



**HAL**  
open science

## **Comment les mâles d'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* sélectionnent-ils leur place de chant ? Une analyse conjointe des facteurs paysagers et sociaux**

Régis Ouvrard, Olivier Martin, Cyrille Poirel, Vincent Bretagnolle

### ► To cite this version:

Régis Ouvrard, Olivier Martin, Cyrille Poirel, Vincent Bretagnolle. Comment les mâles d'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* sélectionnent-ils leur place de chant ? Une analyse conjointe des facteurs paysagers et sociaux. *L'Outarde. La revue naturaliste de la LPO Poitou-Charentes*, 2025, 60, pp.4-13. <hal-05005987>

**HAL Id: hal-05005987**

**<https://hal.science/hal-05005987v1>**

Submitted on 12 Feb 2026

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Copyright - All rights reserved



Outarde canepetière (mâle chanteur).  
Photo : Bernard Liégeois

## Comment les mâles d'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* sélectionnent-ils leur place de chant ?

Une analyse conjointe des facteurs paysagers et sociaux

Régis OUVRARD, Olivier MARTIN, Cyrille POIREL & Vincent BRETAGNOLLE

**A**lors que les efforts de conservation se concentrent généralement sur les espèces, les mesures de gestion visent souvent l'habitat (Sutherland & Hill, 1995). L'utilisation de l'habitat des espèces dont la conservation est préoccupante est donc la pierre angulaire de la plupart des stratégies de conservation axées sur les espèces (Simberloff, 1998). Une bonne compréhension de la sélection d'habitat d'une espèce est donc essentielle dans l'optique d'une gestion d'habitat favorable à celle-ci (Morris, 2003 ; Morrison *et al.*, 2006). La sélection d'habitat est influencée par les paramètres que sont la composition du paysage, la distribution des ressources trophiques et le comportement social, paramètres pouvant l'influer à différentes échelles spatiales. Cette étude s'est concentrée sur la sélection de l'habitat de l'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* sur un territoire du Poitou.

### Introduction

Les récentes mises à jour du statut de conservation de l'Outarde canepetière

(Mañosa & Morales, 2020 ; Bretagnolle *et al.*, 2022b ; Morales & Bretagnolle, 2021) montrent que les deux populations occidentale et orientale présentent des dynamiques divergentes et des différences écologiques, nécessitant des mesures de conservation spécifiques à chaque noyau de population. Les outardes migratrices ont quasiment disparu de l'Europe de l'Ouest (Poirel & Dupuy, 2022), ne subsistant que dans le centre-ouest de la France (Poitou-Charentes, Maine-et-Loire, Indre-et-Loire et Indre). En effet, la population migratrice, qui se situait sur les terres agricoles céréalières du centre-ouest à l'est de la France, était évaluée à 6 800 mâles lors du recensement national de 1978-1979, contre 460 au recensement de 1999-2000, soit un déclin de 94 % en 22 ans et une aire de répartition se limitant aujourd'hui au Poitou-Charentes et aux quelques départements voisins mentionnés ci-dessus (Jolivet & Bretagnolle, 2002 ; Morales & Bretagnolle, 2021). Ce fort déclin est principalement lié aux changements des pratiques agricoles et à l'intensification de l'agriculture, engendrant une

diminution de la ressource alimentaire en invertébrés (criquets), la destruction de nids lors des fauches, une simplification de l'habitat et une disparition des couverts herbacés (Inchausti & Bretagnolle, 2005 ; Bretagnolle *et al.*, 2011). Depuis 2004, une stabilisation de l'effectif de cette population autour de 300-340 mâles est constatée, ceci grâce aux efforts de conservation commencés en 1997 (Berthet *et al.*, 2012) avec le premier programme LIFE (1997-2001), à la désignation de douze Zones de protection spéciale (ZPS) entre 2003 et 2005, et enfin aux différentes mesures agricoles en faveur de l'Outarde canepetière (contrat territorial d'exploitation, contrat agriculture durable, mesures agro-environnementales territorialisées, mesures agro-environnementales et climatiques).

Pour rendre toujours plus efficaces les mesures de conservation, il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur la sélection de l'habitat et la recherche d'éventuels habitats optimaux chez l'outarde, connaissances pouvant être directement transposées dans les cahiers des charges des

mesures agro-environnementales (MAE). De nombreuses études sur l'espèce ont ainsi porté sur la sélection de l'habitat (voir Devoucoux *et al.*, 2018 et Bretagnolle *et al.*, 2022b, pour des revues de synthèse) et ont montré une situation complexe où interagissent des habitats évités (bâti, boisements, routes), des habitats préférés (prairies), des caractéristiques de ces habitats préférés (hauteur de végétation, abondance d'insectes), des effets spatiaux (évitement et attraction dépendant de la distance) et enfin des effets sociaux (agrégation de mâles, distance au plus proche voisin, présence ou non de femelles). Cependant, il n'existe aucune étude, à notre connaissance, permettant d'appréhender simultanément ces différents facteurs, notamment à différentes échelles spatiales. L'étude la plus complète demeure celle de Devoucoux *et al.*, 2018, mais celle-ci se déroule dans un contexte très particulier, avec une densité de mâles inégale à ce jour en Europe (50 mâles par km<sup>2</sup>) et sur une population sédentaire.

La présente étude a pour objectif d'analyser la sélection de l'habitat chez l'outarde dans le milieu céréalier du centre-ouest de la France, en distinguant les variables paysagères entre elles (bâti, boisements, prairies, MAE), en incluant les variables sociales (ici, la distance au plus proche voisin), tout en analysant pour ces paramètres paysagers et sociaux les échelles spatiales d'effet. Nous utilisons à ce titre un jeu de données exceptionnel (onze années d'études), et une méthode statistique inédite, qui se base sur l'utilisation des programmes R

*SILand* développés par Carpentier & Martin, 2021. Brièvement, il s'agit de modèles de régression linéaire qui permettent d'estimer simultanément les paramètres locaux (type d'assolement, distance au mâle chanteur le plus proche) et ceux de variables paysagères (bâti, boisements, couvert herbacé) tout en évaluant la distance d'effet de ces dernières pour fournir les distances d'effet optimums. Ainsi, l'outil *SILand* permet d'appréhender simultanément les types de parcelles sélectionnées par le mâle d'Outarde canepetière (via la variable locale sur le type d'assolement), les effets de l'anthropisation et des habitats boisés (bâti, boisements et choix culturels via les variables paysagères) en déterminant les distances d'impact maximal et, enfin, le facteur social lié à la distance au mâle chanteur le plus proche pour cette espèce où la parade des mâles s'organise en leks éclatés. Les perspectives de ce travail sont de contribuer à l'amélioration des politiques d'aménagement du territoire, en aidant à identifier les zones où l'impact pourrait être le plus élevé, ou en déduisant l'effet des infrastructures futures. Il est également envisagé de fournir des lignes directrices pour aider à la mise en œuvre des actions de conservation : contractualisation de MAE, acquisition de parcelles, recherche et protection des nids d'outardes...

Dans cette étude, nous nous limitons à la population d'Outarde canepetière des deux ZPS contiguës des Plaines du Mirebalais et du Neuvilleois et de la Plaine d'Oiron-Thénezay. L'objectif principal est d'éprouver l'outil *SILand* sur cette population homogène

pour étendre l'application, par la suite, à l'ensemble de la population du Centre-Ouest. Un objectif à plus long terme est d'appliquer à cette population de nouveaux outils de modélisation des dynamiques de population (Ouvrard *et al.*, 2019 ; Chhaytle *et al.*, 2023).

Une version plus approfondie de cet article a été publiée dans le journal *Biological Conservation* (Bretagnolle *et al.*, 2024).

## Méthodes

### Population étudiée

La population d'Outarde canepetière en France est répartie entre deux noyaux principaux, avec une écologie et un comportement migratoire qui diffèrent. La population migratrice (300-340 mâles d'après Morales & Bretagnolle, 2021) se concentre sur les terres céréalières intensives du centre-ouest de la France, tandis que la population sédentaire méridionale (2 052-2 194 mâles lors de l'enquête 2020) est localisée du Languedoc à la Provence, et occupe les pelouses sèches méditerranéennes.

