FONDATION biotope

DOCUMENTS TECHNIQUES de la Fondation Biotope

n° 1 Octobre 2023

Étude de l'habitat favorable à l'Engoulevent coré (*Hydropsalis cayennensis manati*) sur l'île de la Martinique.

Modélisation prospective et échantillonnage nocturne des habitats favorables

Daniel PINELLI
Yves LE BRAS

SOMMAIRE

Documents techniques de
la Fondation Biotope. n°1 - Octobre 2023

Étude de l'habitat favorable à l'Engoulevent coré (*Hydropsalis cayennensis manati*) sur l'île de la Martinique

© Daniel Pinelli

Auteurs :

Daniel Pinelli,
Chef de projets à Biotope Caraïbes

Yves Le Bras,
Biostatisticien à Biotope Mèze

Relecture : Thomas Menut, Cécile Chiffeteau.

Citation : « Pinelli Daniel & Le Bras Yves. (2023). Étude de l'habitat favorable à l'Engoulevent coré (*Hydropsalis cayennensis manati*) sur l'île de la Martinique. *Les documents techniques de la Fondation Biotope*, n°1, 1-29.»

Cette étude a été financée par le Parc Naturel Régional de la Martinique (PNRM)

Introduction p.4

Matériels et méthodes p.7

Résultats p.17

Discussion p.21

Bibliographie p.28

Photo de couverture.
© Daniel Pinelli

Fondation Biotope, 3 rue Mézin Gildon, 97354 Remire-Montjoly

ISSN : 3001-7262

RÉSUMÉ

L'Engoulevent coré (*Hydropsalis cayennensis manati*) est une sous-espèce endémique, qui n'a été recensée au sein des Petites Antilles françaises que sur l'île de La Martinique, bien que l'aire de distribution de l'espèce soit relativement large, allant de l'Amérique Centrale à l'Amérique du Sud. Cet oiseau nocturne s'est considérablement raréfié au fil des décennies sur l'île de la Martinique, ce qui lui a valu un classement en tant qu'espèce « vulnérable » (VU) selon la liste rouge régionale de l'UICN et une inscription à la liste des oiseaux protégés de la Martinique. Compte tenu des connaissances lacunaires sur cette espèce en Martinique et de sa distribution qui semble limitée à la Presqu'île de la Caravelle selon les dernières observations naturalistes, nous avons étudié l'habitat favorable à l'Engoulevent coré et recherché via des prospections nocturnes sa présence sur les habitats identifiés comme favorables. Grâce à l'utilisation de l'outil de modélisation « MaxEnt », il a été identifié 125 km² d'habitat favorable, ce qui représente 11% du territoire de la Martinique qui s'étend sur un total de 1 128 km². Ces zones favorables sont principalement caractérisées par des milieux xériques, composées de formations arbustives et arborées, ainsi que des milieux ouverts. Sur l'ensemble des prospections nocturnes menées, 10 nouveaux sites ont été identifiés en présence de l'Engoulevent coré, avec pour certaines des zones de nidification avérées. Nos résultats et nos observations de terrain, nous ont permis de discuter de l'écologie de l'Engoulevent coré et d'identifier plusieurs menaces qui pèsent sur les populations en Martinique. Des préconisations sur des mesures conservation et d'amélioration de la connaissance sont ainsi proposées dans ce document technique.

Mots-clés : Caprimulgidae, Engoulevent coré, *Hydropsalis cayennensis*, Habitat favorable, MaxEnt, Petites Antilles, Conservation de la biodiversité

The White-tailed Nightjar (*Hydropsalis cayennensis manati*) is an endemic subspecies, which has been censused within the French Lesser Antilles only on the island of Martinique, although the distribution area of the species is relatively large, extending from Central America to South America. This nocturnal bird was considerably become rarer over the decades on the island of Martinique, which has earned it a classification as a "vulnerable" (VU) species according to the IUCN regional red list and an inscription on the list of protected birds of Martinique. Given the lack of knowledge about this species in Martinique and its distribution which seems limited to the Caravelle Peninsula according to the latest naturalist observations, we studied the habitat favorable to the White-tailed Nightjar and searched via nocturnal surveys for its presence in habitats identified as favorable. Thanks to the use of the "MaxEnt" modeling tool, 125 km² of favorable habitat was identified, which represents 11% of the territory of Martinique which extends over a total of 1,128 km². These favorable areas are mainly characterized by xeric environments, composed of shrub and tree formations, as well as open environments. Out of all the nocturnal surveys carried out, 10 new sites were identified in the presence of the White-tailed Nightjar, some with proven nesting areas. Our results and field observations allowed us to discuss the ecology of the White-tailed Nightjar and to identify several threats weighing on populations in Martinique. Recommendations on measures to conserve and improve knowledge are thus proposed in this technical document.

Keywords : Caprimulgidae, White-tailed Nightjar, *Hydropsalis cayennensis*, Favorable habitat, MaxEnt, Lesser Antilles, Biodiversity conservation

INTRODUCTION

L'avifaune est l'une des branches taxonomiques les plus étudiées du règne animal. Cependant, elle subit de fortes pressions, principalement d'origines anthropiques, et elle fait encore l'objet d'importantes lacunes scientifiques (BirdLife International, 2020). A l'échelle mondiale, cela ne représenterait pas moins de 2 486 espèces à situation dite «préoccupantes» (22,7% du total), dont 1 469 seraient menacées d'extinction avec un statut de conservation préoccupant (BirdLife International, 2018). La perte ou la dégradation de l'habitat, l'introduction d'espèces exotiques et envahissantes ou bien l'activité de chasse et de braconnage, apparaissent comme les causes principales du déclin des oiseaux (Youth, 2021).

Le manque crucial de connaissance sur de nombreuses espèces et notamment celles qui sont menacées, limite les efforts de conservation en leur faveur. Bien que les progrès en recherche aient considérablement augmentés ces dernières années, le rapport BirdLife International 2020 indique également que les objectifs fixés n'ont pas encore été atteints et qu'il est nécessaire de poursuivre les efforts afin de mieux connaître l'écologie des espèces et la nature des menaces qui pèsent sur elles.
Parmi toutes les espèces d'oiseaux, certaines sont rares et définies comme espèces cryptiques, c'est-à-dire, difficile à observer de par leur mimétisme et leur discrétion dans leur environnement. De ce fait, l'écologie de ces espèces est bien souvent mal connue, ce qui est notamment le cas pour les oiseaux crépusculaires et nocturnes tels que ceux issus de la famille des Caprimulgidae (Sierro *et al.*, 2001 ; Pérez-Granados & Schuchmann, 2020). Cette famille regroupe environ 100 espèces d'engoulevents réparties sur le globe, dont 15 détenant un statut de conservation mondial préoccupant et 4 non évaluées par manque de données (DD) (Del Hoyo, 2020). Parmi ces oiseaux nocturnes, 3 sont présents à l'échelle des Petites Antilles Françaises (*Chordeiles minor, Chordeiles gundlachii et Hydropsalis cayennensis*).

Contrairement aux deux autres espèces citées, l'Engoulevent coré (*Hydropsalis cayennensis manati*, anciennement *Caprimulgus cayennensis manati*) est une sous-espèce endémique, qui n'a été recensée au sein des Petites Antilles françaises que sur l'île de La Martinique, bien que l'aire de distribution de l'espèce soit relativement large, allant de l'Amérique Centrale à l'Amérique du Sud (Fig. 1). L'Engoulevent coré est résidant à l'année sur l'île mais s'est considérablement raréfié au fil des décennies (Gros-Désormeaux, 2008), ce qui lui a valu un classement en tant qu'espèce « vulnérable » (VU) selon la liste rouge de l'UICN de Martinique et une inscription à la liste des oiseaux protégés de la Martinique (Arrêté du 17 février 1989, art.1).

Les premières observations rapportées de cette sous-espèce en Martinique remonteraient au 18e et 19e siècles dans la publication de Thibault de Chanvallon (1763) et Scalter et Salvin (1873) (Gros-Désormeaux, 2008). Ce n'est qu'en 1951 qu'un spécimen fut capturé et envoyé au MNHN afin de servir d'holotype, ce qui permit la publication en 1963 de sa description en tant que nouvelle sous-espèce par le père Robert Pinchon (Cleere *et al.*, 2006).

Au cours du temps, plusieurs individus et couvées furent observés sur différentes localités de la Martinique, notamment à la Pointe Ferret de la Presqu'île de la Caravelle (1942), dans la savane de l'habitation Dizac (1955, 1959), dans les environs de Saint-Luce (1953), sur le Morne Flambeau de la commune du Marin, et proche du Château Dubuc de la Presqu'île de la Caravelle (1992). Puis sa présence se serait progressivement raréfiée au 20e et 21e siècles, jusqu'à n'avoir des observations naturalistes qu'au niveau de la réserve de la Caravelle, peu avant le parking en terre permettant l'accès au Château Dubuc.

L'état actuel des connaissances pour l'Engoulevent coré, aussi bien pour la sous-espèce de Martinique que pour celle présente en Amérique latine, fait l'objet de grandes lacunes tant sur son écologie que sur les menaces qui pèsent sur l'espèce. Les seules informations retrouvées sur l'écologie de cette espèce, mettent en avant un oiseau fréquentant des habitats plutôt xériques ouverts à semi-ouverts, c'est-à-dire « dégagés herbeux ou arbustifs » (ex : savanes, friches herbacées, broussailles basses, forêts sèches, *etc.*) (Hilty 2003 ; Kirwan *et al.*, 2019). D'après Bénito-Espinal & Hautcastel (2003), l'espèce semble fréquenter en Martinique des zones de basses altitudes, surtout dans la partie méridionale de l'île (Diamant, Ste-Luce, Ste-Anne, Caravelle), dans des zones sèches à taillis denses. C'est un oiseau que l'on retrouve très souvent posté au sol où il y établit également ses couvées (œufs de couleur rose dotés de marbrures bleutées). Il peut également être posté sur des perchoirs au crépuscule pendant la période d'alimentation (Hilty 2003 ; Kirwan *et al.*, 2019). Selon la littérature, il est fréquent d'observer cette espèce sur le bord des routes et proches des lampadaires attirant de nombreux insectes constituant son alimentation de base (Debrot, 2014). D'après Gros-Désormeaux, (2008), la perte de son habitat et la prédation par la Petite mangouste indienne (*Urva auropunctata*) seraient les menaces principales touchant cette espèce en Martinique.

Compte tenu des menaces et de l'état des connaissances recensées en Martinique sur l'Engoulevent coré, nous nous sommes concentrés sur le renforcement de l'état des connaissances sur la distribution de l'espèce en Martinique. En effet, cette information est un prérequis indispensable afin de définir et d'orienter les mesures de conservation pour cette espèce menacée.
Compte tenu de cet objectif et de la rareté des observations en Martinique, la principale problématique de cette étude est de de valoriser au mieux les informations disponibles sur l'espèce et d'orienter au mieux les efforts d'inventaire. Ainsi, nous avons défini plusieurs sous objectifs pour y répondre.

