



HAL
open science

La diversité de l'avifaune du cordon dunaire aquitain : quelles influences de l'environnement local et régional?

Frederic Revers, Marie-Lise Benot, David Rosebery, Didier Alard

► To cite this version:

Frederic Revers, Marie-Lise Benot, David Rosebery, Didier Alard. La diversité de l'avifaune du cordon dunaire aquitain : quelles influences de l'environnement local et régional?. Faune-Aquitaine.org, 2018, 0053-FA2018, pp.1-17. hal-01868799

HAL Id: hal-01868799

<https://hal.science/hal-01868799>

Submitted on 5 Sep 2018

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



faune-aquitaine.org

**La diversité de l'avifaune du cordon dunaire aquitain :
quelles influences de l'environnement local et régional?**

Le contenu de l'espace téléchargeable est le fruit de la collaboration de
l'ensemble des contributeurs au projet de base de données naturalistes



faune-aquitaine.org



La diversité de l'avifaune du cordon dunaire aquitain : quelles influences de l'environnement local et régional ?

Mots clé FA : Avifaune, dunes d'Aquitaine, diversité, facteurs environnementaux

Auteur (s) : Frédéric Revers¹, Marie-Lise Benot¹, David Rosebery², Didier Alard¹

Citation : Revers F., Benot M.L., Rosebery, D. & Alard D. (2018). La diversité de l'avifaune du cordon dunaire aquitain : quelles influences de l'environnement local et régional ? Faune-Aquitaine Publication, #0053-FA2018, <http://www.faune-aquitaine.org>

Résumé

Pour mieux comprendre comment les espèces répondent aux pressions d'origine environnementale et/ou humaine qui impactent leur distribution et leur assemblage, nous avons réalisé un échantillonnage de l'avifaune sur un ensemble de 94 sites distribués le long du cordon dunaire aquitain afin d'évaluer comment les communautés d'oiseaux répondent à différentes pressions tant à l'échelle locale (des dunes blanches aux dunes boisées) qu'à l'échelle régionale (du nord de la Gironde au sud des Landes). Plus d'une soixantaine d'espèces ont été contactées sur l'ensemble du cordon dunaire avec en moyenne une quinzaine d'espèces par site. Nous montrons que l'urbanisation, la présence de végétation arbustive, de forêt et la latitude sont des facteurs qui ont une influence significative sur les variations inter-sites d'assemblage d'espèces, de richesse spécifique, d'abondance et de diversité fonctionnelle.

Introduction

Les espèces animales et végétales sont soumises à diverses pressions d'origines environnementales et/ou humaines qui impactent leur distribution et leur assemblage. Mieux comprendre comment elles répondent à ces pressions est un enjeu majeur pour orienter les politiques de gestion et de conservation de la biodiversité et de ses habitats. C'est particulièrement le cas pour les dunes littorales, milieu emblématique de la région Aquitaine, qui représentent un habitat original et fragile hébergeant une biodiversité remarquable. Bien que ce milieu reste relativement préservé, il est soumis à des pressions environnementales telles que l'érosion marine et éolienne, les tempêtes ou encore l'empiètement des dunes non boisées par la forêt et à des pressions anthropiques telles que l'urbanisation et le tourisme de masse en période estivale. Ces dunes s'étendent du nord au sud sur une distance de 240 km allant de la Pointe de Grave, tout au nord du département de la Gironde jusqu'aux dunes de Tarnos, à l'extrême sud du département des Landes. Propriété de l'Etat pour leur majeure partie, leur gestion est sous la responsabilité de l'Office National des Forêts (ONF). La quasi-totalité du cordon girondin et une partie du cordon landais sont

¹ Univ Bordeaux, INRA, BIOGECO 1202, Allée Geoffroy Saint-Hilaire, 33615 Pessac Cedex

² ONF, Agence LNA, 9 rue Manaud, 33524 Bruges Cedex

en zones classées Natura 2000. La qualité écologique de ce milieu est actuellement évaluée au travers de la structure des habitats et des communautés végétales (Goffé, 2011). En parallèle, et depuis 1997, l'ONF réalise un suivi floristique au niveau de la dune non boisée basé sur des relevés le long de transects allant du haut de plage jusqu'à la frange forestière (Favennec, 2002). Ce suivi est réalisé tous les six ans sur un total de 94 sites répartis uniformément de la Pointe de Grave à l'embouchure de l'Adour, soit une distance moyenne entre deux sites successifs de 2 km. Ce type de suivi permet d'étudier en particulier la dynamique spatio-temporelle des communautés végétales de la dune et d'examiner le rôle potentiel de facteurs environnementaux et anthropiques sur cette dynamique à la fois au niveau local (niveau transect) et au niveau régional (ensemble du cordon dunaire), comme illustré par les travaux de Forey *et al.* (2008). Afin d'évaluer comment les communautés animales répondent à ces différentes pressions tant à l'échelle locale (des dunes blanches aux dunes boisées) qu'à l'échelle régionale (du nord de la Gironde au sud des Landes), nous avons choisi d'analyser la diversité en oiseaux nicheurs sur les 94 sites suivis par l'ONF et cherché à identifier les facteurs qui agissent sur les variations inter-sites d'assemblage d'espèces, de richesse spécifique, d'abondance et de diversité fonctionnelle.

Méthodes

Sites d'étude et variables environnementales

Le positionnement géographique des 94 sites suivis, nommés G01 à G49 pour ceux situés dans le département de la Gironde et L01 à L45 pour ceux situés dans le département des Landes (lieux-dits créés à cette occasion sur le portail Faune Aquitaine (<http://www.faune-aquitaine.org/>)), est schématisé sur la Figure 3.

Pour chacun des sites, plusieurs variables ont été renseignées, à savoir : la latitude, la présence de dunes grises, de forêt de protection, de végétations arbustives et de ronces *Rubus spp.* sur les dunes boisées et non boisées et la présence d'urbanisation dans un rayon de 200 mètres. En dehors de la latitude, toutes les variables environnementales sont des variables binaires (0 pour absence, 1 pour présence). Le Tableau 1 présente les proportions de sites caractérisés par ces variables.