La présente étude concerne les derniers individus migrateurs de la population occidentale, qui se reproduisent principalement en Poitou-Charentes, dans l'ouest de la France (Villers *et al.*, 2010 ; Bretagnolle *et al.*, 2011). Le fort déclin qu'a connu cette population dans les années 1980-1990, avec une réduction de 94 % des effectifs et une contraction de la répartition spatiale, semble être enravé grâce aux efforts de conservation (Morales & Bretagnolle, 2021). La Figure 1B montre les zones éligibles aux MAE (entre 2015 et 2022) et les ZPS où se concentre la population migratrice d'Outarde canepetière en Poitou-Charentes.

### Zone d'étude

L'un des objectifs de cette étude est de se concentrer, dans un premier temps, sur une population homogène et représentative. Par conséquent, la zone d'étude, décrite dans la figure 1C, est composée de deux ZPS contiguës (ZPS Plaines du Mirebalais et du Neuvilleois, FR5412018 ; et ZPS Plaine d'Oiron-Thénezay, FR5412014), de l'ensemble des zones éligibles aux MAE à l'intérieur et autour de ces deux ZPS, et d'une zone tampon extérieure de 2 km. Le site étudié s'étend sur 1 074 km<sup>2</sup>, dont 766 km<sup>2</sup> sont éligibles aux MAE, et 530 km<sup>2</sup> sont classés en ZPS (éligibles aux MAE également), le reste de la surface correspondant à la zone tampon extérieure. Ainsi, la population étudiée sur ce site comprend plus d'un tiers de la population migratrice du centre-ouest de la France, soit une moyenne de 125 mâles chanteurs dénombrés par an entre 2008 et 2018.

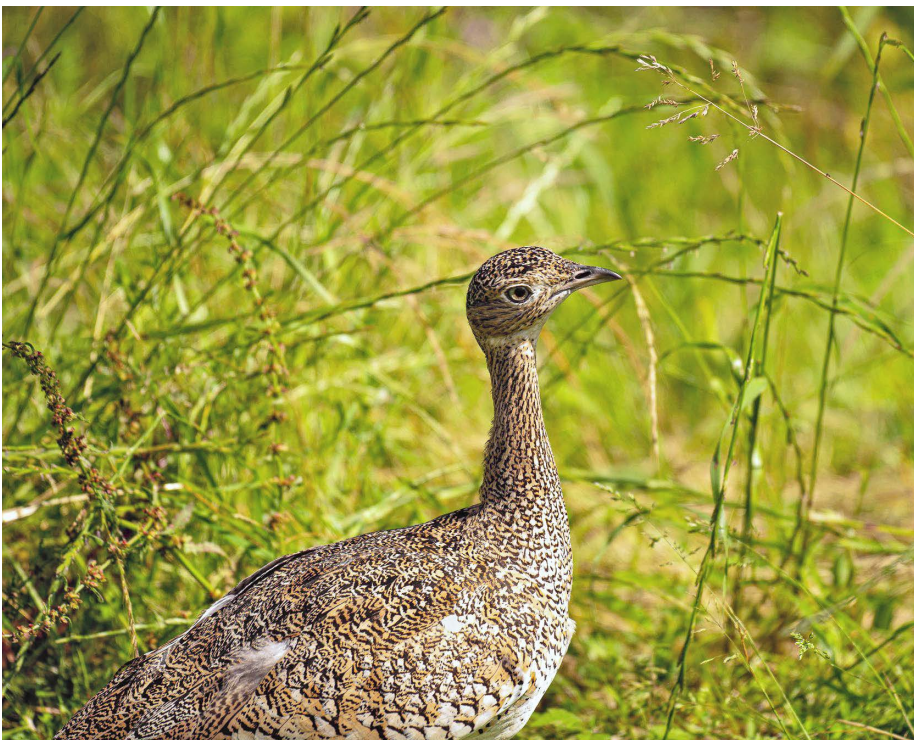
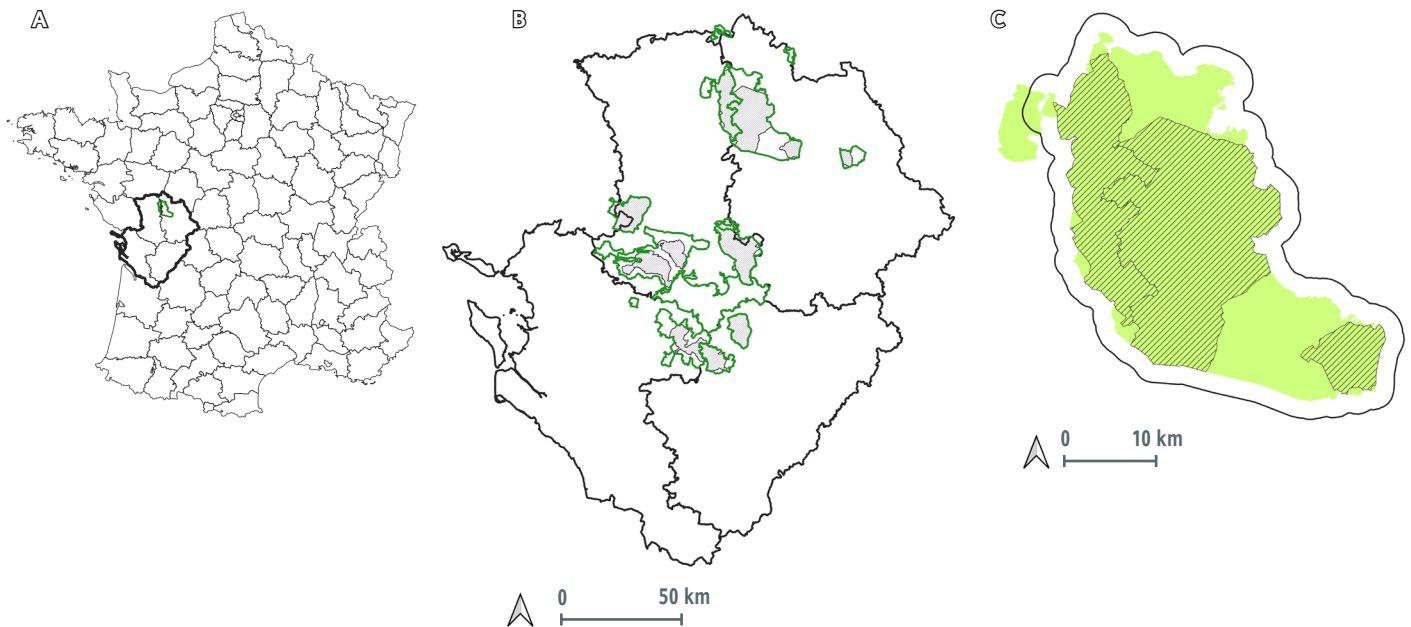


Photo : Outarde canepetière femelle. Christian Boon



**Figure 1** : (A) Localisation de la zone d'étude dans l'ouest de la France. (B) Le Poitou-Charentes et ses départements (trait plein) ; zones éligibles aux mesures agro-environnementales (vert) ; et zones de protection spéciale (ZPS) (hachuré) pour la conservation de la population occidentale migratrice d'Outarde canepetière et de l'avifaune de plaine. (C) Zone d'étude représentée par la zone tampon extérieure de 2 km (trait plein) ; zonage éligible aux MAE (vert) ; ZPS Plaines du Mirebalais et du Neuvilleois et ZPS Plaine d'Oiron-Thénezy (hachuré).

La zone considérée correspond à une agriculture intensive, principalement consacrée à la production de céréales. L'objectif des MAE en faveur de l'outarde est d'offrir aux femelles des couverts favorables (prairies) sur des parcelles non dérangées pendant la période de couvain, puis d'élevage des jeunes (mai à août), et riches en insectes pour l'alimentation de leurs poussins. Sur la période considérée, les cahiers des charges des MAE favorables à l'outarde sont de deux grands types :

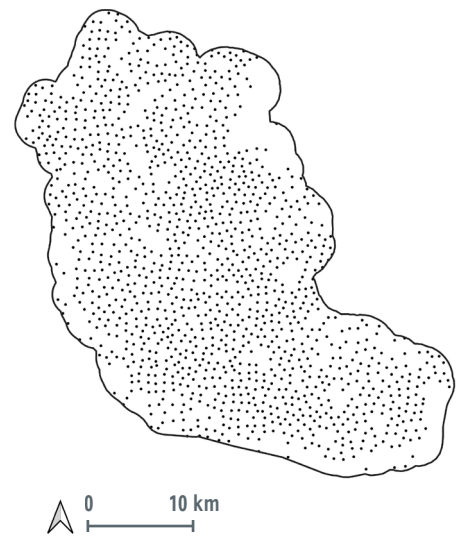
- Environ 90 % des surfaces contractualisées sont des créations ou des maintiens de prairies sans valorisation fourragère : absence de broyage entre le 1<sup>er</sup> mai et le 31 août ;
- Environ 10 % sont des retards de fauche sur des prairies, majoritairement des luzernières : absence d'intrant et absence de fauche entre le 20 mai et le 31 juillet.