Objectif 1 : A partir des observations naturalistes abondantes dans le cœur de l'aire de distribution de l'espèce, modéliser la niche écologique de l'Engoulevent coré via l'utilisation d'un modèle MaxEnt.
Objectif 2 : Identifier les sites en Martinique détenant potentiellement des populations d'Engoulevent coré via l'utilisation des prédictions du modèle avant de compléter cette étape de repérage par des prospections de terrain.
Objectif 3 : Proposer des mesures de conservation pour pérenniser la population d'Engoulevent coré présente sur le territoire de la Martinique

Œufs d'Engoulevent coré pondus à même le sol et qui se fondent par mimétisme dans leur environnement. L'Engoulevent coré pond 1 à 2 œufs maximum.

Deux juvéniles d'Engoulevent coré qui mettront environ 2 à 3 semaines avant de pouvoir s'envoler.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

LES PRINCIPES DE LA MODÉLISATION DE NICHE ÉCOLOGIQUE AVEC MAXENT

Les données que l'on peut obtenir auprès des grandes bases de données naturalistes telles que eBird ou GBIF sont généralement des données d'occurrence dites de « présences seules ». Ces données sont notoirement délicates à analyser car elles ne contiennent que très peu d'informations pour quantifier l'effort de prospection associé aux observations, on sait seulement qu'un effort non nul a eu lieu là où au moins une occurrence a été observée. De ce fait, il est impossible de dire si l'absence d'occurrence sur un lieu donné est liée à une absence de l'espèce ou à une absence de prospection. Ce type de données est néanmoins le plus répandu, dans le cas présent, comme de nombreux autres, il s'agit des seules informations disponibles.

MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) est un outil de modélisation disponible sous la forme d'un logiciel qui permet de modéliser la niche écologique d'une espèce à partir de telles données. Réputé pour sa robustesse et sa facilité d'utilisation nous avons décidé de l'utiliser pour modéliser la niche écologique de l'Engoulevent coré et prédire quels sites ont a *priori* le meilleur potentiel de présence de l'espèce pour les inventaires de terrain. Les spécificités techniques du modèle MaxEnt sont exposées formellement et en détail dans les articles scientifiques de référence (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2011). Nous présentons ici brièvement les grands principes de son fonctionnement.

Le principe de MaxEnt se confond avec l'ensemble des modèles dits « modèle de niche » ou « modèle d'habitat ». Modéliser la niche écologique d'une espèce consiste à déterminer les conditions environnementales qui sont préférées par l'espèce. Pour cela il s'agit de comparer les conditions utilisées par l'espèce à celles qui lui sont offertes (les conditions "disponibles" pour l'espèce dans l'environnement). Une préférence ou une aversion pour certaines conditions est mise en évidence par une sur ou une sous-représentation de ces conditions dans les zones fréquentées par l'espèce par rapport à la fréquence de ces conditions à l'échelle de son aire de répartition.

Dans MaxEnt, des tirages aléatoires au sein de la zone d'étude permettent de décrire approximativement mais représentativement les conditions environnementales "disponibles" dans la zone d'étude (le "background", dont on peut noter la distribution statistique $\int(z)$ avec z représentant une variable environnementale). Les occurrences permettent quant à elles de décrire les conditions environnementales "utilisées" (dont on peut noter la distribution statistique $\int 1(z)$).

MaxEnt tire son nom du principe de "MAXimisation de l'ENTropie" qu'il utilise. En effet, MaxEnt cherche une relation entre les variables environnementales et la présence de l'espèce, qui maximise l'entropie de la distribution $\int 1\ (z)/\int(z)$ tout en satisfaisant quelques contraintes garantissant une solution unique. Cela revient à chercher la solution compatible avec les observations où le niveau de sélection par l'espèce est le plus faible. Ce principe est conforme à celui plus connu de "principe de parcimonie" qui limite le risque de sur-interpréter les informations apportées par les données. Par exemple, en l'absence de toute information sur la distribution d'une espèce nous n'aurions aucune raison de privilégier certains types d'habitat par rapport à d'autres, le principe de "MaxEnt" conduirait alors à répartir les éventuelles occurrences de l'espèce dans les habitats au prorata de leur surface respective dans la zone d'étude.

LIMITES DE LA MODÉLISATION

Le fait que l'effort de prospection demeure inconnu reste un obstacle important à deux égards. Premièrement, MaxEnt peut prédire des niveaux de "préférence" ou de "favorabilité" mais cette grandeur est relative ("le plus défavorable" ou "le plus favorable" de la zone) et ne doit pas être confondue avec une abondance ou probabilité de présence (quand les prédictions sont transformées pour être comprises entre 0 et 1). En effet, pour une espèce rare, la probabilité de présence peut être de 1% même dans les lieux les plus favorables. On dit que la prévalence de l'espèce est inconnue. Interpréter le résultat de MaxEnt comme une probabilité de présence ou un indice d'abondance requiert des informations supplémentaires sur la collecte des données et/ou l'abondance de l'espèce. Il est préférable d'interpréter les prédictions de MaxEnt comme un indice monotone de favorabilité des habitats. Plus il est élevé, meilleur est l'habitat mais cette évaluation ne se fait pas de façon linéaire ou régulière.

Deuxièmement, la constitution du "background" fait implicitement une hypothèse sur la distribution de l'effort de prospection. Cela découle de la définition des données de "présence seulement" où l'on ne sait pas si, oui ou non, un lieu a été visité à la recherche de l'espèce. Néanmoins MaxEnt a besoin d'une hypothèse sur la probabilité relative de visiter un site par rapport à un autre. Par défaut MaxEnt considérera que la probabilité d'échantillonnage est uniforme sur l'ensemble de la zone d'étude. Malheureusement une telle hypothèse est généralement peu réaliste. Dans la majorité des cas un biais d'échantillonnage est causé par la répartition inégale des habitants sur le territoire, l'hétérogénéité de l'accessibilité (présence de routes ou sentiers, praticabilité des habitats, propriétés privées...) et/ou d'autres facteurs (climat, patrimonialité, etc.). A moins de disposer d'une zone d'étude de faible étendue et particulièrement homogène il est souvent nécessaire de pratiquer un "redressement" en fournissant à MaxEnt une couche de "Sampling biais" c'est à dire de biais d'échantillonnage ou de l'effort qui lui permettra de pondérer les tirages des échantillons de background. Ce "redressement" comporte une part d'arbitraire et ne peut habituellement pas être rigoureusement évalué à la lumière d'observations de terrain.

LES DONNÉES MODÉLISÉES ET LES PARAMÈTRES CONSIDÉRÉS

Bien que l'espèce ait déjà été observée en Martinique, le faible nombre d'occurrences sur ce territoire ne permettrait pas de modéliser la niche écologique de l'espèce. Nous avons donc choisi une solution alternative pour bénéficier d'un nombre d'occurrences suffisamment important pour décrire la niche écologique de l'espèce dans un maximum de situations géographiques. Les bases de données naturalistes que nous avons interrogées (GBIF, eBird), ne comprennent aucune observation dans les îles voisines de la Martinique. Toutefois, un grand nombre d'occurrences est disponible dans les secteurs les plus septentrionaux de l'Amérique du Sud. Pour limiter l'éloignement entre la zone de prédiction (la Martinique) et la zone d'apprentissage mais aussi pour retrouver un contexte biogéographique le plus comparable possible, nous avons défini cette dernière comme l'ensemble des îles situées le long de la façade maritime nord de l'Amérique du Sud et ayant des observations d'Engoulevent coré (Fig.2). Cette zone d'étude comprend la majeure partie de l'ensemble géographique que l'on nomme les îles Sous-le-Vent (Aruba, Curaçao, Bonaire, Porlamar), ainsi que Trinité-et- Tobago.

Le principe ainsi choisi pour cette modélisation a été de définir la niche écologique de l'espèce en se basant sur les seules données d'occurrences des îles Sous-le-Vent, cumulant une forte diversité de contexte et de situations (système insulaire, habitats diversifiés) mais aussi une certaine similitude à la Martinique, pour permettre ensuite de prédire la répartition de l'espèce au niveau de la Martinique. Il convient de noter que l'exercice de modélisation est particulièrement délicat dans une situation comme celle-ci. En effet, la zone géographique servant de base à l'apprentissage reste éloignée de celle où l'on souhaite effectuer le travail de modélisation. Il peut donc exister des différences entre les conditions environnementales (proximité du continent, climat, endémisme), mais aussi entre les populations, suffisamment importantes pour être sensibles sur le plan écologique. On réalise une extrapolation basée sur l'hypothèse que les deux zones d'étude (Martinique et îles Sous-le-Vent) ont des caractéristiques environnementales comparables et leurs populations d'Engoulevent ont des niches écologiques similaires.