Tableau 1 : Proportion des types de sites en fonction de leurs caractéristiques

Caractéristiques des sites	Pourcentage de sites concernés
Présence de dune non boisée	96,8%
Présence de dune grise	66,0%
Présence de dune boisée	86,2%
Présence d'urbanisation dans un rayon de 200m	23,4%
Présence de végétation arbustive sur dune non boisée	86,2%
Présence de végétation arbustive sur dune boisée	84,0%
Présence de « ronces »	47,8%

Echantillonnage de l'avifaune

Les communautés d'oiseaux ont été recensées sur chaque site selon la méthode des points d'écoute qui consiste à se placer et rester immobile au centre de la zone d'étude afin de noter toutes les espèces vues et entendues depuis ce point (Bibby *et al.*, 2000). Deux passages par site, espacés d'une période d'au moins quatre semaines, ont été réalisés durant les printemps 2015 (70 sites) ou 2016 (les 24 sites restants). Le premier passage a été réalisé entre début avril et début mai afin de détecter les espèces nicheuses précoces et le second entre début mai et début juin pour contacter les espèces nicheuses tardives. Sur les 188 passages, 25 ont été

pris en charge par cinq ornithologues bénévoles et tous les autres par l'un de nous (FR). Cependant, ce dernier a assuré au moins un des deux passages sur les 25 sites visités par les ornithologues bénévoles pour limiter l'effet potentiel de l'observateur. La durée des points d'écoute a été fixée à 20 min pour maximiser la détection des espèces les plus discrètes et pour une meilleure estimation de la richesse spécifique (Bonthoux & Balent, 2012; Drapeau *et al.*, 1999). Les points d'écoute ont été réalisés dans la période des 4h après le lever du soleil et sous des conditions météorologiques favorables : absence de précipitations, pas ou peu de vent (Bibby *et al.*, 2000). Le centre de la zone d'écoute (point où se positionne l'observateur) se situait à environ un tiers de la longueur totale de la dune non boisée en partant de la dune boisée. Cela permettait de détecter à la fois les espèces au niveau des dunes non boisées et dunes boisées sans être gêné par les bruits parasites provenant de la mer. A l'exception des oiseaux d'eau et marins, des rapaces, des insectivores aériens (martinets et hirondelles) et des oiseaux en migration active, considérés non nicheurs sur la zone d'étude, tous les oiseaux, vus ou entendus, ont été saisis, en précisant s'ils avaient été contactés sur dune non boisée ou sur dune boisée. Les listes d'espèces provenant des deux passages sur un site donné ont été fusionnées. Le nombre d'individus contactés a également été saisi pour estimer l'abondance de chaque espèce sur chaque site, en retenant pour chaque espèce le nombre maximal d'individus contactés simultanément lors des deux passages.

Traits d'histoire de vie des espèces

Pour chaque espèce, nous avons renseigné des traits d'histoire de vie pouvant être influencés par certains des facteurs considérés dans cette étude et qui sont en lien avec la réponse des écosystèmes aux modifications de l'environnement (Petchey & Gaston, 2006; Barbaro *et al.*, 2014). Ces traits sont le régime alimentaire, la technique de recherche de nourriture et le site de nidification. Les informations

relatives à ces traits pour chacune des espèces contactées ont été extraites de la littérature et sont présentées dans le Tableau 3, en annexe (Barbaro & van Halder, 2009; Barbaro *et al.*, 2014; Barbaro *et al.*, 2017). A partir de ces traits, nous avons calculé pour chaque site un indice de diversité fonctionnelle nommé indice d'équitabilité fonctionnelle (functional evenness en anglais, ou FEve), qui mesure l'homogénéité de la dispersion des traits fonctionnels au sein des assemblages d'espèces et qui est considéré comme l'un des indices les plus appropriés pour évaluer la diversité fonctionnelle globale d'une communauté d'espèces (Barbaro *et al.*, 2014 ; Charbonnier *et al.*, 2016). Nous nous sommes également intéressés à chacun des traits pris individuellement. Pour chacun des sites et pour chacun des trois traits sélectionnés, la proportion de chaque modalité de trait a été calculée. Par exemple pour le trait « régime alimentaire », les proportions des espèces granivores, insectivores et à régime mixte (les trois modalités de ce trait) ont été calculées pour chaque site, la somme de ces trois proportions étant égale à 1 pour un site donné.

De plus, le statut de spécialisation des espèces a aussi été considéré selon qu'elles sont généralistes, spécialistes des milieux agricoles/ouverts, spécialistes des milieux forestiers ou spécialistes du bâti (Jiguet *et al.*, 2012). Le statut de spécialisation de chaque espèce d'oiseaux est celui indiqué sur le site de Vigie-Nature (<http://vigienature.mnhn.fr>; Jiguet, 2016) et/ou dans l'Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine (Theillout & Collectif faune-aquitaine.org, 2015) (Tableau 3, en annexe).

Analyses statistiques

Différentes analyses statistiques ont été réalisées à partir du jeu de données issu de l'échantillonnage des oiseaux et des caractéristiques environnementales de chaque site pour d'une part classer les sites en fonction de leur assemblage d'espèces d'oiseaux (par une AFC combinée à une classification ascendante

hiérarchique, avec les fonctions « dudi.coa » du programme « ade4 » et « hclust » (méthode de Ward) du programme « stats ») et d'autre part identifier les variables environnementales explicatives des variations (1) d'assemblages d'espèces (par analyse canonique des correspondances avec la fonction « cca » du programme « vegan »), (2) de richesse spécifique, (3) d'abondance et (4) de diversité fonctionnelle des oiseaux (par la méthode des modèles linéaires généralisés en sélectionnant le meilleur modèle par la fonction « dredge » du programme « MASS »). Pour limiter l'effet des espèces rares dans de telles analyses, toutes les espèces contactées dans moins de cinq sites ont été retirées du jeu de données (Borcard *et al.*, 2011). L'ensemble des analyses a été réalisé avec le logiciel R (R Core Team, 2017).

Résultats

2150 individus appartenant à 62 espèces ont été contactés (Tableau 2, en annexe). Les dix espèces les plus contactées sont quatre espèces généralistes [Pinson des arbres (86% des sites), Merle noir (63%), Mésange charbonnière (62%), Corneille noire (51%)], trois espèces forestières [Pouillot véloce (74%), Rougegorge familier (72%), Mésange huppée (60%)] et trois espèces des milieux agricoles/ouverts [Pipit rousseline (54%), Bergeronnette grise (50%), Cochevis huppé (46%)]. On note qu'une forte proportion d'espèces (une quinzaine) a été contactée dans moins de 5% des sites seulement et que relativement peu d'espèces ont été contactées dans plus de 50% des sites (Figure 1, Tableau 2). Les indices de nidification aux échelles nationale et régionale et le statut IUCN 2016 de chaque espèce sont présentés dans le Tableau 2.