### Protocole et recueil des données d'Outarde canepetière

Les données utilisées dans cette étude proviennent d'un suivi visant à dénombrer les mâles d'Outarde canepetière sur le Poitou-Charentes grâce à 6 000 à 7 000 points répartis de manière homogène sur environ 7 200 km<sup>2</sup>. Le protocole consiste en une écoute de 5 minutes par point, aux heures favorables de la journée (Jolivet *et al.*, 2007 ; Gendre *et al.*, 2018). Tous les mâles détectés, entendus ou observés, sont reportés sur une carte au 1 : 25 000 et ensuite sur une base de données SIG. Les points d'écoute sont établis sur des routes ou des chemins accessibles, espacés tous les 750 m

(intervalle 500-1200 m), étant donné que les mâles peuvent être entendus jusqu'à 600-1000 m. Par conséquent, nous supposons que chaque point d'écoute où il n'y a pas de contact avec un mâle d'Outarde canepetière est une absence effective de l'espèce dans un rayon d'au moins 400 m. La carte des points d'écoute (Fig. 2) montre le bon échantillonnage spatial de la zone d'étude. Le suivi des mâles chanteurs d'Outarde canepetière en Poitou-Charentes a été réalisé en 2000, 2004, 2008-2018, 2020 et 2024. Afin de bénéficier des données du RPG<sup>1</sup> et d'un échantillonnage temporel régulier, cette étude se limite à la période 2008-2018.

La figure 3 montre les évolutions des surfaces sous contrat MAE et du nombre de mâles chanteurs sur la zone d'étude pendant la période considérée.

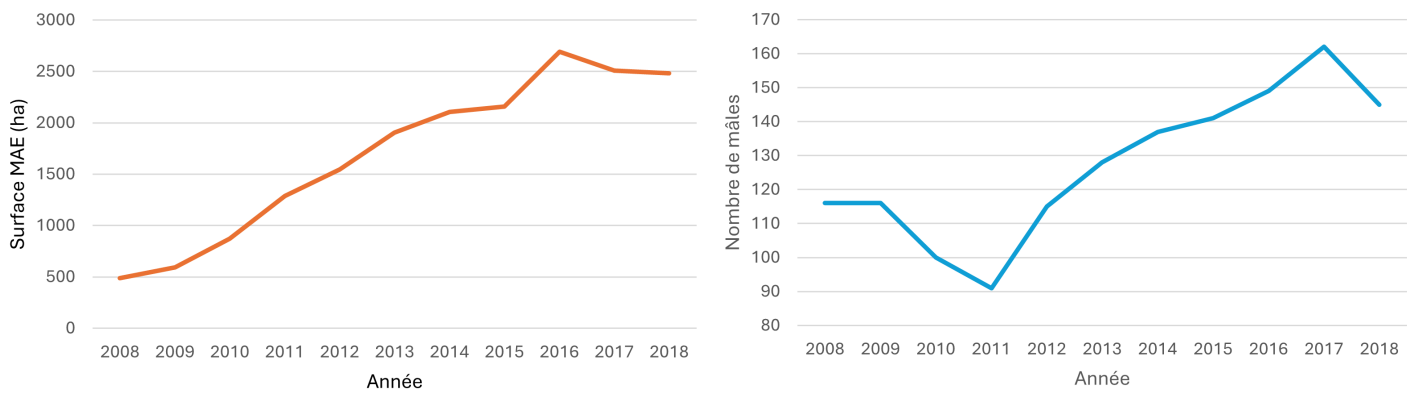


**Figure 2** : Répartition des points d'écoute du protocole de suivi des mâles chanteurs d'Outarde canepetière sur la zone d'étude.



**Photo** : Mâle d'Outarde canepetière sur sa place de chant. Denis Guillaume

**1.** Le Registre parcellaire graphique (ou RPG) est une donnée cartographique fournissant la culture en place au 15 mai de l'année considérée.



**Figure 3 :** Évolution des surfaces sous contrat MAE en hectare (à gauche) et évolution du nombre de mâles d’Outardes canepetières recensés (à droite) dans la zone d’étude.

### Cartes des habitats

La sélection de l’habitat de l’Outarde canepetière a été bien étudiée, et les paramètres clés de l’habitat connus pour affecter positivement ou négativement la présence de l’espèce dans les habitats agricoles intensifs sont bien documentés (Chanut, 2016 ; Traba *et al.*, 2022). Les habitats ayant un effet positif comprennent les prairies (luzerne ou prairies (Bretagnolle *et al.*, 2018), prairies MAE (Bretagnolle *et al.*, 2011)) et plusieurs cultures arables qui sont choisies par les mâles en parade, comme le tournesol ou le maïs lorsqu’ils viennent d’être semés (Bretagnolle *et al.*, 2022a). Les habitats ayant des effets négatifs pour les outardes comprennent les boisements, les zones bâties et les plans d’eau, qui sont des « non-habitats » pour l’espèce. Enfin, il existe des cultures non sélectionnées car trop hautes pour les mâles chanteurs, comme le blé ou le colza. Les habitats linéaires tels que les routes et les haies n’ont pas été pris en compte dans cette étude.

Nous considérons ici le bâti, quelle que soit sa surface (c’est-à-dire qu’une maison isolée est prise en compte) ; les boisements d’une surface minimale de 175 m<sup>2</sup> ; et, comme couvert herbacé, toute prairie à base de légumineuses ou de graminées ; les MAE, en ne considérant que les MAE en prairies avec retard de fauche ; et, comme cultures, tout ce qui n’est pas prairie. Il convient de noter que si le bâti et les boisements peuvent être considérés comme inchangés au cours de la période étudiée 2008-2018, le type de culture agricole change d’une année à l’autre, ce qui donne lieu à des cartes annuelles pour les prairies, les habitats favorables et défavorables. Sont considérés ici *a priori* comme habitats favorables les prairies et/ou les MAE, certaines cultures comme les cultures de printemps, le reste des cultures étant considéré comme défavorable.

La carte du bâti sur la zone d’étude est produite à partir de la carte *Buildings* de la base de données Carte des régions



**Photo :** Deux mâles d’Outarde canepetière en plein comportement territorial. Jean-Guy Couteau

françaises (data.gouv.fr, © les contributeurs d'OpenStreetMap sous licence ODbL). La carte des boisements est produite à partir de la base de données IGN BD Forêt® V2, complétée par les éléments *Forest* et *Park* de la carte *Natural* de la base de données Carte des régions françaises (data.gouv.fr, © les contributeurs d'OpenStreetMap sous licence ODbL).

Les cartes représentant les couverts herbacés (MAE et hors MAE) sont basées sur la typologie suivante :

- Les parcelles MAE fournies par les animateurs MAE du Groupe ornithologique des Deux-Sèvres et de la LPO Poitou-Charentes ;
- Les parcelles de prairies obtenues à partir de la base de données IGN RPG.

Les cartes des habitats agricoles favorables à la parade nuptiale des mâles d'Outarde canepetière s'appuient sur les parcelles culturales favorables, c'est-à-dire les parcelles avec du maïs, du tournesol, des protéagineux ou des surfaces gelées sans production, obtenues à partir de la base de données IGN RPG complétée par la base de données CORINE Land Cover (Union européenne, CORINE Land Cover, 2012 et 2018).

Les cartes des habitats agricoles non-favorables sont obtenues à partir de la base de données IGN RPG, en retenant toutes les cultures non considérées dans les cartes de couverts herbacés et d'habitats favorables. Enfin, des cartes de non-habitats regroupent les plans d'eau, les zones humides et quelques espaces non couverts par les cartes ci-dessus dans les zones urbanisées et de boisements.

Pour bien apprécier les habitats de la zone d'étude, les cartes d'habitats sont compilées sur la figure 4 pour l'année 2015.

