparaît également assez influencée par la présence d'autres mâles chanteurs à proximité, et dans une moindre mesure par la distance à un boisement. Les caractéristiques du modèle final sont visibles en **Annexe 7**.

Table 3 : Coefficients des variables retenues et poids des variables dans l'ajustement du modèle.

Variable	Δ(AIC)	Coefficient
ha_MAE	35,38	+0,7738
ha_bati	14,24	- 1,1232
voisin_proche	10,23	- 0,5716
dist_bois	3,32	+0,2963

Courbes de réponse

Le tracé des courbes de réponse nous permet d'être plus précis.

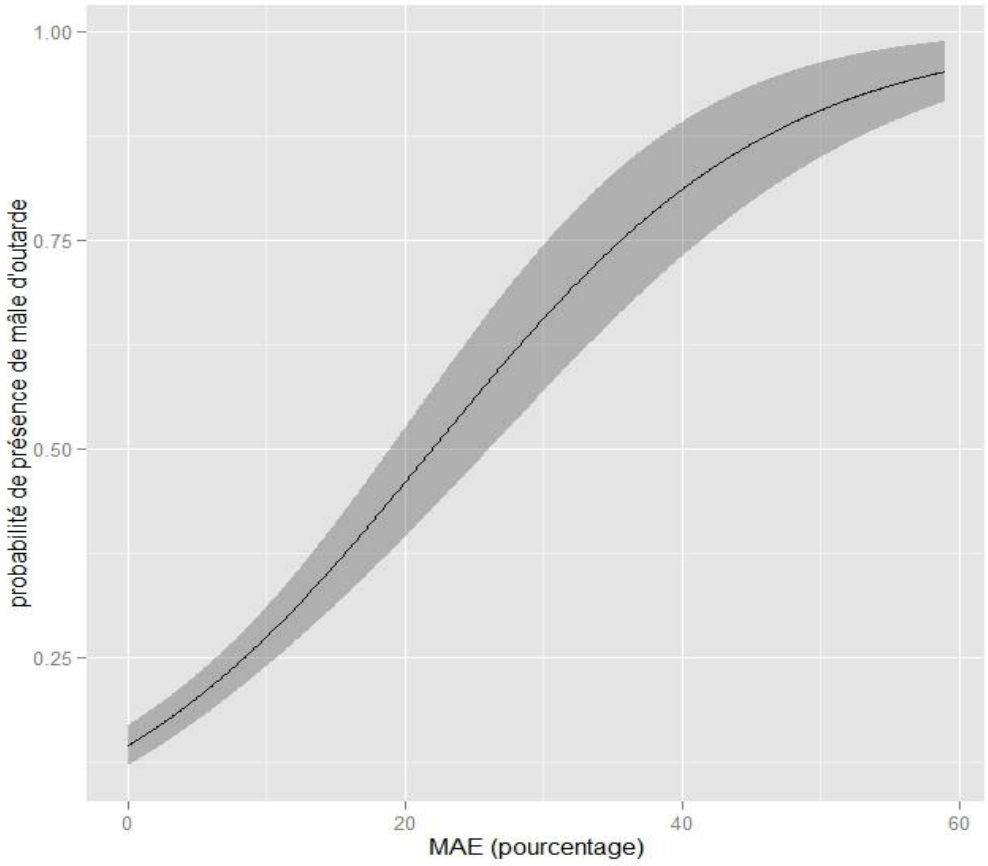


Figure 22 : Probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction du pourcentage de MAE dans la zone tampon.

La probabilité de présence de l'Outarde canepetière est positivement influencée par la présence de contrats MAE sur la zone tampon, de manière forte (**Figure 22**). La réponse prend la forme d'une sigmoïde. On passe d'une probabilité d'environ 0,15 pour une zone tampon sans MAE à 0,45 pour 20 % de MAE puis 0,65 pour 30 % de MAE, tout autre paramètre étant fixé à la moyenne par ailleurs. La probabilité d'observer une Outarde sur la zone tend vers 1 dès lors qu'on atteint potentiellement 60 % de la zone tampon engagée en MAE.

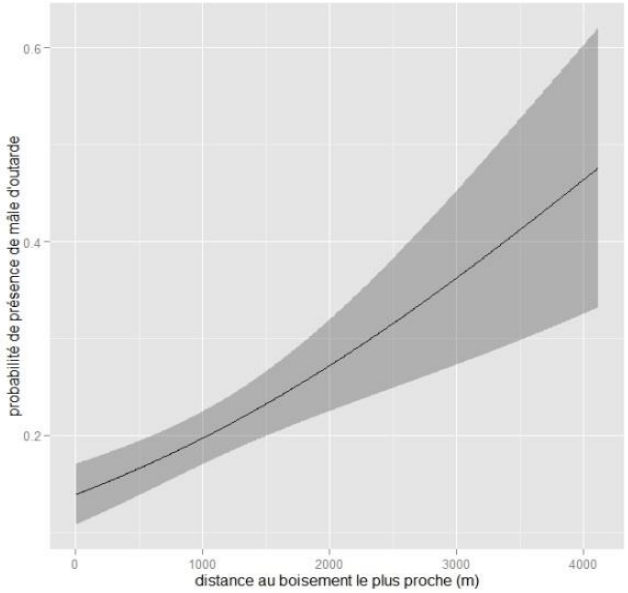


Figure 23 : Probabilités de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction de la distance au boisement le plus proche.

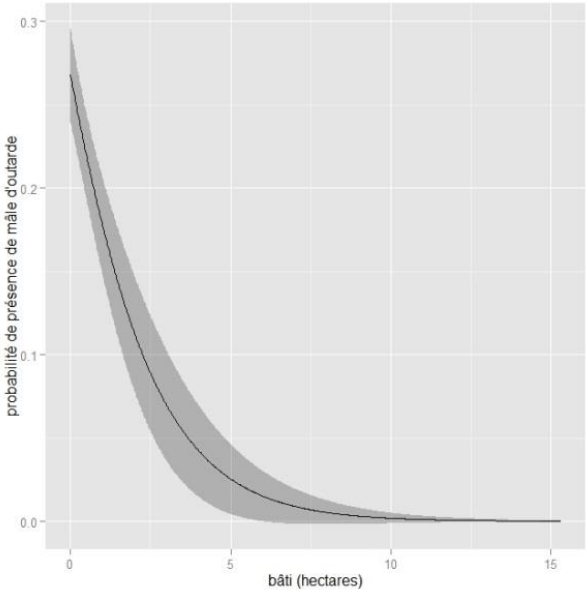


Figure 24 : Probabilités de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction du nombre d'hectares de bâti dans la zone tampon.

On observe un effet négatif des paramètres « distance au boisement le plus proche » et « hectares de bâti » sur la distribution des mâles d'Outarde (**Figure 23** et **Figure 24**). Toutefois l'effet repoussoir du boisement est moins important que l'effet du bâti pour lequel la probabilité d'observer une Outarde chute dès qu'un peu de bâti est présent dans la zone tampon. La probabilité est quasi nulle dès 5 hectares de bâti, soit 15 % de la zone tampon. La probabilité de présence de l'Outarde passe d'environ 0,15 à proximité d'un boisement à 0,3 à une distance de deux kilomètres, ce qui reste un effet très modéré.

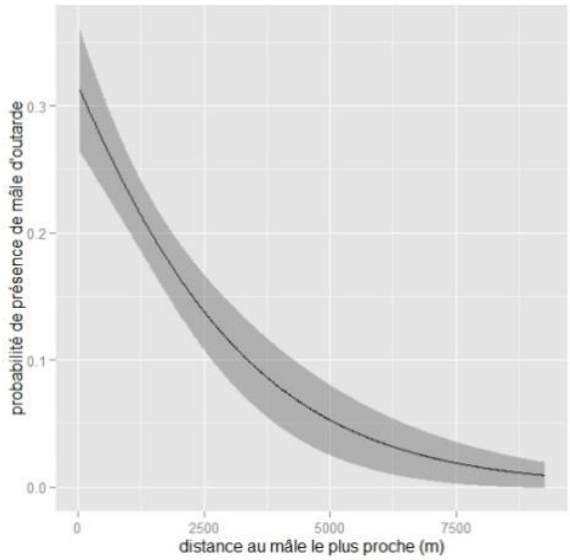


Figure 25 : Probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction de la distance au mâle chanteur voisin le plus proche

Enfin, les mâles chanteurs d'Outarde apparaissent comme positivement influencés par la présence d'autres mâles chanteurs à proximité (**Figure 25**). La probabilité d'observer un mâle diminue de moitié à une distance de 2 000 mètres d'un autre mâle.

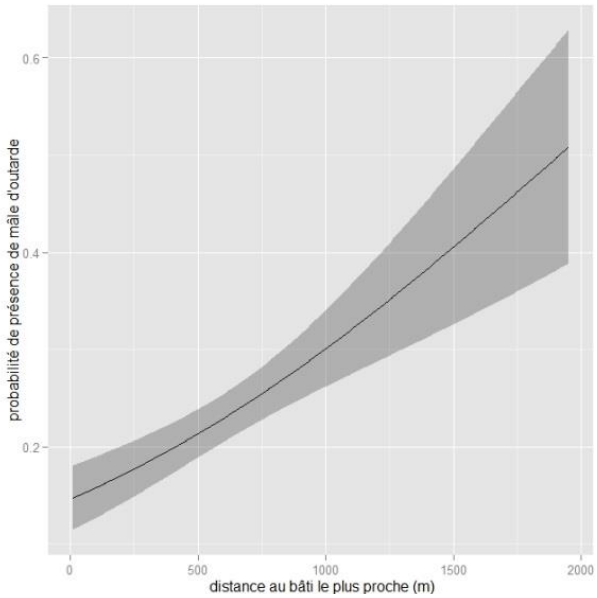


Figure 26 : Probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière en fonction de la distance au bâti le plus proche. Ce graphique a été effectué avec un modèle de probabilités de présence moins performant que le modèle sélectionné.

Remarque :

En remplaçant la variable « hectares de bâti dans la zone tampon » par la variable « distance au bâti le plus proche » on obtient un modèle un peu moins performant (AIC = 377,81) mais qui nous permet de visualiser la courbe de réponse à la distance au bâti (**Figure 26**) qui est intéressante dans une perspective de gestion des parcelles en MAE. Dans ce modèle le coefficient de dist_bati est de 0,55, il est donc plus faible que pour ha_bati. On observe que la probabilité de présence de l'Outarde passerait de 0,15 à proximité directe du bâti à 0,3 à 1 kilomètre du bâti, puis 0,5 à 2 kilomètres.

5. Paramètres environnementaux influençant les effectifs d'Alouette des champs

Modèle final

Le modèle final de la répartition des effectifs d'Alouette des champs présente dix variables explicatives dont trois pour lesquelles l'expression prend la forme d'un polynôme de degré 2 (terme simple et terme au carré). L'AIC du modèle final est de 8193,4, celle du modèle nul vaut 9 385,4. Le modèle explique 67 % de la déviance. Le paramètre de dispersion est de 0,78 donc les données ne semblent pas sur dispersées. Les variables et covariables explicatives conservées et leurs coefficients sont présentés ci-dessous (**Table 4**).

Table 4 : Coefficients et significativité des variables retenues dans le modèle explicatif des effectifs d'Alouette des champs. NB : pour plus de clarté, les résultats de la covariable « observateur » sont donnés en Annexe 8.

Variable	Coefficient	p-value	
observateur	cf. **Annexe 8**		
tps_soleil	-0.16982	< 2e-16	***
(tps_soleil)²	-0.15567	2.99e-05	***
% bois_tot	**-0.22547**	**< 2e-16**	*******
% bati	**-0.16526**	**3.75e-15**	*******
haie_total	**-0.09803**	**1.66e-09**	*******
ligne_electrique	**-0.12273**	**6.25e-06**	*******
(ligne_electrique)²	**0.03249**	**0.008780**	******
total_aibiaa[T.oui]	**-0.13400**	**1.62e-05**	*******
chemin	**0.06195**	**9.31e-05**	*******
(chemin)²	**-0.03601**	**0.004578**	******
% luzerne	**0.04785**	**5.83e-05**	*******

Courbes de réponse

La variable ayant le plus de poids dans l'ajustement du modèle est la covariable observateur (qualitative). Les coefficients (**Annexe 8, Figure 27**) nous renseignent sur les écarts moyens de comptage des effectifs d'alouettes sur le terrain par rapport à la personne prise comme référence. Ce sont donc des écarts relatifs. Ces écarts sont plus ou moins importants selon les différents observateurs. Dans le cas de l'Alouette des champs, les écarts des principaux observateurs (stagiaires) varient de + 0,2 à + 0,8. D'après les résultats du modèle, la largeur des intervalles de confiance pour les stagiaires est en moyenne plus faible que pour les autres observateurs.

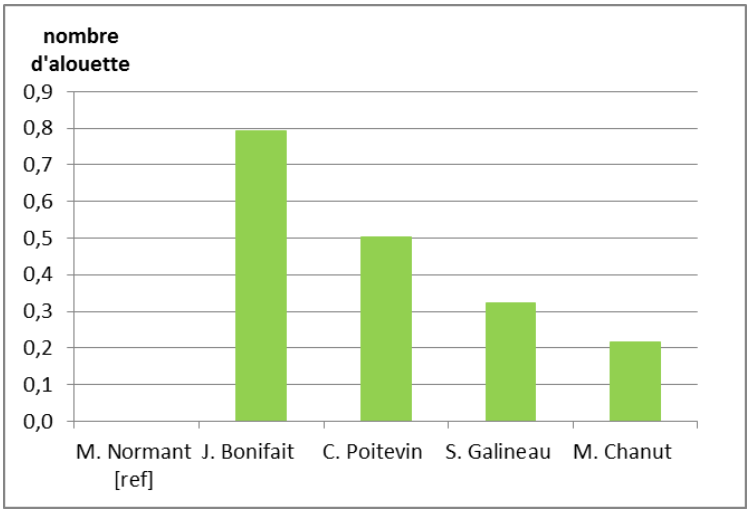


Figure 27 : Ecarts de détection de l'Alouette des champs par les observateurs par rapport à la référence (M. Normant), en nombre moyen d'individu par point d'écoute.

De plus, la covariable « temps_soleil », c'est-à-dire l'heure du relevé par rapport à l'heure solaire a également une influence, comme attendu après les études préliminaires sur la détectabilité des espèces en fonction de l'heure de prospection (voir **Résultats 2.**).

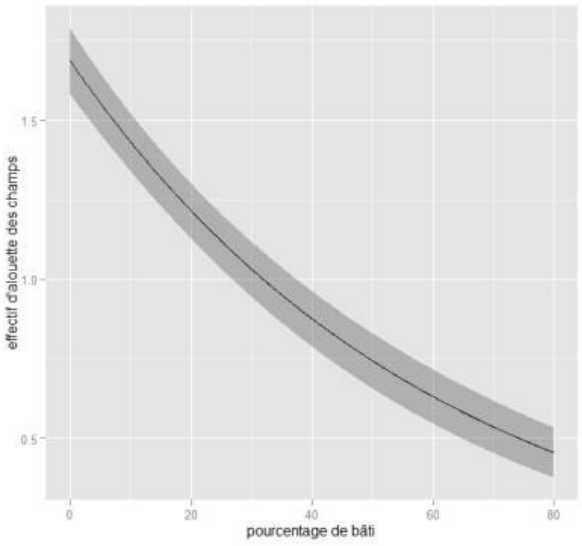


Figure 28 : Evolution des effectifs d'Alouette des champs en fonction du pourcentage de bâti dans la zone tampon.

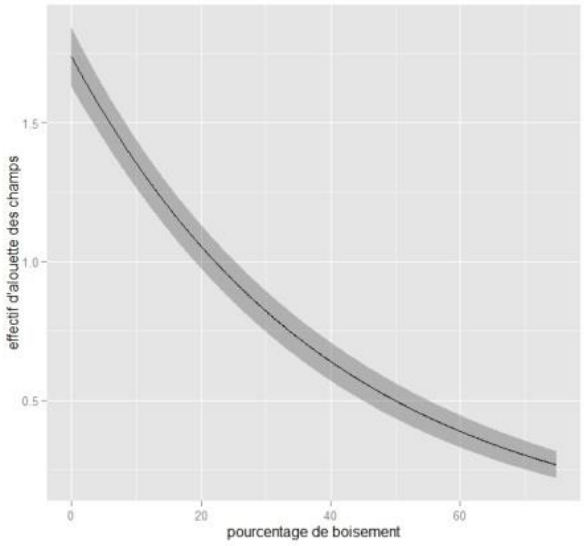


Figure 29 : Evolution des effectifs d'Alouette des champs en fonction du pourcentage de boisement dans la zone tampon.

Le pourcentage de boisement et le pourcentage de bâti dans la zone tampon ont un effet négatif sur la présence des Alouettes (**Figure 28** et **Figure 29**). Dans les deux cas, les effectifs d'Alouettes des champs passent d'environ 1,7 à environ 0,5 individu par point d'écoute sur l'intervalle [0 - 60] %. La pente de la courbe réponse au pourcentage de boisement est plus élevée que la réponse au bâti indiquant un effet plus fort à pourcentage égaux.

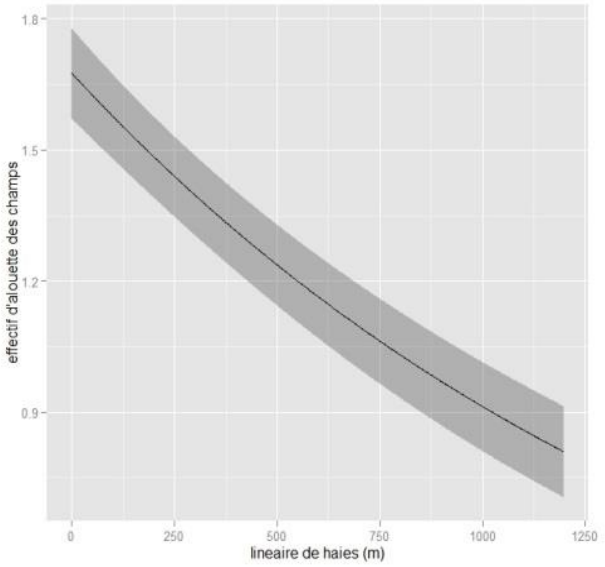


Figure 30 : Influence du linéaire de haies sur les effectifs d'Alouette des champs

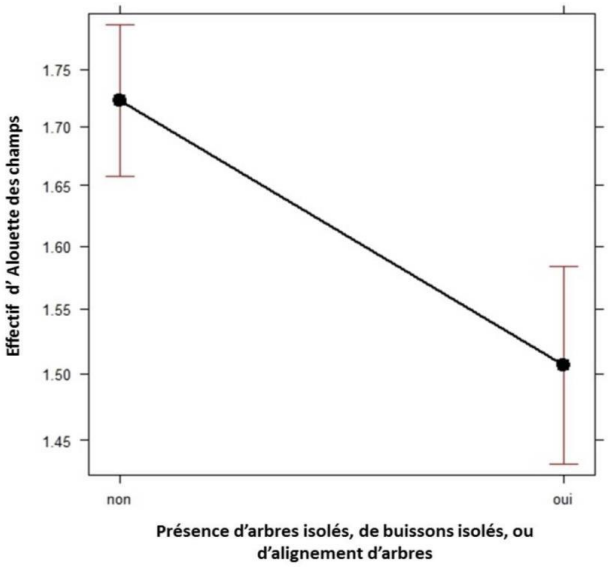
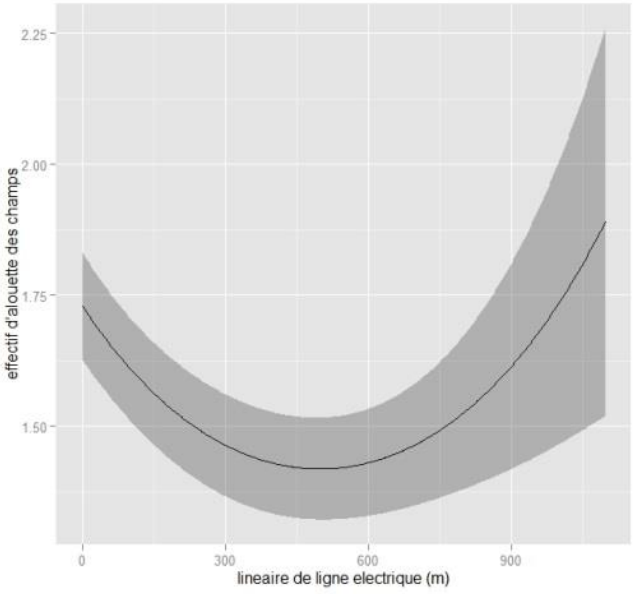


Figure 31 : Effectif d'Alouette des champs en fonction de la présence d'arbres isolés, buissons isolés ou alignement d'arbres.