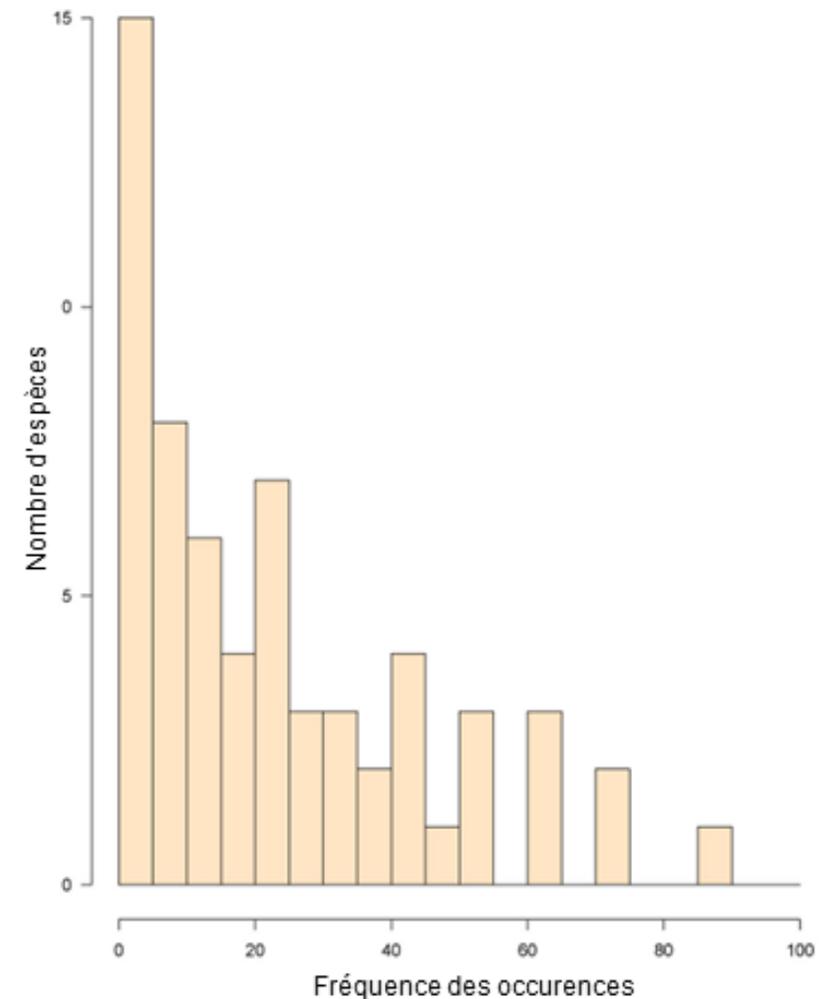


Figure 1 : Distribution des espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence sur l'ensemble des sites. Chaque barre verticale représente le nombre d'espèces d'oiseaux partageant la même valeur de fréquence d'occurrence. Les valeurs de fréquence sont des tranches de 5% (de la tranche 0-5% à la tranche 95-100%).

Analyse des richesses spécifiques et de l'abondance

La richesse spécifique (RS) moyenne (\pm écart-type) est de 14.4 ± 3.93 espèces/site avec un minimum de 6 espèces (site G45 situé au sud de la dune du Pyla) et un maximum de 24 espèces (site G14 situé à Montalivet). L'abondance moyenne est de 23 ± 9.62 individus/site (de 8 à 41 individus). La RS a aussi été calculée sur chacun des sites pour les quatre groupes fonctionnels d'oiseaux basés sur leur degré de spécialisation (espèces généralistes, spécialistes des milieux forestiers, spécialistes des milieux agricoles/ouverts, spécialistes du bâti). Les RS moyennes sont, respectivement pour les espèces généralistes de 4.78 ± 1.96 , pour les spécialistes des milieux agricoles de 3.6 ± 2.0 , pour les spécialistes des milieux forestiers de 4.3 ± 1.97 et pour les spécialistes du bâti de 1.6 ± 1.59 . Malgré les variations observées entre sites et le fait que plusieurs d'entre eux dépassent les 20 espèces contactées, l'étude n'en fait pas ressortir qui se distingue largement des autres. A l'opposé, peu de sites sont pauvres en espèces puisque moins de dix sites sont en dessous des 10 espèces contactées. La Figure 2 présente les valeurs de RS et d'abondance en oiseaux en fonction de la latitude de chaque site. Nous pouvons ainsi noter qu'aucun effet important du gradient latitudinal n'est observé sur les

variations de ces RS ou de l'abondance, hormis des tendances significatives à l'augmentation de la RS des spécialistes des milieux agricoles/ouverts et à la diminution de la RS des spécialistes des milieux forestiers en allant du nord au sud du cordon dunaire.

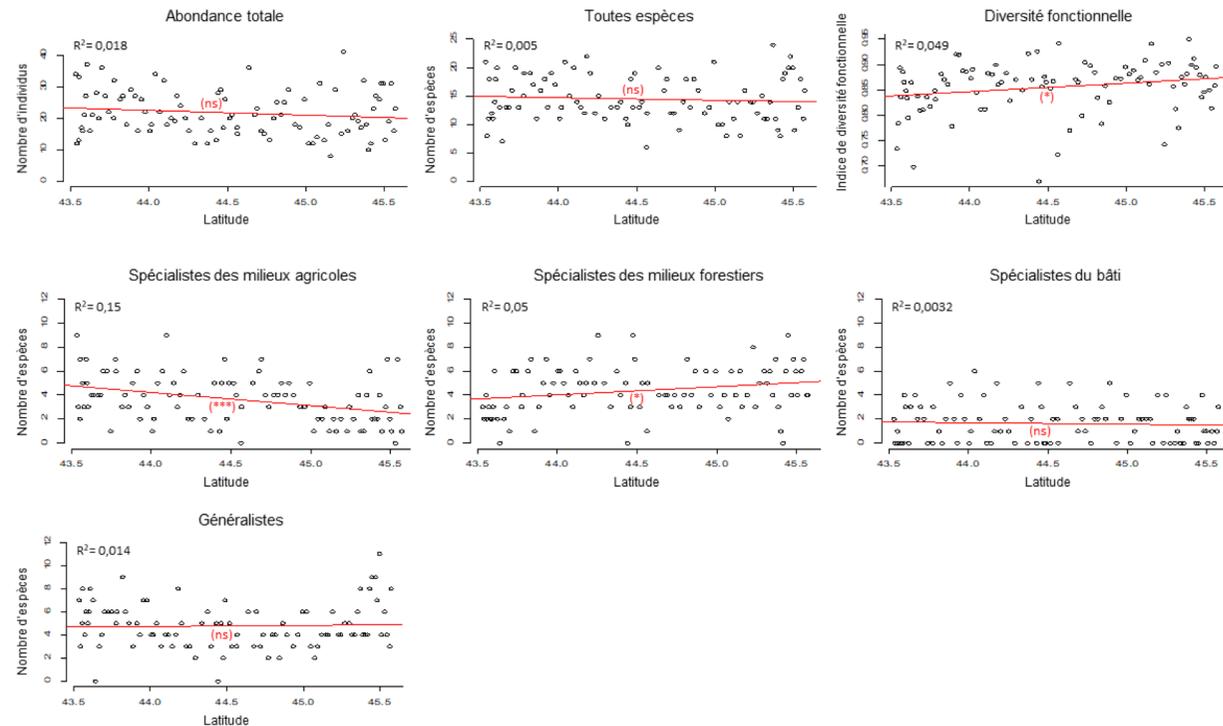


Figure 2: Distribution des valeurs d'abondance, de richesse spécifique et de diversité fonctionnelle des oiseaux en fonction de la latitude. Les ronds représentent les valeurs de ces variables pour les 94 sites identifiés sur ces graphes par une valeur de latitude. La droite en rouge est la droite de régression linéaire permettant de visualiser un éventuel effet de la latitude. ns: effet non significatif; *: effet significatif avec une P-value < 0.05; ***: effet significatif avec une P-value < 0.001. Les coefficients de détermination R^2 sont indiqués sur chaque graphe.