### Génération des points de pseudo-absences

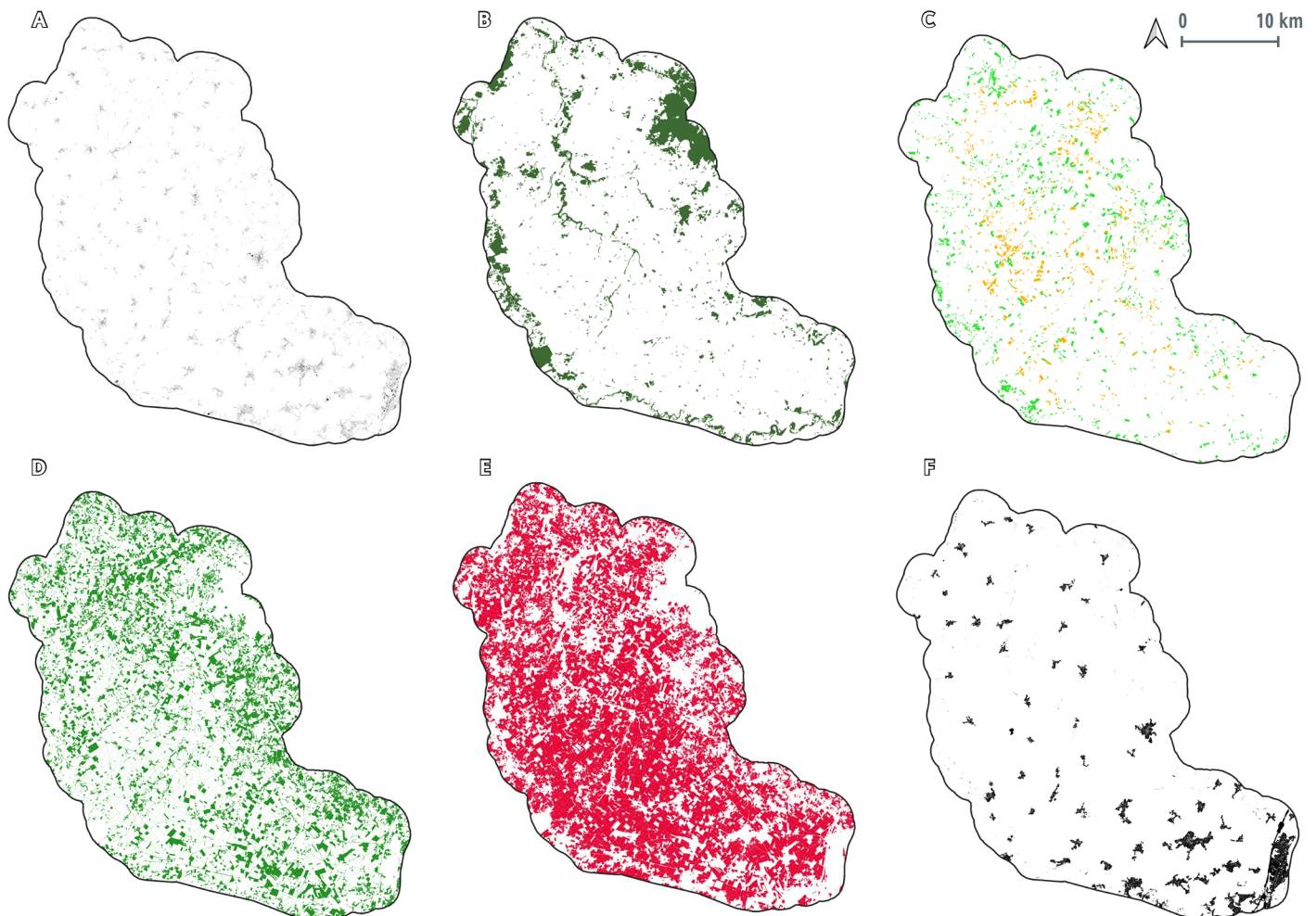
La modélisation statistique repose sur des données d'observation de présence-absence de mâle chanteur, la variable réponse ou variable à expliquer, et des variables explicatives, variables paysagères et variables locales, dont on cherche à déterminer les capacités prédictives. Pour les données d'observation, si nous disposons des localisations précises de présence (individus détectés), il nous faut également des données d'absence. Il est donc nécessaire d'effectuer

un tirage aléatoire des absences (génération de pseudo-absences) à proximité des points où aucune outarde n'a été détectée, afin de limiter le biais lié à la position des points d'écoute sur des routes ou des chemins accessibles. Une grande attention a été portée à la stratégie de tirage aléatoire des pseudo-absences. Pour des raisons de qualité de la modélisation, ces pseudo-absences sont tirées aléatoirement dans les couverts herbacés ou les habitats agricoles favorables. Pour plus de détails, le lecteur pourra se reporter à Bretagnolle *et al.*, 2024.

### Analyses statistiques

Les modèles de régression linéaire considérés dans *SILand* (Carpentier & Martin, 2021) permettent de relier la variable réponse (données de présence-absence de mâle chanteur) à des variables paysagères, ainsi qu'à des variables locales. Plus précisément, les variables locales caractérisent, par exemple, le type de parcelle au point de présence-absence et les variables paysagères les habitats dans un rayon autour de ce point. Pour chacune des variables paysagères, *SILand* détermine un rayon

**Figure 4 :** (A) Carte du bâti sur la zone d'étude. (B) Boisements. (C) Couverts herbacés pour l'année 2015 : MAE (orange) et hors MAE (vert). (D) Habitats agricoles favorables aux mâles chanteurs d'Outarde canepetière pour l'année 2015. (E) Habitats agricoles défavorables aux mâles chanteurs d'Outarde canepetière pour l'année 2015. (F) Non-habitats pour les mâles chanteurs pour l'année 2015.



## Résultats

### Effets interactifs entre les habitats locaux et paysagers

optimal où la variable a le plus d'impact sur la variable réponse. Les détails de la mise en œuvre logicielle sont fournis dans Bretagnolle *et al.*, 2024.

Les variables locales considérées sont l'année, l'habitat local ou la distance au plus proche voisin. Les variables année et habitat local ont des valeurs catégorielles, alors que la distance au plus proche voisin est une valeur entière positive. La variable habitat local fait intervenir trois modalités, c'est-à-dire que la variable réponse de présence-absence en un point se situe sur une des trois modalités suivantes : les prairies sous contrat MAE, les prairies hors MAE et les cultures favorables (voir carte des habitats agricoles favorables, Fig. 4D),