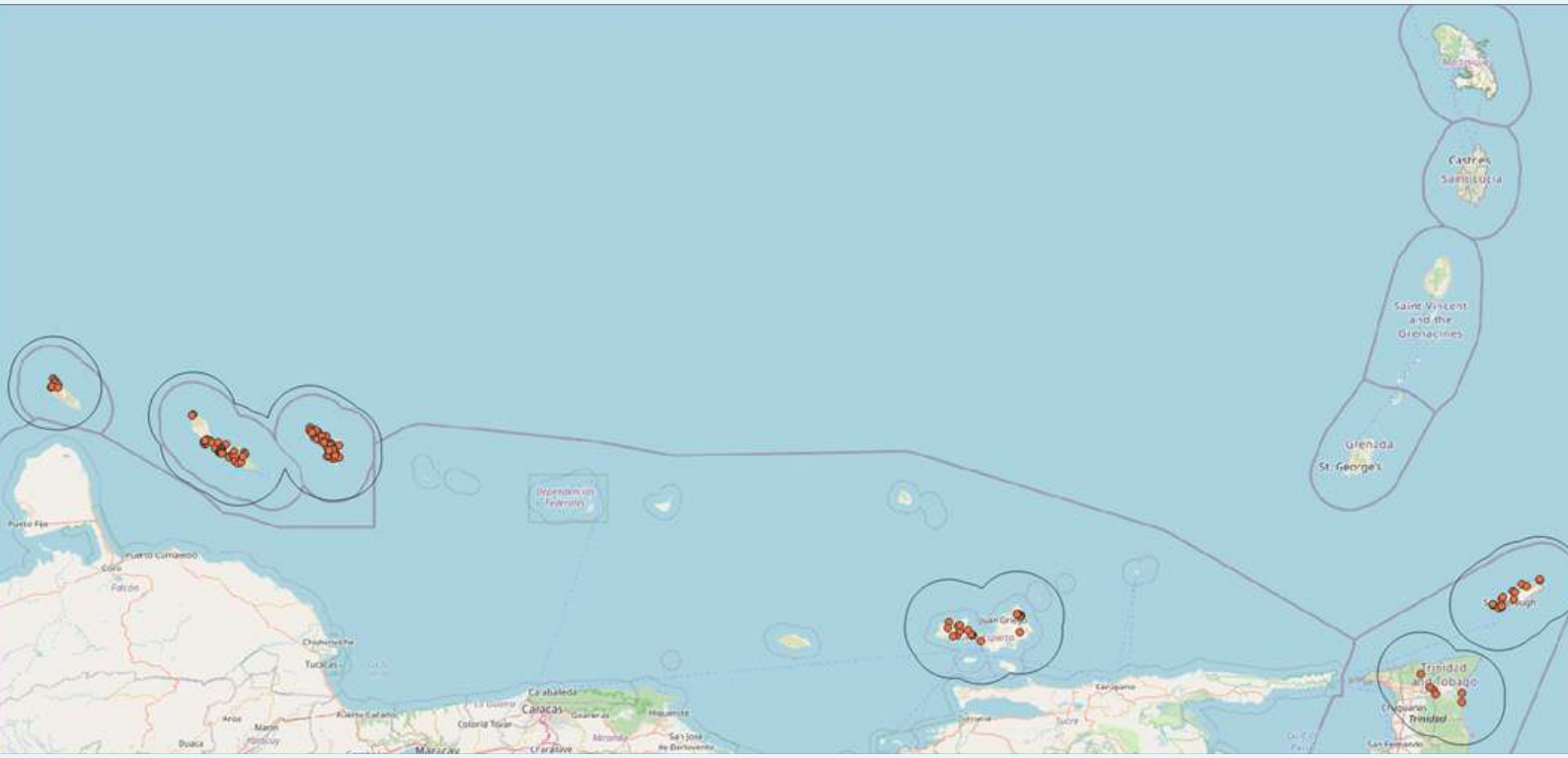


Fig. 2 : **Carte de la zone d'étude et des occurrences servant de base à l'apprentissage du modèle.**

DONNÉES ENVIRONNEMENTALES

La revue bibliographique que nous avons effectué sur cette espèce (et plus généralement sur les espèces du même genre), ainsi que notre expertise en ornithologie, nous ont conduit à retenir les variables environnementales suivantes pour la modélisation (Tableau 1). La sélection des variables est une contrainte forte car elles doivent être disponibles sur l'ensemble des zones d'apprentissage et de prédiction. Elles nécessitent aussi d'être proches des facteurs qui agissent directement sur la répartition de l'espèce et donc sur ses exigences écologiques. Enfin, la résolution spatiale de ces données doit être assez fine compte tenu de l'échelle géographique des îles étudiées. Nos recherches se sont orientées de préférence vers les produits ayant une résolution inférieure à 100 m.

Compte tenu des incertitudes sur la localisation exacte des occurrences et de la relative mobilité de cette espèce, nous avons effectué un travail supplémentaire pour les variables environnementales ayant une haute résolution spatiale (30 m). L'objectif de ce travail est de s'assurer que les variables environnementales échantillonnées par MaxEnt ne sont pas représentatives d'un lieu trop ponctuel (e.g. un pixel de 30x30m) mais d'un secteur géographique dont la surface est cohérente avec celle du domaine vital de l'espèce. Les sources bibliographiques, notamment Pople, (2003) qui présente des résultats d'études sur une espèce d'Engoulevent proche de la nôtre (Caprimulgus candicans), mentionnent des territoires de parade situés à moins de 450 mètres du site de nidification pour des individus mâles et des observations de femelles situées jusqu'à 400 mètres en moyenne de leur aire de reproduction. Nous avons retenu un rayon de 500 m pour lisser les données :

• La proportion de chaque type d'occupation du sol a été calculée dans un rayon de 500 m autour de chaque pixel de la couche initiale pour constituer une couche indépendante pour chaque catégorie d'occupation du sol.

• La hauteur de canopée moyenne a été calculée dans un rayon de 500 m autour de chaque pixel de la couche initiale.

La colinéarité entre l'ensemble de ces variables a été inspectée au moyen du facteur d'inflation de la variance ("VIF"). Une sélection d'un sous échantillon de l'ensemble des variables initialement générées a permis de respecter la limite de VIF < 10 pour toutes les associations de variables en suivant la procédure vifstep() du package R usdm (Naimi *et al.*, 2014).

Ce travail nous a conduit à exclure une grande partie des variables qui, fortement corrélées aux variables restantes, n'apportent pas ou peu d'information supplémentaire au modèle mais introduisent au contraire des problèmes de colinéarité. Cela ne signifie pas que ces variables ne sont pas pertinentes écologiquement, ni que celles qui ont été retenues le sont plus.
De ce fait, l'éventuel effet d'une variable retenue dans le modèle ne doit pas forcément s'interpréter comme un effet direct de cette variable mais potentiellement aussi comme l'effet d'une des variables exclues qui lui est fortement corrélé (effet indirect) ou bien comme un effet conjoint de plusieurs de ces variables (effets directs et indirects combinés = effet total).

L'exercice de modélisation que nous pratiquons dans cette étude a pour objectif principal la prédiction des zones d'habitat favorable à l'espèce de façon prospective afin de réaliser des inventaires et études complémentaires par la suite. Nous sommes principalement intéressés par les lieux identifiés par le modèle et non pas aux facteurs qui conditionnent ses prédictions. Dans ce contexte le choix exact des variables parmi l'ensemble proposé importe peu, même si nous avons veillé au départ à leur sens écologique, seul compte le fait que la colinéarité entre les variables est suffisamment faible pour ne pas perturber l'ajustement du modèle. Dans la suite de ce travail nous nous focaliserons sur les prédictions du modèle mais pas sur l'interprétation des effets individuels de chaque variable du modèle.

Variable	Produit	Référence	Résolution	Année des données	Unité	Justification
Occupation du sol	Globeland30	Chen *et al.* (2014)	30 m	2020	Aucune (Variable catégorielle avec 8 modalités)	Permet d'appréhender le type d'habitat, son niveau d'anthropisation ou de naturalité ainsi que la composition de la matrice paysagère.
Hauteur de la canopée	Global forest watch Canopy height	Potapov *et al.* (2020)	30 m	2019	Mètre (m)	L'espèce affectionnerait les milieux caractérisés par une strate arborée basse ou absente (Bénito-Espinal & Hautcastel, 2003).
Conditions bioclimatiques	WorldClim/Bioclim2 (19 variables)	Fick *et al.* (2017)	30 " d'arc	1970-2000	Degré Celsius (C°) pour les températures, millimètre (mm) pour les précipitations	Les conditions bioclimatiques sont des facteurs clés dans la distribution de nombreuses espèces.
Altitude	Copernicus GLO-30 Digital Elevation Model	ESA (2021)	30 m	2021	Mètre (m)	L'altitude est un facteur clé dans la distribution de nombreuses espèces car elle affecte indirectement les habitats.

Tableau 1 : **Données d'occurrences**

Les données d'occurrences ont été téléchargées sur le portail international de GBIF (GBIF.org), qui rassemble des données en provenance de bases de données naturalistes issues de science participative tel que eBird (Sullivan *et al.*, 2009) ou iNaturalist (inaturaliste.org). L'intérêt d'utiliser GBIF comme première source de données, réside dans le fait que les données sont libres d'accès et qu'elles aient fait l'objet d'un premier traitement de validation avant d'y être intégrées. Autrement dit, les données qui semblaient aberrantes ou qui étaient erronées, ont été retirées des bases eBird ou iNaturalist avant d'être intégrées à GBIF.

Outre le fait que les données aient subi un pré-traitement avant d'être référencées, un protocole a également été appliqué par GBIF afin que les doublons soient détectés et éliminés avant l'intégration des données dans la base finale. De ce fait, aucun doublon n'a été retrouvé lors de la sélection des données d'occurrence.

La sélection des données d'occurrence de l'Engoulevent coré a été réalisée en téléchargeant l'ensemble des données enregistrées de cette espèce :

Source : GBIF.org (8 juillet 2021) Téléchargement des occurrences GBIF https://doi.org/10.15468/dl. bdsx7g

Sur ce jeu de données, nous avons réalisé un contrôle qualité afin de ne retenir que celles jugées de sources fiables. Pour ce faire, nous avons mis en œuvre une méthode standardisée déclinée en plusieurs étapes (Fig. 4) :

- La première étape **(E1)** consiste à retirer les occurrences trop anciennes. En effet, l'occupation des sols a considérablement évolué ces dernières décennies, ce qui signifie que certaines zones qui étaient en présence de l'Engoulevent coré peuvent actuellement ne plus être favorables. Par conséquent, pour réduire le biais lié à l'affectation des sols, nous avons retiré les données qui étaient antérieures à l'année 2000. Nous aurions pu être plus contraignant dans cette démarche, en retirant par exemple, les données antérieures à 2010, mais cela aurait considérablement réduit le jeu de données et potentiellement limité la modélisation.

- La deuxième étape **(E2)** vise à ne conserver que les occurrences provenant des zones géographiques insulaires afin de se rapprocher dans la mesure du possible des conditions environnementales présentes en Martinique.
- Par la suite, **(E3.1)** les occurrences sans preuve d'identification taxonomique (commentaire, photographie ou enregistrement acoustique), ont été retirées de la sélection. Certaines données bénéficiaient d'une photographie ou d'une séquence acoustique de l'espèce, tandis que d'autres ne détenaient qu'un commentaire. Cependant, elles provenaient toutes les deux du même observateur, **(E3.2)** ce qui nous a amené à conserver ces deux données, jugeant qu'elles résultaient d'un naturaliste qualifié dans l'identification de cette espèce.
- Enfin, **(E4)** toutes les données validées à la suite de ce contrôle qualité, ont été bancarisées dans une nouvelle base de données de travail.