Le linéaire de haie influe également de façon négative, mais dans l'ensemble son impact est moins important car peu de point d'écoute présentent plus de 800 mètres de haies. On perd presque 1 alouette en moyenne sur les points d'écoute présentant beaucoup de haies en comparaison des points où il n'y en a pas (**Figure 30**).

La variable rassemblant le nombre d'arbres isolés, de buissons isolés et le linéaire d'alignement d'arbres est qualitative sous la forme présence/absence. Le modèle indique que le facteur présence influe négativement sur la présence des Alouettes des champs d'un coefficient de -0,134, soit un effet significativement négatif sur les effectifs d'Alouette des champs (**Figure 31**).



Pour ce qui est des lignes électriques, la réponse s'exprime sous la forme d'un polynôme de degré 2. La courbe réponse correspond donc à une parabole (**Figure 32**). D'après le modèle statistique, l'effectif d'alouettes diminue dans un premier temps lorsque la longueur de ligne électrique augmente, puis repart à la hausse dans les valeurs les plus élevées. L'effet observé est relativement faible sur les effectifs.

Figure 32 : Influence du linéaire de ligne électrique sur les effectifs d'Alouette des champs.

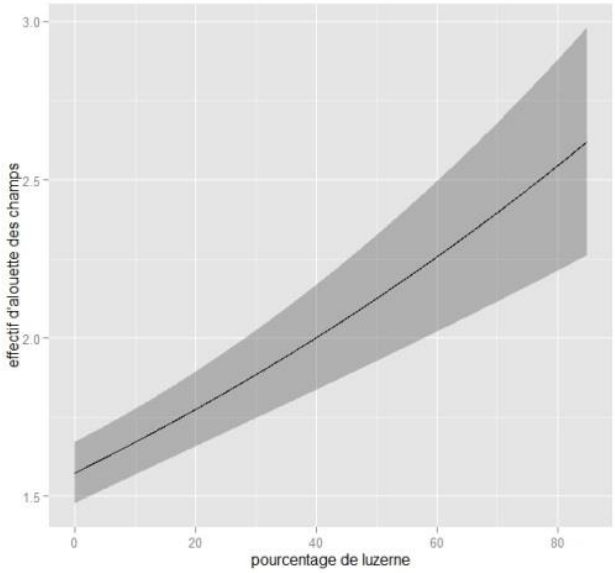


Figure 33 : Evolution des effectifs d'Alouette des champs en fonction du pourcentage de luzerne dans la zone tampon.

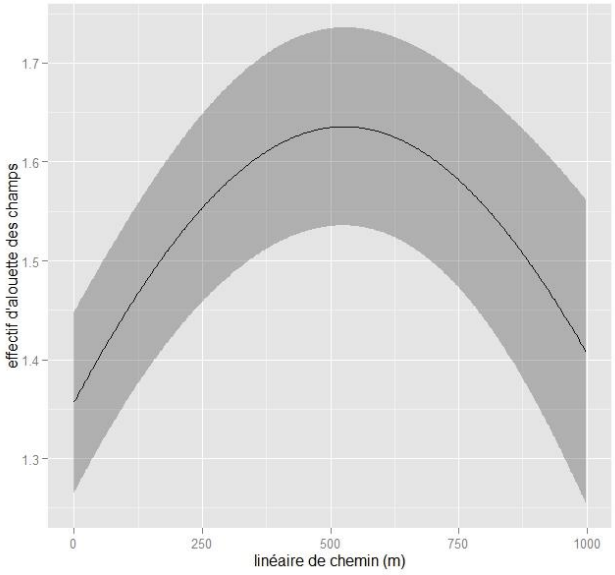


Figure 34 : Influence du linéaire de chemin sur les effectifs d'Alouette des champs.

La présence de parcelles en luzerne a un effet positif : lorsqu'on passe de 0 à 40 % de luzerne dans la zone tampon, on augmente le nombre d'alouette de 1,6 à 2, puis à 2,5 avec 80 % de luzerne (**Figure 33**).

Le linéaire de chemin présente, comme les lignes électriques, une réponse de type parabolique (**Figure 34**). Les effectifs sont plus élevés pour des valeurs intermédiaires du linéaire de chemin (environ 600 mètres soit trois départs de chemin depuis le point d'écoute). Ils diminuent lorsque le linéaire de chemin est faible ou bien trop élevé. Les effectifs moyens varient entre 1,35 et 1,65.

6. Paramètres environnementaux influençant les effectifs de Bruant proyer

Modèle final

De la même manière nous présentons ici les résultats liés au Bruant proyer (**Table 5**).

Table 5 : Coefficients et significativité des variables retenues dans le modèle explicatif des effectifs de Bruants proyers. NB : pour plus de clarté, les résultats de la covariable « observateur » sont donnés en Annexe 9.

Variable	Coefficient	p-value	
observateur	Cf. **Annexe 9**		
% semis	**-0.18579**	**3.01e-14**	***
% boisement	**-0.16689**	**6.36e-10**	***
nombre de cultures	**0.09583**	**6.44e-06**	***
vent[T.1]	-0.18438	5.50e-05	***
vent[T.2]	-0.45982	1.05e-06	***
% bâti	**-0.11076**	**6.69e-06**	***
% MAE	**0.06663**	**0.000128**	***
lignes électriques	**0.17568**	**1.41e-06**	***
(lignes électriques)²	**-0.06124**	**0.000617**	***

Le modèle final conserve huit variables dont deux covariables qualitatives (l'observateur et le vent) et une s'exprimant sous la forme d'un polynôme de degré 2. L'AIC de ce modèle est de 6 337,4 contre 6 620,8 pour le modèle nul. Le modèle explique 89 % de la déviance. Le paramètre de dispersion vaut 0,87 : il n'y a pas de surdispersion des données.

Courbes de réponse

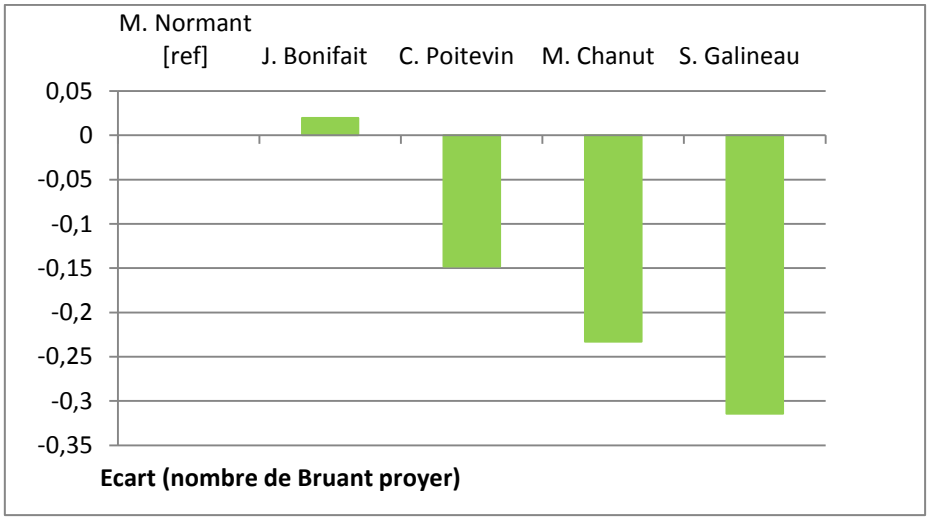


Figure 35 : Ecarts de détection du Bruant proyer par les observateurs par rapport à la référence (M. Normant), en nombre moyen d'individu par point d'écoute.

Dans le cas du Bruant proyer, les écarts à la référence des principaux observateurs varient de + 0, 02 à - 0,2 individus en moyenne par point d'écoute (**Figure 35**). On constate que la plupart des écarts des autres observateurs (non stagiaire) sont plus importants (**Annexe 9**).

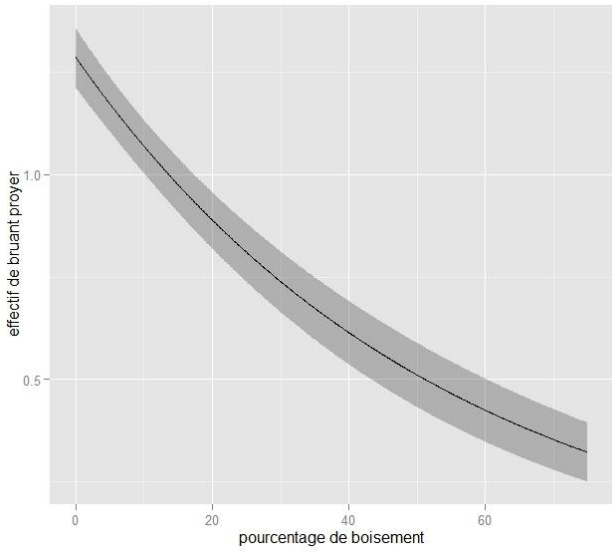


Figure 37 : Evolution des effectifs de Bruant proyer en fonction du pourcentage de boisement dans la zone tampon.

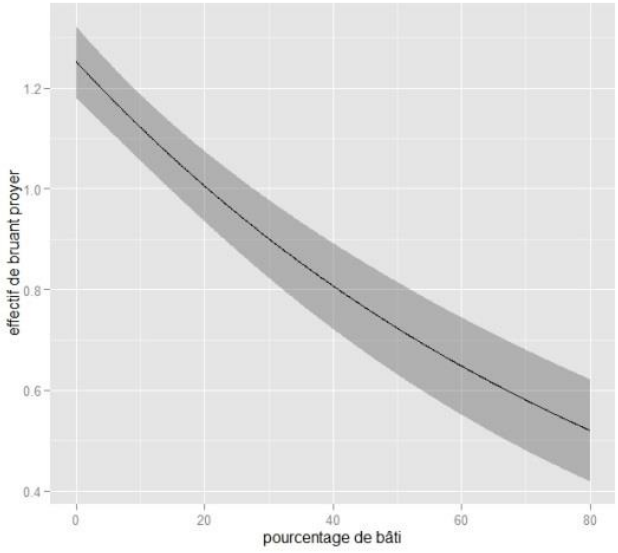
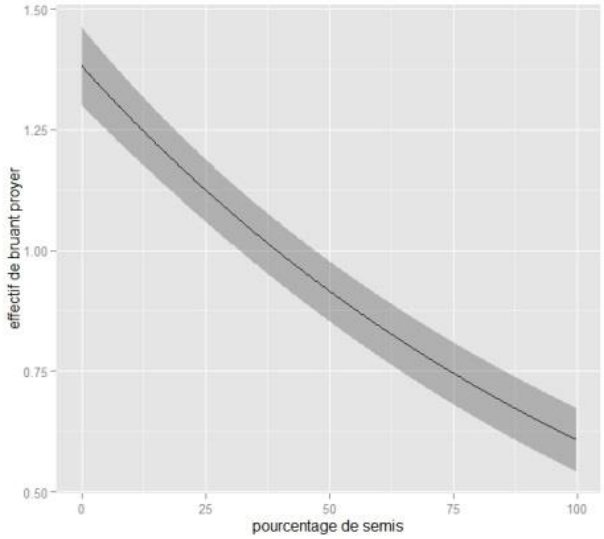
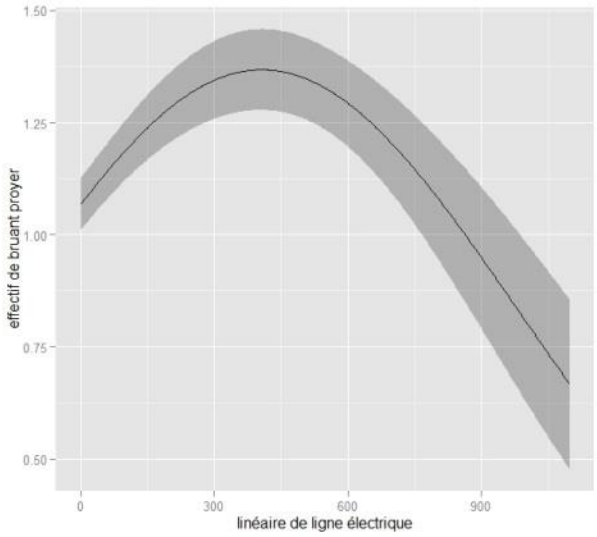


Figure 36 : Evolution des effectifs de Bruant proyer en fonction du pourcentage de bâti dans la zone tampon.



Le pourcentage de parcelles en semis (tournesol, maïs), le pourcentage de boisement et le pourcentage de bâti ont tous les trois un effet négatif sur la présence du Bruant proyer (**Figures 36, 37, 38**). L'effectif diminue de moitié avec 30 % de boisement et 40 % de semis. Il est de 1,25 en l'absence de bâti et chute à 0,5 lorsqu'on atteint 80 % de bâti.

Figure 38 : Evolution des effectifs de Bruant proyer en fonction du pourcentage de semis dans la zone tampon.



L'effet des lignes électrique est variable (**Figure 39**). En l'absence de ligne électrique l'effectif de Bruant proyer est de 1,1. Il atteint 1,3 individu par point d'écoute avec un linéaire de ligne électrique d'environ 500 mètres. Au-delà de cette valeur les effectifs diminuent jusqu'à moins de 0,75 individu par point d'écoute.

Figure 39 : Influence du linéaire de lignes électriques sur les effectifs de Bruants proyers.

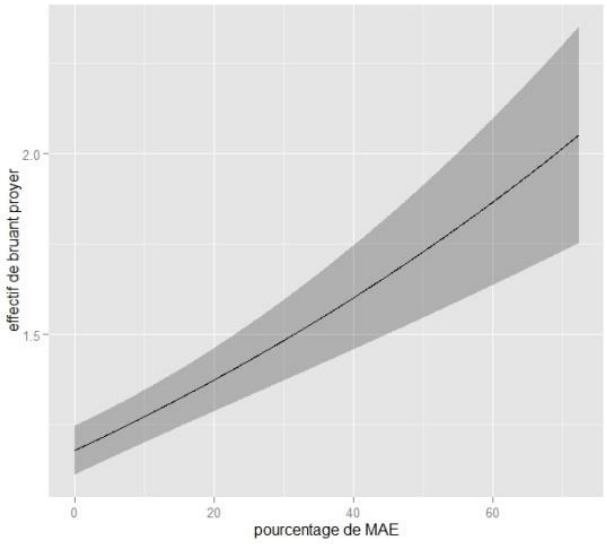


Figure 41 : Influence du pourcentage de MAE sur les effectifs de Bruants proyers.

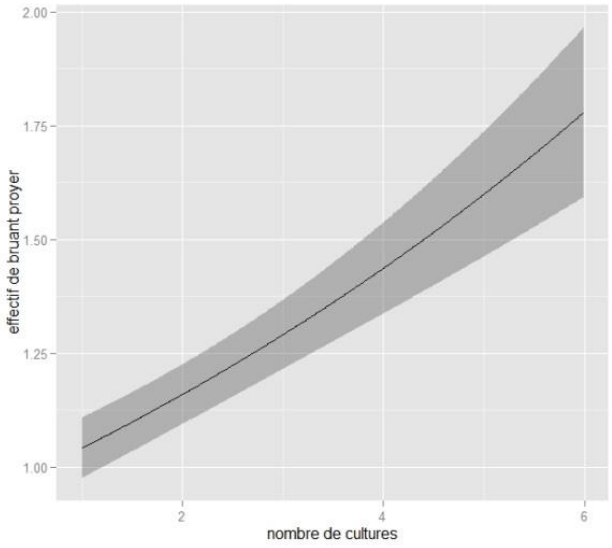


Figure 40 : Influence du nombre de cultures différentes dans la zone tampon sur les effectifs de Bruants proyers.

Les mesures agro-environnementales ont un effet positif sur le Bruant proyer. L'effectif passe de 1,2 à 2 dans l'intervalle potentiel [0-70] % de MAE (**Figure 40**). Enfin, l'effet de la variable discrète « nombre de cultures » sur les effectifs de Bruant proyer est représenté ci-dessus (**Figure 41**). On observe que plus le nombre de cultures différentes augmente, plus l'effectif en Bruant proyer augmente : on passe de 1 à presque 2 bruants en moyenne lorsque le nombre de culture passe de 1 à 6 (le maximum observé sur la zone d'étude).

7. Modèle linéaire généralisé appliqué à la richesse spécifique

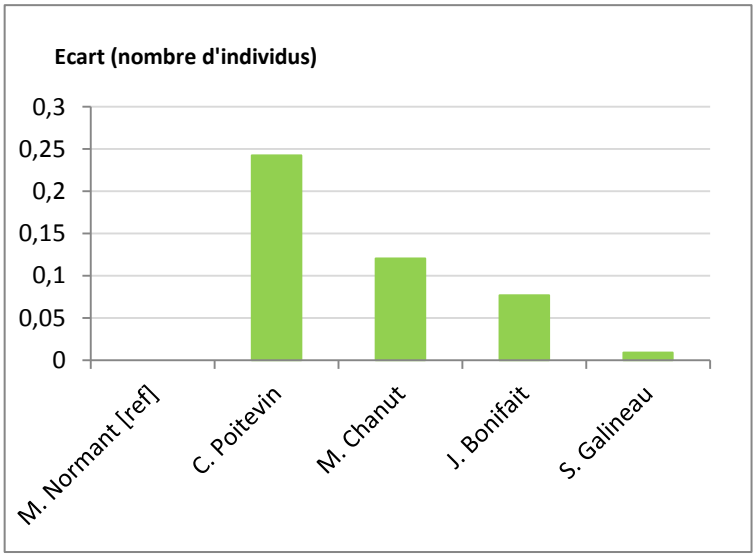
Modèle final

La richesse spécifique en espèces d'oiseaux de plaine est principalement expliquée par trois variables environnementales : le nombre de cultures, le pourcentage de bâti et le pourcentage de boisement présents dans un rayon de 200 mètres autour du point d'écoute (**Table 6**). Les covariables expliquant également la valeur de la richesse spécifique sont l'observateur et l'heure de relevé par rapport au lever du soleil. Le modèle final retenu présente une AIC de 9 819,7. Le modèle nul a une AIC de 10 168. Le paramètre de dispersion vaut 0,63 : là-encore on n'observe pas de surdispersion des données. Le modèle explique 82 % de la déviance.

Table 6 : Coefficients et significativité des variables retenues dans le modèle explicatif de la richesse spécifique. NB : pour plus de clarté, les résultats de la covariable « observateur » sont donnés en Annexe 10.

Variable	Coefficient	p-value	
observateur	Cf. **Annexe 10**		
% bâti	-0.075918	8.29e-10	***
nombre de culture	0.056142	2.18e-07	***
temps_soleil	-0.089164	3.20e-09	***
(temps_soleil)²	0.068780	0.009956	**
% boisement	-0.040166	0.000356	***

Courbes de réponse



Les écarts des observateurs varient entre 0 et +0,24 pour les principaux observateurs (**Figure 42**). Ces écarts sont du même ordre que ceux observés pour le Bruant proyer mais les observateurs ne sont pas ordonnés de la même manière.