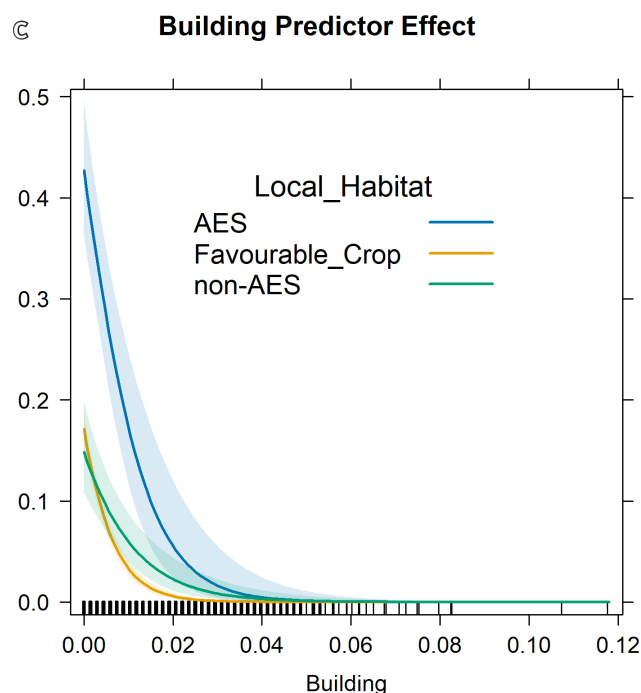
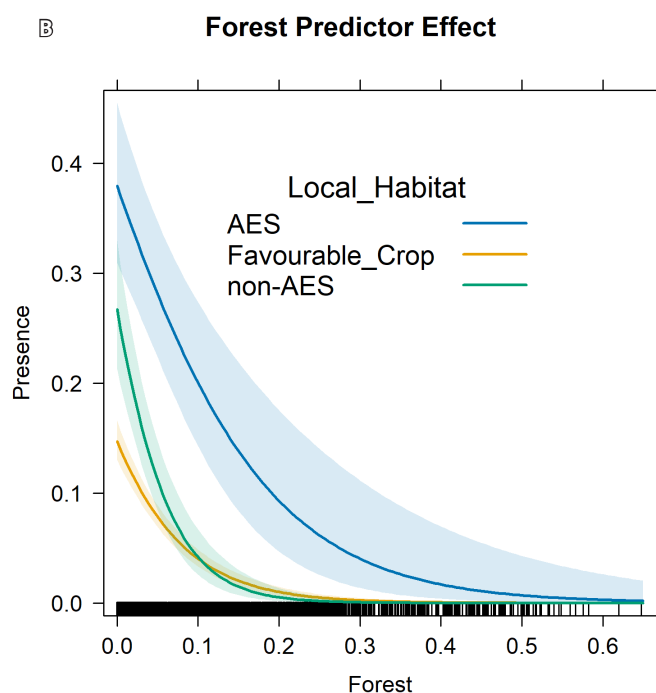
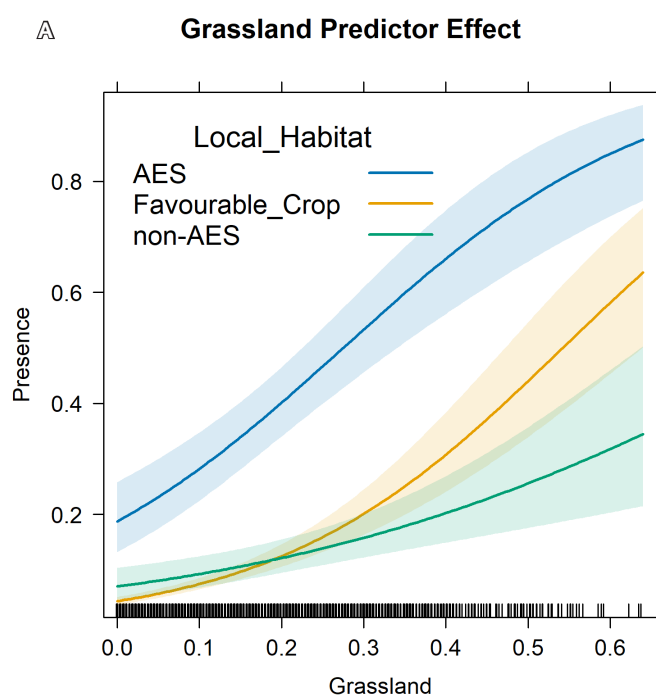
respectivement notées « AES », « Non-AES » et « Favourable\_Crop » dans les figures ci-après. Les variables paysagères sont au nombre de trois : le bâti « Building », les boisements « Forest » et les prairies « Grassland », sans distinction entre MAE et hors MAE. Elles décrivent les habitats sous la forme de pourcentages dans un certain rayon (un rayon différent pour chaque variable) autour du point considéré selon les cartes A, B et C de la figure 4.

Dans l'analyse décrite dans Bretagnolle *et al.*, 2024, nous avons complexifié progressivement la structure du modèle afin d'apprécier l'apport de chaque variable pour expliquer la variable réponse. Nous présentons dans la section suivante les principaux résultats.

Nous avons tout d'abord estimé des modèles sans le facteur social (distance au plus proche voisin). Le meilleur modèle obtenu dans ces conditions est constitué des variables locales année et habitat local, des variables paysagères et d'une interaction entre les habitats locaux et les habitats paysagers.

Les rayons estimés par *SILand* donnant l'effet optimal des variables paysagères sont de 1 011 m pour les forêts, 735 m pour les zones bâties et 614 m pour les prairies. Comme prévu, forêts et bâti ont des effets négatifs, tandis que les prairies présentent un effet positif sur la présence d'outardes. Nous avons également constaté que l'effet de l'habitat local est statistiquement beaucoup plus faible que l'effet de l'habitat à plus grande échelle, en particulier pour les forêts et les zones bâties (c'est-à-dire les habitats répulsifs), tandis que les prairies à l'échelle du paysage ont un effet modérément plus élevé que la variable de l'habitat local.

Les diagrammes de prédiction de la présence de mâles d'outarde obtenus avec ce modèle sont tracés dans la figure 5 (A-C).



**Figure 5 :** Diagramme de prédiction de la présence pour le modèle sans facteur social et avec interaction entre les habitats paysagers et locaux pour les prairies (A), les forêts (B) et les zones bâties (C). « AES » représente un habitat local en prairie MAE, « Non-AES » en prairie non MAE et « Favourable\_Crop » un habitat local agricole favorable. L'axe des ordonnées indique la probabilité de présence de mâles d'Outarde canepetière en fonction du pourcentage de la variable paysagère environnante.

Pour les forêts et les zones bâties, le taux de diminution de la probabilité de présence diffère significativement entre les trois modalités de l'habitat local sélectionné. Inversement, pour les prairies à l'échelle régionale, la probabilité de présence augmente (Fig. 5A). La probabilité de présence la plus élevée est observée sur des parcelles de prairie comme habitat local et pour une densité maximale de prairies à l'échelle du paysage, en particulier lorsque les prairies locales sont engagées en MAE (Fig. 5A). Lorsque les prairies dans un rayon de 614 m couvrent 50 % de la zone tampon, la probabilité de présence, prévue dans une parcelle MAE est d'environ 0,8 (Fig. 5A). Les mesures MAE augmentent significativement la probabilité de présence même lorsque les non-habitats (zones bâties et forêts) sont abondants (Fig. 5B, C).

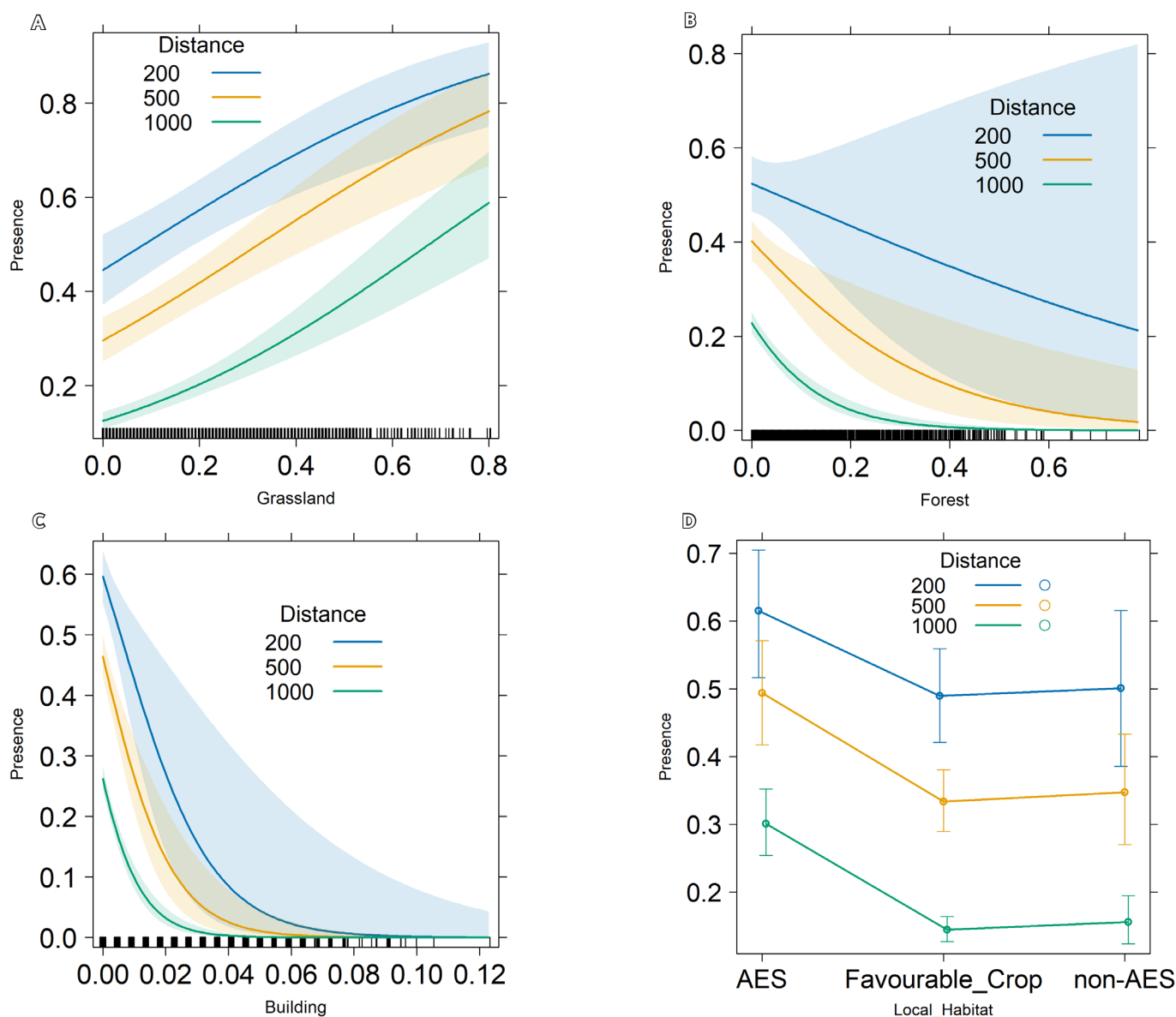
### Effet du facteur social

L'inclusion de la distance au plus proche voisin dans les modèles est essentielle. À partir de là, le modèle le plus performant est constitué des trois variables locales (année, distance au plus proche voisin et habitat local) et des variables paysagères, plus des interactions entre le facteur social (distance au plus proche voisin) et les habitats locaux et paysagers.

