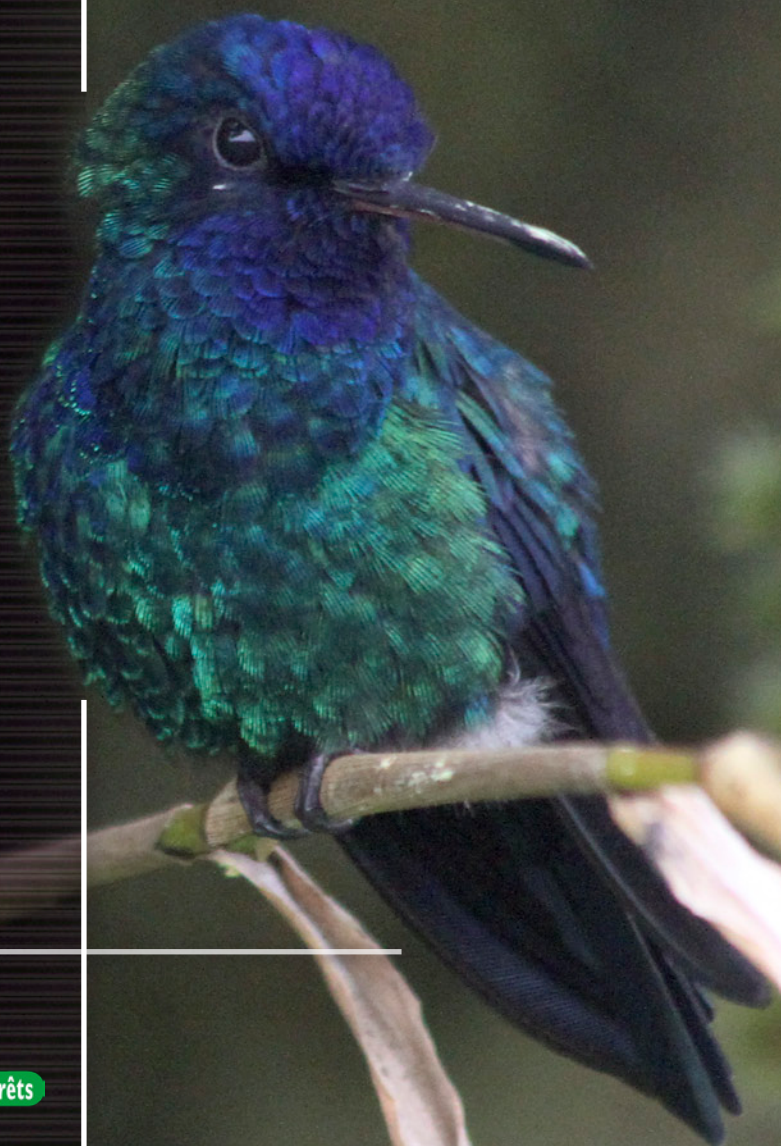


Distribution, écologie & statut de conservation du **Colibri à tête bleue** (*Cyanophaea bicolor*)

Maël Dewynter,
Catherine Godefroid,
Beatriz Conde,
Willy Raitière

Septembre 2014



Cette étude a été réalisée pour le compte de la DEAL Martinique et de l'ONF, Direction Régionale de la Martinique.

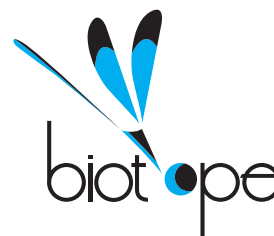
Nous tenons à remercier vivement la **DEAL Martinique** et la **Direction Régionale de l'ONF Martinique** qui nous ont fait l'honneur de nous confier cette étude.

Julien Mailles (DEAL) et **Rodrigue Doré (ONF)** se sont particulièrement investis pour la bonne réalisation de cette étude.

Les membres de l'**association Le Carouge**, par le biais de son président **David Belfan** nous ont transmis des données personnelles ou issues de divers projets d'étude et de conservation menés par l'association. Qu'ils soient remerciés pour leur contribution à cette étude. Des bénévoles de l'association nous ont également accompagné

sur le terrain à l'occasion de la mission : merci à Franc Prevel, Marie Claude Roussel, Jean Michel Ursulet, Marie Buisson, Karim Marie-Sainte et Jean Lou Thibault. Morgane Huteau et Quentin Ghyssen se sont également joints à notre équipe sur le terrain.

Enfin, nos remerciements à Christelle Béranger et au comité de pilotage de la base de données Faune-Martinique qui nous ont transmis gracieusement les quatre données issues de la base Faune-Martinique (Extraction du 12/11/2013).



BIOTOPE Amazonie-Caraïbes
30 domaine de Montabo
Lotissement Ribal
97300 Cayenne
Tel: 0594 39 18 02
Fax: 0594 39 14 06
Site Internet : www.biotope.fr

Responsable du projet

Maël Dewynter
30 domaine de Montabo
Lotissement Ribal
97300 Cayenne

Tel : 05 94 39 18 02
Gsm : 06 94 95 28 08

mdewynter@biotope.fr
mael.dewynter@gmail.com

Prospections

Beatriz Conde, Catherine
Godefroid, Vincent Pelletier,
Willy Raitière, Maël Dewynter

Cartographie & analyses

Catherine Godefroid, Maël
Dewynter

Rédaction & mise en page

Maël Dewynter, Catherine
Godefroid

Le Colibri à tête bleue (*Cyanophaia bicolor*) est une espèce endémique de la Martinique et de la Dominique. L'espèce fréquente les forêts humides primaires ou anciennes ainsi que les vieilles recrues et les berges des rivières de montagnes. Extrêmement rare au niveau de la mer, elle semble trouver son optimum écologique au-dessus de 800 m d'altitude, où elle exploite le nectar des *Pachytachys*, *Asclepias*, *Begonia*, *Costus*, *Berleria*, *Inga*, etc.