Figure 42 : Ecart moyen de détection des observateurs rapporté à l'ensemble des espèces de plaine

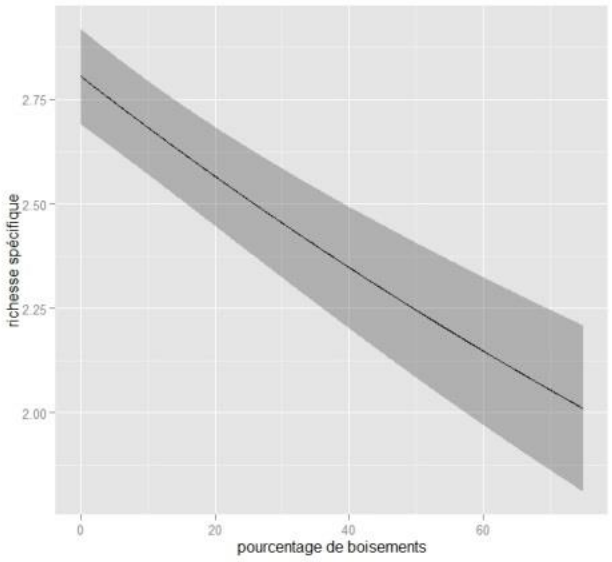


Figure 43 : Influence du pourcentage de boisement dans la zone tampon d'un point d'écoute sur la richesse spécifique en espèces d'oiseaux de plaine.

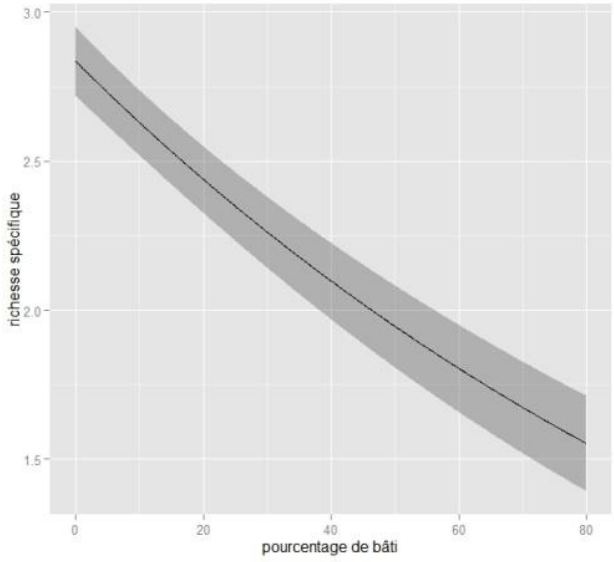
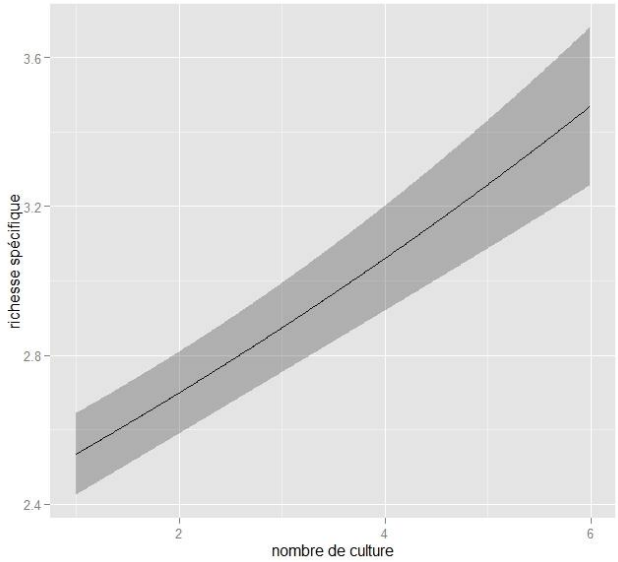


Figure 44 : Influence du pourcentage de bâti dans la zone tampon d'un point d'écoute sur la richesse spécifique en espèces d'oiseaux de plaine.

Le pourcentage de boisement et le pourcentage bâti de ont un effet négatif sur la richesse spécifique (**Figure 43** et **Figure 44**). Elle passe de 2,8 espèces en moyenne à 1,5 espèce sur le gradient [0-80] % de bâti, soit presque la moitié. Dans le cas du boisement, la richesse spécifique varie entre 2,75 et 2 sur le gradient [0-75] %. L'impact du boisement est moins fort que celui du bâti.



Le nombre de culture influence positivement la richesse spécifique, qui vaut environ 2,5 en monoculture, plus de 3 en présence de quatre cultures différentes et jusqu'à presque 3,5 avec six cultures différentes, soit le maximum observé sur le terrain (**Figure 45**).

Figure 45 : Evolution des effectifs de Bruants proyers en fonction du nombre de cultures différentes dans la zone tampon.

Discussion

1. Concernant la performance du protocole sur la détection des mâles chanteurs

a. Détection des mâles chanteurs d'Outarde canepetière

Le protocole Outarde que nous utilisons dans cette étude a été établi par le CNRS sur la base d'une distance de 750 mètres entre les points d'écoute car le « chant » de l'Outarde porte relativement loin en plaine. Cela signifie que quel que soit le lieu de la zone d'étude où on se place, ce lieu se situe à moins de 400 mètres d'un point d'écoute. Cette distance a paru suffisante pour détecter la grande majorité des mâles et ainsi suivre l'évolution de la population du centre-ouest.

Les observations de 2015 réalisées sur notre zone d'étude lors de l'enquête par points d'écoute confirment que jusqu'à 400 mètres de distance les Outardes sont bien détectées par l'observateur (LPO Vienne, 2015, non publié, **Annexe 11**). Au-delà de cette distance, on observe une baisse soudaine du nombre d'Outardes détectées, jusqu'à 900 mètres où la détection devient quasi-nulle.

La LPO Vienne réalise en plus de l'enquête par points d'écoute un suivi hebdomadaire des mâles chanteurs d'Outarde canepetière. Il est réalisé indépendamment du suivi par points d'écoute sur une portion de 12 000 hectares de notre zone d'étude située au cœur du territoire occupé par les Outardes canepetières. Ce suivi permet une détection proche de l'exhaustivité des mâles d'Outarde sur cette zone (Poirel, com. pers.). La comparaison des résultats du protocole par point d'écoute avec ceux du suivi hebdomadaire montre que notre protocole permet de détecter entre 60 et 90 % des mâles d'Outarde selon les années, soit 70 % en moyenne **Annexe 12**). Plusieurs facteurs font qu'un mâle peut ne pas être détecté, tels qu'une topographie défavorable ou de mauvaises conditions d'écoute (trop de vent, proximité d'un axe routier trop fréquenté etc.). De plus, un mâle peut ne pas chanter durant les cinq minutes d'écoute s'il est occupé à s'alimenter, à pourchasser un mâle voisin ou à « courtiser » une femelle. Deux mâles chanteurs proches l'un de l'autre mais non visibles par l'observateur peuvent être considérés comme un seul. Enfin, la phase de terrain s'étale de début mai à mi-juin en général et il y a un risque accru que les mâles ne chantent pas en fin d'enquête (**Annexe 13**), notamment si toutes les femelles sont déjà en train de nicher.

Bien que non exhaustif, ce protocole présente l'avantage d'être relativement facile à mettre en place pour un suivi sur une zone étendue telle que la zone éligible aux MAE. Il est aussi plus facilement répétable car sa mise en œuvre est standardisée et il est possible de recruter des observateurs différents chaque année.

b. Détection des autres espèces de plaine

Ce protocole étant spécifique à la détection de l'Outarde, il ne garantit pas la détection de 100 % des individus pour les autres espèces, en raison notamment de la plus petite portée du chant de beaucoup d'entre elles, ou de leur petite taille. Pour les passereaux on estime généralement que la détection par la vue ou le chant se fait dans un rayon de 200 mètres autour du point d'écoute. Une autre raison pouvant expliquer qu'on ne détecte pas tous les individus est la fréquence de chant, qui peut être moins élevée que 5 minutes. Nos résultats correspondent donc à un échantillon des effectifs réels de la zone d'étude.

2. Concernant l'influence des covariables sur les effectifs obtenus

a. Influence de l'heure de prospection

Les résultats montrent que beaucoup d'espèces, notamment les passereaux, chantent beaucoup moins en soirée qu'en matinée. Pour ces espèces, la détection des mâles chanteurs sur les points d'écoute réalisés le soir est donc potentiellement moins bonne que sur les points d'écoute réalisés le matin. Les effectifs de mâles chanteurs sont donc sous-évalués. C'est le cas notamment de l'Alouette des champs et du Bruant proyer. Pour l'Alouette des champs, l'effet de l'heure de prospection est confirmé par le modèle puisque la variable explicative « temps par rapport au lever du soleil » est sélectionnée lors de l'ajustement du modèle. Cependant, le modèle ajusté pour le Bruant proyer ne met pas en évidence cette variable : la variable présente un effet significatif lorsqu'elle est introduite seule mais elle n'est pas sélectionnée par la méthode ascendante. Il se peut que son effet soit masqué par un effet bien plus important d'autres variables.

Dans le cas de l'Outarde, aucune tendance véritablement marquée n'est apparue. Il semble donc que les horaires prévus pour le protocole aient été bien définis. On peut signaler la tranche horaire [+30] à [+59] minutes après le lever du soleil pour laquelle les effectifs relatifs détectés sont particulièrement élevés. Géroudet (1978) signalait que l'Outarde canepetière chante « tout au long de la journée, mais surtout de bon matin » et cela correspond bien à nos observations. Toutefois, d'après notre ressenti de terrain, la période du protocole la plus incertaine pour la détection des Outardes se situe entre 17 heures et 18 heures, soit la tranche horaire [-240] minutes et éventuellement [-210] minutes, notamment parce que certains jours il fait encore très chaud à ces horaires. Il aurait été intéressant de tester la détectabilité des mâles chanteurs d'Outarde canepetière en fonction de la température enregistrée pour les différentes tranches horaires afin de confirmer ou non ce ressenti.

Dans l'optique de futures études, ce constat pose la question d'une possible correction du biais lié à l'heure de prospection avant de poursuivre toute autre analyse. Dans un cas comme l'Alouette des champs, il semblerait possible d'appliquer un coefficient correcteur sur les effectifs observés durant l'après-midi afin de se rapprocher des effectifs réels supposés. En moyenne, les effectifs détectés le matin et ceux détectés l'après-midi devraient être égaux. Pour d'autres espèces, une correction semble plus difficile car les tendances sont moins claires ou parce que les effectifs sont trop faibles pour permettre d'observer une quelconque tendance.

b. Effet observateur et influence de la zone géographique sur les effectifs détectés

Les résultats des modèles pour l'Alouette des champs et le Bruant proyer montrent que la première variable permettant d'expliquer les effectifs obtenus est la covariable observateur. L'écart moyen à la référence (coefficients présentés en **Figure 18** et **Figure 19**) indique un effet non négligeable de l'observateur sur les relevés de terrain. Dans le cas de l'Alouette des champs, les coefficients varient de + 0,2 à + 0,8 en moyenne par rapport à la référence, soit des écarts relativement grands entre les observateurs. Pour le Bruant proyer, les écarts entre observateurs sont plus faibles, allant d'environ 0 à + 0,2 en moyenne par rapport à la référence, même si l'effectif moyen détecté est aussi plus faible (0,9 Bruant proyer par point d'écoute pour 1,9 Alouette des champs). Il est assez surprenant de constater que la personne ayant le plus d'écart avec la personne de référence dans la détection de l'Alouette des champs est aussi celle qui a le moins d'écart dans la détection du Bruant proyer.

L'effet observateur s'explique parce que tous les observateurs ont une capacité de détection différente, liée à leur niveau en ornithologie, à leurs capacités visuelles et auditives et à leur habitude à pratiquer ce genre d'exercice. Il est possible que certains observateurs de niveau plus faible soient moins vigilants car l'identification des espèces leur demande plus d'efforts. L'effet observateur est aussi variable

selon les espèces. Certains observateurs peuvent identifier certaines espèces à plus longue distance que d'autres. À l'avenir, il serait utile de fixer une limite de relevé à 200 mètres afin d'essayer d'éviter ce biais.

Néanmoins, l'effet « observateur » observé dans nos résultats cache un autre effet qui est l'influence de la zone géographique en elle-même. Le Bruant proyer en particulier est connu pour sa distribution assez sporadique, avec des zones d'absence qu'on ne sait pas forcément interpréter (Géroudet, 1998 b). Il est possible que d'autres variables que celles que nous avons considérées dans le modèle, ou un ensemble de variables interagissant entre elles, permettent d'expliquer que les effectifs soient globalement plus élevés sur les zones prospectées par certains observateurs que sur les zones prospectées par d'autres, d'où des écarts importants entre les coefficients qui ne sont pas uniquement dus aux observateurs.

C'est particulièrement vrai pour tous les observateurs ayant toujours prospecté la ou les mêmes communes, soit les mêmes zones géographiques. En effet, pour certains observateurs les communes à prospecter ne sont pas réparties aléatoirement, notamment pour les bénévoles qui conservent généralement leur commune de résidence. Dans leur cas, les espèces observées et leurs effectifs sont étroitement liés aux particularités des zones prospectées. Dans le cas des stagiaires, ils ont parcouru un nombre important de communes réparties de manière à peu près aléatoire sur la zone d'étude. L'effet « zone géographique » peut être considéré plus faible et le coefficient estimé est plutôt lié à l'observateur.

À partir de notre protocole, il est impossible de dissocier la part de variabilité liée à la zone géographique de celle liée à l'observateur dans l'effet estimé par le modèle. Pour dissocier les deux effets, il aurait fallu tester les observateurs sur une même zone et en simultané et comparer leurs résultats et pour pouvoir quantifier seulement l'effet observateur.

c. Cas de l'Outarde canepetière : influence des autres mâles à proximité

Notre modèle a mis en évidence l'effet positif de la présence d'un autre mâle chanteur à proximité tel qu'on pouvait s'y attendre pour une espèce dont le système de reproduction est organisé en leks. En effet, ce mode de reproduction induit une distribution de type agrégé de la population de mâles reproducteurs (Sutherland (1996) dans Bretagnolle & Inchausti, 2000 ; Jiguet *et al.*, 2000).

Par ailleurs, il a été constaté sur le terrain que deux mâles se repoussent lorsqu'ils sont trop proches car ils défendent leurs territoires respectifs. Une réponse en polynôme de degré deux était attendue mais ce n'est pas ce qui est observé dans le modèle. Cela peut s'expliquer par le fait que cet effet repoussoir s'opère sur de très courtes distances en comparaison de l'échelle de notre modèle et n'est pas détectable.

3. Influence des paramètres environnementaux sur la répartition des espèces

Bien que les paramètres environnementaux n'aient pas été étudiés strictement de la même manière pour l'Outarde canepetière que pour l'Alouette des champs et le Bruant proyer, nous avons fait le choix de mener la discussion en parallèle pour les trois espèces car des similitudes sont apparues dans les résultats obtenus. En fin de discussion, nous reprendrons les résultats généraux obtenus à partir du modèle concernant la richesse spécifique.

a. Effets du boisement et des autres éléments « naturels » du paysage

On traite ici de l'influence des zones boisées sur la répartition des mâles chanteurs des trois espèces étudiées, ainsi que de l'influence des haies, des arbres et buissons isolés dans le cas de l'Alouette des champs et du Bruant proyer.

Boisement

À l'issue de l'ajustement des modèles, nous avons constaté une forte influence négative du pourcentage de boisement sur les trois espèces. En particulier, c'est la variable étudiée qui présente le plus fort effet négatif sur l'Alouette des champs et le Bruant proyer, avec des coefficients assez similaires de respectivement -0,22 et -0,16.

Ces résultats sont en accord avec la biologie et le comportement des espèces décrits précédemment (voir **Contexte 4.a.**). En effet, ce sont des espèces de plaine ou de zones steppiques et non de milieux fermés, elles nichent au sol. Dans le cas de l'Outarde canepetière, les mâles en parade nécessitent d'être bien vus des femelles. Ils évitent donc les zones trop fermées où leur chant porte mal et où ils sont peu visibles (Géroudet, 1978). L'éloignement aux boisements peut aussi constituer une manière de protéger les nichées des prédateurs.

Linéaire de haie, arbres et buissons isolés, alignements d'arbres

Un effet négatif des haies, ainsi que des arbres isolés/buissons isolés/alignements d'arbres a été noté dans le cas de l'Alouette des champs uniquement (coefficients de -0,09 et -0,13). Leur impact est moins fort que celui du boisement mais s'explique de la même manière. Les mâles d'Alouette des champs chantent en vol et, contrairement au Bruant proyer, ils n'ont donc pas besoin de perchoirs. Au contraire, ces éléments du paysage constitue une gêne car, comme pour l'Outarde, ils sont moins visibles/audibles des femelles et des autres mâles concurrents.

D'après nos résultats, le Bruant proyer ne semble pas sensible à ces derniers paramètres. Cela peut paraître surprenant étant donné qu'il les utilise, notamment les arbres isolés, comme poste de chant. On s'attendait donc à mettre en évidence un effet positif de ces éléments du milieu. Il est possible qu'aujourd'hui les arbres isolés et les haies soient trop minoritaires sur la zone et que le Bruant proyer utilise majoritairement les lignes électriques comme perchoir. Cela expliquerait que notre modèle ne mette pas en évidence cet effet.

b. Effets du bâti et des autres éléments d'origine « anthropique » présents dans le milieu

Nous présentons ici les résultats liés au bâti, aux routes et chemins ainsi qu'aux lignes électriques.

Bâti

Les résultats ont montré une très forte influence négative du pourcentage de bâti sur la répartition des mâles chanteurs d'Outarde canepetière, avec un coefficient de -1,12. Cet effet négatif sur l'Outarde a déjà été montré sur des populations de la péninsule ibérique par Silva *et al.* (2004). Les Outardes canepetières sont très farouches (Géroudet, 1978) vis-à-vis de la silhouette humaine, et le bâti est directement lié aux activités humaines. De surcroît, la présence de bâti contribue, comme vu précédemment pour le boisement, à fermer le paysage et réduire la visibilité et la portée du chant des mâles. Ces deux raisons permettent d'expliquer qu'il y a très peu de chances pour qu'un mâle d'Outarde canepetière établisse sa place de chant à proximité du bâti, et on peut supposer qu'il y a encore moins de chance pour qu'une femelle y établisse son nid.

Le bâti a pour l'Alouette des chants et le Bruant proyer un effet négatif, avec des coefficients similaires pour les deux passereaux (-0,16 et -0,11). Cet impact est toutefois moindre que celui du boisement, au contraire de l'Outarde canepetière. Ce sont donc des espèces moins farouches et moins exigeantes que l'Outarde canepetière, et cela confirme notre impression de terrain. L'effet du bâti n'en reste pas moins assez fort, c'est pourquoi l'urbanisation croissante de la plaine constitue une menace pour toutes ces espèces.

Distance à la route ou linéaire de route

Concernant la variable « route », aucune influence n'a été observée sur les espèces étudiées, que ce soit l'influence de la distance à la route testée sur l'Outarde ou bien l'influence du linéaire total de route testée sur les autres espèces. La raison majeure de ce résultat est probablement que la grande majorité des routes de la zone d'étude sont peu fréquentées et dérangent assez peu les espèces. Lors de la phase de terrain certains mâles chanteurs d'Outardes ont été observés relativement proches des routes. De plus, si les Outardes canepetières sont farouches au regard de la silhouette humaine, elles le sont beaucoup moins vis-à-vis des véhicules. Dans leur étude, Silva *et al.* (*op. cit.*) rapportent un effet repoussoir de la route sur l'Outarde canepetière, bien que cet effet ne soit pas significatif. Ils supposent que cela est dû à la corrélation déjà forte entre le bâti et la route. C'est donc plutôt l'effet du bâti qui est observé. Il est possible que ce phénomène ait aussi lieu dans notre cas, même si le coefficient de corrélation semble relativement faible (0,36 pour les données outarde et 0,26 pour les autres espèces). Nous supposons donc que l'effet repoussoir de la route a lieu principalement dans le cas des routes très fréquentées, et à une échelle trop petite pour être détectée lors de la modélisation, de l'ordre de 20 à 50 mètres.

Distance au chemin le plus proche ou linéaire de chemin

On n'observe pas d'influence négative de la proximité de chemins sur la distribution des mâles d'Outarde. Cela correspond à notre hypothèse car les chemins sont encore moins fréquentés que les routes et les Outardes sont peu dérangées. Durant la phase de terrain, on a quelquefois observé des mâles en parade sur des chemins entretenus depuis lesquels ils sont bien vus des femelles.