Les rayons estimés pour l'effet optimal des variables paysagères (forêts, zones bâties et prairies) sont respectivement de 525 m, 418 m et 334 m ; c'est-à-dire que la distance des effets des variables paysagères est réduite de moitié par rapport aux modèles avec l'habitat seul (rappelons, en effet, que le meilleur modèle sans le facteur social présente, respectivement, des rayons de 1 011 m, 735 m et 614 m).

Les diagrammes de prédiction de la présence de l'outarde obtenus avec ce dernier modèle sont tracés sur la figure 6 pour trois classes de distance : 200 m, 500 m et 1 000 m (respectivement courbes bleues, orange et vertes). La présence d'un mâle chanteur à courte ou moyenne distance (200 m ou 500 m) augmente considérablement la probabilité de présence d'un mâle (comparaison des courbes bleues et vertes de la figure 6, par exemple). Même pour une faible densité de prairies, la probabilité de présence d'un mâle est supérieure à 0,45 si un autre mâle est présent à 200 m ou moins (Intercept de 0,45, Fig. 6A). Un effet peut-être encore plus significatif est détecté en ce qui concerne la forêt : sans mâle dans un voisinage de moins de 1 000 m, la probabilité de présence est bien inférieure à 0,2 en présence de forêt. Cette probabilité est

**Figure 6** : Diagramme de prédiction de la présence pour le modèle avec facteur social et interaction entre les habitats (locaux et paysagers) et le facteur social (distance au plus proche voisin) pour les prairies (A), les forêts (B), les zones bâties (C), et pour les modalités de l'habitat local (D). « AES » représente un habitat local en prairie MAE, « Non-AES » en prairie non MAE et « Favourable\_Crop » un habitat local agricole favorable. L'axe des ordonnées indique la probabilité de présence de mâles d'Outarde canepetière en fonction du pourcentage de la variable paysagère environnante ou de la variable locale. Trois classes de distance sont présentées sur les graphiques : 200 m, 500 m et 1 000 m.



strictement supérieure à 0,2 si un voisin est présent à 200 m ou moins, quel que soit le pourcentage de forêt (Fig. 6B). Pour de faibles densités urbaines, le facteur social influence largement la présence de mâles. Cependant, les zones bâties conservent leur effet répulsif, les probabilités de présence deviennent nulles au-delà d'une certaine densité de bâti (Fig. 6C). Concernant les modalités de l'habitat local, la probabilité de présence de mâles est largement plus élevée lorsque la distance au plus proche voisin passe de 1 000 m à 200 m : fois deux pour les parcelles en MAE, fois trois pour les cultures favorables et les prairies hors MAE (Fig. 6D).

## Discussion

En ce qui concerne les variables d'habitat, nos résultats sont très clairs. Le pouvoir prédictif des modèles n'incluant que l'habitat local est faible. L'inclusion de l'habitat à l'échelle du paysage, qui plus est en interagissant avec l'habitat local, augmente fortement le pouvoir prédictif du modèle. Chez l'outarde, la sélection de l'habitat a été étudiée à différentes échelles spatiales pendant la saison de reproduction. À l'échelle du micro-habitat ou de la parcelle, les mâles et les femelles utilisent des structures de végétation différentes (Devoucoux *et al.*, 2019 ; Faria *et al.*, 2012 ; Morales *et al.*, 2008). À une échelle spatiale plus élevée, c'est-à-dire à l'échelle du champ, la sélection de l'habitat dépend du sexe, en particulier lorsque les champs sont homogènes comme dans les terres arables, mais les deux sexes peuvent choisir le même champ ou le même site si la couverture et la structure de la végétation sont hétérogènes, comme c'est souvent le cas dans les prairies naturelles. En effet, les mâles préfèrent la végétation de faible hauteur (Silva *et al.*, 2010), que l'on trouve généralement dans les cultures annuelles semées au printemps ou dans les pâturages et les terres en jachère (Delgado *et al.*, 2010 ; Santangeli & Dolman, 2011), tandis que les femelles recherchent des habitats avec une végétation plus fournie et plus haute (plus de 30 cm) pour rester cachées des prédateurs pendant la ponte et l'incubation (Morales *et al.*, 2008). À une plus grande échelle spatiale, les mâles choisissent des paysages hétérogènes avec une grande diversité de cultures (Suárez-Seoane *et al.*, 2008 ; Wolff *et al.*, 2002 ; Wolff *et al.*, 2001), un paramètre que nous n'avons pas étudié explicitement ici. Notre procédure de modélisation a donc permis de quantifier plus précisément l'échelle spatiale du paysage à laquelle les paramètres de l'habitat affectent de manière significative la distribution des mâles. Dans notre meilleur

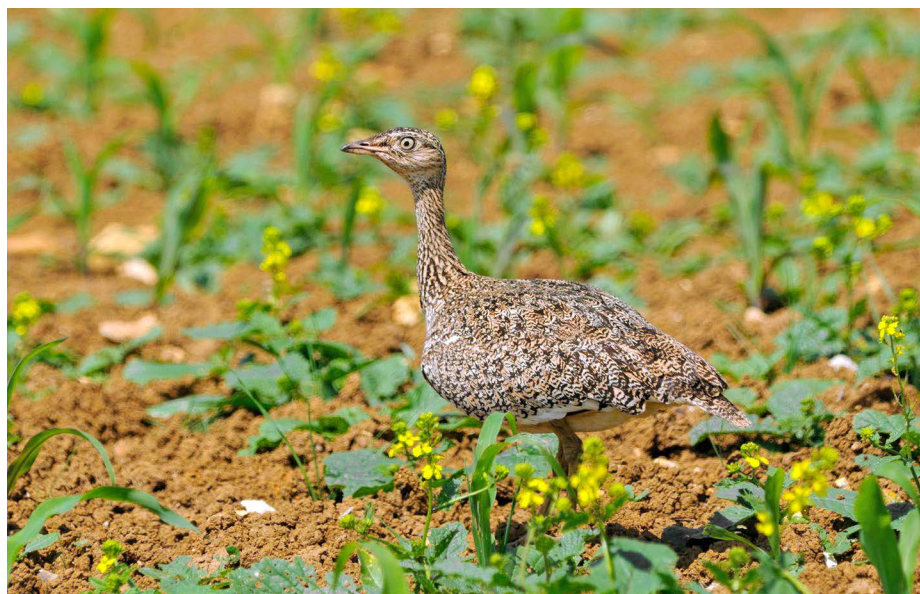


Photo : Outarde canepetière femelle. Patrice Ouvrard

modèle, sans le facteur social, ces échelles spatiales sont d'environ 600-1 000 m, une valeur qui peut avoir une grande importance en ce qui concerne la conservation et la gestion de l'Outarde canepetière dans les paysages cultivés.