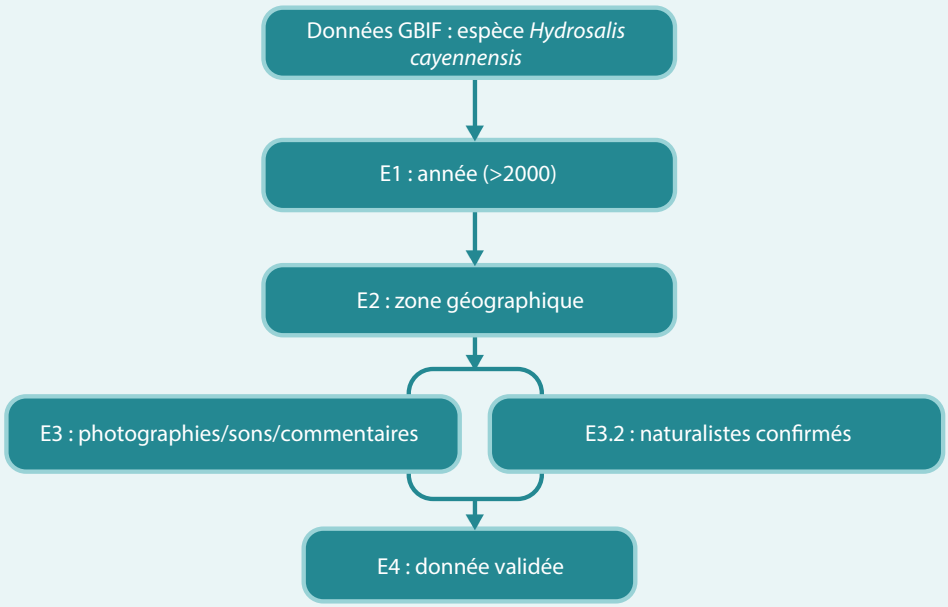


Fig. 4 : **Schéma décisionnel de validation des données GBIF.**

BIAIS D'ÉCHANTILLONAGE

Afin de déterminer un indice lié à l'effort de prospection naturaliste au sein de la zone d'étude d'apprentissage, nous avons utilisé également les bases de données GBIF et iNaturalist. Les occurrences des dix dernières années concernant 36 espèces d'oiseaux ayant un statut de conservation inférieur à "VU" (vulnérable) sont téléchargées. Le choix de limiter la recherche à ces critères est fait pour des raisons de temps. Le statut de conservation nous permet de limiter efficacement le nombre d'espèce tout en étant susceptible de représenter fidèlement la couverture de l'échantillonnage par les naturalistes confirmés.

Les données ponctuelles ainsi collectées sont transformées en une surface plus continue par un lissage par la méthode des noyaux. Cela est effectué grâce à la fonction kde2d du package R MASS (Venables et Ripley, 2002) en prenant comme paramètre de bande passante ("bandwidth") une distance isotrope de 10 km que nous avons jugée cohérente avec le rayon de prospection d'une sortie naturaliste.

PROCÉDURE ET PARAMÈTRES DE MODÉLISATION

La modélisation MaxEnt s'est déroulée en plusieurs étapes.

Etape 1 :

L'objectif de cette première étape est de sélectionner les variables environnementales dignes d'intérêt parmi l'ensemble de celles retenues par la procédure de sélection par VIF. L'option d'analyse "Jackknife variable importance" est utilisée. Ces analyses permettent de comparer l'importance des différentes variables dans le modèle. Seules les variables ayant une contribution supérieure à 5% sont conservées pour le modèle final.

Les paramètres de modélisation utilisés par ailleurs dans le logiciel sont les suivants :

• Nombre d'échantillons de background fixé à 10% du nombre de pixels dans la zone d'étude d'apprentissage, soit environ 70 000 échantillons. La zone d'étude étant vaste, l'augmentation de ce paramètre permet de garantir un échantillonnage suffisamment important pour être représentatif.
• Désélection des features de type "hinge" ou "threshold". En effet, ces "features" sont considérées moins pertinentes sur le plan écologique et particulièrement susceptibles d'introduire du sur-ajustement.
• Réalisation de réplicas de validation croisée (n = 30). Cette procédure permet d'évaluer les performances du modèle de façon robuste en utilisant une partie des occurrences laissées hors de l'apprentissage.
• Paramètre de pénalisation ("regularization parameter") à sa valeur par défaut, c'est-à-dire (λ =1)

• Nombre d'itération maximum réglé à 2000.

Etape 2 :

La seconde étape consiste simplement à actualiser le modèle en ne lui fournissant que les variables identifiées comme importantes lors de la première étape.

Bien que la variable "proportion de surface artificialisée" que nous avions calculé à partir de l'occupation du sol semble hautement pertinente pour décrire la distribution de l'espèce, l'analyse des prédictions du modèle lorsqu'il inclut cette variable permet d'observer des motifs peu crédibles sur le plan écologique. En effet, les prédictions forment des sortes de cratères autours des îlots artificialisés. Les deux facteurs suivants pourraient expliquer ce phénomène mais la cause exacte de ces artefacts reste néanmoins incertaine :

• Les données ne distinguent pas l'urbain dense de l'urbain diffus. Toutefois ces deux types d'habitats sont susceptibles d'exercer des effets assez différents, l'urbain dense ayant plutôt un effet négatif sur une longue portée tandis que l'urbain diffus pourrait être associé à la création d'habitats ouverts favorables à l'espèce à moyenne ou courte distance.

• La répartition de l'urbanisation et des zones agricoles est fortement contrainte sur les îles montagneuses qui constituent notre zone d'étude (présence de la mer en périphérie et de reliefs inadaptés au centre). Cela pourrait induire une corrélation spatiale avec la répartition des occurrences sans lien avec les préférences écologiques de l'espèce.

• Enfin, nous avons constaté que les données d'occupation du sol Globeland30 sont assez imprécises en Martinique, de nombreux bâtiments de petite taille ou de zones aménagées mais non bâties (pelouse de Golf, parcs et jardins) sont incorrectement classifiés. Nous disposons par ailleurs de données beaucoup plus précises (GéoMartinique, 2017) nous permettant de planifier de façon fiable les inventaires de terrain. Cette donnée n'étant malheureusement pas disponible dans la zone d'étude d'apprentissage, il nous est impossible de prendre en compte l'urbanisation de façon harmonisée entre la zone d'apprentissage et la zone de prédiction.

• Pour toutes ces raisons, nous avons retiré la variable "proportion de surface artificialisée" des variables explicatives du modèle. Cette décision a effectivement permis de supprimer les artefacts décrits ci-dessus.

Les prédictions du modèle ainsi construit sont calculées sur le territoire de la Martinique et transformées avec la fonction cloglog pour être ramenées dans l'intervalle [0,1]. Ces prédictions peuvent alors être discrétisées en deux classes pour faire apparaître les principaux réservoirs d'habitat potentiel en Martinique. Sur cette base, les inventaires de terrain sont alors planifiés pour tenter de confirmer la présence de l'espèce au sein des différents réservoirs d'habitat identifiés.

PROSPECTIONS NATURALISTES

Protocole

À la suite de la modélisation de la niche écologique, un protocole de prospections nocturnes a été élaboré afin de retrouver les zones en présence de l'Engoulevent coré. A notre connaissance, cette espèce rentre dans une période de reproduction entre les mois de janvier et juillet. Lors de cette période, il est fréquent d'entendre son chant bitonal, commençant par un pic aigu suivi d'un sifflement plus long. De plus, l'Engoulevent coré à la particularité d'avoir les yeux qui brillent lorsqu'il est éclairé par un faisceau lumineux, ce qui le rend facilement détectable de nuit.

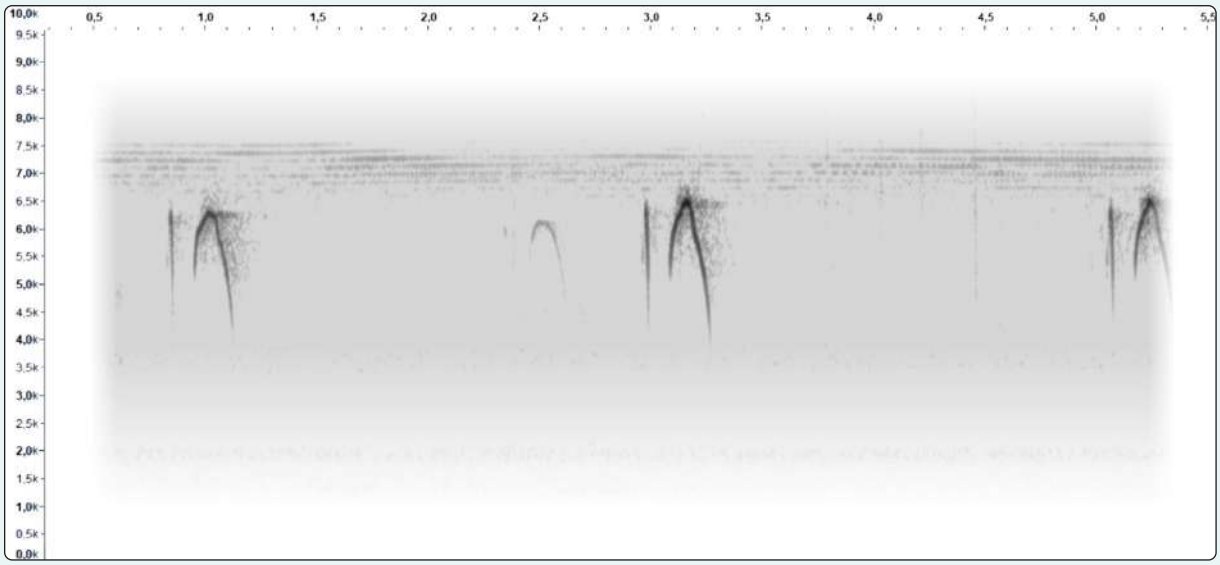


Fig. 5 : **Spectrogramme représentant les signaux acoustiques de l'Engoulevent coré.**

Compte tenu de ces informations, nous avons opté pour la mise en œuvre d'un protocole par point d'écoutes nocturnes. Chaque point d'écoute était d'une durée de 15 minutes. A l'issue des dix premières minutes d'écoute, si aucun individu n'était entendu ou observé, nous utilisions la «repasse» pendant 30 secondes suivi de 5 minutes d'écoute supplémentaires. En parallèle, nous avons éclairé la zone autour de nous afin de repérer d'éventuels individus posés au sol ou sur la végétation