Par ailleurs, la modélisation a mis en évidence un effet positif « en cloche » des chemins sur les effectifs d'Alouettes. Géroudet (1998) indiquait dès 1978 que les Alouettes des champs recherchent des couverts bas, comme les chemins entretenus ou les jeunes pousses de blé, pour la parade nuptiale et peuvent choisir les bordures de champs voire les lisières de chemin pour installer leur nid. Laursen (1981) a démontré que, dans les zones d'agriculture intensive, les bords de routes ont une importance non négligeable pour la nidification et surtout pour l'alimentation des Alouettes des champs, qui s'installent préférentiellement sur ces zones pour nicher et y recherchent activement de la nourriture. L'effet positif des chemins observé sur la moitié gauche de la courbe semble correspondre à cet effet de lisière. Toutefois, la baisse d'effectifs prédite sur la seconde moitié de la courbe est difficile à interpréter. Il faut noter que pour cette variable les intervalles de confiance à 95 % s'élargissent assez fortement sur la partie droite de la courbe. Ils passent de +/- 0,08 à +/- 0,15. Plus les intervalles de confiance sont larges plus les incertitudes autour de la valeur de la courbe réponse sont grandes. Cela peut remettre en question la fiabilité des résultats pour les valeurs les plus élevées de linéaire de chemin.

Linéaire de lignes électriques

L'influence du linéaire de ligne électrique a pu être testée pour l'Alouette des champs et le Bruant proyer et présente un effet significatif sur les deux passereaux. Le modèle prédit des effectifs d'Alouette des champs plus élevés pour des valeurs extrêmes de linéaire de ligne électrique, tandis que pour le Bruant proyer ce sont les valeurs intermédiaires qui renvoient les prédictions les plus élevées.

Dans un premier temps on comprend bien l'impact négatif des lignes électriques sur l'Alouette des champs, car les mâles s'élèvent haut dans les airs pour chanter et se « laissent tomber » ensuite vers leur nid. Les lignes électriques constituent donc une gêne pour eux. De surcroît les lignes électriques sont souvent associées à la présence de bâti ou de route.

En revanche, la partie droite de la courbe réponse est, encore une fois, surprenante et difficilement interprétable car a priori les lignes électriques ne devraient pas favoriser une telle espèce. Sur le terrain, les points d'écoute présentaient rarement plus de 800 mètres cumulés de lignes électriques et il peut s'agir de l'influence de quelques points au paysage particulier. Ces quelques valeurs extrêmes dans l'intervalle 900-1100 mètres sont prises en compte dans le modèle puisqu'il trace la courbe réponse depuis le minimum des

valeurs réellement observées jusqu'au maximum des valeurs réellement observées. C'est ce qui explique des intervalles de confiance beaucoup plus grands : l'intervalle de confiance triple entre les deux extrêmes de l'axe des abscisses. Comme pour la variable « linéaire de chemin » cette portion des résultats peut être remise en question.

Pour ce qui est du Bruant proyer, les résultats sont conformes à nos hypothèses. Une trop grande présence des lignes électriques nuit logiquement à cette espèce, mais contrairement à l'Alouette, des valeurs moyennes lui sont favorables. En effet, les mâles de Bruant proyer se perchent pour chanter et les lignes électriques constituent de bons perchoirs de substitution lorsque les perchoirs naturels tels que les arbres isolés sont peu présents.

c. Influence de l'assolement et des mesures agro-environnementales

Les MAE et l'Outarde canepetière

Nos résultats montrent clairement que les MAE sont favorables aux mâles chanteurs d'Outarde canepetière, avec un coefficient positif de +0,77. La variable MAE est la variable qui présente le plus de poids dans l'ajustement du modèle explicatif.

Plusieurs études ont rapporté que les mâles d'Outarde canepetière préfèrent les jachères, les couverts herbacés et les cultures de légumineuses (telles que les luzernes) de hauteur et densité moyenne (Martínez, 1994 ; Morales *et al.*, 2008 ; Voisin *et al.*, 1991). Or, les mesures agro-environnementales sont mises en place sur ce type de cultures. A l'inverse, Wolff *et al.* (2001) attestent que les mâles chanteurs évitent les cultures de céréales, trop denses, ou les couverts dont la hauteur est supérieure à 20 centimètres, comme le colza. Le graphique (**Figure 16**) de l'évolution des effectifs de mâles chanteurs montre clairement une évolution en parallèle avec l'évolution de la surface contractualisée en MAE.

L'effet positif des MAE sur les mâles d'Outarde canepetière peut être lié à trois facteurs : les caractéristiques du couvert sont favorables pour établir une place de chant, les mâles trouvent dans ces couverts les ressources alimentaires qui leur sont nécessaires, les mâles se positionnent à proximité des zones favorables à la nidification des femelles pour augmenter leurs chances de reproduction.

Concernant le premier point, les parcelles en MAE présentent de bonnes caractéristiques car elles sont en général peu hautes et pas trop denses, au moins durant la période étudiée. Cela convient aux mâles, mais ils peuvent aussi s'installer sur des semis de printemps (maïs, tournesol) qui sont encore très bas en mai. Concernant les ressources alimentaires on sait que les mâles adultes sont très majoritairement herbivores (Jiguet, 2002), les parcelles en MAE remplissent donc cette fonction biologique. Bretagnolle *et al.* (2011) ont montré récemment que les luzernes en MAE présentaient notamment une plus grande richesse spécifique en plante.

En réalité, les études scientifiques se sont plutôt attachées à démontrer la richesse de ces cultures (prairies, jachères, luzernes) en arthropodes, ressource nécessitée par les femelles et les jeunes d'Outardes. Cléré & Bretagnolle (2001) ont montré que les cultures fourragères et les couverts permanents étaient plus riches que les labours ou les céréales en termes de nombre d'arthropodes ou de richesse taxinomique. De plus, ces cultures, lorsqu'elles ne sont pas gérées en mode intensif et fauchées durant la période de reproduction, présentent des caractéristiques de couverts très adaptées pour la nidification des femelles d'Outarde. Les couverts herbacés sont donc théoriquement très favorables aux femelles d'Outarde, plus encore qu'aux mâles.

C'est parce que les femelles d'Outarde canepetière sont très difficiles à étudier sur le terrain que nous avons travaillé sur les mâles. Si nos résultats montrent clairement la préférence des mâles à établir leur place de

chant à proximité des MAE, nous ne pouvons pas conclure aussi directement en ce qui concerne la nidification des femelles.

Jiguet *et al.* (2000) expliquent que les mâles d'Outarde canepetière s'établissent en priorité en fonction des ressources alimentaires disponibles et des caractéristiques du couvert, mais il semble aussi que certains mâles défendent un territoire plus large pour pouvoir englober des couverts permanents ou des ray-grass afin de garantir à « leurs femelles » la disponibilité de meilleures ressources alimentaires. Si tel est le cas alors il existe un lien entre le territoire des mâles et les parcelles favorables aux femelles. D'après une étude ancienne de Schulz (1985, non publié, dans Jiguet *et al.*, 2000), les femelles peuvent nicher jusqu'à plus de 1 kilomètre des mâles ou au contraire sur leur territoire. De plus, l'expérience de terrain a permis de constater que les mâles ne restent pas sur des sites où il n'y a pas de femelles aux alentours, ou encore que les mâles s'arrêtent peu à peu de chanter lorsqu'il n'y a plus de femelle non fécondée à proximité (Bretagnolle *et al*. 2011 ; Poirel, com.pers.). Ces éléments nous indiquent que les femelles se tiennent généralement assez proches des mâles. Nous estimons qu'il y a de bonnes chances pour que les femelles d'Outarde canepetière se situent dans ou à proximité du territoire des mâles chanteurs, zone sur laquelle nous avons basé notre étude. Bien que nous ne puissions pas l'affirmer, nous supposons donc que les MAE de la zone du Mirebalais-Neuvillois sont favorables aux femelles qui les utilisent pour nicher. À l'avenir, la même étude pourrait être conduite en fixant une zone tampon de 1 kilomètre, car nous supposons que cela permettrait d'englober la majorité des femelles d'Outarde.

Un bémol doit être apporté à ce résultat car, dans le cas de l'Outarde canepetière, il n'a pas été possible de comparer l'efficacité des MAE à l'influence des couverts herbacés en général. Les MAE forment environ 3 % de la surface de la zone d'étude mais notre échantillonnage indique que l'ensemble des couverts herbacés représentent environ 11 % de l'assolement. Si les MAE sont favorables aux mâles d'Outarde et probablement aux femelles, il est possible que les autres couverts herbacés soient tout aussi utilisés, par les mâles comme par les femelles.

De manière générale, ce sont en fait les pratiques de l'agriculture extensive qui sont favorables à l'Outarde canepetière. Les prairies ou les luzernières gérées en mode conventionnel peuvent être, dans une certaine mesure, attractives pour les outardes, même si elles sont souvent plus denses et moins diversifiées. Elles constituent en réalité un piège pour les femelles qui choisissent de s'y installer pour nicher. En effet, sur la zone d'étude ces parcelles sont fauchées trois à quatre fois entre mai et fin juillet avec des intervalles de temps qui ne permettent pas aux femelles d'élever leurs jeunes jusqu'à l'envol. Il en est de même avec les jachères non engagées en MAE, qui peuvent être broyées à partir du 20 juin. Le fait que les mâles utilisent ces parcelles comme place de chant ne pose pas de problème vis-à-vis de la survie de l'espèce, mais pour ce qui est des nichées, elles sont généralement détruites.

À l'heure actuelle, sur notre zone d'étude, seules les parcelles de couvert herbacé placées en contrat MAE sont réellement favorables aux Outardes car ce sont les seules à être gérées de façon extensive. Beaucoup d'études se sont attachées à montrer l'effet positif des couverts herbacés sur les Outardes canepetière mais peu ont travaillé à comparer l'efficacité des MAE vis-à-vis des autres couverts herbacés. Bretagnolle *et al.* (2011) ont pu démontrer clairement l'efficacité de la mise en place des MAE pour les femelles sur la zone d'étude du Centre d'Études Biologiques de Chizé. Ils ont aussi mis en évidence que les luzernes gérées en MAE présentaient une richesse spécifique d'espèces de plantes et une abondance de criquets bien supérieure aux parcelles gérées de manière conventionnelle. Il serait extrêmement intéressant de pouvoir réaliser une étude similaire dans le Mirebalais-Neuvillois, et d'observer si les mâles d'Outarde canepetière utilisent significativement plus les MAE que les couverts herbacés conventionnels en relation à leur proportion sur la zone d'étude.

Cas du Bruant proyer

Au vu de nos résultats, les MAE ont également un effet positif (+0,06) sur les effectifs de Bruant proyer. En revanche, la variable représentant l'ensemble des couverts herbacés (pourcentage de prairies, jachères, luzernes) n'apparaît pas significative. L'interprétation de ce résultat est moins complexe que dans le cas de l'Outarde. En effet, bien souvent, les mâles de Bruant proyer chantent à proximité de leur nid, comme c'est le cas pour la plupart des passereaux. Nous pouvons donc affirmer que les MAE sont bien favorables à la reproduction et à l'alimentation de cette espèce, plus que les autres couverts herbacés. Les jachères sont à l'origine le milieu préféré du Bruant proyer pour la nidification (Henderson *et al.*, 2000). Aujourd'hui beaucoup de jachères sont placées en contrats MAE, ce qui peut expliquer ces résultats.

Un autre type de culture présente un effet négatif relativement fort (-0,18) sur le Bruant proyer : le pourcentage de semis (tournesol, maïs). Nous pouvons expliquer cet effet de deux manières : d'une part, au moment de la phase de terrain, les semis sont très bas et il n'y a pas de poste de chant pour le Bruant proyer dans ce type de cultures ; d'autre part, le sol des semis est très nu et possède peu de ressources alimentaires. Les semis ne remplissent aucune fonction biologique pour le Bruant proyer.

Cas de l'Alouette des champs

Dans le cas de l'Alouette des champs, c'est la luzerne qui montre un effet positif sur la distribution des individus, du même ordre que celui des MAE sur le Bruant proyer (+0,04). Cet effet, bien que faible en comparaison de celui du boisement ou du bâti, tend à confirmer les impressions de terrain. Cependant, le pourcentage de MAE n'est pas significatif pour autant : l'ensemble des luzernes est attractif pour les Alouettes des champs, sans distinction entre celles engagées en MAE ou non. Mais en s'établissant indifféremment dans une luzerne à gestion extensive ou bien à gestion intensive, il y a, dans le second cas, un fort risque de destruction des nichées au passage des machines agricoles.

Dans le Mirebalais-Neuvillois, les luzernes dites jeunes possèdent la plus forte biomasse d'arthropodes en comparaison des prairies et des jachères, tandis que les luzernes plus évoluées présentent l'indice de biodiversité de Shannon le plus élevé (Faivre, 2013). Les luzernes constituent donc la meilleure réserve alimentaire pour l'avifaune. Neumann *et al*. (2006) ont montré que le nombre d'Alouettes des champs était significativement plus élevé dans les parcelles gérées en agriculture biologique que dans les parcelles gérées de manière conventionnelle. Par ailleurs, beaucoup d'Alouettes nichent aujourd'hui dans le blé ou l'orge. Nous pouvons supposer que les luzernes jouent plus un rôle dans l'alimentation de l'Alouette des champs que dans sa nidification.

d. Influence de l'hétérogénéité du paysage et de la diversité culturale

Notre modèle n'a pas permis de mettre en évidence un effet de la taille du parcellaire sur l'Outarde canepetière. En effet, la variable « périmètre » introduite pour quantifier toutes les bordures de parcelles et représentant indirectement la taille du parcellaire n'a pas d'effet significatif sur les Outardes. Pourtant, Boutin & Métais (1995) mentionnent que « des parcelles agricoles de faible taille sont nécessaires au maintien des Outardes car un parcellaire morcelé accroît les effets de lisières » et donc les ressources alimentaires disponibles (flore adventice, insectes, etc.). En plaine de la Crau, Wolff *et al*. (2001) indiquent que ce sont les zones mixtes de steppe et d'agriculture extensive qui sont les plus favorables aux mâles d'Outarde canepetière, soit un paysage diversifié. Dans cette zone, la gestion du territoire est encore favorable à l'Outarde canepetière, avec 17 % de steppe et 30 % d'agriculture extensive, ce qui a permis pour l'heure de maintenir des effectifs élevés. Enfin, l'étude de Poirel (2014) montre une diminution de la densité de mâles chanteurs à la suite d'un aménagement foncier dont la conséquence principale a été une diminution de l'hétérogénéité du paysage.

Pour ce qui est du Bruant proyer, on a observé une sensibilité à la richesse culturale du milieu, avec une influence positive de +0,096. Cela démontre clairement l'importance de l'hétérogénéité du paysage comme l'avançaient déjà Benton *et al*. (2003). Si Henderson *et al.* (2000) indique que la jachère est le milieu de nidification préféré de l'espèce, Hartley *et al.* (1995) a aussi montré que le Bruant proyer chasse plutôt dans les cultures de céréales. Géroudet (1998) mentionne quant à lui la présence de l'espèce dans les prairies et les champs de plantes sarclées en période de reproduction.

Dans le cas de l'Alouette des champs aucun effet de la diversité culturale n'a été détecté par la modélisation. Pourtant, des études antérieures ont déjà montré que la densité d'alouettes reproductrices augmentait avec la diversité des cultures (Schläpfer (1988) dans Attié & Bretagnolle (2003), Chamberlain & Gregory, 1999) ainsi qu'avec la proportion de bandes herbeuses utilisées dans les rotations (O'Connor & Shrubb (1986) dans Attié & Bretagnolle (2003)).

4. Dans une perspective de gestion de la zone d'étude

Les résultats issus de nos modèles peuvent être utilisés dans la perspective d'une meilleure localisation des parcelles engagées en contrat MAE afin de maximiser leur efficacité, notamment pour l'Outarde canepetière, espèce la plus exigeante et la plus menacée des trois. En effet, en prenant en compte les résultats de tous les paramètres testés, on peut faire une sélection des meilleures zones où placer des MAE potentielles.

Nos résultats indiquent qu'il n'est pas judicieux de placer des parcelles en MAE à proximité du bâti puisque quelques hectares de bâti dans la zone tampon suffisent à faire chuter la probabilité de présence des mâles chanteurs. En réalité, il serait idéal de pouvoir sélectionner des parcelles se trouvant à plus de 2 000 mètres du bâti et à plus de 4 000 mètres de tout boisement important. Toutefois, il nous faut confronter ces résultats à la réalité de la zone d'étude. Une analyse rapide montre que la plupart des îlots de bâti se situent entre 1 500 et 3 000 mètres les uns des autres (**Annexe 14**). Il existe donc très peu d'endroits dans la plaine se trouvant à 2 000 mètres du bâti. Les boisements sont eux espacés de 2 000 mètres en moyenne, avec des valeurs maximales pouvant aller jusqu'à 6 000 mètres.

De manière générale, il faut donc faire au mieux et rechercher les parcelles les plus éloignées du bâti en priorité, et secondairement du boisement, afin de recréer une « mosaïque » de MAE pouvant accueillir un lek viable. Bretagnolle & Inchausti (2005) ont montré que les Outardes abandonnent un lek dès lors que le nombre d'individus, mâles et femelles confondus, passe en dessous de six. Ceci a pour conséquence directe la diminution de l'aire de répartition de l'espèce telle que l'enquête régionale sur les ZPS (Dalloyau, 2015) l'a mise en évidence. Il serait possible de se baser sur un éloignement de 1 000 mètres pour le bâti et 1 500 mètres pour le boisement par exemple.

Il sera également difficile d'optimiser les probabilités de présence grâce aux MAE car il est pratiquement impossible d'engager suffisamment de parcelles pour atteindre 60 % de la surface de la zone tampon. Le Plan National d'Action (MEDDTL, 2011) préconisait 10 % de couverts herbacés gérés favorablement pour assurer la conservation de l'Outarde canepetière mais cet objectif est loin d'être atteint. Néanmoins, localement, c'est-à-dire à l'échelle de la superficie potentielle d'un lek, il serait intéressant d'avoir des MAE à hauteur de 30 à 40 %, sachant qu'à partir de 40 % la probabilité qu'un mâle d'Outarde soit présent atteint les trois quarts, tout autre paramètre étant égal par ailleurs. Un lek comportant 5 mâles observé sur le terrain en 2015 correspond approximativement à une surface de 150 hectares.

À mon sens, l'ordre d'importance serait de renforcer d'abord les leks les plus fragiles et en limite d'aire afin d'éviter une contraction encore plus forte de l'aire de répartition, avant de chercher à améliorer les zones cœur où les Outardes sont toujours régulièrement présentes. En effet, la recolonisation des territoires « abandonnés » par les Outardes peut prendre un certain temps, étant donné le caractère plutôt fidèle des mâles. Elle se fait avec le renouvellement de la population (MEDDTL, 2011).

En pratique, l'évaluation des zones potentiellement favorables à chaque espèce pourrait se faire en établissant des cartes de probabilité de présence (dans le cas de l'Outarde canepetière) ou d'effectifs potentiels (pour les autres) à partir des prédictions obtenues. Toutefois, il faudrait pouvoir tester nos modèles sur un jeu de données indépendant du nôtre afin de valider leur capacité prédictive. Ce jeu de données pourrait par exemple provenir d'enquêtes de terrain réalisées sur la zone de protection spéciale Oiron-Thénezay contiguë à notre zone d'étude. Cela nécessiterait de disposer de données sur les mêmes variables que celles que nous avons testées.

À plus large échelle, nous avons montré que les deux paramètres principaux influençant la richesse spécifique d'un point d'écoute sont le bâti (-0,076) et le nombre de cultures (+0,056). Ces résultats signalent d'une part que la grande majorité des espèces de plaine sont sensibles au bâti, et c'est, encore une fois, le facteur le plus influent. Ils indiquent d'autre part que l'avifaune de plaine dans son ensemble est favorisée par une diversité culturale à petite échelle.

Enfin, nous avons constaté que ni les MAE, ni les couverts herbacés comme les luzernes, jachères ou prairies n'ont montré d'influence significative sur la richesse spécifique, au contraire de la diversité culturale. Cela s'explique parce que certaines espèces de plaine fréquentent assez peu voire pas du tout certains de ces types de couvert, comme la Fauvette grisette par exemple, que l'on retrouve plutôt dans les haies ou le colza, ou encore la Bergeronnette printanière, souvent observée dans les blés ou sur les chemins.