Nous avons également constaté que l'ajout du facteur social améliore considérablement la qualité du modèle. On sait déjà que la présence de mâles voisins augmente la probabilité de présence d'un mâle chez l'Outarde canepetière (González del Portillo *et al.*, 2024 ; Jiguet & Bretagnolle, 2014), mais cela a généralement été analysé par le biais du nombre de mâles voisins. Cette dernière variable peut être confondue avec la qualité de l'habitat (un meilleur habitat augmenterait la densité locale de mâles), mais la variable de substitution que nous avons choisie, la distance au voisin le plus proche, permet de dissocier les facteurs de qualité de l'habitat des processus sociaux. Des résultats similaires ont été obtenus précédemment chez cette espèce (González del Portillo *et al.*, 2024 ; Morales *et al.*, 2014), ainsi que chez d'autres oiseaux des terres agricoles, par exemple les alouettes (Sanza *et al.*, 2012).

## Conséquences pour la conservation

D'importants efforts de conservation ont été consacrés à l'Outarde canepetière en Europe, soit en délimitant des réserves naturelles et des sites Natura 2000, soit en mettant en œuvre des MAE ou d'autres mesures de conservation (González del Portillo *et al.*, 2024 ; Traba *et al.*, 2022a). La désignation d'un site Natura 2000 n'est pas suffisante en soi pour assurer la conservation efficace de l'espèce (González del Portillo *et al.*, 2024), de sorte que la mise en œuvre de MAE ciblées est une condition supplémentaire

nécessaire. Tous nos modèles ont montré que les facteurs sociaux (ici, la distance au plus proche voisin) sont d'une importance capitale. Cela suggère que les mesures de conservation devraient cibler les zones où l'abondance locale des mâles est relativement plus élevée ou leur voisinage immédiat. Une telle stratégie a déjà été mise en œuvre dans l'ouest de la France et ailleurs, à la fois pour décider de l'emplacement des relâchés d'oiseaux, dans le cadre du programme de renforcement en cours (Attié *et al.*, 2022), ou pour établir de nouveaux leks dans la sélection des parcelles engagées en MAE. En effet, nos résultats montrent que les MAE ciblant les prairies sont très efficaces (pour les mâles au moins) : la probabilité de présence d'un mâle d'Outarde canepetière s'améliore d'environ 25 % lorsque des mesures MAE sont mises en place, et peut atteindre 100 % si un mâle est déjà présent à proximité. Nos modèles offrent donc aux gestionnaires des outils utiles pour calibrer et décider stratégiquement de l'emplacement des MAE afin d'être le plus efficace possible pour un coût minimal, ou, inversement, pour décider de l'emplacement des nouveaux bâtiments ou des infrastructures humaines, en utilisant des distances d'environ 500 m comme distances seuils à la fois pour les habitats préférés (prairies) et les habitats évités (forêts, zones construites).

Les mesures de conservation pour cette espèce sont principalement basées sur l'habitat, ciblant généralement les habitats des femelles (Bretagnolle *et al.*, 2011). Cependant, l'efficacité des mesures est testée uniquement avec la distribution et l'abondance des mâles, car la plupart des études sur la sélection de l'habitat ont été menées sur les mâles (voir Devoucoux *et al.*, 2019, pour un cas contraire), puisque

les femelles (et les nids) sont très difficiles à détecter. Bien que les nids soient principalement trouvés près des places de chant des mâles (Morales *et al.*, 2013), cela peut représenter une faiblesse dans ces études, car il a été démontré que les prairies sans retard de fauche deviennent un piège écologique (Bretagnolle *et al.*, 2018). Il serait intéressant pour les études futures d'utiliser des modèles de dynamique de population, tels que des modèles mécanistes décrits par des équations aux dérivées partielles (Ouvrard *et al.*, 2019 ; Chhaytles *et al.*, 2023), qui permettraient de prédire et de contraster les tendances démographiques à moyen terme pour différents scénarios de conservation et d'éclairer les politiques publiques de conservation de l'Outarde canepetière.

## Des aménagements incompatibles avec la conservation de l'outarde

Nous apportons ici de nouvelles connaissances sur l'Outarde canepetière, qui confirment l'urgence d'une réelle prise en compte de la préservation de l'espèce dans les aménagements du centre-ouest de la France, qui héberge la dernière population migratrice d'Europe. En effet, ce territoire a connu la construction de la ligne ferroviaire à grande vitesse Sud Europe Atlantique, mise en service en 2017. Cette LGV a contribué à fragmenter la population d'outarde, même si des mesures compensatoires en atténuent l'impact. Certaines MAE des plaines du Mirebalais-Neuvillois et d'Oiron-Thénezay font partie de ces mesures compensatoires. Des éoliennes ont par ailleurs été construites en périphérie des sites Natura 2000. Pour les nombreux projets éoliens à l'étude aujourd'hui en ZPS-Natura 2000 « outarde », en zonage MAE ou à proximité d'observations récentes de l'espèce (depuis 2000), il est essentiel que les conclusions de l'expertise Pracontal *et al.*, 2020, soient appliquées, à savoir aucune construction à moins de 2 km de ces zonages. Enfin, les réserves de substitution ou méga-bassines pour l'irrigation agricole construites, en cours de construction ou en projet à l'échelle du Poitou-Charentes impacteront la population d'outarde, directement par l'emprise au sol, mais aussi et surtout indirectement par les pratiques agricoles qu'elles permettent de pérenniser. L'avis du Conseil national de la protection de la nature, 2023, sur la réserve de substitution de Sainte-Soline a valeur d'exemple quant à l'impact de tous ces projets de méga-bassines sur l'avifaune de plaine, en général, et sur l'Outarde canepetière, en particulier. Nous démontrons ici, s'il en était besoin, l'importance des zones de présence de

l'espèce pour sa conservation. Il est essentiel que les politiques d'aménagement du territoire participent à la préservation de l'Outarde canepetière.

## Remerciements

Nous remercions tous les observateurs du Groupe ornithologique des Deux-Sèvres et de la Ligue pour la protection des oiseaux qui ont collecté les données d'Outarde canepetière utilisées dans cette étude, ainsi que les agents des services de l'environnement et de l'agriculture et les animateurs des sites Natura 2000 et des MAE, pour la mise à disposition des données. Nous remercions également Catherine Ménard et Mathilde Bonnet des agences régionales de l'environnement (DREAL Poitou-Charentes et DREAL Nouvelle-Aquitaine) pour leur soutien à nos recherches. Ce travail a été financé par la région Nouvelle-Aquitaine, Grand Poitiers communauté urbaine, l'Agence régionale de biodiversité (ARB) et la DREAL Nouvelle-Aquitaine. Nous remercions

Khawla Bouchannafa, Rozenn Gouache et Dounia Khamouch pour leur aide sur la manipulation des bases de données et les analyses statistiques préliminaires.

## Auteurs

### Régis OUVRARD

Université de Poitiers,  
ISAE-ENSMA, LIAS, 2 rue  
Pierre-Brousse, TSA 41105,  
86073 Poitiers

### Olivier MARTIN

INRAE, BioSP, 84914 Avignon  
Cyrille POIREL  
LPO, 25 rue Victor-Grignard,  
86000 Poitiers

### Vincent BRETAGNOLLE

CEBC-CNRS, UMR7372 CNRS  
& La Rochelle Université,  
79360 Beauvoir-sur-Niort  
LTSER Zone Atelier  
Plaine & Val de Sèvre,  
79360 Beauvoir-sur-Niort

## Bibliographie

### ATTIÉ C., MUNOZ A., CHEVASSON O.

**& BRETAGNOLLE V.** (2022). Captive breeding, handling and care, and the impact of releases on wild populations. In BRETAGNOLLE V., TRABA J. & MORALES M.B. (2022b). *Little Bustard : Ecology and Conservation*. Springer International Publishing. Cham: 313 p.

### BERTHET E.T., BRETAGNOLLE V. & SEGRESTIN B.

(2012). Analyzing the design process of farming practices ensuring Little Bustard conservation: lessons for collective landscape management. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36: 319-336.

### BRETAGNOLLE V., DENONFOUX L. & VILLERS A.

(2018). Are farming and birds irreconcilable? A 21-year study of bustard nesting ecology in intensive agroecosystems. *Biological Conservation*, 228: 27-35.

### BRETAGNOLLE V., MAÑOSA S. & MORALES M.B.

(2022a). Natural history of the little bustard: Morphology, biometry, diet, sexual dimorphism, and social and breeding behaviour. In BRETAGNOLLE V., TRABA J. & MORALES M.B. (2022b). *Little Bustard: Ecology and Conservation*. Springer International Publishing. Cham: 313 p.

### BRETAGNOLLE V., MARTIN O., POIREL C. & OUVRARD R.

(2024). Habitat selection interacts with social processes and spatial scale: Conservation implications for a lekking bird. *Biological Conservation*, 298: 110758.