Bien que l'espèce occupe une aire restreinte de distribution, Birdlife International (2012) estime qu'elle n'atteint pas le seuil permettant de la classer comme Vulnérable selon les différents critères de l'UICN (Zone d'occurrence < 20.000 km² combinée à un déclin ou une fluctuation de l'aire de distribution, de la qualité de l'habitat ou de la taille de population). BirdLife estime par ailleurs que la population semble être en augmentation. Toutefois, bien que la population n'ait pas été rigoureusement quantifiée, l'UICN considère que l'espèce n'est pas menacée (Least Concern).

Consciente de l'enjeu patrimonial que représente le Colibri à tête bleue, la DEAL Martinique et l'ONF ont souhaité lancer en 2013 une étude permettant d'établir le **statut de conservation régional** de l'espèce. Pour répondre aux attentes de la DEAL et de l'ONF, Biotope Amazonie-Caraïbes, Beatriz Conde (experte indépendante) et Didelphis (Catherine Godefroid) se sont associés pour proposer de mener cette étude dans le cadre d'une convention de recherche.

Sur le modèle des études menées sur *Allobates chalcopis* (Biotope, 2011 ; 2012), sur le Trigonocéphale *Bothrops lanceolatus* (Biotope, 2012) et sur le Carouge *Icterus bonana* (Biotope & Didelphis, 2014), il a été proposé d'établir le statut de conservation du Colibri à tête bleue en faisant appel d'une part à la modélisation de niche écologique - pour délimiter l'aire de distribution de l'espèce en Martinique - et d'autre part à une étude sur la préférence d'habitat. La technique mise en oeuvre, l'occupation de site, permet d'explorer les relations du colibri aux différentes formations végétales, de mettre en évidence les préférences d'habitat et la réaction de l'espèce face à l'anthropisation des milieux.

La mission dédiée au Colibri à tête bleue (25 au 30 novembre 2013) a fourni de nombreuses données originales qui, associées aux localités transmises par l'association Le Carouge et par les naturalistes résidents en Martinique, nous permettent de définir les caractéristiques de la niche écologique du Colibri à tête bleue.

Les 76 localités précises, à présent regroupées dans la base **Cyanophaia**, servent de matière tout au long de ce rapport pour explorer les préférences écologiques de l'espèce, pour délimiter son aire de répartition et pour cartographier les menaces auxquelles elle fait face. *In fine*, nous estimons que les données récoltées sont suffisantes pour établir le statut de conservation de l'espèce.



© Maël Dewynter/Biotope

Occupation de site & probabilité de détection

Plan d'échantillonnage des sites

A l'aide des localités d'observation de Colibri à tête bleue fournies par l'ONF (2010), Le Carouge et Biotopie, nous avons modélisé de façon exploratoire la répartition du Colibri (cf. "Résultats" pour la méthodologie de la modélisation de niche). Les secteurs favorables ont été représentés sur SIG et une "zone d'étude élargie" a été tracée pour définir un plan d'échantillonnage couvrant une large gamme de milieux naturels et anthropiques au-dessus de 100 m d'altitude.

Dans cette zone d'étude élargie et sur la base d'une cartographie simplifiée des milieux naturels de la Martinique, nous avons distingué 6 catégories d'habitat/occupation de sols :

- Formation basse altimontaine (savanes d'altitude) ;
- Forêt humide ;
- Peuplement de mahogany ;
- Forêt sèche ;
- Zone agricole ;
- Zone bâtie.

17 transects ont été sélectionnés aléatoirement parmi 212 localités situées dans la zone d'étude élargie et ont été ventilés dans les 6 catégories d'habitat. Le nombre de transect sélectionné dans chaque catégorie d'habitat est proportionnel au nombre total de transects dans ce milieu. Un transect est défini comme un linéaire de route, de piste ou de sentier d'une longueur de 500 m parcourant un milieu homogène.

Sur chaque transect retenu, nous avons définis 6 points d'observation, distants de 100 m. Entre le 25 et le 30 novembre 2013, chaque point d'observation (102 au total ; Carte 1) a fait l'objet de 3 répliques d'une durée de 5 minutes (point d'écoute et de recherche visuelle), décalés dans le temps et en permutant les observateurs (quatre observateurs). Sur chaque point, nous avons noté la présence ou la non-détection du Colibri tête bleue, mais également dressé la liste de toutes les espèces d'oiseaux contactées.