À l'issue de cette étude, plusieurs grandes recommandations peuvent être données concernant la gestion de la zone d'étude. Il faut à tout prix prendre en compte l'impact négatif fort du bâti sur les espèces dans les différents plans d'aménagement des communes du Mirebalais-Neuvillois, notamment les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) et les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU). En particulier, une menace forte pour la biodiversité de la plaine serait d'accentuer encore le mitage du milieu semi-naturel et agricole par le développement d'aménagements ou autres activités humaines dans les zones qui en sont aujourd'hui dépourvues.

Les MAE sont essentielles à certaines espèces comme l'Outarde canepetière et le Bruant proyer. La présence de couverts herbacés judicieusement disposés et gérés de manière favorable est donc indispensable. Le fait que la diversité culturale soit, quant à elle, favorable à la richesse spécifique, montre bien que toutes les espèces de plaine ont des besoins différents.

L'importance de l'hétérogénéité du paysage, à la fois spatiale et temporelle, a aussi été montrée par Benton *et al.* (2003) ou par Poirel (2014). C'est un facteur clé de la préservation de la biodiversité, que ce soit à travers la richesse culturale, la taille du parcellaire ou encore la présence d'éléments paysagers comme les arbres isolés. L'Outarde canepetière en est à elle seule un parfait exemple : les cultures les plus adaptées varient entre les mâles et les femelles (Morales *et al.*, 2008), mais varient aussi selon la période du cycle biologique. Mâles comme femelles utilisent par exemple les chaumes de blé ou de colza comme source d'alimentation durant la période pré migratoire, alors qu'ils ne sont pas du tout utilisés en période de reproduction.

5. Quelques réflexions sur la fiabilité des résultats obtenus

a. Biais assolement lié à la position exacte des individus détectés

Avec notre protocole, la position exacte des individus n'est pas répertoriée sauf dans le cas de l'Outarde canepetière. Nous faisons l'approximation que leur position correspond au centre du point d'écoute. Or, de par notre présence en ce point, ce n'est jamais le cas. Les individus détectés peuvent se situer jusqu'à plusieurs centaines de mètres de distance de l'observateur. On estime que les passereaux tels que l'Alouette des champs et le Bruant proyer sont détectables à la vue ou au chant jusqu'à une distance d'environ 200 mètres. En revanche, l'assolement et les éléments du paysage sont bien décrits dans un rayon de 200 mètres autour du point d'écoute. L'assolement qui est décrit n'est donc pas exactement l'assolement réel autour de l'individu.

Lors de la construction du modèle, un bruit important est lié à cette approximation, puisque dans le pire des cas, on suppose qu'on ne décrit qu'un tiers de l'assolement réellement présent autour de l'individu. Ce bruit dans le jeu de données peut être la cause d'une non-détection de l'effet de certaines variables. Mais d'un autre côté, cela ne fait que renforcer la fiabilité des résultats dans le cas des variables qui ont montré un effet significatif.

b. Intervalles de confiance et fiabilité de la modélisation

Le fait qu'il existe en pratique peu de zones remplissant les critères idéaux pour engager des parcelles en contrat MAE pose la question de la fiabilité des modèles obtenus. Nous avons vu que sur certaines fourchettes de valeurs la largeur de l'intervalle de confiance peut augmenter fortement, traduisant de plus fortes incertitudes quant à la valeur prédite. C'est le cas notamment du linéaire de lignes électriques ou de chemins, et de la distance au boisement pour l'Outarde, pour ne citer que les plus marquants. En général, l'intervalle de confiance a tendance à s'élargir lorsque la modélisation se base sur peu de données disponibles.

Par exemple, dans le cas de la distance au boisement le plus proche pour l'Outarde, l'intervalle de confiance est multiplié par 4 entre le minimum et le maximum des abscisses. Or, 223 points (Outardes et témoins confondus) se trouvent à moins de 1 000 mètres d'un boisement, soit 60 % des points. À l'inverse, 39 points se trouvent au-delà de 2000 mètres (10 % des points) dont 4 seulement à plus de 3 000 mètres. Dans le cas des lignes électriques, seuls 5 points présentent un linéaire cumulé de plus de 800 mètres. Il en va de même pour le linéaire de chemin. Dans le cas des MAE pour l'Outarde, nous avons constaté que 226 points ne présentait pas de MAE sur la surface de la zone tampon, 123 contenaient entre 0 (exclu) et 20 % de MAE, 27 points contenaient entre 20 et 40 % de MAE et seuls 4 points présentaient plus de 40 % de MAE. Pourtant, les intervalles de confiance sont plutôt étroits ce qui traduit une fiabilité plutôt bonne.

La modélisation prend en compte ces points pour ajuster le modèle mais on peut se demander si l'ajustement serait semblable si ces points n'avaient pas été conservés.

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier les paramètres environnementaux influençant la distribution de trois espèces caractéristiques des plaines agricoles intensives du centre-ouest de la France : l'Outarde canepetière, le Bruant proyer et l'Alouette des champs. La méthode d'analyse utilisée a permis d'évaluer l'influence des paramètres environnementaux à la fois sur le plan qualitatif, en termes d'effet positif ou négatif, et sur le plan quantitatif en comparant l'importance des effets de ces variables.

De manière générale, le bâti et le boisement ont montré un effet négatif fort sur les trois espèces étudiées et sur la richesse spécifique globale en oiseaux de plaine. L'effet du bâti est particulièrement important dans le cas de l'Outarde canepetière. La probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière augmente fortement avec la surface des couverts placés en mesures agro-environnementales. L'Alouette des champs est positivement influencée par les cultures de luzerne et la présence de chemins agricoles, qui sont favorables notamment à son alimentation. Cette espèce est aussi très sensible à la fermeture du paysage car, en plus du boisement, les haies, les arbres isolés ou les buissons lui sont défavorables. Le Bruant proyer est, quant à lui, favorisé par les mesures agro-environnementales et défavorisé par les semis de type tournesol ou maïs, qui ne remplissent aucune fonction vis-à-vis de ses exigences écologiques. Il a montré de plus une sensibilité à la diversité culturale, variable qui est aussi ressortie comme positive dans le cas de la richesse spécifique en avifaune de plaine.

Des similitudes fortes sont apparues entre les espèces, en particulier l'effet négatif du bâti qui montre l'importance d'un aménagement du territoire raisonné, notamment en évitant de construire de nouvelles infrastructures dans des zones qui en sont actuellement dépourvues.

L'Outarde canepetière présente une sensibilité particulièrement forte à la présence de bâti et de boisement. Par ailleurs, elle est une des seules espèces à utiliser au cours de son cycle biologique la quasi-totalité des cultures de la plaine. Or, comme nous l'avons vu, la conservation d'une mosaïque de cultures est également favorable à la richesse spécifique en espèce de plaine. L'Outarde canepetière apparaît donc comme une bonne espèce indicatrice de la qualité de l'habitat sur notre zone d'étude et de son hétérogénéité.

L'étude a également permis de démontrer que la présence de couverts herbacés engagés en MAE augmentait la probabilité de présence d'un mâle chanteur d'Outarde canepetière, prouvant l'efficacité de ces mesures agro-environnementales dédiées à la conservation de l'Outarde canepetière. Nous avons vu que ces parcelles profitent aussi au Bruant proyer, et que d'autres couverts herbacés « non MAE » sont, eux, favorables aux Alouettes des champs, ce qui démontre d'une manière générale l'importance des couverts herbacés pour les espèces de plaine.

Faute de disposer d'une cartographie complète des couverts herbacés qui comprendrait à la fois les couverts engagés en MAE et ceux gérés de manière conventionnelle, nous n'avons pas pu savoir si les couverts engagés en MAE étaient réellement plus attractifs pour les outardes que les autres couverts herbacés. Une étude plus précise pourrait donc être réalisée dans ce sens. Il serait également très intéressant mais beaucoup plus complexe de réaliser cette étude à partir de l'emplacement des nids des femelles d'Outarde canepetière au lieu des places de chant des mâles.

Bibliographie

ATTIÉ C. & BRETAGNOLLE V., 2003 — *Conséquences de l'intensification agricole et mécanismes d'action sur les populations d'oiseaux de plaine. Cas spécifiques et propositions de mesures de conservation.* — Poitiers : Direction Régionale de l'Environnement de Poitou-Charentes et CNRS — 99 p.

ATTIÉ C. & NICOL T. (coord.), 2009 — *Conservation de l'Outarde canepetière en France et en Espagne.* — Rochefort : Ligue pour la Protection des Oiseaux. — 86 p.

BENTON T. G., VICKERY J. A., WILSON J. D., 2003 — Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? — *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 18, n° 4, pp. 182-188.

BERTHOMÉ J.-F. (coord.), 2011 — *Document d'Objectifs du site Natura 2000 FR5412014 ZPS Plaine d'Oiron-Thénezay.* — Niort : Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres — 128 p.

BOUTIN J.- M. & MÉTAIS M., 1995 — *L'Outarde canepetière*. — St Yrieix : Éveil éditeur— 70 p.

BRETAGNOLLE V., VILLERS A., DENONFOUX L., CORNULIER T., INCHAUSTI P. & BADENHAUSSER I., 2011 — Rapid recovery of a depleted population of Little Bustards *Tetrax tetrax* following provision of alfalfa through an agri-environment scheme. — *IBIS*, n° 153, pp. 4-13.

BRICKLE N. W. & HARPER D. C. G., 1999 — Diet of nesting Corn Buntings *Miliaria calandra* in Southern England examined by compositional analysis of faeces. — *Bird Study*, n° 46, pp. 319-329.

BRICKLE N. W. & HARPER D. C. G., 2002 — Agricultural intensification and the timing of breeding of Corn Buntings *Miliaria calandra*: In an intensively managed agricultural landscape, few females attempted a second brood. — *Bird Study*, n° 49, pp. 219-228.

CEBC, BRETAGNOLLE V. *et al.*, 2014 — *Protocole d'enquête régionale Outarde canepetière*. — Document interne du groupe de travail Outarde.

CHAMBERLAIN D. E. & CRICK Q. P., 1999 — Population declines and reproductive performance of Skylarks *Alauda arvensis* in different regions and habitats of the United Kingdom. — *IBIS*, n° 141, pp. 38-51.

CHAMBERLAIN D. E. & GREGORY R. D., 1999 — Coarse and fine scale habitat associations of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in the UK. — *Bird Study*, n° 46, pp. 34-47.

CHAMBERLAIN D. E., FULLER R. J., BUNCE R. G., H. DUCKWORTH J. C. & SHRUBB M., 2000 — Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. — *Journal of Applied Ecology*, n° 37, pp. 771-788.

CLÉRÉ E. & BRETAGNOLLE V., 2001 — Disponibilité alimentaire pour les oiseaux en milieu agricole : biomasse et diversité des arthropodes capturés par la méthode des pots-pièges. — *Revue d'écologie Terre et Vie*, vol. 56, pp. 275-297.

DALLOYAU S., 2015. — *Enquête annuelle Outarde canepetière en Poitou-Charentes et suivis des populations en ZPS. Rapport 2014*. — Pôle Conservation LPO-SEPN / CNRS-CEBC / Charente Nature / LPO 17 / GODS / LPO 86 — 46 p.

DONALD P. F., EVANS A. E., BUCKINGHAM D. L., MUIRHEAD L. B. & WILSON J. D., 2001 — Factors affecting the territory distribution of Skylarks *Alauda arvensis* breeding on lowland farmland. — *Bird Study*, n° 48, pp. 271-278.

DONALD P. F., GREEN R. E. & HEATH M. F., 2001. — Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. — *The Royal Society Publishing*, vol. 268, issue 1462, pp. 25-29.

DUBOIS T. (coord.), 2011 — *Document d'objectifs du site Natura 2000 FR5412018 ZPS des plaines du Mirebalais et du Neuvillois*. — Poitiers : LPO VIENNE — 122 p.

DUPUIS V., JIGUET F., DECEUNINCK B. & MICOL T., 2011 — *État et tendance Avifaune Nicheuse en France métropolitaine.* — Ed. LPO France — 24 p.

EVANS J. WILSON J. D. & BROWNE S., 1995 — Habitat selection and breeding success of Skylarks *Alauda arvensis* on organic and conventional farmland. / Dans : *The effects of organic farming regimes on breeding and winter bird populations.* — British Trust for Ornithology Research Report, vol. 154, Part. 3.

FAIVRE C. 2013 — Influence des mesures agro-environnementales (MAEt) sur les populations d'arthropodes dans la plaine du Mirebalais-Neuvillois. — *L'Outarde*, n° 49, pp. 13-17.

FEEHAN J., GILLMOR D. A. & CULLETON N., 2005 — Effects of an agri-environment scheme on farmland biodiversity in Ireland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 107, issues 2-3, pp. 275-286.

GATES S. & DONALD P. F., 2000 — Local extinction of British farmland birds and prediction of further loss. — *Journal of Applied Ecology*, vol. 37, issue 5, pp. 806-820.

GÉROUDET P., 1978. — *Grands échassiers, gallinacés et râles d'Europe*. — Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel (Suisse) — 429 p., ISBN : 2-603-00089-6

GÉROUDET P., 1998 a. — *Les passereaux d'Europe. Tome 1 : Des coucous aux merles.* — Ed. Delachaux et Niestlé, Paris. — 405 p., ISBN : 2-603-01102-2

GÉROUDET P., 1998 b. — *Les passereaux d'Europe. Tome 2 : De la bouscarle aux bruants.* — Ed. Delachaux et Niestlé, Paris. — 512 p., ISBN : 2-603-01103-0

HAGEMEIJER W. J. M. & BLAIR M. J., 1997 — *The EBCC Atlas of european birds: their distribution and abundance*. — Londre : Ed. Poyser,

HAMILTON P. A. & HELSEL D. R., 2005 — Effects of Agriculture on Ground-Water Quality in Five Regions of the United States. — *Grounwater,* vol. 33, pp. 217-226.

HARTLEY I. R., SHEPHERD M. & THOMPSON D. B. A., 1995 — Habitat selection and polygyny in breeding Corn Buntings *Miliaria calandra*. — *IBIS*, n° 137, pp. 508-514.

HENDERSON L. G., COOPER J., FULLER R. J. & VICKERY J., 2000 — The relative abundance of birds on set-aside and neighbouring fields in summer. — *Journal of Applied Ecology*, n° 37, pp. 335-347.

INCHAUSTI P. & BRETAGNOLLE V., 2005 — Predicting short-term extinction risk for the declining Little Bustard (*Tetrax tetrax*) in intensive agricultural habitats. — *Biological conservation*, n° 122, pp. 375-384.

INSTITUT ATLANTIQUE D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, 2013 — *Évaluation du linéaire de haies* — Région Poitou-Charentes — 26 p.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES, 1981 — *50 ans d'agriculture en Poitou-Charentes : Résultats des recensements successifs de 1929 à 1979.* — Ministère de l'Agriculture.

JIGUET F., ARROYO B. & BRETAGNOLLE V., 2000 — Lek mating systems : a case study in the Little Bustard *Tetrax tetrax*. — *Behavioural Processes*, n° 51, pp. 63-82.

JIGUET F., 2002 — Arthropods in diet of Little Bustards *Tetrax tetrax* during the breeding season in western France. — *Bird Study*, n° 49, pp. 105-109.

JIGUET F. (coord.), 2010 — *Les résultats nationaux du programme STOC de 1989 à 2009.* — Paris : MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, disponible en ligne sur : http://www2. mnhn. fr/vigie-nature

JOLLET A., 1956 — Évolution du paysage rural du département de la Vienne de 1830 à nos jours. — *Revue Norois*, vol. 11, pp. 305-316.

JOURDE P. (coord.), à paraître — *Liste rouge des oiseaux nicheurs du Poitou-Charentes.* — Poitiers : POITOU-CHARENTES NATURE.

KLEIJN D., BERENDSE F., SMIT R. & GILLISSEN N., 2001 — Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. — *Nature, letters to Nature*, n° 413, pp. 723-725.

KLEIJN D. & SUTHERLAND W. J., 2003 — How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? — *Journal of Applied Ecology*, n° 40, pp. 947-969.

KREBS J. R., WILSON J. D., BRADBURY R. B. & SIRIWARDENA G. M., 1999 — The second Silent Spring? — *Nature*, n° 400, pp. 611-612.

KUHFUSS L., JACQUET F., PREGET R. & THOYER S., 2012 — Le dispositif des MAEt pour l'enjeu eau : une fausse bonne idée ? — *Revue d'Études en Agriculture et Environnement*, vol. 93, issue 4, pp. 395-422.

LAURSEN K., 1981— Birds on roadside verges and the effects of mowing on frequency and distribution. — *Biological conservation*, n° 20, pp. 59-68.

MACLAUGHLIN A. & MINEAU P., 1995 — The impact of agricultural practices on biodiversity. — *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 55, issue 3, pp. 201-212.

MARTÍNEZ C., 1994 — Habitat selection by the Little Bustard *Tetrax tetrax* in cultivated areas of central Spain. — *Biological conservation*, n° 67, pp. 125-128.

MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 2011 — *Deuxième Plan National d'Actions en faveur de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) 2011-2015.* — Paris : Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature. — 140 p.

MORALES M. B., TRABA J., CARRILES E., DELGADO M. P. & GARCIA DE LA MORENA E. L., 2008 — Sexual differences in microhabitat selection of breeding Little Bustard *Tetrax tetrax*: ecological segregation based on vegetation structure. — *Acta oecologica*, n° 34, pp. 345-353.

MOREBY S. J., AEBISCHER N. J., SOUTHWAY S. E. & SOTHERTON N. W., 1994 — A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in Southern England. — *Annals of Applied Biology*, vol. 125, issue 1, pp. 13-27.

NEUMANN H., BISSCHOP-LARSEN L., LOGES R. & TAUBE F., 2006 — Impact of organic agriculture on diversity and abundance of farmland birds in an arable landscape with hedges. — disponible sur http://orgprints.org/7469

PAPOT D. (coord.) & VENTROUX J., 2002 — *Inventaire des populations d'oiseaux bio-indicateurs des plaines de la Vienne.* — Poitiers : LPO VIENNE — 35 p.

PITIÉ J., 1982 — L'évolution agricole en Poitou-Charentes dans le dernier demi-siècle. — *Revue Norois,* vol. 113, pp. 141-154.

POIREL C., 2014 — Les effets d'un aménagement foncier sur l'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* : le cas de Saint-Jean-de-Sauves. — *L'Outarde,* n° 50, pp. 15-24.

POULSEN J. G., SOTHERTON N. & AEBISCHER N. J., 1998 — Comparating nesting and feeding ecology of skylarks *Alauda arvensis* on arable farmland in southern England with special reference to set-aside. — *Journal of Applied Ecology* n° 35, pp. 133-139.

RANDS M. R. W., 1986 — The survival of gamebird (Galliformes) chicks in relation to pesticide use on cereals. — *IBIS,* n° 128, pp. 57-64.

SALAMOLARD M., 1999 — Outarde canepetière. — Dans : *Livre rouge des oiseaux nicheurs du Poitou-Charentes.* / RIGAUD T. & GRANGER M. (coord.) — Poitiers : LPO VIENNE & POITOU-CHARENTES NATURE, pp. 162-163.

SILVA J. P., PINTO M. & PALMEREIM J. M., 2004 — Managing landscapes for the little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. — *Biological Conservation,* n° 117, pp. 521-528.

SIRIWARDENA G. M., BAILLIE S. R., BUCKLAND S. T., FEWSTER R. M., MARCHANT J. H. & WILSON J. D., 1998 — Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common bird census indices. — *Journal of Applied Ecology*, n° 35, pp. 24-43.

SVENSSON L., MULLARNEY K., ZETTERSTROM D. & GRANT P. J., 2000. — *L'album ornitho, tous les oiseaux d'Europe en 4000 dessins.* — Ed. Delachaux et Niestlé, Paris. — 399 p., ISBN 2-60301194-4

TRANCHANT P., 2006 — *Évaluation des incidences de l'aménagement foncier de Saint-Jean-de-Sauves et des travaux connexes sur le site Natura 2000.* — Poitiers : Chambre d'Agriculture de la Vienne — 72 p.

TUCKER G. M. & HEATH M. F., 1994 — *Birds in Europe: their Conservation Status.* — BirdLife Conservation Series, n° 3, Cambridge : Birdlife International.