### BRETAGNOLLE V., TRABA J. & MORALES M.B.

(2022b). *Little Bustard: Ecology and Conservation*. Springer International Publishing. Cham: 313 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*, 153: 4-13.

### CARPENTIER F. & MARTIN O.

(2021). *Siland* a R package for estimating the spatial influence of landscape. *Scientific Reports*, 11-7488.

### CHANUT M.

(2016). Analyse des facteurs influençant la répartition des mâles chanteurs d'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* dans les plaines du Mireballais-Neuvillois. *L'Outarde*, 52 : 14-21.

### CHHAYTLE M., OUVRARD R., POINOT T. & MOUYSSSET L.

(2023). Parameter-varying partial differential equation to model the global change impacts on wildlife populations. *Ecological Modelling*, 486: 110516.

### CONSEIL NATIONAL DE LA PROTECTION DE LA NATURE

(2023). Avis relatif à la nécessité de l'évaluation des impacts de l'aménagement de la retenue de substitution de Sainte-Soline sur la population reproductrice de l'Outarde canepetière et de la faune protégée de la plaine poitevine, suite à l'autosaisine du CNPN. Délibération n° 2023-32, séance du 22 novembre 2023. 18 p.

- DELGADO M.P., TRABA J., MORENA E.L.G. & MORALES M.B.** (2010). Habitat Selection and Density-Dependent Relationships in Spatial Occupancy by Male Little Bustards *Tetrax tetrax*. *Ardea*, 98: 185-194.
- DEVOUCOUX P., BESNARD A. & BRETAGNOLLE V.** (2019). Sex-dependent habitat selection in a high-density Little Bustard *Tetrax tetrax* population in southern France, and the implications for conservation. *Ibis*, 161-2: 310-324.
- FARIA N., RABAÇA J.E. & MORALES M.B.** (2012). Linking plant composition and arthropod abundance to establish little bustard breeding requirements in pastureland dominated landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 21: 2109-2125.
- GENDRE N., ÉRAUD C., BRETAGNOLLE V., DALLOYAU S. & LES COORDINATEURS RÉGIONAUX** (2018). L'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en France en 2012 et 2016 : effectifs et répartition. *Ornithos*, 25-5 : 290-302.
- GONZÁLEZ DEL PORTILLO D., MORALES M.B. & ARROYO B.** (2024). Temporal trends of land-use favourability for the strongly declining little bustard: assessing the role of protected areas. *PeerJ*, 12: e16661.
- INCHAUSTI P. & BRETAGNOLLE V.** (2005). Predicting short-term extinction risk for the declining Little Bustard (*Tetrax tetrax*) in intensive agricultural habitats. *Biological Conservation*, 122: 375-384.
- JIGUET F. & BRETAGNOLLE V.** (2014). Sexy males and choosy females on exploded leks: correlates of male attractiveness in the Little Bustard. *Behavioural Processes*, 103: 246-255.
- JOLIVET C. & BRETAGNOLLE V.** (2002). L'Outarde canepetière en France : évolution récente des populations, bilan des mesures de sauvegarde et perspectives d'avenir. *Alauda*, 70 : 93-96.
- JOLIVET C., BRETAGNOLLE V., BIZET D. & WOLFF A.** (2007). Statut de l'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en France en 2004 et mesures de conservation. *Ornithos*, 14-2 : 80-94.
- MAÑOSA S. & BOTA G.** (2023). Modelling the effectivity of a land sparing strategy to preserve an endangered steppe-land bird population in cereal farmland: Scopes and limits. *Biological Conservation*, 288: 110386.
- MAÑOSA S. & MORALES M.B.** (2020). Little Bustard *Tetrax tetrax*. In KELLER V., HERRANDO S., VOŘÍŠEK P., FRANCH M., KIPSON M., MILANESI P., MARTÍ D., ANTON M., KLVÁŇOVÁ A., KALYAKIN M.V., BAUER H.G. & FOPPEN R.P.B. (2020). *European breeding bird atlas 2: Distribution, abundance and change*. European Bird Census Council & Lynx Edicions. Barcelone: 967 p.
- MORALES M.B. & BRETAGNOLLE V.** (2021). An update on the conservation status of the Little Bustard *Tetrax tetrax*: Global and local population estimates, trends, and threats. *Bird Conservation International*, 32-3: 337-359.
- MORALES M.B., TRABA J., DELGADO M.P. & GARCÍA DE LA MORENA E.L.** (2013). The use of fallows by nesting little bustard *Tetrax tetrax* females: Implications for conservation in mosaic cereal farmland. *Ardeola*, 60: 85-97.
- MORALES M.B., TRABA J., CARRILES E., DELGADO M.P. & DE LA MORENA E.L.G.** (2008). Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: Ecological segregation based on vegetation structure. *Acta Oecologica*, 34: 345-353.
- MORRIS D.W.** (2003). Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecologia*, 136: 1-13.
- MORRISON M.L., MARCOT B. & MANNAN W.** (2006). *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*. Island Press. Washington: 520 p.
- OUVRARD R., MERCÈRE G., POINOT T., JIGUET F. & MOUYSET L.** (2019). Dynamic models for bird population - A parameter-varying partial differential equation identification approach. *Control Engineering Practice*, 91.
- POIREL C. & DUPUY J.** (2022). Outarde canepetière *Tetrax tetrax*. In DUPUY J. & SALLÉ L. (coord.) (2022). *Atlas des oiseaux migrateurs de France*. LPO, Rochefort ; Biotope Éditions, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle. Paris : 1 122 p.
- PRACONTAL N.** (de) (Réd.), HAFFNER P. & HULIN V. (Coord.) (2020). Expertise scientifique collégiale sur les éléments scientifiques et techniques à prendre en compte dans le cadre du développement de l'éolien terrestre dans l'aire de répartition de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*). Ministère de la transition écologique et solidaire commanditaire, Muséum national d'Histoire naturelle – Unité mixte de service Patrimoine. Paris : 39 p.
- SANZA M.A., TRABA J., MORALES M.B., RIVERA D. & DELGADO M.P.** (2012). Effects of landscape, conspecifics and heterospecifics on habitat selection by breeding farmland birds: the case of the Calandra Lark (*Melanocorypha calandra*) and Corn Bunting (*Emberiza calandra*). *Journal of Ornithology*, 153: 525-533.
- SILVA J.P., PALMEIRIM J.M. & MOREIRA F.** (2010). Higher breeding densities of the threatened little bustard *Tetrax tetrax* occur in larger grassland fields: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 143: 2553-2558.
- SIMBERLOFF D.** (1998). Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era? *Biological Conservation*, 83: 247-257.
- SANTANGELI A. & DOLMAN P.M.** (2011). Density and habitat preferences of male little bustard across contrasting agro-pastoral landscapes in Sardinia (Italy). *European Journal of Wildlife Research*, 57: 805-815.
- SUÁREZ-SEOANE S., GARCÍA DE LA MORENA E.L., MORALES PRIETO M.B., OSBORNE P.E. & DE JUANA E.** (2008). Maximum entropy niche-based modelling of seasonal changes in little bustard (*Tetrax tetrax*) distribution. *Ecological Modelling*, 219: 17-29.
- SUTHERLAND W.J. & HILL D.A.** (1995). *Managing habitats for conservation*. Cambridge University Press. 420 p.
- TRABA J., MORALES M.B., SILVA J.P., BRETAGNOLLE V. & DEVOUCOUX P.** (2022). Habitat Selection and Space Use. In BRETAGNOLLE V., TRABA J. & MORALES M.B. (2002) *Little Bustard: Ecology and Conservation*. Springer International Publishing. Cham: 313 p.
- VILLERS A., MILLON A., JIGUET F., LETT J.M., ATTIÉ C., MORALES M.B. & BRETAGNOLLE V.** (2010). Migration of wild and captive-bred Little Bustards *Tetrax tetrax*: Releasing birds from Spain threatens attempts to conserve declining French populations. *Ibis*, 152: 254-261.
- WOLFF A., DIEULEVEUT T., MARTIN J.L. & BRETAGNOLLE V.** (2002). Landscape context and little bustard abundance in a fragmented steppe: Implications for reserve management in mosaic landscapes. *Biological Conservation*, 107: 211-220.
- 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*, 38: 963-975.



Dessin :  
Katia Lipovoi