Nous avons conduit des analyses (modèles linéaires généralisés) pour identifier des facteurs environnementaux pouvant expliquer ces variations observées entre sites. Les résultats présentés dans le Tableau 4 (en annexe) montrent que plusieurs facteurs ont un effet significatif sur les variations des différentes RS. Comme attendu, les RS des espèces spécialistes des milieux forestiers et du bâti sont positivement influencées par la présence respectivement de forêts et de zones urbaines. La RS des espèces spécialistes des milieux agricoles/ouverts est influencée positivement par la présence d'arbustes sur les dunes non boisées et la présence de bâti et négativement par la présence de forêt et la latitude. La présence de zones urbaines et de ronces sont les deux facteurs explicatifs principaux agissant positivement sur l'abondance alors que la présence de forêt a un effet négatif.

Analyse des assemblages d'espèces

Nous avons ensuite comparé les sites les uns par rapport aux autres sur la base de leur assemblage en espèces pour évaluer d'une part si les sites géographiquement proches présentaient ou non des cortèges d'espèces semblables et d'autre part si les variations d'assemblage d'espèces pouvaient être expliquées par certains des facteurs environnementaux considérés dans cette étude. Nous avons d'abord réalisé une classification des sites par une analyse de groupement. Comme illustré sur la Figure 3, plusieurs groupes se distinguent les uns des autres. En se basant sur l'analyse statistique effectuée (analyse des sauts d'inertie avec la fonction « sort »), nous avons choisi de découper l'arbre en sept groupes. Pour chacun des groupes, une à plusieurs espèces spécifiques du groupe (dites espèces indicatrices) ont pu être identifiées (Figure 3). Pour identifier les facteurs qui influencent ces variations d'assemblage, des analyses canoniques des correspondances ont été réalisées. Le meilleur modèle statistique fait ressortir de façon significative cinq facteurs, à savoir la latitude,

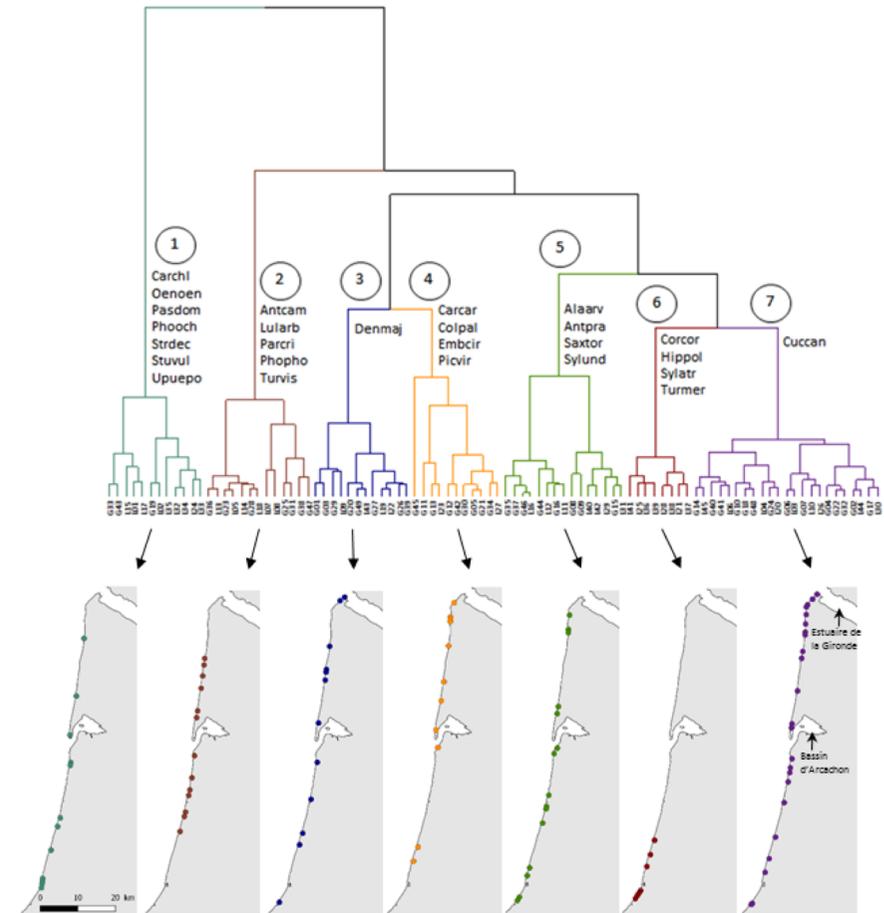


Figure 3 : Localisation géographique et groupement des sites en fonction des assemblages d'espèces d'oiseaux. Le dendrogramme produit par l'analyse de groupement a été coupé pour faire apparaître sept groupes représentés par un code couleur. Le nom des sites est indiqué à l'extrémité des branches terminales en bas du dendrogramme. Pour chacun des groupes, les espèces d'oiseaux indicatrices ont été annotées le long de la branche principale. Elles sont nommées en prenant les trois premières lettres de leur nom de genre suivies des trois premières lettres de leur nom d'espèce : exemple Carchl pour *Carduelis chloris* (cf. Tableau 2 pour les noms scientifique et français des différentes espèces). Le positionnement géographique des sites appartenant au même groupe figure sur la carte située sous la position du groupe dans le dendrogramme.

la présence de forêt, de végétations arbustives en forêt, de ronces et de bâtis.

Analyse de la diversité fonctionnelle

Nous nous sommes également intéressés à la diversité fonctionnelle pour analyser comment elle répondait aux différentes variables environnementales considérées. La distribution des valeurs de l'indice FEve montre d'une part des valeurs relativement fortes, reflétant une diversité fonctionnelle élevée au niveau des sites, et d'autre part une influence significative de la latitude puisque ces valeurs augmentent sensiblement du sud au nord du cordon dunaire (Figure 2). De plus, la présence de végétation arbustive sur la dune boisée semble aussi avoir un effet significatif et positif sur cette diversité fonctionnelle globale (Tableau 4, en annexe). Pour les traits considérés individuellement, les résultats des analyses sont résumés dans le Tableau 4. Concernant les différents régimes alimentaires, la présence de zones urbaines est favorable aux espèces granivores mais défavorable aux espèces insectivores alors que la présence de végétation arbustive en zone forestière est favorable aux espèces à régime mixte. Pour les techniques d'alimentation, la présence de zones urbaines est défavorable aux espèces se nourrissant dans la canopée des arbres mais est plutôt favorable aux espèces se nourrissant au sol. La présence de forêt a un effet bénéfique pour les espèces se nourrissant dans les arbres mais un effet négatif pour les espèces se nourrissant au sol ou en vol. Notons ici que les espèces chassant au vol ne sont qu'au nombre de trois (Tarier pâtre, Rougequeue noir et Rougequeue à front blanc) et ne sont pas des espèces forestières. Cela peut ainsi induire un biais statistique qu'il faut prendre en compte pour interpréter ce résultat. Par rapport aux sites de nidification, la présence de zones urbaines a un effet positif sur les espèces nichant dans des cavités mais négatif pour les espèces nichant au sol. La présence de forêt est favorable aux espèces nichant dans les arbres et la présence de ronces est

favorable aux espèces nichant dans les buissons. On note aussi pour une majorité de modalités de ces traits un effet combiné de la latitude.