TUCKER G. M., 1997 — Priorities for bird conservation in Europe: the importance of farmed landscapes. — Dans : *Farming and Birds in Europe.* / PAIN D. J. & PIENKOWSKI M. W. — Londres : Academic press, pp. 79-116.

UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE (comité français) & MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2011. — *La Liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre : Oiseaux de France métropolitaine.* — Paris. — 28 p.

VOISIN S. *et al.,* 1991 — Étude pour la conservation de l'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en région Île-de-France. — GEPANA, document non publié.

WAKENHAM-DAWSON A., SZOSZKIEWICZ K, STERN K. & AEBISCHER N. J., 1998 — Breeding Skylarks *Alauda arvensis* on Environmentally Sensitive Area arable reversion grass on Southern England: survey based and experimental determination of density. — *Journal of Applied Ecology*, n° 35, pp. 635-648.

WOLFF A., PAUL J.- P., MARTIN J.- L. & BRETAGNOLLE V., 2001. — The benefits of extensive agriculture to birds: the case of the little bustard. — *Journal of Applied Ecology*, n° 38, pp. 963-975.

Sites web consultés

INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL, 2015 — FR5412018 - Plaines du Mirebalais et du Neuvillois — http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR5412018

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DES AFFAIRES RURALES, 2006 — site web de la Région Poitou-Charentes — http://www.observatoire-environnement.org/tbe/Elements-de-diagnostic,1907.html

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENVIRONNEMENT, 2015 — EIDER, Base de données régionale et départementale sur l'environnement, l'énergie, le transport, le logement et la construction — *Occupation du territoire*, CORINE Land Cover, 2006. — http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/Eider/series.do#

PLAN NATIONAL D'ACTIONS OUTARDE CANEPETIÈRE 2011-2015, 2015 — Biologie de l'Outarde canepetière — http://Outarde.lpo.fr/l-Outarde/article/biologie

PLATEFORME OUVERTE DES DONNEES PUBLIQUES FRANÇAISES, 2014 — Registre Parcellaire Graphique 2012 : contours des îlots culturaux et leur groupe de cultures majoritaire des exploitations. — https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-2012-contours-des-ilots-culturaux-et-leur-groupe-de-cultures-majorita/

Contacts

ABRAHAM Christophe — Enseignant chercheur en Statistiques à l'INRA et Montpellier SupAgro, Département Sciences des Agr-Bio-Procédés (SABP)

INRA Centre de recherche de Montpellier
UMR Mathématiques, Informatique et Statistiques pour l'Environnement et l'Agronomie (MISTEA).
2 place Pierre Viala
34 000 Montpellier Cedex 2

Tél : 04 99 61 26 51

christophe.abraham@supagro.inra.fr

GÉGOUT Jean-Claude — Professeur en Écologie Forestière, HDR, AgroParisTech, équipe Écologie Forestière.

LERFoB (Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois)
UMR INRA-AgroParisTech 1092
Équipe Écologie Forestière
Centre AGROPARISTECH site de Nancy
14 rue Girardet
54 042 Nancy cedex

Tél : 03 83 39 68 84

jean-claude.gegout@agroparistech.fr

VILLERS Alexandre — Chargé de mission pour le Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres, coordinateur du projet infrastructures.

Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres
48 rue Rouget de Lisle
79 000 Niort

Tél : 07 83 27 18 23

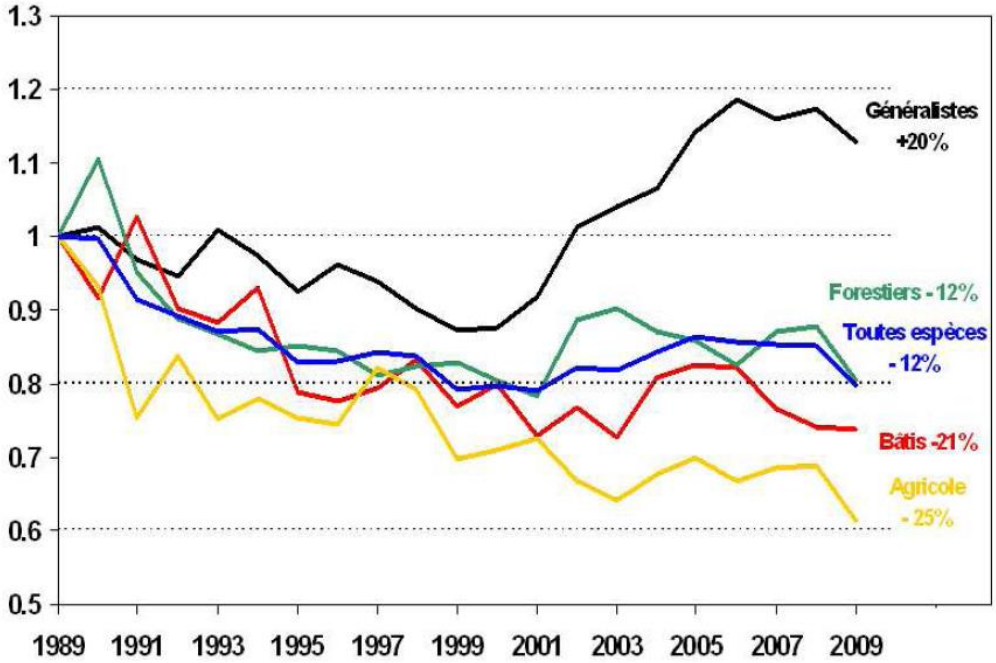
alexandre@ornitho79.org

Annexes

Annexes

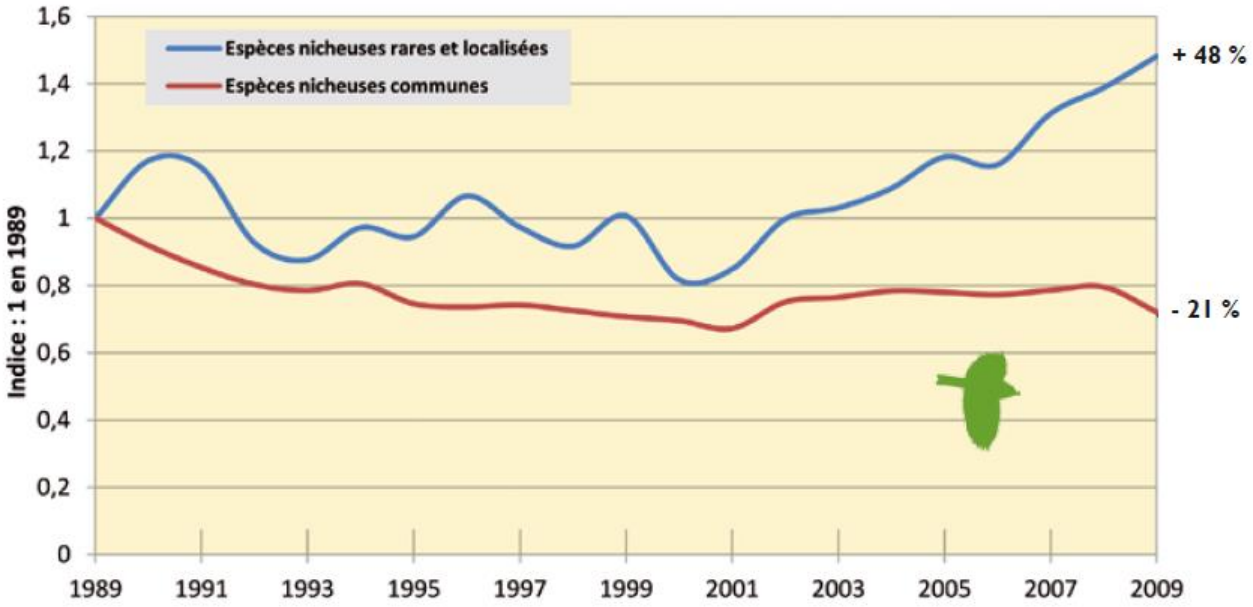
Annexe 1 : évolution des effectifs de différents groupes d'oiseaux en France entre 1989 et 2009..... 62
Annexe 2 : Evolution parallèle des populations d'espèces d'oiseaux rares et menacés et d'espèces communes entre 1989 et 2009 en France 62
Annexe 3 : L'ancienne plaine agricole dans le Mirebalais-Neuvillois (commune de Cuhon, années 60 ?)..... 63
Annexe 4 : Distributions des effectifs d'Alouette des champs (en haut), de Bruant proyer (au centre) et distribution de la richesse spécifique (en bas). (données 2013 à 2015) 64
Annexe 5 : Evolution des effectifs des espèces de plaine détectées durant les enquêtes de terrain de 2012 à 2015. 65
Annexe 6 : Détection des espèces de plaine en fonction de l'heure de prospection par rapport à l'heure solaire. 66
Annexe 7 : Modèle explicatif de la répartition des mâles chanteurs d'Outarde canepetière : sortie R et résidus du modèle 68
Annexe 8 : Modèle explicatif de la répartition de l'Alouette des champs : coefficients et résidus du modèle 69
Annexe 9 : Modèle explicatif de la répartition du Bruant proyer : coefficients et résidus du modèle..... 70
Annexe 10 : Modèle explicatif de la richesse spécifique en oiseaux de plaine : coefficients et résidus du modèle..... 71
Annexe 11 : distribution des distances de détection des mâles chanteurs d'Outarde canepetière..... 72
Annexe 12 : Comparaison des résultats du suivi par points d'écoute et du suivi systématique 73
Annexe 13 : Evolution de la détection des mâles chanteurs et des femelles d'Outarde canepetière en fonction de la semaine de prospection (suivi systématique). 73
Annexe 14 : Localisation comparée des mâles chanteurs en 2015 et des boisements et du bâti sur la zone d'étude..... 74
Annexe 15 : Exemple de feuille de terrain utilisée lors de l'enquête par points d'écoute en 2015. 75
Annexe 16 : Tableau récapitulatif des variables et covariables introduites dans les modèles de distribution de l'Alouette des champs, du Bruant proyer et de la richesse spécifique. 76

Annexe 1 : évolution des effectifs de différents groupes d'oiseaux en France entre 1989 et 2009



(extrait de Jiguet (coord.), 2010, Résultat de l'indicateur STOC de 1989 à 2009).

Annexe 2 : Evolution parallèle des populations d'espèces d'oiseaux rares et menacés et d'espèces communes entre 1989 et 2009 en France

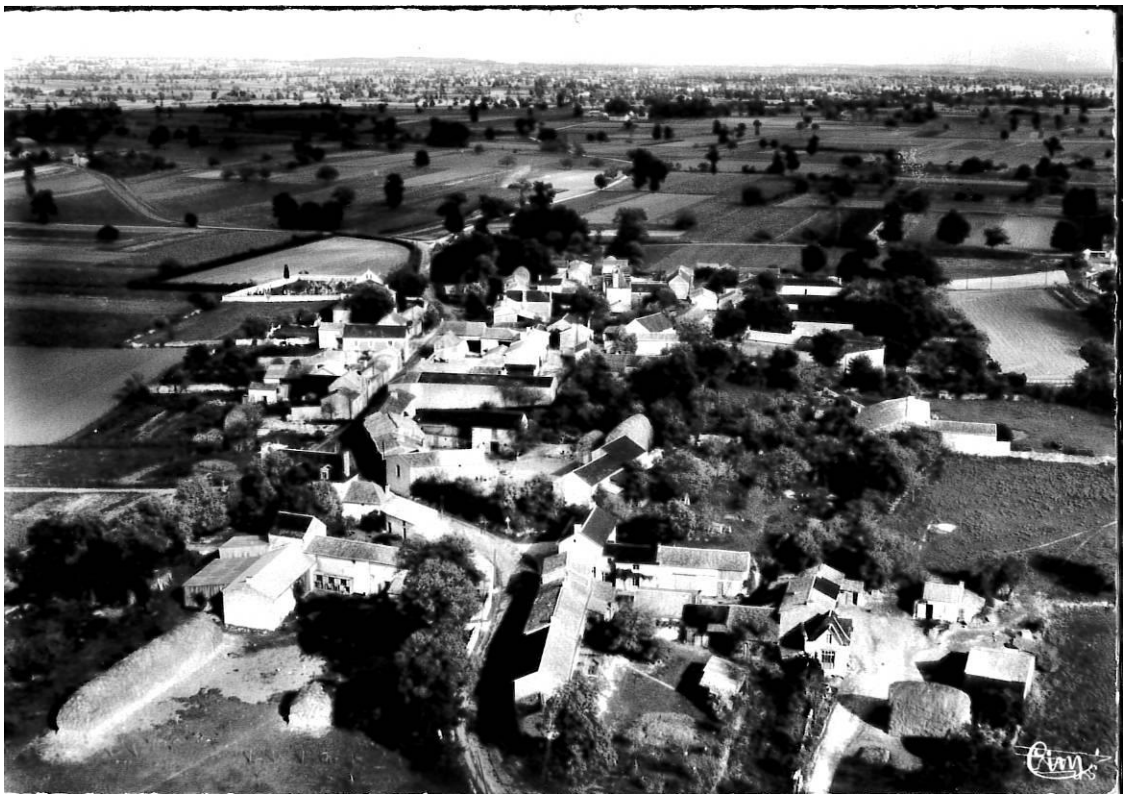


(extrait de Dupuis *et al.*, 2011)

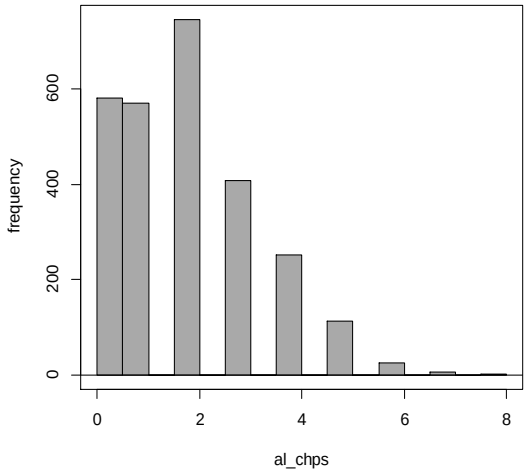
Espèces nicheuses rares et localisées : N=104

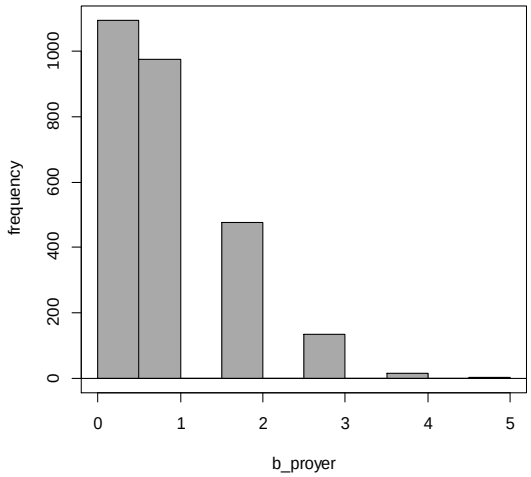
Espèces nicheuses communes : N=130

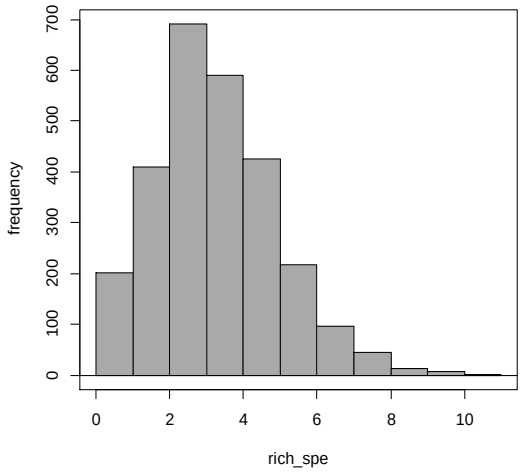
Annexe 3 : L'ancienne plaine agricole dans le Mirebalais-Neuvillois (commune de Cuhon, années 1960 ?)



Annexe 4 : Distributions des effectifs d'Alouette des champs (en haut), de Bruant proyer (au centre) et distribution de la richesse spécifique (en bas). (données 2013 à 2015)

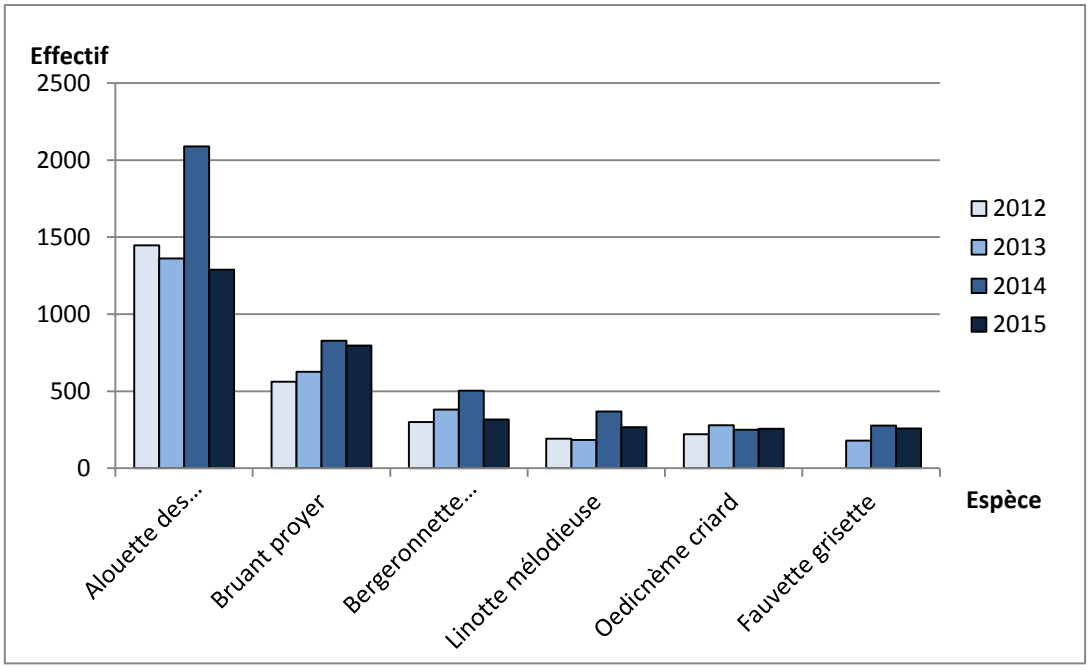


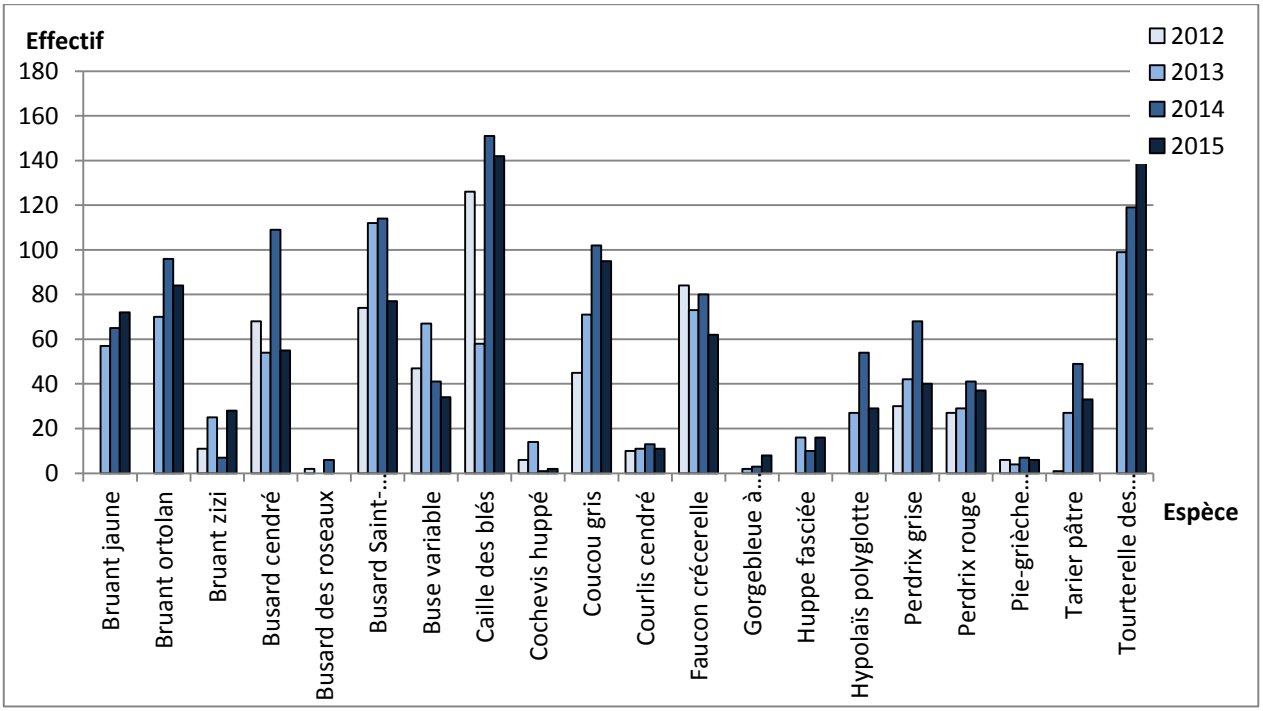




Annexe 5 : Evolution des effectifs des espèces de plaine détectées durant les enquêtes de terrain de 2012 à 2015.