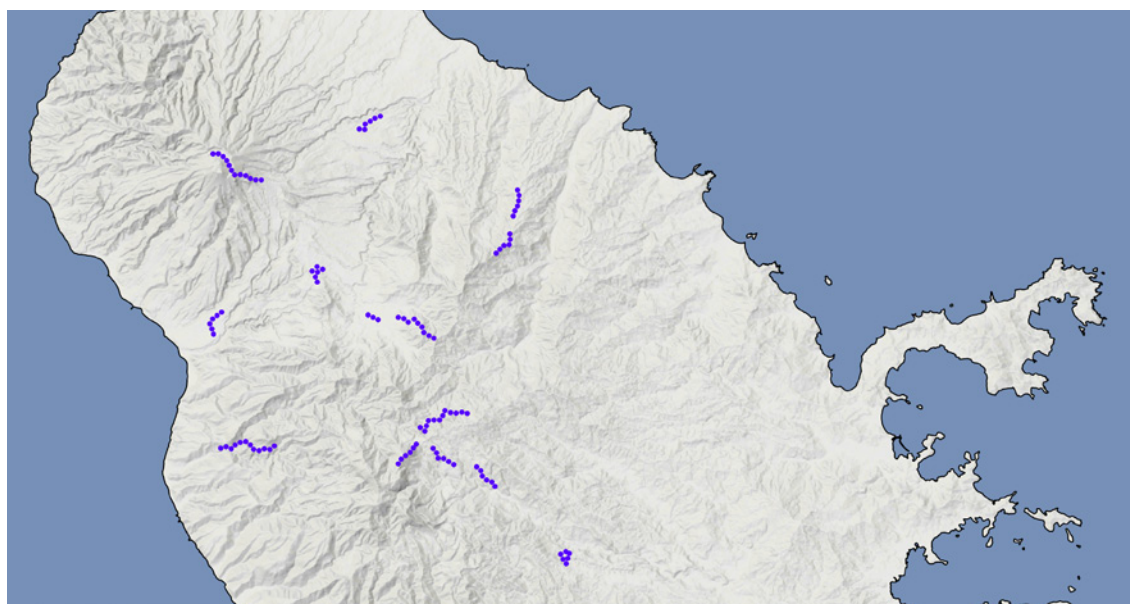
"Occupancy" ou présence-absence

Une des méthodes les plus employées dans l'étude des populations animales est la méthode de "l'occupancy" dite de "présence-absence". Cette méthode s'attache à différencier l'absence réelle de la non-détection (l'espèce est présente mais n'a pas été observée) d'une espèce sur un site.

La méthode consiste à sélectionner un grand nombre de sites et de les prospecter de façon récurrente au cours d'une saison de terrain (généralement, on considère qu'un minimum de 3 visites par site est nécessaire). L'hypothèse de base est que les sites sont considérés comme "fermés" (c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'immigration ou d'émigration au cours de la saison de terrain).

Cette méthode permet d'estimer la probabilité d'occupation moyenne d'une espèce sur une zone, mais aussi sa probabilité de détection. A partir de cette dernière valeur, on peut déduire la probabilité qu'un site sur lequel l'espèce n'a jamais été vue soit tout de même occupé. On peut ainsi juger avec un certain degré de confiance l'absence réelle de l'espèce dans les sites où elle n'a pas été observée.

Carte 1 : Répartition des 102 points d'observations dans la zone d'étude élargie.



Modélisation de la niche écologique

Cette composante de l'étude s'est focalisée sur la **cartographie des habitats favorables à la présence du Colibri à tête bleue**.

La technique proposée à la DEAL et à l'ONF consiste à **modéliser la niche écologique** de l'espèce en s'appuyant d'une part sur des données d'observations récentes et d'autre part sur un ensemble de variables environnementales. En confrontant ces deux types de données, il est alors possible d'**élaborer une carte des secteurs les plus favorables à l'espèce**.

La modélisation de niche écologique impose d'une part de disposer d'un nombre suffisant de localités, très précises, et d'autre part de variables environnementales, peu corrélées entre elles, et formatées selon une grille commune (coordonnées géographiques, nombre et dimension des pixels parfaitement identiques).

L'étude repose donc sur deux composantes :

- **la récolte d'un nombre suffisant de localités pour permettre une modélisation robuste ;**
- **Un travail de sélection et de mise en forme de variables environnementales susceptibles d'expliquer la répartition de l'espèce.**

Avant d'aller plus avant dans la méthodologie, il convient d'apporter des précisions sur la modélisation de niche, les avantages et les défauts de la méthode.

La modélisation de niche utilise le principe de corrélation entre des localités de présence et des variables environnementales. Pas à pas, la contribution de chaque variable environnementale (pluviométrie, type de végétation, niveau d'anthropisation, par exemple) est testée. Cela permet de dégager un modèle - c'est-à-dire une représentation théorique - de la niche écologique fondamentale d'une espèce.

La niche fondamentale est une construction multidimensionnelle (chaque variable est une dimension) qui intègre l'ensemble des conditions abiotiques et biotiques dans lesquelles la population d'une espèce peut se maintenir.

De nombreuses variables contribuent, à un degré ou à un autre, à délimiter cette niche fondamentale. Cependant, dans la pratique, la prise en compte de quelques variables clés permet une bonne approximation de la niche écologique.

Il est par ailleurs fortement conseillé de calibrer le nombre de variables en fonction du nombre de localités. Selon Francesco Ficetola (com. pers., 2014), le ratio idéal est d'1 variable pour 7 localités. L'utilisation d'un trop grand nombre de variables

est susceptible de biaiser le modèle.

Modéliser la niche fondamentale consiste donc à déterminer les variables significatives. Il est alors possible de projeter les zones favorables sur une carte.

Il est important de noter qu'un modèle de niche n'est pas une carte de répartition. Il arrive d'ailleurs fréquemment que des localités où l'espèce est connue se situent dans des secteurs considérés peu favorables par le modèle. Le modèle ne doit donc pas être considéré comme une représentation fidèle de la répartition de l'espèce, mais plus comme un outil d'aide à la décision.

Il peut ainsi permettre de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les secteurs les plus favorables au Colibri à tête bleue (qui justifieraient par exemple un statut réglementaire ou des aménagements adaptés comme des corridors écologiques) ?
- Quels sont les secteurs à prospecter pour trouver de nouvelles populations ?
- Où peut-on concentrer l'effort d'étude pour un suivi de la population ?

Dans la pratique, il est rare que la répartition d'une espèce épouse parfaitement sa niche fondamentale. De nombreux facteurs (historiques : perturbations passées, anciennes barrières géographiques, mais également la compétition entre espèces ou la présence de prédateurs, etc.) contraignent l'aire de distribution et empêchent l'espèce de coloniser l'ensemble des secteurs favorables. On parle alors de niche écologique réalisée.

Afin de modéliser la répartition de l'habitat de prédilection du Colibri à tête bleue, nous avons d'une part regroupé dans une base de données **76 localités récentes** (période 2010-2014) et d'autre part généré **quatre couches d'informations géographiques environnementales**.