Situation des espèces menacées ou faiblement distribuées en Aquitaine

Nous avons également réalisé des analyses avec les espèces présentant les critères suivants : un statut de menace à l'échelle nationale (UICN *et al.*, 2016) ou un indice régional de distribution en dessous de 50% (Theillout & Collectif faune-aquitaine.org, 2015), non spécialistes du bâti, nicheuses sur le cordon dunaire d'Aquitaine et détectées sur plus de 4 sites. Cela concerne l'Alouette des champs, le Cochevis huppé, la Fauvette pitchou, le Pipit rousseline et le Tarier pâtre (Tableau 5, en annexe). Aucun facteur explicatif n'a été identifié pour la Fauvette pitchou et l'Alouette des champs, probablement du fait d'un manque de puissance statistique : ces deux espèces ne sont détectées que dans moins de 13% des sites. La distribution du Cochevis huppé semble être expliquée par la



Figure 4 : Distribution du Cochevis huppé le long du cordon dunaire. Les ronds correspondent aux 94 sites positionnés le long de la côte (voir Figure 3). La couleur des ronds correspond à un nombre d'oiseaux contactés sur chaque site.

latitude, ce qui est illustré sur la carte de sa distribution sur l'ensemble des sites échantillonnés qui montre une plus faible détection de l'espèce en Gironde par rapport au département des Landes (Figure 4). On observe un impact négatif de l'urbanisation et de la présence de ronces sur la distribution du Pipit rousseline. La présence du Tarier pâtre est quant à elle dépendante de la présence d'arbustes sur les dunes non boisées et également de la latitude, avec davantage d'individus contactés dans le nord que dans le sud de l'Aquitaine.

Discussion

Cette étude a permis d'évaluer la diversité et la composition des communautés d'oiseaux sur l'ensemble du cordon dunaire aquitain grâce à des points d'écoute réalisés pendant la période printanière sur près d'une centaine de sites répartis uniformément le long du littoral. Les caractéristiques de ces communautés et leur réponse à diverses variables environnementales ont été évaluées pour chacun des sites sur une zone allant de la dune blanche à la dune boisée permettant ainsi de capturer des variations d'assemblage tant pour les espèces associées aux milieux agricoles/ouverts (segment dune blanche/dune grise/frange forestière) que pour les espèces associées aux milieux forestiers. A notre connaissance, c'est l'une des premières études d'envergure réalisées à cette échelle sur des dunes côtières.

Le cordon dunaire étant considéré comme un milieu relativement homogène constitué d'un linéaire de dunes sableuses, boisées et non boisées, nous nous attendions à relever un nombre relativement limité d'espèces d'oiseaux et de faibles variations en termes de composition spécifique. Or si en moyenne près d'une quinzaine d'espèces ont été contactées sur chaque site, c'est plus d'une soixantaine d'espèces qui ont été comptabilisées au total révélant ainsi des différences notables entre sites. Une quinzaine d'espèces

ont été détectées sur moins de 5 sites. Cela concerne principalement des espèces effectuant des haltes migratoires sur les dunes (Tarier des prés, Pouillot fitis, Bergeronnette printanière, etc.) ou liées à des habitats spécifiques rencontrés occasionnellement sur le cordon dunaire aquitain (zones humides, prairies, etc.). Les autres espèces contactées sur au moins cinq sites sont quelques espèces migratrices (Traquet motteux, Pipit farlouse, etc.) et surtout des espèces nicheuses des dunes boisées (espèces forestières), des dunes non boisées (espèces des milieux agricoles/ouverts) ou associées au bâti (Theillout & Collectif faune-aquitaine.org, 2015).

Forey *et al.* (2008) avait révélé que les assemblages d'espèces végétales herbacées résultaient à la fois de l'effet de facteurs locaux (ensablement, humidité, intensité du vent, granulométrie du sable) et de facteurs régionaux variant selon un gradient nord/sud (dépôt d'azote, pluviométrie). Notre étude sur l'avifaune montre également que la distribution des oiseaux s'explique par des facteurs locaux et régionaux bien que ces facteurs soient différents de ceux influençant les espèces végétales. Bien que la latitude ne soit pas un facteur explicatif majeur (les groupes de sites obtenus après analyse de groupement réunissent des sites souvent éloignés les uns des autres), les analyses statistiques montrent un effet significatif de ce facteur, en particulier sur les espèces des milieux agricoles/ouverts comme illustré par la carte de distribution du Cochevis huppé sur la Figure 4. Il est pour l'instant difficile d'identifier les facteurs sous-jacents qui pourraient expliquer cet effet de la latitude mais la concentration de sites dépourvus de dunes non boisées dans le nord de la Gironde défavorable aux espèces des milieux agricoles/ouverts pourrait en être un. Bien que nous ayons considéré dans cette étude des facteurs environnementaux locaux caractérisés de façon grossière (présence/absence de bâti, de végétation arbustive, de forêt et de dunes grises), nous montrons que les variations de diversité (tant au niveau des RS que de la diversité fonctionnelle) de l'avifaune observées entre sites sont en partie liées à l'influence de

plusieurs de ces facteurs. L'urbanisation des dunes, qui concerne près d'un quart des sites étudiés, est sans aucun doute le facteur parmi ceux testés qui semble avoir la plus forte influence sur la composition en espèces, la richesse spécifique et la diversité fonctionnelle. En effet sur l'ensemble des sites urbanisés quel que soit le degré d'urbanisation, plusieurs espèces spécialisées du bâti sont détectées (Moineau domestique, Pie bavarde, Rougequeue noir, Rougequeue à front blanc, Tourterelle turque, Serin cini, Chardonneret élégant, Verdier d'Europe), ce qui se traduit très souvent par une augmentation de la richesse spécifique totale de ces sites. Du fait d'une urbanisation modérée et lâche au niveau des sites suivis, correspondant majoritairement à des sites d'accueils pour le tourisme estival (camping, village de vacances, etc.), l'impact négatif sur la diversité des oiseaux semble en effet moins important qu'ailleurs (Devictor *et al.*, 2007; Sol *et al.*, 2017). Cependant, si l'impact de l'urbanisation sur les RS semble positif, nos analyses font ressortir un effet négatif de cette urbanisation sur certains groupes fonctionnels d'oiseaux, en particulier ceux qui présentent certaines modalités de traits fonctionnels tels qu'un régime insectivore, une technique d'alimentation par glanage dans la canopée ou une nidification au sol. Cela concerne notamment le Pipit rousseline qui présente une faible distribution en Aquitaine (nidification sur seulement 18% des mailles 10x10km) et dont la majorité de la population niche sur les dunes non boisées (Theillout & Collectif faune-aquitaine.org, 2015). La présence de végétation arbustive est un autre facteur qui influence significativement la diversité de l'avifaune. Nous avons distingué trois variables associées à ce type de végétation selon que ce type de végétation était présent ou non sur les dunes non boisées et en sous-bois sur les dunes boisées, et incluant ou non de la végétation de type ronces. Ainsi, la présence de végétation arbustive sur les dunes non boisées a un effet positif sur la RS des espèces des milieux agricoles/ouverts, la présence de végétation arbustive sur les dunes boisées a un effet positif sur les espèces ayant un régime mixte, et la présence de ronces favorise les