Sont présentées toutes les espèces qui ont été prises en compte dans le calcul de la richesse spécifique : espèces les plus communément rencontrées (en haut), autres espèces (en bas). Note au lecteur : pour certaines espèces les données de 2012 ne sont pas représentées car toutes les espèces n'ont pas été notées de manière systématique durant la première année d'application du protocole Outarde aux autres espèces.





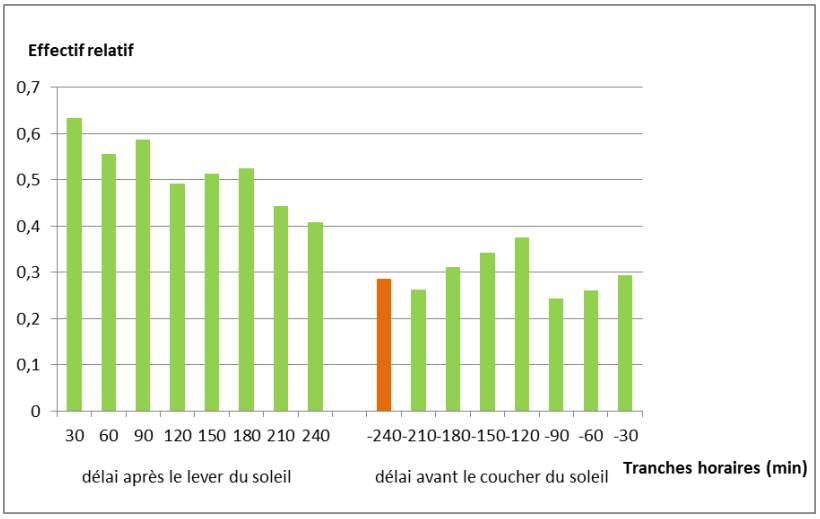
La plupart montrent des effectifs à la hausse pour l'année 2014, dans la suite de 2013. Au contraire, les effectifs de 2015 sont souvent inférieurs, sauf pour la tourterelle des bois, le bruant jaune et le bruant zizi.

Annexe 6 : Détection des espèces de plaine en fonction de l'heure de prospection par rapport à l'heure solaire.

Nous présentons ici quelques exemples supplémentaires de profil de détection au cours des heures de prospection. Les tranches horaires correspondent à des délais en minutes par rapport au lever ou au coucher du soleil. Les effectifs ont été rapportés au nombre de points d'écoute effectués dans la tranche horaire correspondante.

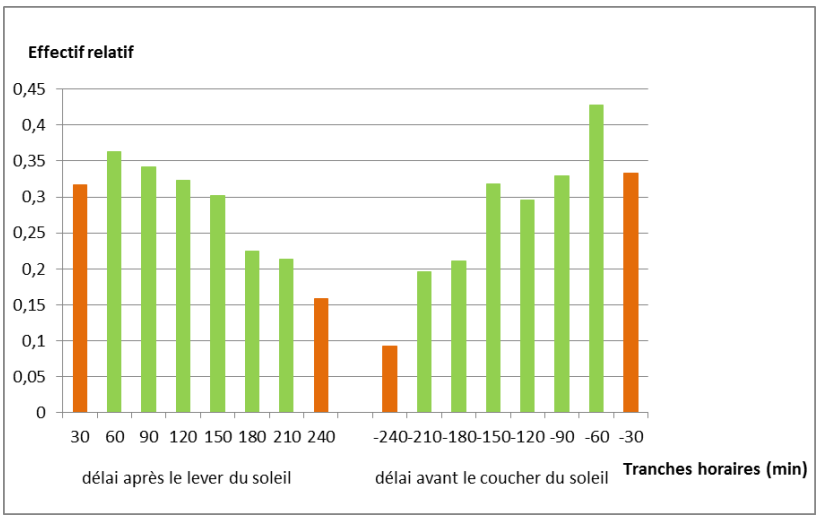
Les tranches horaires pour lesquelles les effectifs réels observés sont inférieurs à 30 sont à observer avec précaution (en orange sur les figures). Les tranches horaires pour lesquelles les effectifs sont très supérieurs à 30 sont considérés fiables (en vert sur les figures). Les espèces dont les effectifs observés au cours de l'étude étaient vraiment très faibles (inférieurs à 10) n'ont pas pu être analysées (cas du Bruant zizi, Cochevis huppé, Courlis cendré, Gorgebleue à miroir, Pie-Grièche écorcheur, Pipit des arbres et Tarier pâtre).

Sur certaines espèces, on observe des tendances nettes. La Bergeronnette printanière (figure ci-dessous), le Coucou gris et la Caille des blés sont de moins en moins observés au cours de la matinée. Dans l'après-midi ces espèces sont observées de manière assez constante.



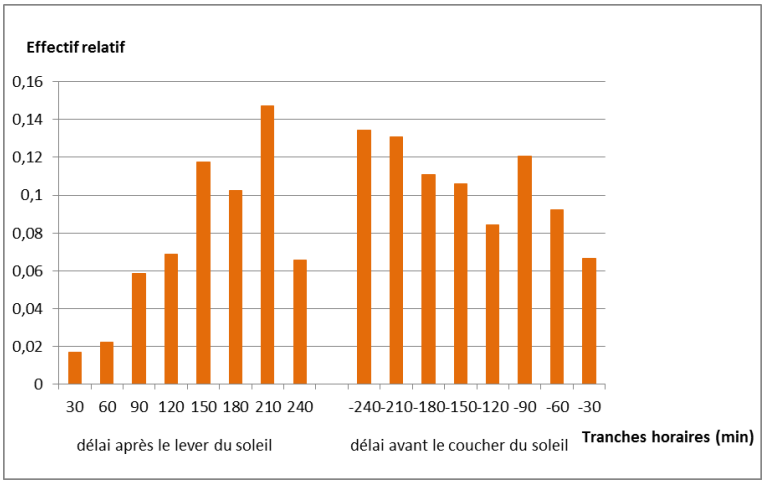
Distribution des effectifs détectés de Bergeronnette printanière selon l'heure de prospection.

L'Œdicnème criard présente (figure ci-dessous) à la fois une tendance de détection décroissante dans la matinée et croissante dans la soirée, de même pour le Bruant ortolan bien que ces effectifs soient peut-être insuffisants pour présenter des résultats fiables.



Distribution des effectifs détectés d'Oedicnème criard selon l'heure de prospection.

Le Faucon crécerelle (figure ci-dessous) présente un pic d'observation en milieu de journée. Le Busard cendré et le busard Saint-Martin ont des effectifs assez fluctuants mais la tendance paraît similaire au Faucon crécerelle. Quant à la Buse variable, les effectifs relevés sont un peu faibles mais semblent indiquer plus d'observations à la mi-journée.



Distribution des effectifs détectés de Faucon crécerelle selon l'heure de prospection.

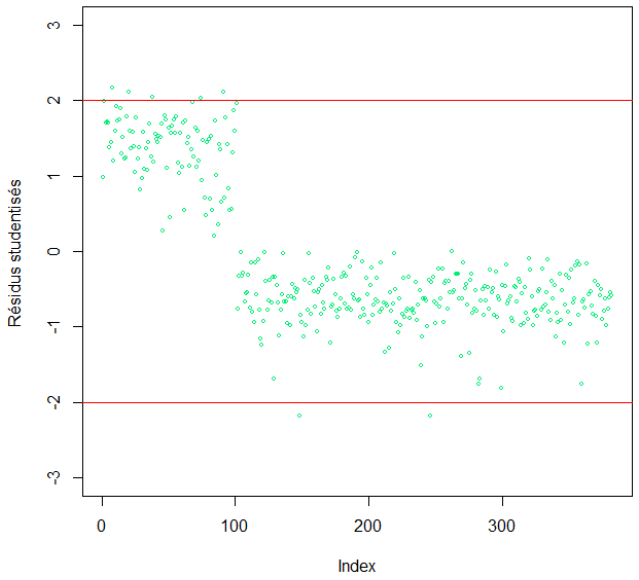
Pour ce qui est des rapaces la détection paraît meilleure en milieu de journée puisqu'on observe les valeurs les plus élevées de détection en fin de matinée et en début de soirée. Ces résultats sont logiques car les observations de rapaces correspondent le plus souvent à des individus en vol et les rapaces volent préférentiellement lorsque l'air est chaud pour une meilleure portance et donc une économie d'énergie.

Annexe 7 : Modèle explicatif de la répartition des mâles chanteurs d'Outarde canepetière : sortie R et résidus du modèle

```
> dataOC$modalite <- relevel(dataOC$modalite, ref="temoin")

> GLM.10 <- glm(modalite ~ ha_MAE + voisin_proche + ha_bati + dist_bois,
+   family=binomial(logit), data=dataOC)

> summary(GLM.10)

Call:
glm(formula = modalite ~ ha_MAE + voisin_proche + ha_bati + dist_bois,
    family = binomial(logit), data = dataOC)

Deviance Residuals:
   Min      1Q  Median      3Q     Max
-2.1375  -0.7646  -0.4996   0.5212   2.0974
```

Variable	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	
(Intercept)	-1.4035	0.1717	-8.174	2.97e-16	***
ha_MAE	0.7738	0.1412	5.481	4.22e-08	***
voisin_proche	-0.5716	0.1852	-3.087	0.00202	**
ha_bati	-1.1232	0.3700	-3.036	0.00240	**
dist_bois	0.2963	0.1287	2.302	0.02132	*

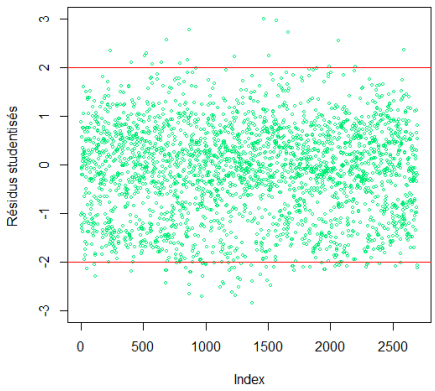
```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 441.29  on 381  degrees of freedom
Residual deviance: 357.81  on 377  degrees of freedom
AIC: 367.81

Number of Fisher Scoring iterations: 6
```



Annexe 8 : Modèle explicatif de la répartition de l'Alouette des champs : coefficients et résidus du modèle

```
> GLM.114 <- glm(al_chps ~ obsvt + poly(tps_soleil, degree = 2, raw = TRUE) +
+   Xbois_tot + bati + haie_total + poly(ligne_elec, degree = 2, raw = TRUE) +
+   total_aibiaa + poly(chemin, degree = 2, raw = TRUE) + Xluzerne,
+   family=poisson(log), data=data)
```

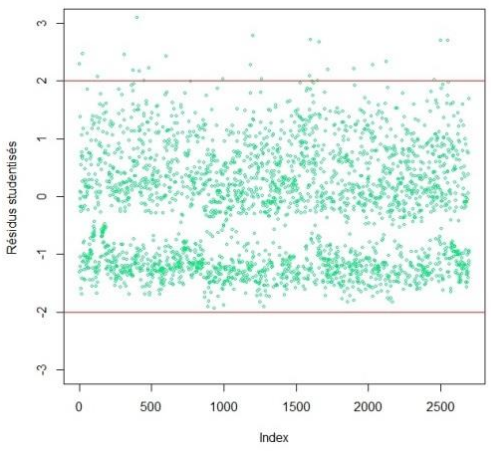
Variable	Coefficient	Std error	Pr(<Z)	p-value	
(Intercept)	0.46541	0.06122	7.603	2.90e-14	***
obsvt[T.Adrien Chaigne]	0.39508	0.15551	2.541	0.011067	*
obsvt[T.B. VAN HECKE]	-0.42724	0.16068	-2.659	0.007838	**
obsvt[T.Caroline POITEVIN]	0.50244	0.05496	9.142	< 2e-16	***
obsvt[T.Cédric Faivre]	-0.16619	0.09014	-1.844	0.065234	.
obsvt[T.Cyrille Poirel]	-0.02183	0.09728	-0.224	0.822424	
obsvt[T.Denis Royer]	-0.25946	0.13645	-1.902	0.057233	.
obsvt[T.Dominique Crozier]	-0.20539	0.15312	-1.341	0.179808	
obsvt[T.Jean Michel Richet]	0.12782	0.06557	1.949	0.051251	.
obsvt[T.Julien Ventroux]	0.44323	0.07074	6.266	3.71e-10	***
obsvt[T.Justin Bonifait]	0.79152	0.05350	14.795	< 2e-16	***
obsvt[T.LECONTE François]	0.47229	0.12961	3.644	0.000269	***
obsvt[T.Maëlle Chanut]	0.21644	0.06330	3.419	0.000628	***
obsvt[T.Simon]	0.32437	0.05689	5.701	1.19e-08	***
obsvt[T.Sylvie MICHEL]	0.06451	0.18219	0.354	0.723282	
obsvt[T.Thomas WILLIAMSON]	-0.19006	0.16052	-1.184	0.236388	
obsvt[T.Yann PICHON]	-0.45271	0.14748	-3.070	0.002144	**
tps_soleil	-0.16982	0.02043	-8.311	< 2e-16	***
(tps_soleil)²	-0.15567	0.03729	-4.174	2.99e-05	***
% bois_tot	-0.22547	0.02104	-10.716	< 2e-16	***
% bati	-0.16526	0.02102	-7.863	3.75e-15	***
haie_total	-0.09803	0.01626	-6.028	1.66e-09	***
ligne_electrique	-0.12273	0.02717	-4.518	6.25e-06	***
(ligne_electrique)²	0.03249	0.01240	2.620	0.008780	**
total_aibiaa[T.oui]	-0.13400	0.03108	-4.311	1.62e-05	***
chemin	0.06195	0.01585	3.908	9.31e-05	***
(chemin)²	-0.03601	0.01270	-2.835	0.004578	**
% luzerne	0.04785	0.01190	4.020	5.83e-05	***



Annexe 9 : Modèle explicatif de la répartition du Bruant proyer : coefficients et résidus du modèle.

```
> GLM.1 <- glm(b_proyer ~ obsvt + Xsemis + Xbois_tot + nb_cult +vent + bati +
+   XMAE_200m + poly( ligne_elec, degree=2, raw=TRUE), family=poisson(log),
+   data=data)
```

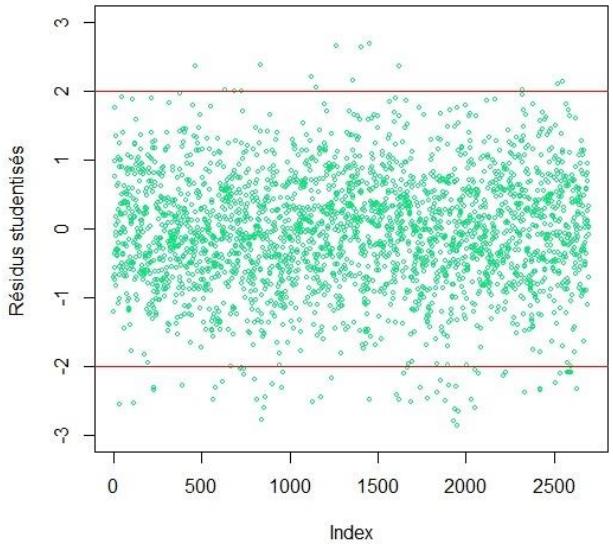
Variable	Coefficient	Std error	Pr(<Z)	p-value	
(Intercept)	0.18712	0.05628	3.325	0.000884	***
obsvt[A. Chaigne]	-0.53548	0.23020	-2.326	0.020008	*
obsvt[B. Van Hecke]	-1.68205	0.38163	-4.408	1.05e-05	***
obsvt[C. Poitevin]	-0.14821	0.07659	-1.935	0.052966	.
obsvt[C. Faivre]	-0.13930	0.10416	-1.337	0.181096	
obsvt[C. Poirel]	-0.15936	0.11996	-1.328	0.184014	
obsvt[D. Royer]	-0.37451	0.17455	-2.146	0.031906	*
obsvt[D. Crozier]	-0.59607	0.20734	-2.875	0.004043	**
obsvt[J. -M. Richet]	-0.15045	0.08260	-1.821	0.068540	.
obsvt[J. Ventroux]	-0.37508	0.11029	-3.401	0.000672	***
obsvt[J. Bonifait]	0.01963	0.07229	0.271	0.786017	
obsvt[F. Leconte]	-0.77229	0.30833	-2.505	0.012254	*
obsvt[M. Chanut]	-0.23310	0.08076	-2.886	0.003896	**
obsvt[S. Galineau]	-0.31433	0.07783	-4.038	5.38e-05	***
obsvt[S. Michel]	-0.59931	0.29397	-2.039	0.041482	*
obsvt[T.Williamson]	-0.38625	0.19081	-2.024	0.042943	*
obsvt[Y. Pichon]	-0.98064	0.18724	-5.237	1.63e-07	***
% semis	-0.18579	0.02445	-7.598	3.01e-14	***
% boisement	-0.16689	0.02700	-6.181	6.36e-10	***
nombre de cultures	0.09583	0.02124	4.511	6.44e-06	***
vent[T.1]	-0.18438	0.04572	-4.033	5.50e-05	***
vent[T.2]	-0.45982	0.09417	-4.883	1.05e-06	***
% bâti	-0.11076	0.02459	-4.503	6.69e-06	***
% MAE	0.06663	0.01739	3.831	0.000128	***
lignes électriques	0.17568	0.03642	4.824	1.41e-06	***
(lignes électriques)²	-0.06124	0.01788	-3.424	0.000617	***



Annexe 10 : Modèle explicatif de la richesse spécifique en oiseaux de plaine : coefficients et résidus du modèle