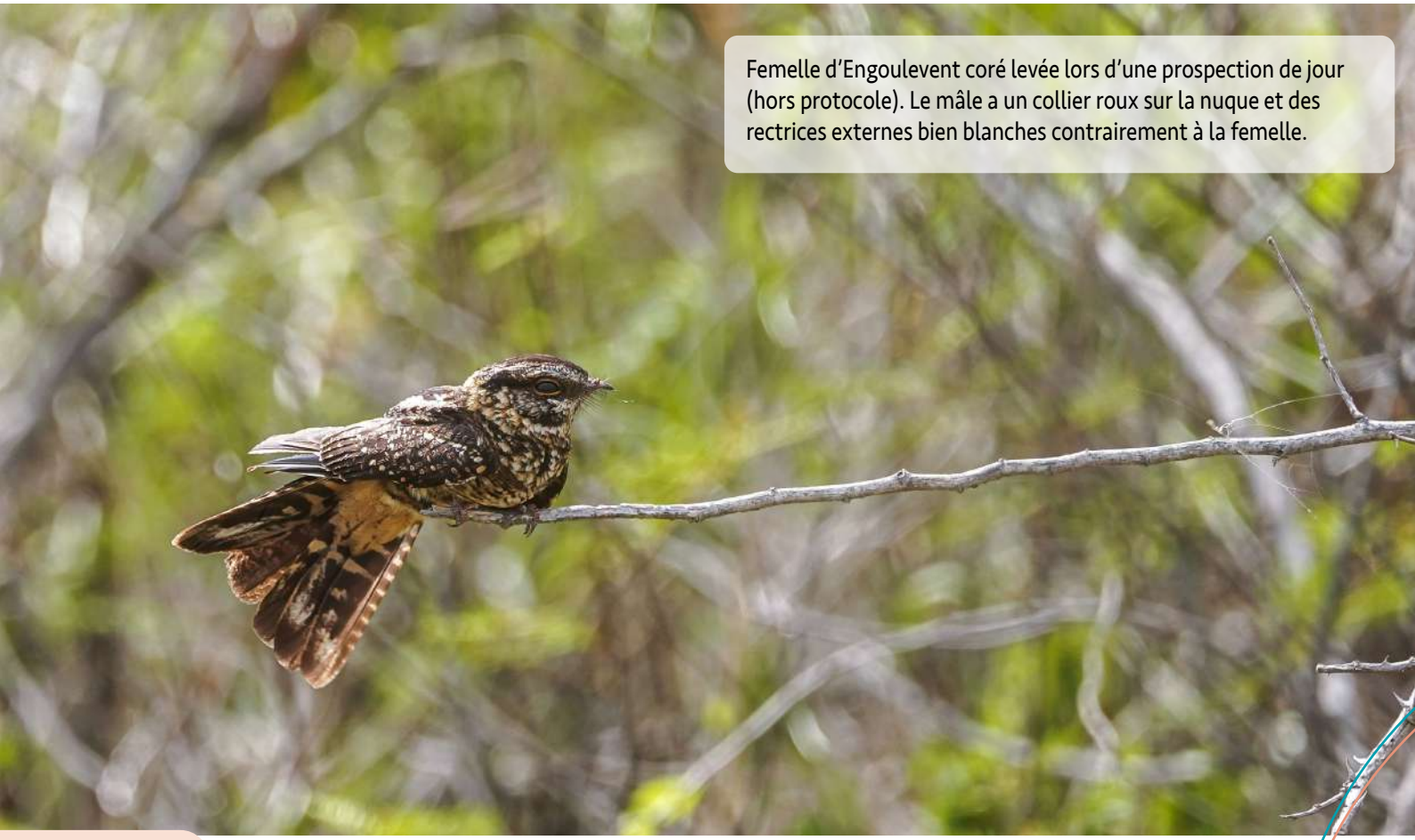
Pour chaque point d'écoute, le nombre d'individus observés, le type d'habitat, le point GPS et la présence de nids sont consignés..

Échantillonnage

Le plan d'échantillonnage a été élaboré à partir des résultats de la modélisation. Nous avons estimé que 5 points d'écoute pouvaient être effectués au cours d'une nuit de prospection, soit 100 points pour 20 nuits de prospection. Afin de disperser l'échantillonnage sur un secteur géographique plus vaste et de manière homogène, nous avons découpé l'habitat favorable avec un maillage de 5 km^2 pour y attribuer un nombre de points d'écoute proportionnel à la superficie d'habitat prédit comme favorable. Autrement dit, avec une superficie totale de 125 km^2 d'habitats favorables sur l'ensemble du territoire, un point d'écoute correspondrait à 1,25 km^2, ce qui revient à réaliser 8 points d'écoute pour une maille contenant 10 km^2 d'habitats favorables.

Au sein de chaque maille de 5 km^2, les points d'écoute ont été choisis au sein d'habitats prédits comme favorables par le modèle et également jugés adéquats à dire d'expert. Un minimum de 500 mètres d'espacement a été appliqué entre deux points afin de réduire les risques de double comptage d'individus.

Femelle d'Engoulevent coré qui couve ses œufs sous un soleil de plomb. Les mâles qui se réfugient dans les milieux boisés en journée, ne participeront pas à la couvaison et au nourrissage des oisillons.



Femelle d'Engoulevent coré levée lors d'une prospection de jour (hors protocole). Le mâle a un collier roux sur la nuque et des rectrices externes bien blanches contrairement à la femelle.

RÉSULTATS

MODÉLISATION DE LA NICHE ÉCOLOGIQUE

Parmi les variables conservées pour définir la niche écologique de l'Engoulevent coré, la hauteur de canopée (33,4%) semble être une des plus importantes pour prédire l'habitat favorable de cette espèce. Les précipitations du trimestre le plus chaud (17,8%) et la gamme annuelle de température (13,1%) sont les deux autres variables qui ont contribué le plus à la prédiction des modèles. Les variables isothermie et couverture de sol arbustif détiennent quant à elles, une importance de permutations relativement faible, ce qui mène à une contribution limitée de ces dernières aux modélisations.

Variables conservées	Pourcentage de contribution (%)	Importance des permutations
V1 : Hauteur de canopée (m)	33,4	34,6
V2 : Isothermie (1)	19,6	0,3
V3 : précipitations du trimestre le plus chaud (mm)	17,8	45,2
V4 : Couverture du sol arbustif	16,1	1,7
V5 : Plage de température annuelle (C°)	13,1	18,2

(1) : L'isothermie quantifie l'ampleur de l'oscillation des températures entre le jour et la nuit par rapport aux oscillations été-hiver (annuelles). Une valeur isotherme de 100 indique que la plage de température diurne est équivalente à la plage de température annuelle, tandis qu'une valeur inférieure à 100 indique un niveau de variabilité de température plus faible au cours d'un mois moyen par rapport à l'année. La distribution d'une espèce peut être influencée par des fluctuations de température plus ou moins importantes au cours d'un mois par rapport à l'année et ce prédicteur est utile pour vérifier ces informations

Tableau 2 : **Variables conservées pour les modélisations**

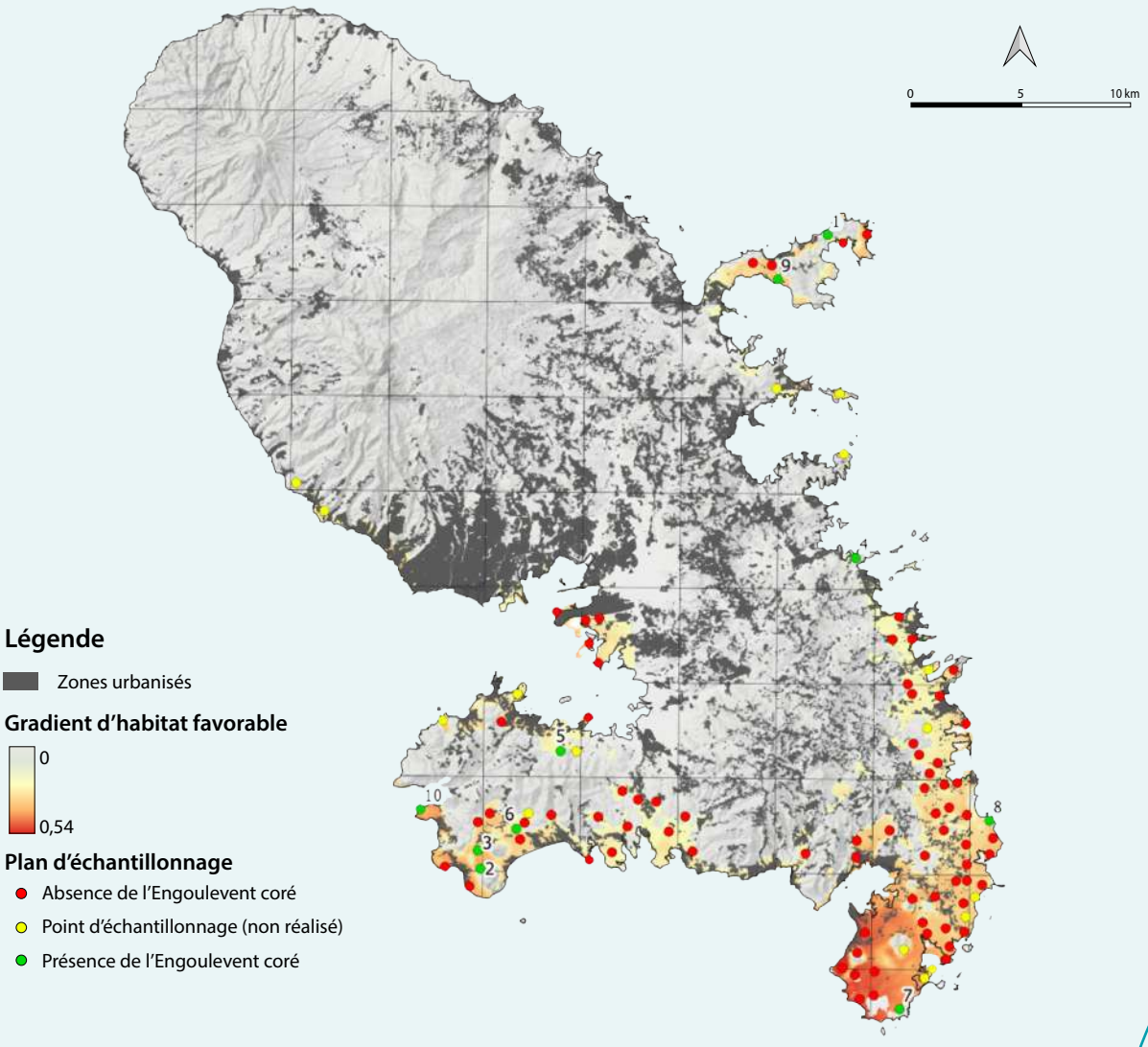
Comme précisé dans la partie Matériels & Méthode, pour limiter la colinéarité entre l'ensemble des variables environnementales disponibles, toutes ont été analysées pour ne conserver qu'un sous-échantillon représentatif de la diversité des conditions environnementales s'exprimant à l'échelle des aires d'étude (zone d'apprentissage et Martinique). De ce fait, l'éventuel effet d'une variable retenue dans le modèle ne doit pas forcément s'interpréter comme un effet direct de cette variable mais potentiellement comme l'effet d'une des variables exclues qui lui est fortement corrélée (effet indirect) ou bien comme un effet conjoint de plusieurs de ces variables (effets directs et indirects combinés = effet total).

Si l'on se réfère seulement aux variables contribuant le plus aux modèles, la niche écologique de l'Engoulevent coré semble correspondre à une hauteur de canopée proche de 0 mètre, à de faibles précipitations (≃ 66 mm) sur les trimestres les plus chauds et à une plage de température annuelle variant d'environ 7,7 °C, ce qui correspond à des températures relativement hautes et constantes (Annexe 1). Cette dernière variable est égale à la température du mois le plus chaud, moins la température du mois le plus froid.