espèces nichant dans les buissons et a un effet positif sur l'abondance totale des espèces d'oiseaux. Ce résultat n'est pas inattendu mais confirme le fait qu'il est important de maintenir une certaine complexité de structure tridimensionnelle de végétation au niveau des dunes, en particulier au niveau de l'interface entre dunes grises et dunes boisées, pour favoriser certains cortèges d'espèces, notamment ceux associés aux milieux buissonnants et aux lisières forestières, comme cela a déjà été montré dans plusieurs études (Davies & Asner, 2014; Simonson *et al.*, 2014. Huang *et al.*, 2014). La présence de forêt se révèle être également un facteur qui influence fortement la diversité de l'avifaune sur le cordon dunaire avec comme attendu un effet positif sur les espèces spécialistes des milieux forestiers qui utilisent les arbres pour s'y nourrir ou pour y nicher et à l'inverse un effet négatif sur les espèces des milieux agricoles/ouverts. Ce dernier résultat suggère fortement qu'un empiètement des dunes grises par la forêt (phénomène observé visuellement sur plusieurs sites par l'ONF depuis plusieurs années) pourrait conduire à terme à une diminution du nombre d'espèces qui leur sont associées.

De façon surprenante, le facteur « présence/absence de dunes grises » n'a pas été identifié dans nos analyses comme un facteur explicatif en particulier pour les espèces des milieux agricoles ou ouverts. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette observation : (1) le nombre trop faible d'espèces nicheuses contactées sur dunes blanches ou dunes grises ne permet pas de disposer d'une puissance d'analyse suffisante ; (2) la présence de dunes blanches sur la grande majorité des sites sans dune grise est suffisante pour maintenir les espèces et n'est pas assez discriminante entre sites (seuls 3 sites sur les 94 sont dépourvus de dune blanche) pour tester l'effet de la présence de dunes non boisées ; (3) la description strictement qualitative (présence de dunes grises) de ce facteur ne suffit pas pour le faire ressortir des analyses.

D'une manière générale, une caractérisation plus fine des variables au niveau de chaque site, en apportant en particulier des éléments quantitatifs (proportion en surface des strates de végétation, des dunes, des forêt de protection et des zones urbaines, mesures de diversité des strates arbustives et arborées, etc.) et en intégrant d'autres variables comme la quantification de certains micro-habitats, devrait permettre d'améliorer nos modèles statistiques et ainsi révéler d'autres facteurs explicatifs comme cela a été établi dans plusieurs études récentes (Mandelik *et al.*, 2012; Ghadiri Khanaposhtani *et al.*, 2012; Ouin *et al.*, 2015). Cela pourra conduire à évaluer si, au travers d'un ensemble de facteurs environnementaux spécifiques de chacun des habitats du cordon dunaire (dunes non boisées, frange forestière, forêt), il est possible d'obtenir une estimation fiable de la biodiversité, en particulier la diversité fonctionnelle de l'avifaune.

A terme, ce type d'étude permettra d'estimer si par la seule lecture de descripteurs environnementaux d'un milieu pour lesquels il aura été établi qu'ils ont des effets directs sur la biodiversité, il est possible d'évaluer de façon fiable le bon état de conservation de ce milieu.

Par ailleurs, cette étude sur l'avifaune conduite sur une telle densité de sites enrichit significativement nos connaissances sur la distribution des espèces d'oiseaux sur l'ensemble du cordon dunaire. Bien que basé sur un échantillonnage par points d'écoute, ce travail a permis d'avoir une description fine de l'avifaune, en particulier pour des sites sur lesquels les pressions d'observation sont faibles. Ce type d'étude est donc complémentaire des observations réalisées par les ornithologues de terrain. Sur la période 2010-2016, les données d'observation d'oiseaux sur le cordon dunaire présentes dans Faune Aquitaine totalisent un peu plus de 70 espèces observées (hors oiseaux d'eau et marins, rapaces, insectivores aériens et oiseaux en migration active) dont plusieurs rares observations (coucou geai ou grand corbeau par exemple) et se concentrent essentiellement sur

quelques sites les plus accessibles au grand public. Ainsi sur des sites où la pression d'observation est forte, le nombre total d'espèces contactées sur une période de quelques années est supérieur à celui obtenu par un échantillonnage comme celui réalisé dans cette étude c'est à dire durant un seul printemps et avec seulement deux passages de 20 min. Mais le nombre de tels sites suivis de façon intensive est bien trop faible pour avoir une idée précise de la distribution des espèces sur l'ensemble du cordon dunaire et pour estimer l'influence de facteurs environnementaux.

En conclusion, cette étude permet de faire quelques recommandations sur les modes de gestion du cordon dunaire pour conserver en particulier une diversité fonctionnelle importante au sein de l'avifaune et également préserver des espèces vulnérables ou menacées. Limiter l'urbanisation, favoriser une végétation arbustive variée en particulier au niveau de la frange forestière, tout en maintenant des surfaces suffisantes de dunes non boisées et de forêt de protection sont les recommandations principales suggérées. Cependant, avant toute application de ces mesures, ce travail devra se poursuivre en analysant la réponse d'autres taxons, notamment certains groupes d'insectes, maillons intermédiaires entre végétation et avifaune, qui plus est permettra d'examiner également le rôle des interactions trophiques dans le maintien de la biodiversité du cordon dunaire.

Tableaux

Tableau 2: Liste des espèces contactées sur l'ensemble des 94 sites

Noms français	Noms latins	Fréq. rel. (%) ^a	Indice nat ^b	Indice rég ^b	Statut UICN ^c
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	42,55	80	85	LC
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	7,45	80	53	NT
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	8.51	55	57	LC

Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	50	92	96	LC	Pigeon domestique	<i>Columba livia f. domestica</i>	2.13	NA	NA	NA
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	4.26	38	13	LC	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	22.34	95	94	LC
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	4.26	29	43	NT	Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	86.17	97	98	LC
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	1.06	77	45	VU	Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	11.7	71	74	LC
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	2.13	58	34	LC	Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	22.34	21	0	VU
Bruant zizi	<i>Emberiza cirius</i>	29.79	71	87	LC	Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i>	54.26	12	18	LC
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	14.89	92	94	VU	Pouillot de Bonelli	<i>Phylloscopus bonelli</i>	17.02	34	59	LC
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	1.06	23	17	VU	Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	4.26	NA	0	NT
Cochevis huppé	<i>Galerida cristata</i>	46.81	17	38	LC	Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	74.47	94	97	LC
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	51.06	94	98	LC	Roitelet triple-bandeau	<i>Regulus ignicapillus</i>	7.45	70	87	LC
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	6.38	91	92	LC	Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	38.3	73	79	LC
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	21.28	89	94	LC	Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	72.34	95	96	LC
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	32.98	96	98	LC	Rougequeue à front blanc	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	12.77	60	64	LC
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	19.15	79	73	LC	Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	34.04	91	97	LC
Fauvette mélanocéphale	<i>Sylvia melanocephala</i>	1.06	10	2	NT	Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	6.38	83	86	VU
Fauvette pitchou	<i>Sylvia undata</i>	12.77	14	34	EN	Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>	6.38	85	93	LC
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	18.09	93	96	LC	Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>	4.26	17	3	VU
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>	1.06	57	57	NT	Tarier pâtre	<i>Saxicola torquata</i>	31.91	87	91	NT
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	1.06	3	5	VU	Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>	2.13	33	43	LC
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	41.49	89	93	LC	Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	1.06	81	86	VU
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	5.32	85	82	LC	Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	24.47	90	95	LC
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	21.28	90	95	LC	Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>	25.53	12	6	NT
Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i>	24.47	58	80	LC	Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	40.43	94	97	LC
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolaïs polyglotta</i>	29.79	77	90	LC	Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	39.36	92	95	VU
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	3.19	81	63	VU						
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	63.83	97	98	LC						
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	40.43	88	91	LC						
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	12.77	95	97	LC						
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	62.77	96	98	LC						
Mésange huppée	<i>Parus cristatus</i>	60.64	58	59	LC						
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	20.21	93	95	LC						
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	18.09	92	95	LC						
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	11.7	91	97	LC						
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	8.51	90	89	LC						
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>	1.06	66	58	NT						

^a Fréquence relative de chaque espèce sur l'ensemble des 94 sites

^b Pourcentage de mailles (10x10km) où l'espèce est nicheuse (soit sur le plan national soit sur le plan régional) (Theillout & Collectif faune-aquitaine.org, 2015)

^c Statut UICN national 2016. NT: quasi-menacée; LC: préoccupation mineure; VU: vulnérable; EN: En danger; NA: non applicable

Tableau 3: Traits fonctionnels des espèces retenues

Espèces	Niveau de spécialisation	Régime alimentaire	Technique d'alimentation	Localisation du nid
Accenteur mouchet	généraliste	insectivore	glanage sol	au sol
Alouette des champs	agricole	insectivore	glanage sol	au sol
Alouette lulu	agricole	insectivore	glanage sol	au sol
Bergeronnette grise	agricole	insectivore	glanage sol	cavité
Bruant zizi	agricole	mixte	glanage sol	au sol
Chardonneret élégant	bâti	granivore	glanage sous-bois	arbre
Cochevis huppé	agricole	insectivore	glanage sol	au sol
Corneille noire	généraliste	mixte	glanage sol	arbre
Coucou gris	généraliste	insectivore	glanage canopée	au sol
Etourneau sansonnet	agricole	mixte	sondage sol	cavité
Fauvette à tête noire	généraliste	insectivore	glanage sous-bois	buisson
Fauvette grisette	agricole	insectivore	glanage sous-bois	buisson
Fauvette pitchou	forêt	insectivore	glanage sous-bois	buisson
Geai des chênes	généraliste	mixte	glanage sous-bois	arbre
Grimpereau des jardins	forêt	insectivore	écorce	cavité
Grive draine	forêt	mixte	sondage sol	arbre
Grive musicienne	forêt	mixte	sondage sol	arbre
Huppe fasciée	agricole	insectivore	sondage sol	cavité
Hypolais polyglotte	généraliste	insectivore	glanage sous-bois	buisson
Merle noir	généraliste	mixte	sondage sol	buisson
Mésange à longue queue	forêt	insectivore	glanage sous-bois	buisson
Mésange bleue	généraliste	insectivore	glanage canopée	cavité
Mésange charbonnière	généraliste	insectivore	glanage canopée	cavité
Mésange huppée	forêt	mixte	glanage canopée	cavité
Moineau domestique	bâti	granivore	glanage sol	cavité
Pic épeiche	forêt	insectivore	écorce	cavité
Pic vert	généraliste	insectivore	sondage sol	cavité
Pie bavarde	bâti	mixte	glanage sol	arbre
Pigeon ramier	généraliste	granivore	glanage sol	arbre
Pinson des arbres	généraliste	mixte	glanage canopée	arbre
Pipit des arbres	forêt	insectivore	glanage sol	au sol
Pipit farlouse	agricole	insectivore	glanage sol	au sol
Pipit rousseline	agricole	insectivore	glanage sol	au sol
Pouillot de Bonelli	forêt	insectivore	glanage canopée	cavité
Pouillot véloce	forêt	insectivore	glanage canopée	cavité
Roitelet triple-bandeau	forêt	insectivore	glanage canopée	arbre
Rossignol philomèle	généraliste	insectivore	glanage sous-bois	au sol
Rougegorge familier	forêt	insectivore	glanage sous-bois	au sol
Rougequeue à front blanc	bâti	insectivore	en vol	cavité
Rougequeue noir	bâti	insectivore	en vol	cavité
Serin cini	bâti	granivore	glanage sol	arbre
Sittelle torchepot	forêt	insectivore	écorce	cavité
Tarier pâtre	agricole	insectivore	en vol	au sol
Tourterelle turque	bâti	granivore	glanage sol	arbre
Traquet motteux	agricole	insectivore	glanage sol	au sol
Troglodyte mignon	forêt	insectivore	glanage sol	au sol
Verdier d'Europe	bâti	granivore	glanage sous-bois	buisson

Tableau 4: Facteurs explicatifs des différentes composantes de la diversité de l'avifaune du cordon dunaire

Métriques et traits fonctionnels de l'avifaune	Latitude	Présence de dune grise	Présence d'arbustes sur dune non boisée	Présence d'arbustes sur dune boisée	Présence de ronces	Présence de zone urbaine	Présence de forêt
Richesse spécifique (RS) et abondance							
RS totale						+***	
RS espèces généralistes					+*		
RS espèces forestières							+***
RS espèces de milieux agricoles/ouverts	-***		+*			+*	-*
RS espèces du bâti						+***	
Abondance					+**	+***	-*
Diversité fonctionnelle				+***			
Régime alimentaire							
Granivore				-***		+***	
Insectivore						-***	
Mixte				+**			
Technique d'alimentation							
Sur l'écorce des arbres							+*
Glanage de la canopée	+**		-*		-*	-***	+***
Glanage du sol	-***					+**	-*
Glanage du sous-bois							
Sondage du sol	-*					+*	
Au vol	+**						-*
Site de nidification							
Cavité	-*					+***	
Buisson					+**		
Sol						-***	
Arbre	+*			-*			+**

'-': indique un effet négatif de la variable environnementale; '+' indique un effet positif de la variable environnementale.