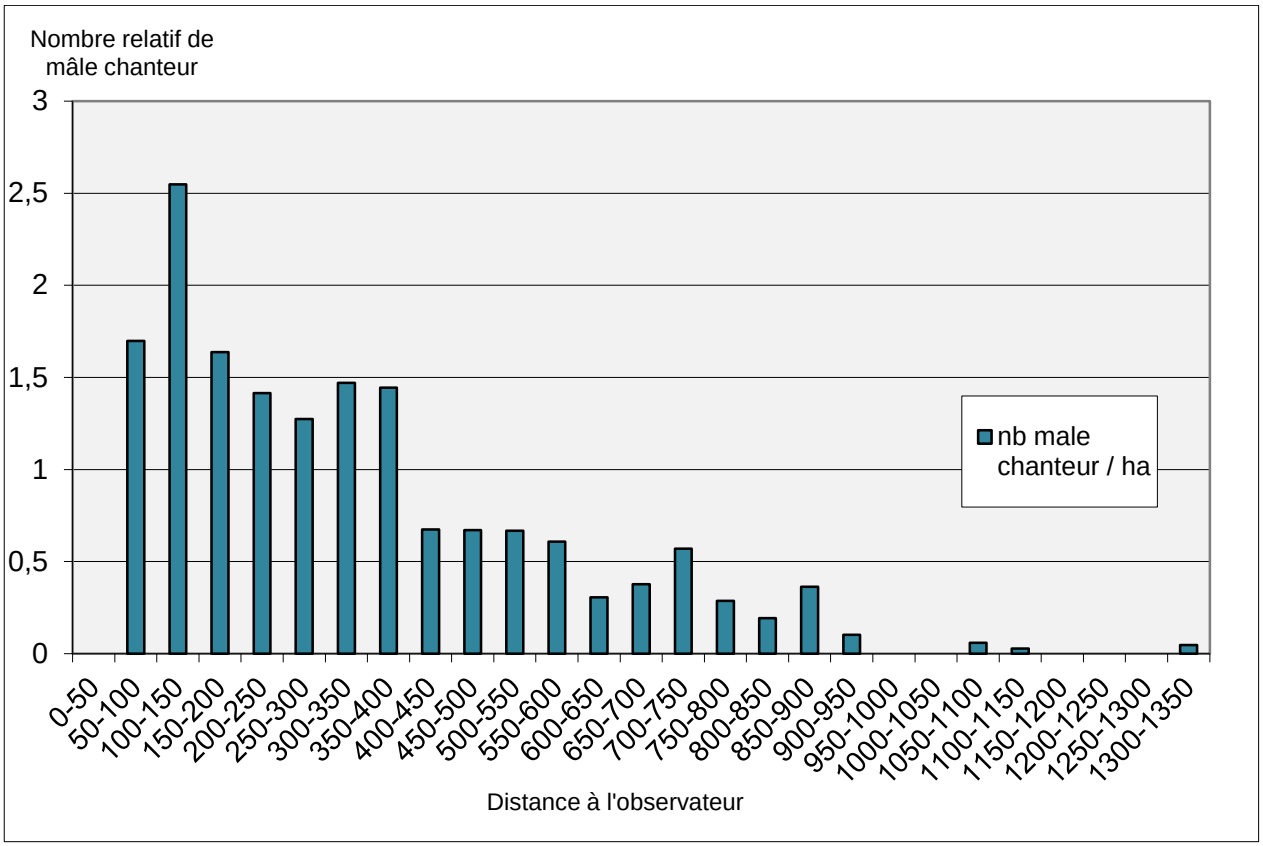
```
> GLM.107 <- glm(rich_spe ~ obsvt + bati + nb_cult + poly(tps_soleil, degree
+   = 2, raw = TRUE) +Xbois_tot, family=poisson(log), data=data)
```

Variable	Coefficient	Std. Error	Pr(<Z)	p-value	
(Intercept)	1.015910	0.040687	24.969	< 2e-16	***
obsvt[T.Adrien Chaigne]	-0.010310	0.111315	-0.093	0.926202	
obsvt[T.B. VAN HECKE]	-0.568097	0.129693	-4.380	1.19e-05	***
obsvt[T.Caroline POITEVIN]	0.242623	0.040452	5.998	2.00e-09	***
obsvt[T.Cédric Faivre]	0.152362	0.054840	2.778	0.005464	**
obsvt[T.Cyrille Poirel]	0.163777	0.062828	2.607	0.009140	**
obsvt[T.Denis Royer]	-0.153908	0.095060	-1.619	0.105433	
obsvt[T.Dominique Crozier]	0.140474	0.093396	1.504	0.132566	
obsvt[T.Jean Michel Richet]	0.438783	0.040678	10.787	< 2e-16	***
obsvt[T.Julien Ventroux]	0.132520	0.054600	2.427	0.015220	*
obsvt[T.Justin Bonifait]	0.077123	0.042496	1.815	0.069552	.
obsvt[T.LECONTE François]	-0.154015	0.131794	-1.169	0.242561	
obsvt[T.Maëlle Chanut]	0.120675	0.043313	2.786	0.005335	**
obsvt[T.Simon]	0.009029	0.042203	0.214	0.830597	
obsvt[T.Sylvie MICHEL]	-0.151230	0.136942	-1.104	0.269445	
obsvt[T.Thomas WILLIAMSON]	-0.056589	0.097109	-0.583	0.560068	
obsvt[T.Yann PICHON]	-0.314260	0.085545	-3.674	0.000239	***
% bâti	-0.075918	0.012366	-6.139	8.29e-10	***
nombre de culture	0.056142	0.010832	5.183	2.18e-07	***
temps_soleil	-0.089164	0.015060	-5.921	3.20e-09	***
(temps_soleil)²	0.068780	0.026686	2.577	0.009956	**
% boisement	-0.040166	0.011249	-3.571	0.000356	***

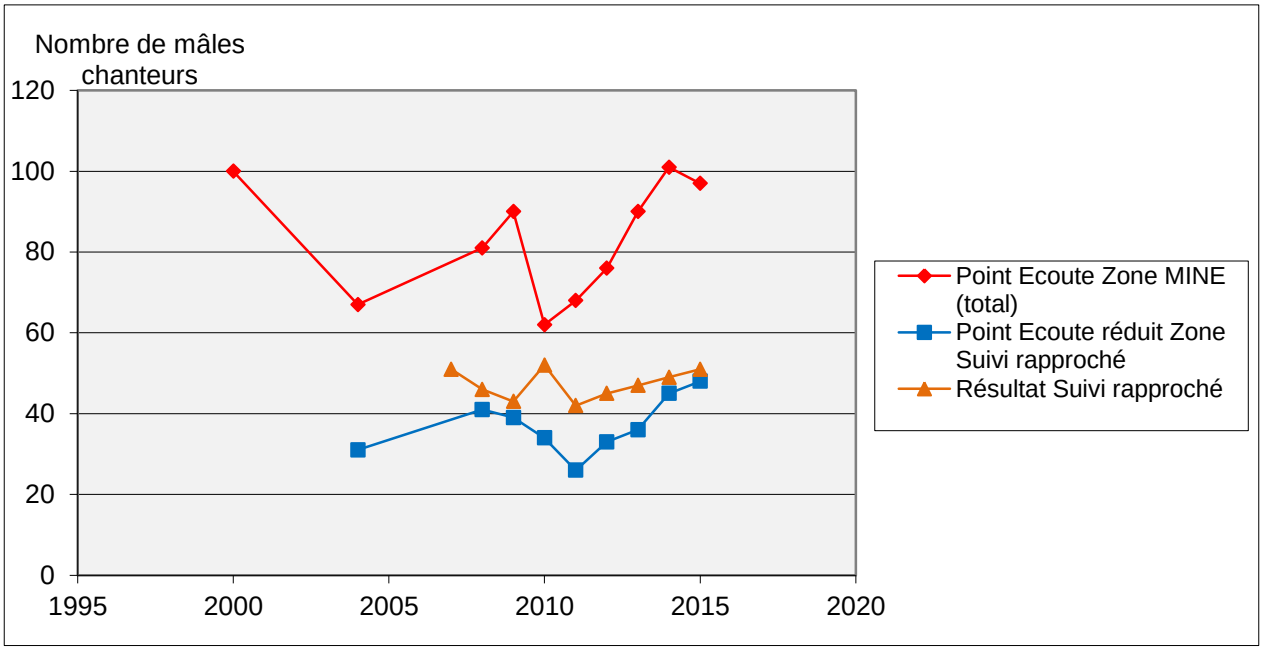


Annexe 11 : distribution des distances de détection des mâles chanteurs d'Outarde canepetière

Le nombre d'Outarde distribué en fonction des distances de détection par rapport à l'observateur a été répertorié par la LPO Vienne (à partir des données 2015) afin de tester l'efficacité du protocole sur la zone prospectée lors de l'enquête point d'écoute. Le nombre d'Outarde est rapporté à l'aire de la tranche circulaire formée par l'intervalle de distances correspondantes, afin d'obtenir des effectifs relatifs comparables.



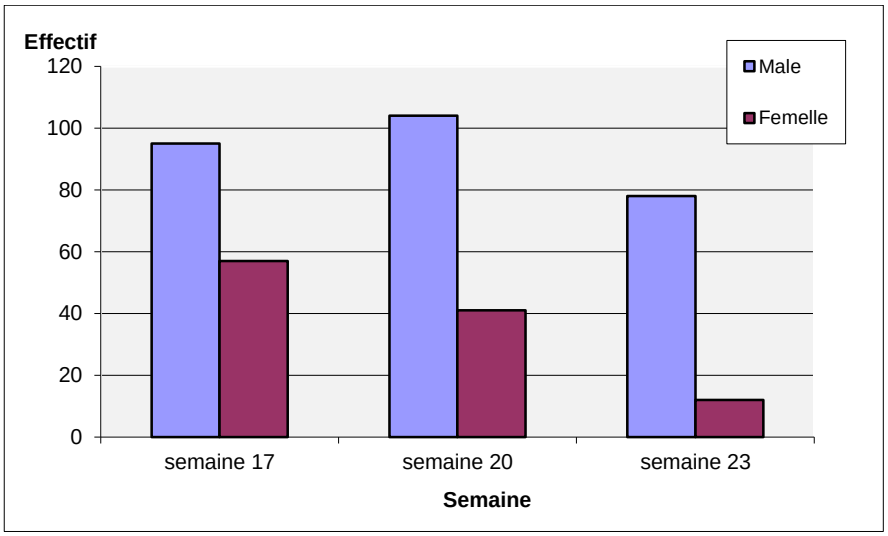
Annexe 12 : Comparaison des résultats du suivi par points d'écoute et du suivi systématique



Evolution du nombre de mâles chanteurs détectés lors de l'enquête annuelle par point d'écoute (en rouge), comparée avec les résultats du suivi systématique annuel (en bleu). Le suivi systématique est réalisé sur un territoire plus restreint que la zone MAE. La comparaison doit donc être faite par rapport au nombre de mâles chanteurs détectés sur ce territoire uniquement (courbes orange et bleue)

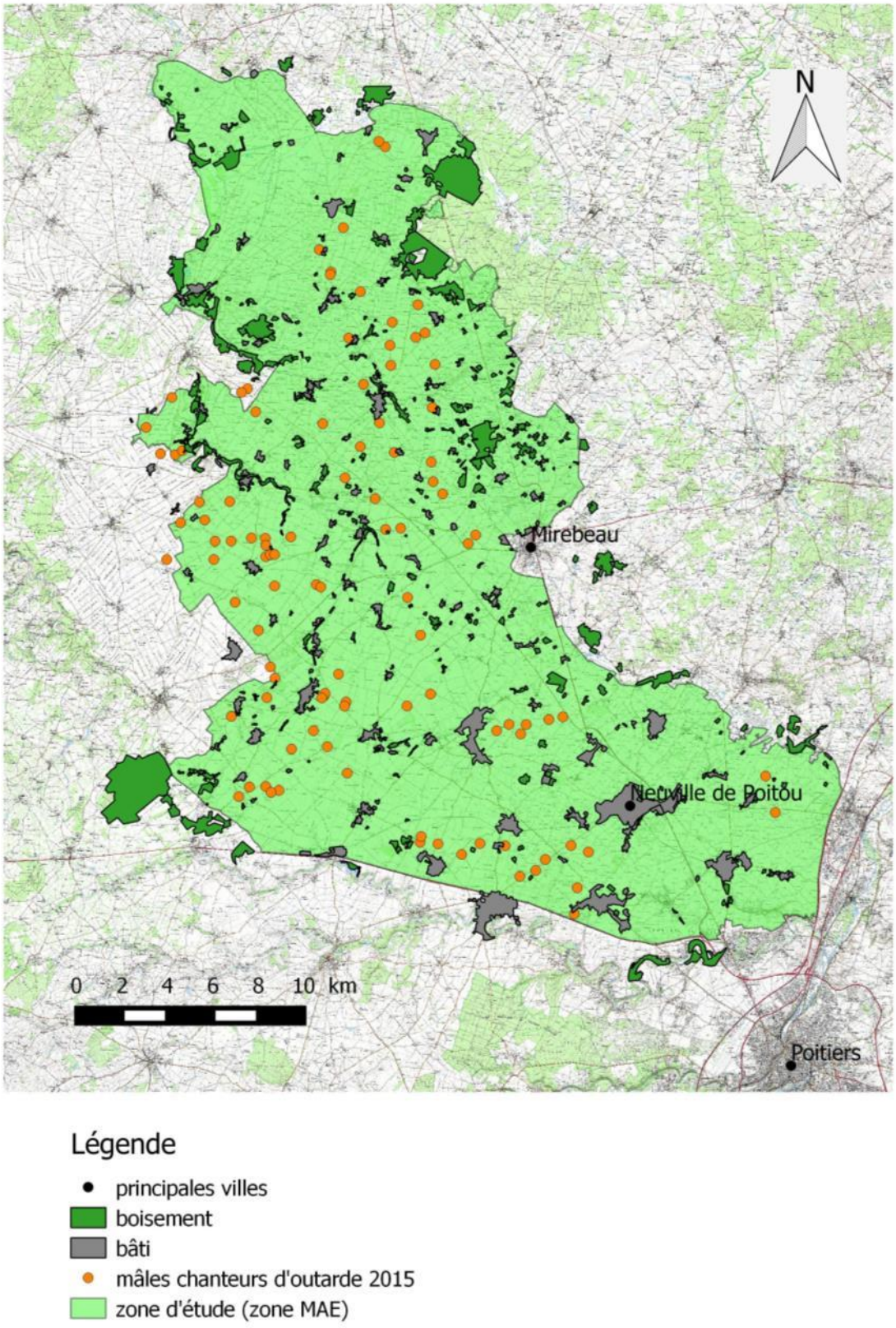
On observe que l'efficacité du suivi par point d'écoute varie entre 60 et 90 % selon les années.

Annexe 13 : Evolution de la détection des mâles chanteurs et des femelles d'Outarde canepetière en fonction de la semaine de prospection (suivi systématique).



On constate que pour les femelles, la détectabilité décroît rapidement au cours du temps car elles entrent en nidification et sont très difficiles à observer. En fin d'enquête la détectabilité des mâles baisse. En effet, ils chantent moins car la plupart des femelles ont été fécondées.

Annexe 14 : Localisation comparée des mâles chanteurs en 2015 et des boisements et du bâti sur la zone d'étude



Annexe 15 : Exemple de feuille de terrain utilisée lors de l'enquête par points d'écoute en 2015.

Enquête Outarde / Ortolan 2015 — 2/5

DEPARTEMENT : Vienne — COMMUNE : Chouppes — OBSERVATEUR : Maëlle C — ENQUETE OISEAUX PLAINE 2015

		5376	5416	5375	5388	5385	5386	5381	5395	5399	5373
N° point obs.		5376	5416	5375	5388	5385	5386	5381	5395	5399	5373
Date		28/05	28/05	28/05	28/05	29/05	29/05	29/05	29/05	29/05	29/05
Heure		20h20	20h45	21h07	21h30	6h35	6h55	7h14	7h32	7h52	8h20
Vent (0=nul, 1=moyen, 2=fort) / Pluie (0=absence, 1=légère, 2 = forte)		1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
Milieu Estimer le % de chaque milieu ~200m autour du point. Le total doit faire 100%.	Luzernière	10					20				
	Prairie (graminées et/ou légumineuses)		25 élevage	40 élevage	5		10	25		15	30
	Jachère (Friche, repousse, couverts spontanés)										25
	Colza			10		75	25	12	5		30
	Blé / Orge	40	45	30	35	25	25	38	45	40	15
	Semis : Tournesol / Maïs	20 T	25 M	10 M			15 T	15 M		45 T+M	
	Autre (peupleraie, lin, melon, vigne, bâti, boisement, culture indéterminée) : précisez !	30 terre nue	5 bois peupl	10 peupl	60 bâti		5 vigne	10 sol nu	50 pois		
Eléments du paysage indiquer le nombre ou le linéaire ~200m autour du point d'écoute.	Route (linéaire en m)	0	0	0	600	0	400	800	0	0	600
	Chemin (linéaire en m)	400	400	300	200	600	200	200	400	400	200
	Ligne électrique (linéaire en m)	0	0	400	400	150	0	0	0	0	0
	Arbres isolés (nb)	1	0	0	0	1	6	4	3	4	1
	Haie < 2m de haut (linéaire en m) Préciser si arbres de haut jet : oui/non	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	Haie > 2m de haut (linéaire en m) Préciser si arbres de haut jet : oui/non	0	20	100	0	0	0	700	800 non discontinue	0	100 non
	Alignement d'arbres (linéaire en m)	0	50 peupl	0	0	0	0	0	0	15	0
	Buisson isolé (nb)	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1
Indiquer si possible l'effectif et le sexe	Mâle Outarde : Attribuer à chaque mâle d'Outarde une lettre majuscule à reporter précisément sur la carte.	(B)				(C)	(C) Bin chant		entendu 1 fois	(D) (E)	(E)
	Comportement(s) du mâle (chant (= C), parade sautée (SA), Envol (E), vol (V), vol d'escorte (VE)	C				entendu comme si loin et discontinu	entendu discontinu		dans T, P, M comme	C / C	
	Milieu mâle P (Prairie), L (luzerne), J (jachère), T (Tournesol), M (Maïs), Autre (préciser)	T							dans T-B coin de route	P/T / Bi Be loin	repasse
	Femelle Outarde (indiquer nombre, comportement et milieu)										[illegible]
	Bruant ortolan (1)					(vent?)	(3) arbre isolé ou verger	(3)	(4) arbre isolé	(5) plateau isolé	
	Alouette des champs	IIII				II	III	II	I	II	II
	Bruant proyer					III		I	III	I	I
	Fauvette grisette		I	I		II		III	II		
	Bergeronnette printanière		I				I		I		
	Linotte mélodieuse							I			
	Œdicnème criard										
	Busard cendré										
	Busard St-Martin	♂		coucou II	2 martinets						
	Caille des blés				FTN						
	Bruant jaune		II	merles II I	ramier II		I	I			
	Lièvre d'Europe								I	III	
	Autre (Courlis cendré, Perdrix grise, Perdrix rouge Hypolais polyglotte, Tarier pâtre, Bruant zizi, Cochevis huppé, Gorgebleue, Huppe fasciée, Coucou, Loriot, Faucon crécerelle Pie-grièche écorcheur, pipit des arbres, buse...) (Précisez)	merle TT moineaux FTN	pinson merle II gobe FTN	aers b zizi étourneau pinson hyp	PQN TT merle II coucou Tbois	merle II aers Tbois pinson 4 ramiers 4 TT	merle FTN	aers merle FTN hp ♂ coucou	aers étourneau	corneille □ courlis II	courlis corneille pinson ♂ aers FTN hyp

Annexe 16 : Tableau récapitulatif des variables et covariables introduites dans les modèles de distribution de l'Alouette des champs, du Bruant proyer et de la richesse spécifique.

NB : les covariables sont indiquées par l'abbréviation [cov] et les facteurs de référence pour les variables quantitatives sont indiqués par [ref].

Code variable	Définition	Type variable	Unité /facteurs
Xble_orge Xcolza Xsemis Xluzerne Xprairie Xjachere Xpois Xmelon Xvigne	nombre d'hectares de la culture par rapport au nombre d'hectares de la zone tampon (r=200m, A= 12,57 ha)	quantitatif	%
Xherb_PJL	pourcentage du nombre d'hectares de prairie + jachère + luzerne dans la zone tampon	quantitatif	%
nb_cult	nombre de cultures différentes observées sur la zone tampon	quantitatif	NB
XMAE_200m	pourcentage du nombre d'hectares en MAE dans la zone tampon	quantitatif	%
Xbois_tot	pourcentage de boisement (comprenant les peupleraies)	quantitatif	%
haie_total	linéaire de haies toutes hauteurs confondues	quantitatif	mètre
total_aibiaa	présence d'arbre isolé et/ou buisson isolé et/ou alignement d'arbres	qualitatif, 2 facteurs	oui, non[ref]
bati	pourcentage de bâti dans la zone tampon	quantitatif	%
route	linéaire de route dans la zone tampon	quantitatif	mètre
chemin	linéaire de chemin dans la zone tampon	quantitatif	mètre
ligne_elec	linéaire de ligne électrique dans la zone tampon	quantitatif	mètre
obsvt [COV]	observateur	qualitatif, 17 facteurs	
vent [COV]	force du vent, évaluée sur le terrain par l'observateur	qualitatif, 3 facteurs	0 [ref],1,2
annee [COV]	année	qualitatif, 3 facteurs	2013 [ref], 2014, 2015
tps_soleil [COV]	délai en minute entre le relevé et le lever du soleil	quantitatif	min
matin_aprem [COV]	relevé effectué le matin ou bien l'après-midi	qualitatif, 2 facteurs	matin, aprem [ref]