Origine des données d'observations

Le Colibri à tête bleue n'est pas une espèce particulièrement discrète. Lorsque les conditions météorologiques sont favorables (pas de pluie et vent modéré), sa détection ne pose pas réellement de difficulté. En revanche, les épisodes pluvieux, les brouillards persistants et les vents violents rendent sa détection très aléatoire.

L'absence de donnée dans une maille prospectée ne signifie donc pas l'absence de l'espèce mais sa non-détection.

Les données précises conservées dans le cadre de cette étude proviennent de plusieurs sources :

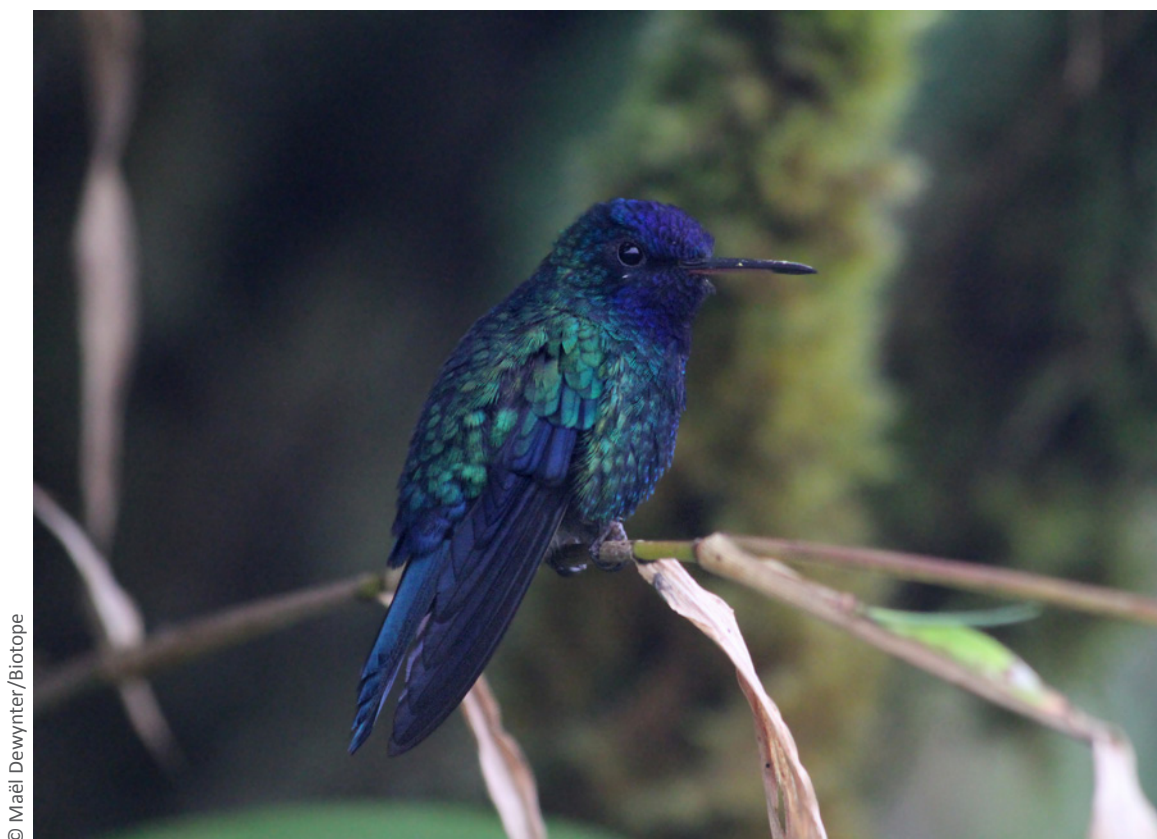
- 50 données proviennent des prospections ciblées pour les besoins de cette étude.
- 46 données proviennent de l'étude sur l'avifaune de la Montagne Pelée (Le Carouge/ONF, 2010) ;
- Des observations personnelles, géoréférencées dans le cadre de cette étude complètent le jeu de données.

Quatre données, issues d'une extraction de la base Faune-Martinique du 12 novembre 2013, nous ont été aimablement transmises pour les besoins de l'étude. Elles n'ont finalement pas été intégrées à l'analyse afin d'éviter les doublons, car nous disposions de données sur les mêmes localités.

Toutes les données en doublons, c'est-à-dire situées dans la même maille de 1 ha, ont été supprimées, pour aboutir à 76 données (ou localités) exploitables.

La carte 2 présente les secteurs prospectés selon une "maille type Atlas" d'1 km² : les carrés colorés sont les secteurs où nous avons effectué des points d'observation et d'écoute en novembre 2013 (6 jours de prospection) dans le cadre de cette étude. Les points violets indiquent les prospections positives.