Le nombre d'astérisques indique le niveau de significativité de la relation entre métriques de diversité et variables environnementales : plus le nombre d'astérisques est élevé, plus la significativité est forte: *** ($P < 0.001$), ** ($P < 0.01$), * ($P < 0.05$). Seuls les effets significatifs au seuil de 5% sont indiqués.

Tableau 5: Facteurs explicatifs de la distribution des espèces menacées ou à distribution limitée

Espèces	Latitude	Présence de dune grise	Présence d'arbustes sur dune non boisée	Présence d'arbustes sur dune boisée	Présence de ronces	Présence de zone urbaine	Présence de forêt
Alouette des champs							
Cochevis huppé	***						
Fauvette pitchou							
Pipit rousseline					*	*	
Tarier pâtre	***		+				

'-': indique un effet négatif de la variable environnementale; '+' indique un effet positif de la variable environnementale.

Le nombre d'astérisques indique le niveau de significativité de la relation entre métriques de diversité et variables environnementales : plus le nombre d'astérisques est élevé, plus la significativité est forte: *** ($P < 0.001$), ** ($P < 0.01$), * ($P < 0.05$). Seuls les effets significatifs au seuil de 5% sont indiqués.

Remerciement

Nous tenons à remercier plusieurs personnes qui ont permis de réaliser cet inventaire de l'avifaune: Sophie Damian, Sandy Barbéris, Aurore Azconaga, Frank Jouandoudet et Alexandre Portmann pour leur participation en tant qu'ornithologues bénévoles, Laurent Couzi, directeur de la LPO Aquitaine, pour nous avoir mis en contact avec ce groupe d'ornithologues, Jacques Maïa, David Robert, Bertrand Dupont, Christophe Contival, Eric Perrocheau, Arnaud Bassibey, agents de l'Office National des Forêts, de s'être rendus disponibles pour nous accompagner sur un certain nombre de sites ainsi qu'à Jessica Loison pour nous avoir fourni les caractéristiques de végétation de l'ensemble des sites.

Bibliographie

Barbaro L, Van Halder I (2009). Linking bird, carabid beetle and butterfly life-history traits to habitat fragmentation in mosaic landscapes. *Ecography* 32:321-333.

Barbaro L, Giffard B, Charbonnier Y, van Halder I, Brockerhoff EG (2014). Bird functional diversity enhances insectivory at forest edges: a transcontinental experiment. *Diversity and Distributions* 20:149-159.

Barbaro L, Rusch A, Muiruri EW, Gravellier B, Thiery D, Castagnyrol B (2017). Avian pest control in vineyards is driven by interactions between bird functional diversity and landscape heterogeneity. *Journal of Applied Ecology* 54:500-508.

Bibby C, Burgess N, Hill D, Mustoe S (2000). *Bird Census Techniques*. (Academic Press: San Diego, CA.).

- Bonthoux S, Balent G (2012). Point count duration: five minutes are usually sufficient to model the distribution of bird species and to study the structure of communities for a French landscape. *J Ornithol* 153, 491-504.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P (2011). *Numerical ecology with R*. Springer Science & Business Media.
- Charbonnier YM, Barbaro L, Barnagaud J-Y, Ampoorter E, Nezan J, Verheyen K, Jactel H (2016). Bat and bird diversity along independent gradients of latitude and tree composition in European forests. *Oecologia*:1-9.
- Davies AB, Asner GP (2014). Advances in animal ecology from 3D-LiDAR ecosystem mapping. *Trends in Ecology & Evolution* 29:681-691.
- Devictor V, Julliard R, Couvet D, Lee A, Jiguet F (2007). Functional homogenization effect of urbanization on bird communities. *Conservation Biology* 21:741-751.
- Drapeau P, Leduc A, McNeil R (1999). Refining the use of point counts at the scale of individual points in studies of bird-habitat relationships. *Journal of Avian Biology*, 367-382.
- Favennec J (2002). Suivi des dunes littorales par transects mis en place par l'Office National des Forêts en Aquitaine. *Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique*, Coord. J. Favennec, Ed. Les dossiers forestiers ONF, 269-274.
- Forey E, Chapelet B, Vitasse Y, Tilquin M, Touzard B, Michalet R (2008) The relative importance of disturbance and environmental stress at local and regional scales in French coastal sand dunes. *Journal of Vegetation Science* 19:493-502
- Ghadiri Khanaposhtani M, Kaboli M, Karami M, Etemad V (2012). Effect of habitat complexity on richness, abundance and distributional pattern of forest birds. *Environmental management* 50, 296-303.
- Goffé L (2011). Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique - Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Version 1. Rapport SPN 2011-18. Museum National d'Histoire Naturelle / Office National des Forêts / Conservatoire Botanique National de Brest, 67.
- Huang Q, Swatantran A, Dubayah R, Goetz SJ (2014). The influence of vegetation height heterogeneity on forest and woodland bird species richness across the United States. *PLoS One* 9:e103236.
- Jiguet F, Devictor V, Julliard R, Couvet D (2012). French citizens monitoring ordinary birds provide tools for conservation and ecological sciences. *Acta Oecologica* 44:58-66.
- Jiguet F (2016). Les résultats nationaux du programme STOC de 1989 à 2015. vigienature.mnhn.fr.
- Mandelik Y, Dayan T, Chikatunov V, Kravchenko V (2012). The relative performance of taxonomic vs. environmental indicators for local biodiversity assessment: A comparative study. *Ecological Indicators* 15, 171-180.

Ouin A, Cabanettes A, Andrieu E, Deconchat M, Roume A, Vigan M, Larrieu L (2015). Comparison of tree microhabitat abundance and diversity in the edges and interior of small temperate woodlands. *Forest Ecology and Management* 340, 31-39.

Petchey OL, Gaston KJ (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9:741-758.

R Core Team (2017). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Simonson WD, Allen HD, Coomes DA (2014). Applications of airborne lidar for the assessment of animal species diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 5:719-729.

Sol D, Bartomeus I, González-Lagos C, Pavoine S (2017). Urbanisation and the loss of phylogenetic diversity in birds. *Ecology Letters* 20:721-729.

Theillout A, Collectif faune-aquitaine.org (2015). Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine. LPO Aquitaine, Delachaux et Niestlé.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF, ONCFS (2016). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine, Paris, France.

Sites Internet consultés

[Faune Aquitaine : http://www.faune-aquitaine.org](http://www.faune-aquitaine.org)



Il est possible à toute personne inscrite sur www.faune-aquitaine.org de publier à partir de la base de données. Il est nécessaire d'être un contributeur significatif et d'obtenir l'autorisation des autres contributeurs pour exploiter leurs données masquées et celle de l'administrateur de la base, la LPO Aquitaine. Ces conditions remplies, l'obtention des données se fait auprès de l'administrateur du système. L'article devra ensuite être soumis au comité de lecture de FA. Dès lors que l'article sera validé, il sera mis en page puis inséré au site web, en vue d'être consulté ou téléchargé par quiconque.

www.faune-aquitaine.org