Les modélisations exécutées avec ce jeu de variables restreint, fourni une AUC moyenne de 0,865 avec un écart-type de 0,013 pour les 30 répétitions, correspondant à une bonne qualité prédictive moyenne des modèles.

Afin de cibler des domaines prioritaires et ainsi d'optimiser nos chances de contacter l'espèce sur de nouveaux sites, nous avons sélectionné un seuil représentant un compromis entre le total d'omission et la surface moyenne prédite pour potentiellement abriter l'Engoulevent coré. Ainsi, nous avons sélectionné un seuil minimal de 0,27 afin de conserver les habitats les plus favorables prédits par les modélisations (Annexe 1). Le seuil maximal prédit pour la Martinique se situe aux environs de 0,54, alors qu'il se situait à 1 sur certaines zones d'apprentissages.

La modélisation de la niche écologique montre que l'habitat favorable est principalement localisé dans le sud de la Martinique sur la partie méridionale, ce qui correspond à des zones plutôt xériques, composées de formations arbustives et arborées, ainsi que de milieux ouverts. Ces zones d'habitats favorables concernent 125 km² de surface, ce qui représente 11% du territoire de la Martinique qui s'étend sur un total de 1 128 km². La presqu'île de la Caravelle fait également partie des zones détenant les scores les plus fort d'habitats favorables à la présence de l'Engoulevent coré alors même que c'est dans ce secteur que l'on retrouve le site historiquement connu pour abriter l'espèce. Ce site est dominé par de la forêt xérophile et des prairies sèches pâturées et non pâturées. Les zones les plus favorables sont majoritairement prédites sur la commune de Saint-Anne dans l'extrême sud de la Martinique. Des zones faisant parties des plus favorables sont également prédites sur la commune des Anses d'Arlet, plus précisément sur le Morne champagne, et sur la commune du Diamant, notamment au pied du Morne Larcher .



DISTRIBUTION DE L'ENGOULEVENT CORÉ SUR LE TERRITOIRE

Un total de 83 points d'écoute a été réalisé sur les 100 points initialement prévus. Plusieurs zones avaient un accès difficile (broussaille dense), certaines étaient inaccessibles (propriété privée fermée), ce qui ne nous a pas permis la réalisation de 17 points d'écoute. Grâce à cet inventaire, 10 nouvelles populations ont été retrouvées sur la partie méridionale de la Martinique et sur la presqu'île de la Caravelle, ce qui représente 12% des points d'écoute ayant été un succès sur la recherche de l'Engoulevent coré.

L'ensemble de ces populations a été retrouvé dans des habitats xériques avec une végétation marquée par la présence de prairies et de formations arbustives et arborées.
Les sites détenant les populations sont présentés dans le tableau ci-dessous.

N° du site	Site	Date	Commentaire	Nombre d'individus
1	Presqu'île de la Caravelle	21/03/2022	La Presqu'île de la Caravelle détient le site historique qui était connu pour abriter, depuis plusieurs décennies, quelques individus d'Engoulevent coré, et être utilisé comme site de nidification. C'est le premier point d'écoute réalisé dans le cadre de cette étude, qui a permis d'identifier le début de la période de reproduction avec l'écoute de plusieurs cris d'Engoulevent coré (un individu entendu). C'est un site aride peu végétalisé, représenté par une terre rocailleuse. Quelques patches de prairie sèche sont présents en lisière de la forêt xérophile qui enclave ce milieu ouvert.	1
2 et 3	Prairie de Morne Larcher	21/03/2022	Les deuxièmes et troisièmes sites identifiés avec la présence de l'Engoulevent coré se situent au pied du Morne Larcher. Ils sont représentés par une vaste prairie sèche utilisée comme pâturage pour l'élevage de bovins. Une forêt xérophile enclave également ces zones ouvertes. Deux individus ont été observés et entendus.	2
4	Lieu-dit-Monnerot	06/04/2022	Le quatrième site identifié est situé sur la commune du François, précisément sur le lieu-dit Monnerot. Il est représenté par une grande prairie sèche pâturée et enclavée par de la forêt xérophile de littoral. Trois individus ont été observés et entendus.	3
5	Morne Savon	12/04/2022	Le cinquième site est présent sur la commune des Trois-îlets au pied du Morne Savon. C'est une prairie en bordure de forêt xérophile et proche d'une culture de cannes à sucre. Deux individus en pleine parade ont été observés et entendus.	2
6	Carrière du Diamant	12/04/2022	Le sixième site est une carrière située sur la commune du Diamant au Lieu-dit La Mélisse. Le site est représenté par une forêt xérophile et une prairie sèche qui semblent s'être développées après l'exploitation de la zone par la carrière. Nous avons remarqué qu'en journée l'Engoulevent coré était majoritairement présent dans la forêt juxtaposée au milieu ouvert. Ce n'est qu'à la tombée de la nuit, que les individus se postent en lisière de forêt et à même le sol, sur les chemins et la prairie sèche, pour chasser et parader. Une femelle a été retrouvée sur la prairie sèche en train de couver deux poussins le 12/04/2022. Une seconde femelle, au plumage plus sombre, a également été observée sur la prairie sèche en train de couver deux œufs le 25/05/2022. Nous avons compté un total de 7 individus le 12/04/2022, ce qui représente un nombre conséquent par rapport à nos observations précédentes.	7
7	Savane des Pétrifications	23/04/2022	Le septième site n'est autre que la Savane des pétrifications située sur la commune de Saint-Anne proche du littoral. Ce vaste site est celui qui est situé le plus au sud de la Martinique. Il est représenté par un milieu xérique, composé de zones peu végétalisées et rocailleuses, de patches de strates arbustives et herbacées. Le 23/04/2022, 6 individus en pleine parade ont été observés.	6
8	Chapelle de la Vierge des Marins	25/04/2022	Le huitième site est situé sur la commune du Marin à la Chapelle de la Vierge des Marins proche du littoral. C'est un milieu ouvert composé d'une prairie sèche et d'une forêt xérophile. Un individu a été observé en vol le 25/04/2022.	1
9	Prairie de Anse Spoutourne	15/05/2022	Le neuvième site est situé à la Trinité, proche de l'Anse Spoutourne. C'est une prairie sèche pâturée par de l'élevage de bovins, juxtaposée à une forêt xérophile. Deux individus ont été entendus et observés le 15/05/2022.	2
10	Morne Champagne	13/06/2022	Enfin, le dernier site se situe sur le Morne Champagne sur la commune des Anses d'Arlet. On y retrouve une forêt xérophile et une prairie sèche en cours de fermeture, notamment par l'espèce d'arbre *Swietenia mahagoni*. Le 13/06/2022, huit individus ont été comptabilisés à la tombée de la nuit.	8

Habitat favorable en présence de l'Engoulevent coré. Cet habitat est représenté en majeur partie par de la forêt xérophile avec une strate arbustive et arborée, ainsi que par de la prairie sèche sur un sol caillouteux anciennement exploité par une carrière.

Habitat favorable en présence de l'Engoulevent coré. Cet habitat est représenté par de la forêt xérophile arbustive et par une grande prairie de pâturage extensif.

DISCUSSION

MODÉLISATION DE LA NICHE ÉCOLOGIQUE

Ce travail de modélisation s'inscrit dans une étude prospective visant à découvrir les habitats les plus favorables à la présence de l'Engoulevent coré, tout en ayant des données limitées sur les variables environnementales et les occurrences de l'espèce sur le territoire de la Martinique. Les modélisations effectuées ont donné une bonne qualité prédictive de la niche écologique de l'Engoulevent coré avec une AUC moyenne de 0,865 et un écart-type de 0,013.

Alors que ces dernières années l'espèce était uniquement connue sur un site de La Presqu'île de la Caravelle, les résultats des modélisations sont surprenants, montrant une grande diversité de sites identifiés sur la partie méridionale de la Martinique. Bien que très peu de sites sont identifiés sur la partie nord de la Martinique, ce qui s'explique probablement par l'influence des variables bioclimatiques et notamment les précipitations qui est plus forte dans le nord, nous devons être prudent sur ce secteur. En effet, le littoral est représenté sur certaines parties par des milieux xériques composés de prairies sèches et de formations arbustives et arborées pouvant abriter l'Engoulevent coré.

Les variables environnementales, « hauteur de canopée », « occupation du sol (couverture au sol d'arbustifs) sur un rayon de 500 mètres » et « précipitations du trimestre le plus chaud » montrent que l'Engoulevent coré semble inféodé aux milieux xériques et ouverts, avec la présence de formations arbustives et arborées de faibles hauteurs. Ces résultats sont cohérents au vu de la littérature scientifique et de notre connaissance sur l'écologie de cette espèce.

Malgré tout, il est important de préciser que les données d'occurrences et de variables environnementales provenant de la zone d'apprentissage, sont issues d'îles proches de l'Amérique du Sud qui semblent détenir un climat et des habitats plus secs qu'en Martinique, ce qui peut jouer sur le plan écologique de l'espèce. Cela a fortement influencé les modélisations sur la zone prédictive, en ciblant les conditions similaires à la zone d'apprentissage. Or, étant donné que la Martinique montre une diversité d'habitats allant de l'hygrophile au xérique, il est également probable que l'espèce convoite des milieux ouverts avec des formations arbustives/arborées dans des zones plutôt mésophylles par exemple.

La précision de certaines variables peut également avoir influencé les modélisations, ce qui est le cas notamment de la variable occupation du sol. En effet, certaines zones sont englobées dans des typologies d'habitats relativement larges, intégrant à la fois des milieux ouverts et fermés sans les distinguer ou bien des milieux ouverts de différentes natures. Par exemple, de nombreuses zones favorables sont considérées comme des milieux ouverts qui correspondaient à des prairies sèches mais également à des zones agricoles (cultures intensives) dont ces dernières semblent peu favorables.

De plus, le degré d'anthropisation a parfois été sous-estimé. En effet, la variable d'occupation du sol est définie sur l'ensemble des zones géographiques terrestres, ce qui était indispensable pour transposer les modélisations de la zone d'apprentissage à la zone prédictive. Cependant, cette variable a parfois manqué de précision, ce qui a réduit la qualité prédictive des modélisations sur les habitats favorables à la présence de l'Engoulevent coré. Ainsi, lorsque le nombre de données d'occurrences de l'Engoulevent coré sera suffisant sur la Martinique, exploiter une variable d'occupation du sol plus précise à l'échelle de l'île devrait fournir des résultats de modélisation plus précis.