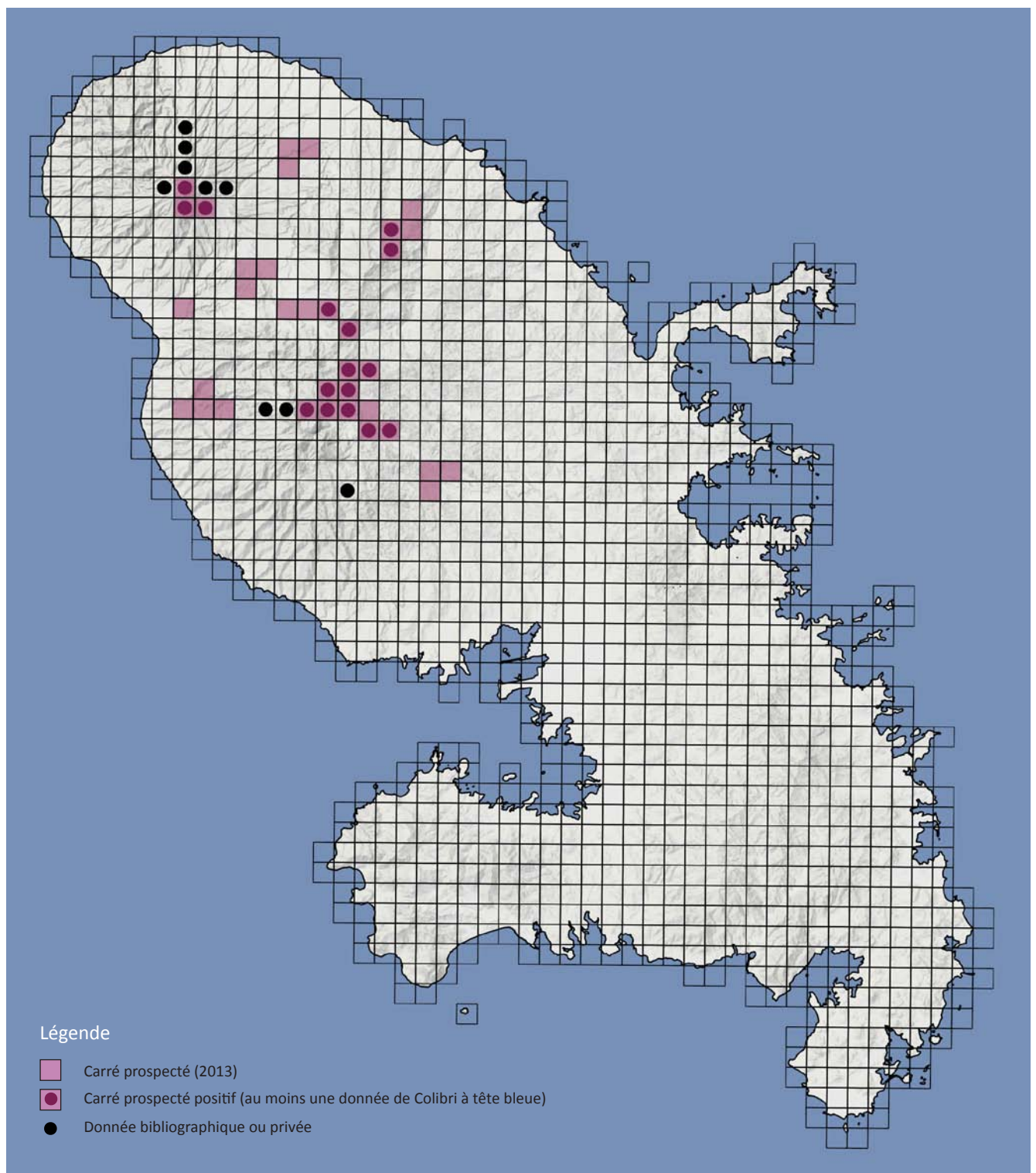
Les points noirs représentent des données bibliographiques ou personnelles.



© Maël Dewynter/Biotope

Sur les bords de la caldeira de la Pelée, un mâle de Colibri à tête bleue se repose dans la végétation herbacée, à l'abri des fortes bourrasques de vent. De temps à autres, il quitte son perchoir et disparaît de longues minutes dans les nuages denses qui parcourent le plateau des Palmistes.

Carte 2 : Zones prospectées et données d'occurrence récentes selon une maille de type Atlas (1 km²).



Origine et sélection des variables

L'intérêt croissant des services publics pour l'outil géomatique en Martinique nous a permis de rassembler des informations géographiques précises et très diverses. À partir des données mises à disposition notamment par la DEAL, nous avons créé et sélectionné un jeu de variables pouvant présenter un pouvoir prédictif de la distribution du Colibri.

Les variables environnementales ont été rééchantillonnées à une résolution proche de 1 ha, en projection WGS84. Les rasters se présentent sous la forme d'un fichier .asc (Arc/Info ASCII Grid) dont la structure est identique :

```
ncols      487
nrows      571
xllcorner  -61.258920260655
yllcorner  14.354111181784
dx         0.000997946612
dy         0.000973181256
```

Chaque raster se présente donc sous la forme d'un rectangle constitué de $487 \times 571 = 278.077$ pixels associés à une valeur. Les variables utilisées sont continues ; les pixels en mer sont associés à une valeur nulle (-9999). L'emprise de la zone couvre 3 243 km².

Origine des variables

Un Modèle Numérique de Terrain à une résolution de 30 m (SRTM 30m/Nasa) a fourni les variables "altitude" et "pente". L'altitude a été rééchantillonnée de 30 m à 100 m de côté.

Les données de l'IGN (BDtopo) et de l'IFN (Inventaire Forestier National) ont été utilisées afin de créer une variable "distance aux zones forestières". Nous avons souhaité explorer l'influence de la distance à ce type de végétation - une variable continue - plutôt que des variables de catégories de milieux (forêt humide, forêt sèche, etc.). Une distance nulle signifie que l'espèce est présente dans le milieu et ne s'en éloigne guère. De faibles valeurs de distance signifient que l'espèce est susceptible de s'éloigner modérément du milieu, mais qu'elle reste d'une façon ou d'une autre dépendante de ce milieu : cela permet de prendre en compte la dispersion des individus depuis des zones favorables. Des valeurs dispersées démontreront en revanche une faible relation entre la proximité d'un milieu et l'espèce étudiée.

Enfin, les isohyètes (200 m) de MétéoFrance (période 2001-2010) ont été numérisées et les données de pluviométrie interpolées pour l'ensemble de la zone sous le logiciel QGIS 2.0.