PROSPECTIONS DES HABITATS FAVORABLES

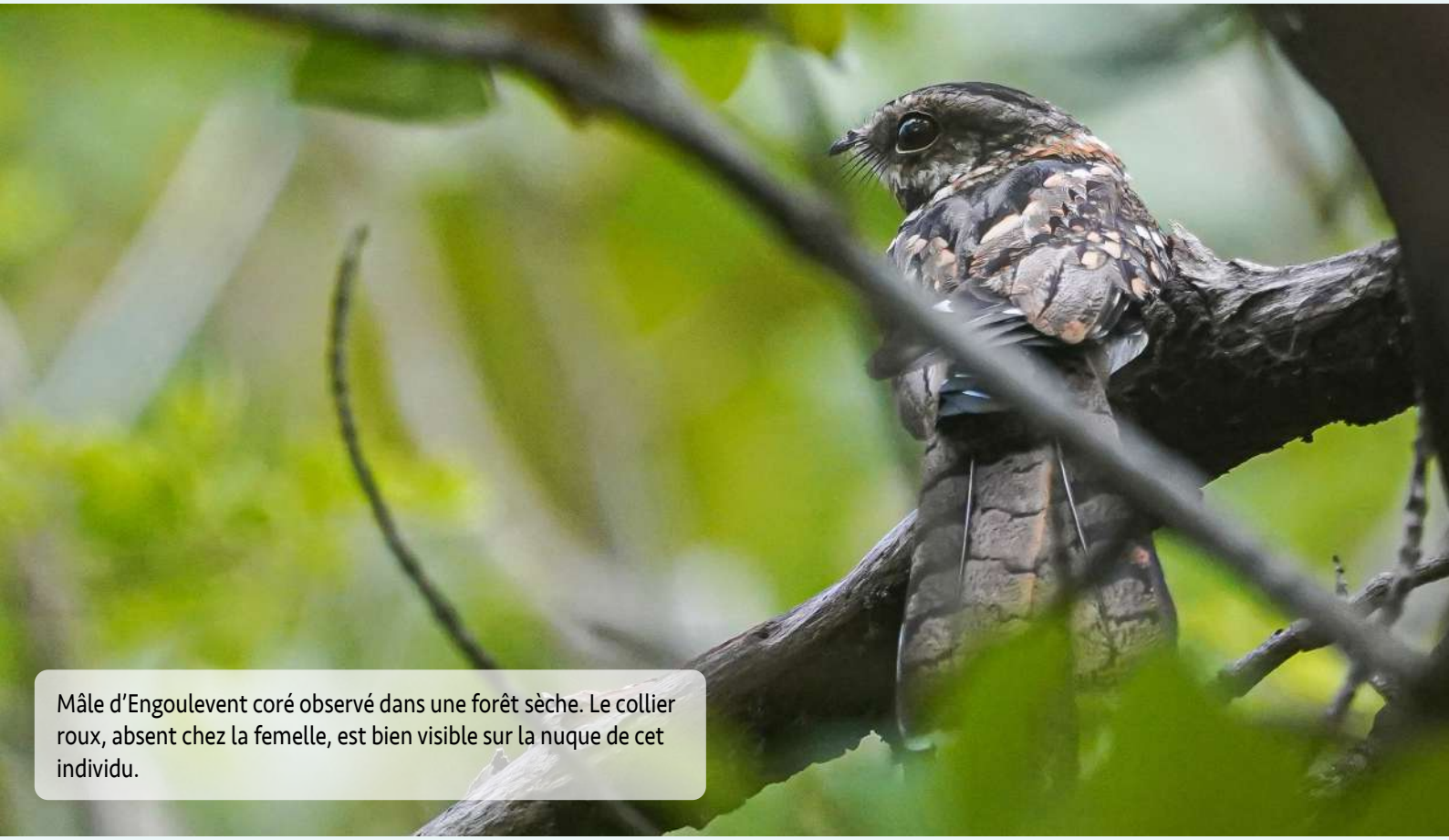
La prospection des habitats favorables a permis d'identifier 10 populations dont 9 nouvelles pour la Martinique. A notre connaissance, les observations de ces dernières décennies n'avaient été faites par des naturalistes qu'au niveau de la réserve de la Caravelle. Les résultats sont donc très positifs et rejoignent des observations plus antérieures faites sur plusieurs localités du sud de la Martinique (Gros-Désormeaux, 2008).

Les sites identifiés avec des individus d'Engoulevent coré étaient composés de milieux ouverts à fermés représentés par des prairies sèches et des formations arbustives et arborées xérophiles. Cette mosaïque d'habitats semblerait faire partie intégrante de sa niche écologique, en lui offrant une zone de reproduction, de nidification, de repos et d'alimentation.

Plusieurs études ont documenté le comportement de reproduction et de nidification des Engoulevents, qui peut être étroitement lié à des milieux ouverts (Holyoak, 2001 ; Pople, 2003). En effet, il est connu que certaines espèces établissent des nids à même le sol (Holyoak, 2001) dans des habitats de type prairie (Polpe, 2003), ce qui est le cas également pour notre espèce. Nous avons effectivement retrouvé deux nids sur le site de la carrière du Diamant, établis sur le sol nu et caillouteux, cachés par quelques pieds de poacées. Parmi ces deux nids, un détenait deux oisillons de quelques jours, encore duveteux, qui semblent s'être envolés au bout de 2 à 3 semaines.

Outre le fait que l'Engoulevent coré utilise l'habitat de prairie sèche en tant que zone de nidification, nos observations nous ont également permis de voir que les individus utilisent ces milieux comme arène de reproduction. En effet, nous avons observé des mâles en pleine parade qui effectuaient des vols démonstratifs, qui chantaient et également des individus qui se poursuivaient. Des observations qui rejoignent celles décrites dans l'étude de Pople (2003), qui parle d'arène de parade pour l'espèce *Caprimulgus candicans*. D'après cette étude, chaque arène serait significativement agrégée dans une zone d'habitats favorables (prairies), avec des mâles voisins séparés en moyenne par des distances de 250 m.

L'étude de Pople (2003) met en lumière des résultats sur la superficie du domaine vital maximal utilisé par l'espèce *Caprimulgus candicans*, qui serait en moyenne de 28,0 ± 4,2 (intervalle : 19,0-41,4) hectares. Bien qu'aucun résultat sur le domaine vital maximal n'ait été rapporté pour l'Engoulevent coré, il est probable que notre espèce s'établisse également sur plusieurs hectares, intégrant forcément une mosaïque d'habitats sur le territoire fragmenté de la Martinique.



Mâle d'Engoulevent coré observé dans une forêt sèche. Le collier roux, absent chez la femelle, est bien visible sur la nuque de cet individu.

Mâle d'Engoulevent coré observé dans une forêt sèche. Les rectrices externes sont bien blanches, contrairement à celles de la femelle.

Cette information est cohérente avec nos observations qui nous ont permis de voir que les milieux ouverts de type prairie, ne semblent pas être l'unique habitat utilisé par l'Engoulevent coré. En effet, lors de nos prospections, nous avons remarqué que plusieurs individus appréciaient se percher en lisière de forêts juxtaposées aux prairies sèches. De plus, sur certains sites prospectés à la tombée de la nuit, nous avons entendu à plusieurs reprises des individus chanter tout en étant cachés dans la forêt xérophile. Il semblerait donc, que cette espèce apprécie le milieu forestier pour se reposer en journée et qu'elles fréquentent les milieux ouverts de type prairie sèche pour s'alimenter, se reproduire et nidifier. Ceci explique peut-être le fait qu'aucun individu n'a été observé ou entendu sur les sites détenant des prairies sèches sans forêts à proximité.

Parmi tous les sites prospectés avec un habitat favorable, seulement 10 ont été identifiés en présence de l'Engoulevent coré. Bien que ce résultat soit une avancée sur la connaissance de l'espèce sur le territoire, nous pensons que d'autres sites existent. Par conséquent, poursuivre l'effort de prospection permettrait certainement de découvrir de nouveaux sites en présence de l'Engoulevent coré. Mais plus encore, mettre un place un protocole scientifique visant à élaborer un modèle d'occupation, « modèle occupancy », améliorerait probablement nos estimations d'occupation des sites inventoriés au cours de cette étude (Van Strien *et al.*, 2013). Autrement dit, grâce à un passage répété sur des sites favorables ou l'espèce est potentiellement présente mais non détectée, un seuil de probabilité de présence pourrait être élaboré afin d'améliorer nos modélisations.

Outre le fait que l'espèce pouvait potentiellement être présente sur un site échantillonné mais qu'elle n'ait pas été détectée lors de notre passage, certains sites semblaient malgré tout fortement favorables d'après notre expertise de terrain.

Actuellement, le nombre total d'occurrences enregistrées sur le territoire de la Martinique reste faible pour mettre à jour la modélisation de la niche écologique de l'Engoulevent coré avec notamment des variables environnementales locales et plus précises. Cette étape sera donc à envisager prochainement, lorsque le nombre d'occurrences sera suffisant pour obtenir une modélisation fiable.

De plus, une attention particulière devrait être attribuée à la partie Nord de la Martinique. En effet, la modélisation l'a définie parmi les habitats peu favorables à l'espèce. Cependant, selon nos observations, quelques pairies sèches sont situées à basse altitude entre Case Pilote et le Prêcheur, en passant par le Carbet et Saint-Pierre. Il est probable que ces sites puissent accueillir des individus d'Engoulevent coré.

PRECONISATION SUR DES MESURES DE CONSERVATION

L'Engoulevent coré est une espèce cryptique et difficile à observer dans son milieu. Selon la littérature son observation était autre fois plus fréquente et nous pensons que sa raréfaction a en partie était causée par la perte et la dégradation de son habitat, ainsi que par l'introduction d'espèces prédatrices telles que la mangouste, les rats, les chats et les chiens.

Cette étude a révélé que la population historiquement connue au sein de la Réserve de la Caravelle n'est pas la seule présente sur l'île et que plusieurs sites dans le sud de la Martinique abritent des individus d'Engoulevent coré et des zones de reproduction. Malgré cette découverte, les sites connus restent peu nombreux et sont soumis à divers pressions naturelles et anthropiques. Il est donc urgent d'agir pour le maintien des populations de cette espèce sur l'île, en mettant en œuvre des mesures de protection et de conservation.

Mesure (M01) : Ainsi, protéger les sites en présence de l'Engoulevent coré peut être l'une des mesures les plus pertinentes pour préserver l'espèce et son habitat. Plusieurs sites font déjà l'objet d'une protection, soit par l'acquisition foncière par des structures publiques de l'environnement, soit par la mise en protection par une zone réglementée (réserve naturelle). Cependant, certains sites sont sans protection, soumis à des risques de dérangement par les activités humaines et à de la dégradation ou perte d'habitat. Plusieurs outils de protection peuvent donc être employés en passant par l'acquisition foncière ou bien par l'application d'une réglementation fixant des mesures d'interdiction et/ou de restrictions des activités pouvant porter atteinte au milieu de l'espèce (Réserve, APPB).