Lors de l'étude sur le Trigonocéphale (Biotope, 2012), la modélisation de la distribution du serpent avait fait appel à un jeu de 19 variables bioclimatiques issues du projet WorldClim (<http://www.worldclim.org>) qui regroupe des données climatiques, à une résolution spatiale d'un kilomètre carré. Nous avons estimé que ces données n'étaient pas assez précises et trop corrélées à l'altitude pour être utilisées lors de cette étude.

Nous avons également jugé qu'il n'était pas utile de distinguer les différentes séries forestières car les formations végétales répondent notamment aux gradients de pluviométrie et altitudinaux. Ce choix méthodologique permet d'éviter de faire appel à des variables trop corrélées. Par exemple, la série mésophile (forêt moyennement humide) se développe entre 100 et 400 m d'altitude pour des valeurs de pluviométrie comprises entre 1500 et 3000 mm/an ; la série hygrophile s'étend entre 500 et 1000 m pour une pluviométrie supérieure à 2000 mm/an.

Un test de corrélation (tableau 1) entre les quatre variables sélectionnées a été réalisé à l'aide de ENMTools (Warren *et al.* 2010). Dormann *et al.* (2013) conseillent de ne pas utiliser dans un modèle des variables de corrélation $r > 0,7$. Aucune des corrélations n'excède ce seuil : nous avons donc conservé, pour développer les modèles de niche, les quatre variables suivantes :

- altitude ;
- pente ;
- pluviométrie moyenne annuelle (2001-2010) ;
- distance aux zones forestières.

Tableau 1

Test de corrélation entre les 4 variables sélectionnées.

	pente	distance . arbre	altitude	pluviométrie
pente	0.0	-0.4	0.7	0.5
distance . arbre	0.0	0.0	-0.4	-0.4
altitude	0.0	0.0	0.0	0.6
pluviométrie	0.0	0.0	0.0	0.0

Occupation de site & probabilité de détection

Les données recueillies lors de la session de terrain de novembre 2013 ont été analysées à l'aide du logiciel PRESENCE afin de déterminer la probabilité de détection et la probabilité d'occupation du colibri dans chaque milieu. Néanmoins, en ce qui concerne les formations basses altimontaines (savanes d'altitudes), les données analysées sont celles de l'étude ONF de 2010. En effet, les très mauvaises conditions climatiques sur les hauteurs de la Montagne Pelée et des Pitons du Carbet lors de la session de novembre 2013 ont induit une très faible détection (conjoncturelle) du colibri.

Il ressort de l'analyse (Tableaux II & III), les points suivants :

- L'occupation naïve (la proportion de sites où l'espèce a été détectée au moins une fois) est d'environ 50 % dans les savanes d'altitude, les forêts humides et les plantations de mahoganys.

- La probabilité d'occupation par site est de 82 % pour les savanes d'altitude, de 60 % pour les forêts humides et de 52 % pour les peuplements de mahoganys. Néanmoins, l'intervalle de confiance autour de ces résultats est très large et nous incite à considérer ces chiffres avec prudence.

- La probabilité de détection est la plus grande pour les plantations de mahoganys (0.56) car les observations ont été réalisées dans des zones à la visibilité dégagée (pistes forestières). Viennent ensuite les forêts humides (0.40) et enfin les savanes d'altitude (0.25). Une probabilité de détection de 0.25 signifie que l'espèce est contactée en moyenne une fois sur quatre sur un même point. Les conditions climatiques assez rudes (vent, brume, pluie) des sommets rendent la détection bien plus difficile en haut de la Pelée ou des Pitons.

- **Le Colibri à tête bleue ne fréquente pas les forêts sèches, les zones agricoles et les zones urbaines. La probabilité d'occupation y est nulle. Ce résultat très important est utilisé lors de la modélisation de la niche écologique.**

Tableau II : Probabilités d'occupation de sites

Type de milieu	Nombre de sites	Probabilité d'occupation			
		Occupation naïve	Probabilité d'occupation par site	Erreur standard	Intervalle de confiance (95 %)
Savanes d'altitude (Etude ONF)	72	0.47	0.82	0.18	0.28-0.98
Forêts humides	25	0.52	0.60	0.12	0.35-0.80
Plantations de mahoganys	12	0.50	0.52	0.15	0.25-0.78
Forêts sèches	12	0	0	/	/
Zones agricoles	18	0	0	/	/
Zones urbaines	12	0	0	/	/

Tableau III : Probabilités de détection

Type de milieu	Probabilité de détection		
	Probabilité de détection	Erreur standard	Intervalle de confiance (95 %)
Savanes d'altitude (Etude ONF)	0.25	0.06	0.15-0.39
Forêts humides	0.40	0.08	0.26-0.57
Plantations de mahoganys	0.56	0.11	0.25-0.76
Forêts sèches	/	/	/
Zones agricoles	/	/	/
Zones urbaines	/	/	/

Modélisation de la niche écologique

La modélisation de niche écologique est un outil très pratique pour **estimer** l'aire de distribution d'espèces dont la connaissance est imparfaite.

L'algorithme MaxEnt (version 3.3 ; <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>; Phillips et al. 2004, 2006) a ainsi été testé avec succès sur des espèces très difficiles à observer comme les geckos *Uroplatus* de Madagascar (Pearson *et al.* 2007). Bien qu'il soit conseillé d'utiliser au moins 30 localités, 5 localités permettent parfois de développer un modèle robuste. **Il semble, enfin, que le bénéfice de nouvelles données atteigne un plateau autour de 50 localités** (Baldwin, 2009).

Dans le cas de notre étude, nous disposons de 76 localités, ce qui a permis d'utiliser 33 % des localités (soit 25 localités choisies aléatoirement) pour tester le modèle sans pour autant l'affaiblir. Les 51 autres localités ont permis de calculer le modèle.

Avec une valeur d'AUC (*Area Under Curves*) de 0.983 (Training AUC ; Test AUC = 0.977), le modèle est considéré comme très bon (Swets, 1988 ; Baldwin, 2009). Nous pouvons donc considérer la carte produite (Carte 3) comme un bon estimateur des secteurs les plus favorables à l'espèce.

La valeur d'AUC a également été comparée à celles de 99 modèles nuls issus de jeux de données aléatoires (de 51 points) et s'est avérée la valeur la plus élevée, prouvant que le modèle était significativement plus performant qu'un modèle aléatoire (Raes & Ter Steege, 2007).

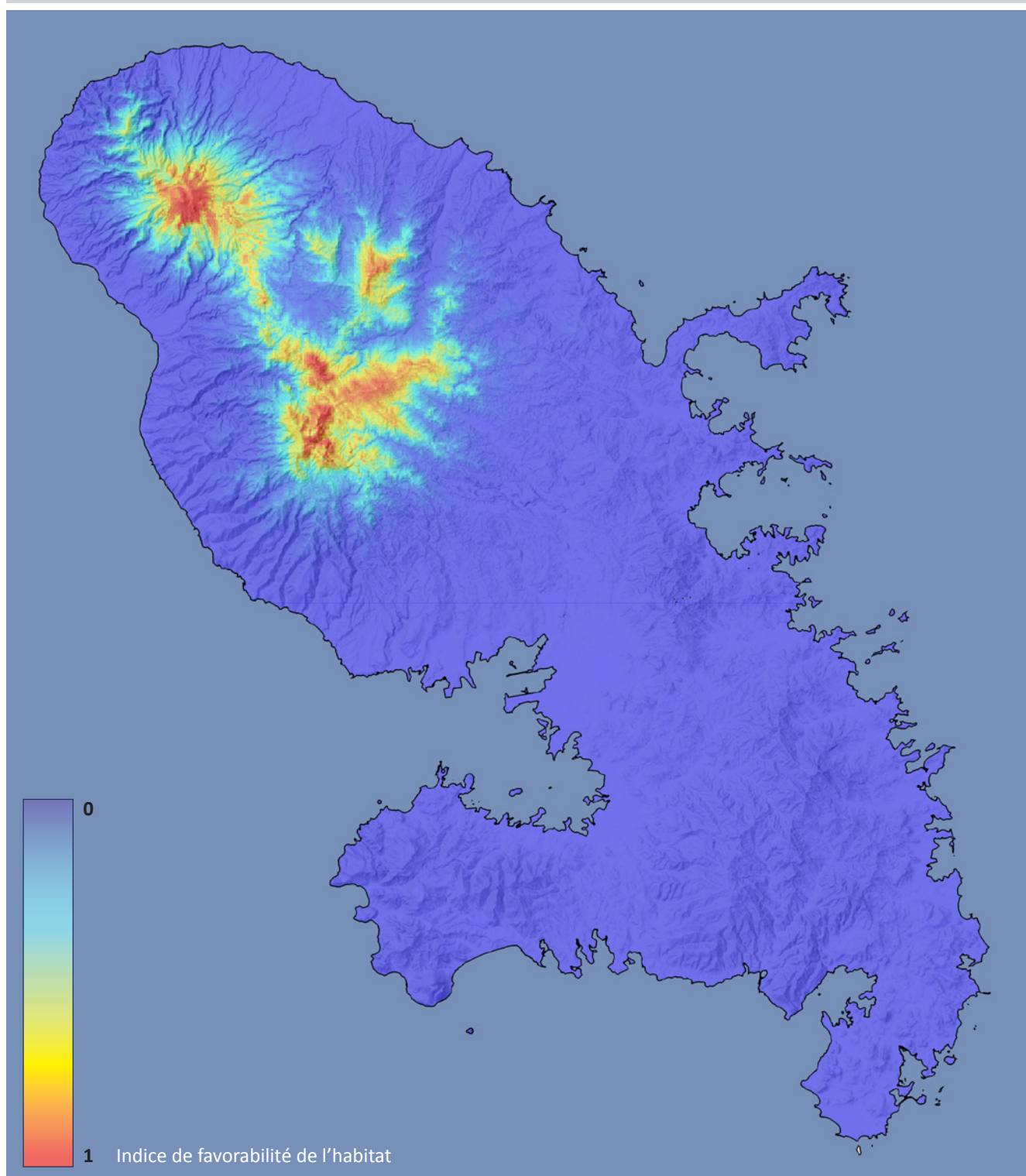
Les principales variables qui expliquent la répartition du Colibri à tête bleue sont l'altitude et la pluviométrie. La distance aux formations forestières contribue au modèle dans une moindre mesure tandis que la contribution de la pente est très faible. La probabilité de présence du Colibri à tête bleue augmente avec l'altitude pour se stabiliser aux alentours de 800 m. De même, cette probabilité est plus importante entre 3500 et 4000 mm de précipitations annuelles. Enfin, l'éloignement des formations forestières contribue à faire chuter très rapidement la probabilité de présence, confirmant que l'espèce ne s'aventure guère loin des forêts humides, si ce n'est dans les savanes d'altitude.

La carte 3 montre que les massifs forestiers de la Montagne Pelée-Mont Conil et des Pitons du Carbet-Morne Jacob forment deux vastes ensembles dont les habitats sont éminemment favorables au Colibri à tête bleue ; les secteurs forestiers de moyenne à haute altitude et les savanes d'altitude présentant le meilleur indice de qualité.

Hormis ces massifs montagneux, la Martinique n'offre pas d'habitat favorable au Colibri à tête bleue, contrairement au Carouge ou aux autres espèces de colibris qui ont une répartition plus homogène sur le territoire.

Ces résultats confirment que le Colibri à tête bleue est une espèce d'altitude, forestière, qui fréquente également les formations basses altimontaines (savanes d'altitude), mais ne s'aventure pas dans les formations ouvertes des basses altitudes, en marges des forêts humides.