Mesure (M02) : Protéger l'habitat de l'Engoulevent coré, et notamment les arènes et les sites de reproduction, ne peut pas être envisagé sans surveiller la fermeture du milieu, et dans la plupart des cas, sans maintenir les milieux ouverts qu'il exploite. En effet, les prairies sèches résultent bien souvent de l'action de l'homme et si rien n'est envisagé pour les maintenir ouvertes, il est fort probable que l'on assiste dans les années à venir à leur fermeture par des formations arbustives puis arborées. Pour pallier cette problématique, les gestionnaires d'espaces naturels ont bien souvent recours au pastoralisme et dans certains cas à des actions plutôt mécaniques. Le pastoralisme peut être une action à envisager sur certains sites, hors période de reproduction pour éviter le piétinement des nids d'Engoulevent coré, afin de maintenir leur prairie ouverte. Cette action, nécessite tout de même d'être cadrée afin d'éviter le surpâturage et donc la dégradation du milieu.

Mesure (M03) : La prédation par la Mangouste indienne (*Urva auropunctata*) fait partie des menaces principales qui peut affecter la population d'Engoulevent coré sur la Martinique. En effet, l'introduction de ce mammifère prédateur, il y a plus d'un siècle dans les Caraïbes, à considérablement affecté les populations de certaines espèces indigènes (reptiles, oiseaux, *etc.*), allant jusqu'à provoquer des extinctions (Louppe *et al.*, 2021). Sur certains sites en présence de l'Engoulevent coré, utilisés pour la nidification, des mangoustes ont été observées à plusieurs reprises lors de nos passages. Eradiquer une EEE telle que la Mangouste indienne est probablement impossible sur un aussi grand territoire que représente la Martinique. Cependant, des campagnes de piégeage pendant la période de reproduction de l'Engoulevent coré, pourrait réduire la pression de prédation par la mangouste.

Outre les Mangoustes indiennes, la présence de chats et de chiens errants est également un problème majeur sur le territoire de la Martinique. Selon l'étude de Medina *et al.*, (2011),

les chats sauvages sur les îles seraient responsables d'au moins 14% des extinctions d'oiseaux, de mammifères et de reptiles à l'échelle mondiale. Tout comme la mangouste, ils exerceraient une forte pression de prédation, notamment sur des oiseaux nichant au sol comme les Engoulevents coré. Plusieurs chats ont également été observés sur les sites abritant l'Engoulevent coré. La capture aussi bien des chats que des chiens errants serait une mesure à envisager.

Enfin, certains sites méritent d'être mis en défend contre ces prédateurs et cela peut se faire par le biais d'exclos, consistant à empêcher les prédateurs d'entrer sur l'habitat de reproduction de l'Engoulevent coré.

Mesure (M04) : Sensibiliser les acteurs du territoire liés à l'environnement et les propriétaires fonciers concernés par l'Engoulevent coré est une première étape à franchir pour la prise en compte de l'espèce sur le territoire et sa préservation. En effet, l'Engoulevent coré est inconnu pour la plupart des propriétaires et notamment pour ceux exerçant une activité d'élevage (bovins, caprins) sur des sites abritant potentiellement l'espèce. Echanger avec eux peut aboutir à une meilleure prise en compte de l'Engoulevent coré dans leur activité avec, par exemple, une diminution de la pression de pâturage et une mise en défend de certaines zones propices à leur reproduction.

Sensibiliser les acteurs du territoire mais également la population locale, peut avoir des retombées très positives qui contribueront à la préservation de l'Engoulevent coré. Sans rentrer dans les détails, plusieurs méthodes et outils de sensibilisation existent et ont fait leurs preuves quant à la prise en compte de la biodiversité sur un territoire (intervention orale, panneaux de sensibilisation, *etc.*).

Mesure (M05) : Estimer la taille des populations et suivre leur tendance au cours du temps sont des indicateurs nécessaires à l'évaluation de l'état de santé des populations d'Engoulevent coré. Nous incitons donc à mettre en place des protocoles visant à estimer la taille des populations en Martinique, et des suivis annuels afin de surveiller la dynamique des populations d'Engoulevent.

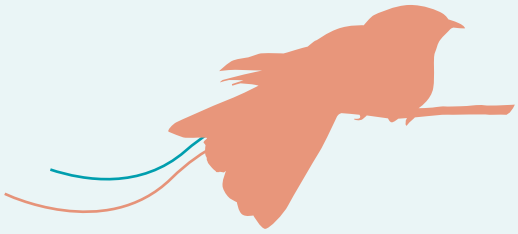
CONCLUSION

Dans le cadre de cette étude prospective nous avons réussi à modéliser la niche écologique de l'Engoulevent coré tout en ayant des données limitées sur les variables environnementales et les occurrences de l'espèce sur le territoire de la Martinique. Être passé d'une surface de 1 128 km² que représente la Martinique à 125 km² d'habitats favorables est l'information principale à retenir de cette modélisation, ce qui a considérablement augmenté notre précision sur l'aire d'étude à prospecter pour trouver de nouvelles populations. De plus, la niche écologique a principalement été identifiée sur la partie sud de la Martinique, là où l'on retrouve davantage de prairies sèche et de formations arbustives et arborées xérophiles.

Ainsi, MaxEnt s'est avéré être un bon outil de prédiction des habitats favorables pour l'Engoulevent coré, puisqu'il a permis d'orienter nos efforts de prospections et de découvrir 10 nouveaux sites en présence de l'espèce sur 84 sites échantillonnés.

Ce résultat est surprenant, quand on sait que les observations de ces dernières décennies n'avaient été faites qu'au niveau de la réserve de la Caravelle. Malgré notre effort d'échantillonnage, il est fort probable que l'espèce fut non détectée sur certains sites alors qu'elle était présente. Mettre en œuvre un protocole comprenant plusieurs passages, ou bien, disposer des détecteurs acoustiques sur plusieurs jours, permettrait sans doute de remédier à cette problématique. De plus, rechercher d'autres sites à prospecter en fonction des prédictions de la modélisation, augmenterait les chances de retrouver de nouvelles populations, ce qui permettrait de mettre à jour la modélisation de la niche écologique en utilisant des variables environnementales plus précises à l'échelle de la Martinique.

Bien que trois sites sur dix fassent l'objet d'une protection, il semble indispensable de mettre en œuvre d'autres mesures de préservation et de gestion pour conserver l'espèce et son habitat sur l'ensemble des sites connus.



BIBLIOGRAPHIE

Bénito-Espinal & Hautcastel (2003). Les oiseaux des Antilles et leurs nids. PLB *éd..Abymes* (Guadeloupe).

BirdLife International (2018) State of the world's birds: taking the pulse of the planet. Cambridge, UK : *BirdLife International*.

BirdLife International (2020) Birds and biodiversity targets: what do birds tell us about progress to the Aichi Targets and requirements for the post-2020 biodiversity framework? A State of the World's Birds report. Cambridge, UK: *BirdLife International*.

Chen J., Ban Y., Li S. China: Open access to Earth land-cover map[J]. *Nature*, 2014, 514(7523): 434-434.

Cleere, N., Voisin, C., & Voisin, J. (2006). Liste des types d'oiseaux des collections du Museum national d'Histoire naturelle de Paris. 15: Podarges, lbijaux et Engoulevents (Podargidae, Nyctibiidae et Caprimulgidae). ZOOSYSTEMA-PARIS-, 28(1), 157.

Debrot, A. O. (2014). Nocturnal foraging by artificial light in three Caribbean bird species. *Journal of Caribbean Ornithology*, 27, 40-41.

Del Hoyo, J. ed. (2020). *All the Birds of the World*. Lynx Edicions, Barcelona.

Elith, Jane, Steven J. Phillips, Trevor Hastie, Miroslav Dudík, Yung En Chee, and Colin J. Yates. "A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists." *Diversity and Distributions* 17, no. 1 (2011): 43–57.

European Space Agency, Sinergise (2021). Copernicus Global Digital Elevation Model. Distributed by OpenTopography.

Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas.

Gros-Désormeaux, J. R. (2008). Biodiversité dans un espace insulaire: le cas de l'avifaune à la Martinique (Doctoral dissertation, Université des Antilles et de la Guyane).

Hilty, S. L. (2002). Birds of venezuela. In Birds of Venezuela. Princeton University *Press*.

Holyoak, D. T. (2001). Nightjars and their allies: the Caprimulgiformes (Vol. 7). Oxford University *Press*.

Kirwan, G. M., Levesque, A., Oberle, M. W., & Sharpe, C. J. (2019). Birds of the West Indies. *Lynx Edicions*.

Louppe, V., Herrel, A., Pisanu, B., Grouard, S., & Veron, G. (2021). Assessing occupancy and activity of two invasive carnivores in two Caribbean islands: implications for insular ecosystems. *Journal of Zoology*, 313(3), 182-194.

Medina, F. M., Bonnaud, E., Vidal, E., Tershy, B. R., Zavaleta, E. S., Josh Donlan, C., ... & Nogales, M. (2011). A global review of the impacts of invasive cats on island endangered vertebrates. *Global Change Biology*, 17(11), 3503-3510.

Naimi B, Hamm Na, Groen TA, Skidmore AK, Toxopeus AG (2014). "Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling." *Ecography*, 37, 191-203.

Pérez-Granados, C., & Schuchmann, K. L. (2020). Illuminating the nightlife of two Neotropical nightjars: vocal behavior over a year and monitoring recommendations. Ethology Ecology & Evolution, 32(5), 466-480.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.

Potapov, X. Li, A. Hernandez-Serna, A. Tyukavina, M.C. Hansen, A. Kommareddy, A. Pickens, S. Turubanova, H. Tang, C.E. Silva, J. Armston, R. Dubayah, J. B. Blair, M. Hofton (2020) Mapping and monitoring global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 112165.

Pople, R. G. (2003). The ecology and conservation of the White-winged Nightjar Caprimulgus candicans (Doctoral dissertation, University of Cambridge).

Sierro, A., Arlettaz, R., Naef-Daenzer, B., Strebel, S., & Zbinden, N. (2001). Habitat use and foraging ecology of the nightjar (*Caprimulgus europaeus*) in the Swiss Alps: towards a conservation scheme. Biological conservation, 98(3), 325-331.

Sullivan, B.L., C.L. Wood, M.J. Iliff, R.E. Bonney, D. Fink, and S. Kelling. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142: 2282-2292.

Van Strien, A. J., Van Swaay, C. A., & Termaat, T. (2013). Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology*, 50(6), 1450-1458.

Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002) Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387- 95457-0.

Youth, H. (2021). Birds in Decline. In Vital Signs 2003–2004 (pp. 82-83). Routledge.

WEBOGRAPHIE

GBIF.org (8 juillet 2021) Téléchargement des occurrences

GBIF https://doi.org/10.15468/dl. bdsx7g

Zone construite - Occupation du sol grande échelle Martinique 2017.

GéoMartinique. https://geo.data.gouv.fr/fr/datasets/806aa1f28f179fde2632379abb8b105d470bd7a.