Carte 3 : Favorabilité de l'habitat pour le Colibri à tête bleue - Modèle brut.
La couleur exprime un indice de qualité de l'habitat

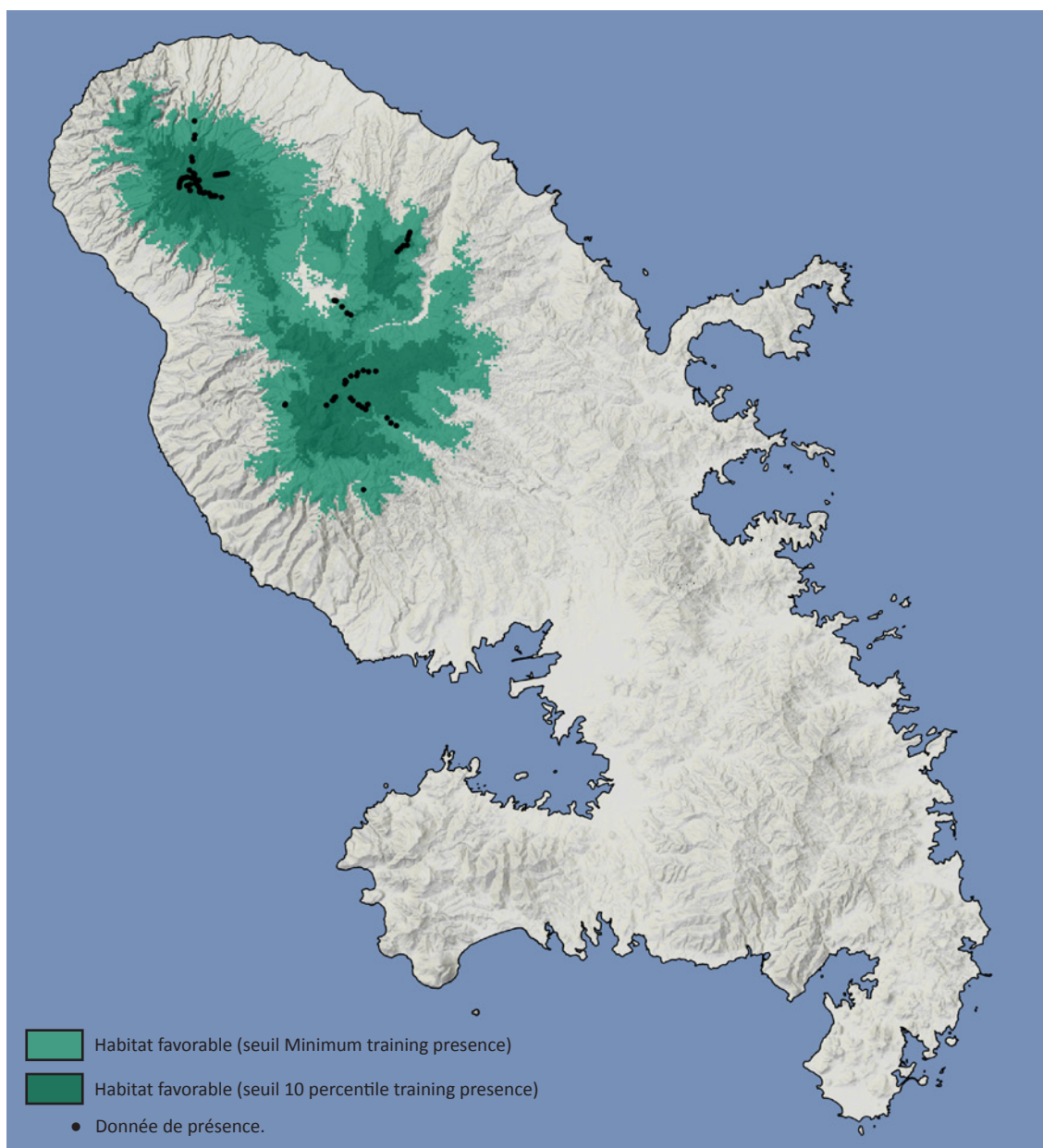


Seuils & zone d'occupation

Afin de faciliter l'interprétation du modèle, nous faisons figurer ci-dessous (Carte 4) une représentation "binaire" de la répartition qui permet de distinguer des zones "favorables" de zones "défavorables". Ce type de représentation impose de fixer un seuil de favorabilité sous lequel une maille sera considérée comme défavorable. L'un des seuils les plus pertinents est le LPT (Lowest Presence Threshold) ou *Minimum Training Presence*, qui considère comme favorable toute zone dont la probabilité de présence est au moins égale à la plus faible probabilité où nous disposons d'une donnée de présence. Dans notre modèle, toute cellule de probabilité $\geq 5,8\%$ apparaît alors comme favorable

au Colibri à tête bleue. Cette approche considère que toute cellule où l'espèce a été observée lui est favorable. Dans la pratique, il arrive que des individus soient observés dans des secteurs peu favorables (individus erratiques, jeunes en dispersion). Dans l'étude sur le Carouge, nous avons estimé que ce seuil était trop bas et nous avons préféré, comme le conseillent Pearson *et al.* (2007), appliquer un seuil sous lequel sont rejetées 10 % des plus basses valeurs prédites (10 percentile training presence). Ce seuil (probabilité de la cellule $\geq 33\%$) a été présenté à titre indicatif sur la carte 4, mais nous estimons qu'il est moins pertinent pour le Colibri à tête bleue qui ne s'éloigne pas de ses

Carte 4 : Secteurs favorables à la présence du Colibri à tête bleue selon les seuils "*Minimum training presence*" et "*10 percentile training presence*" & localités précises d'observation.



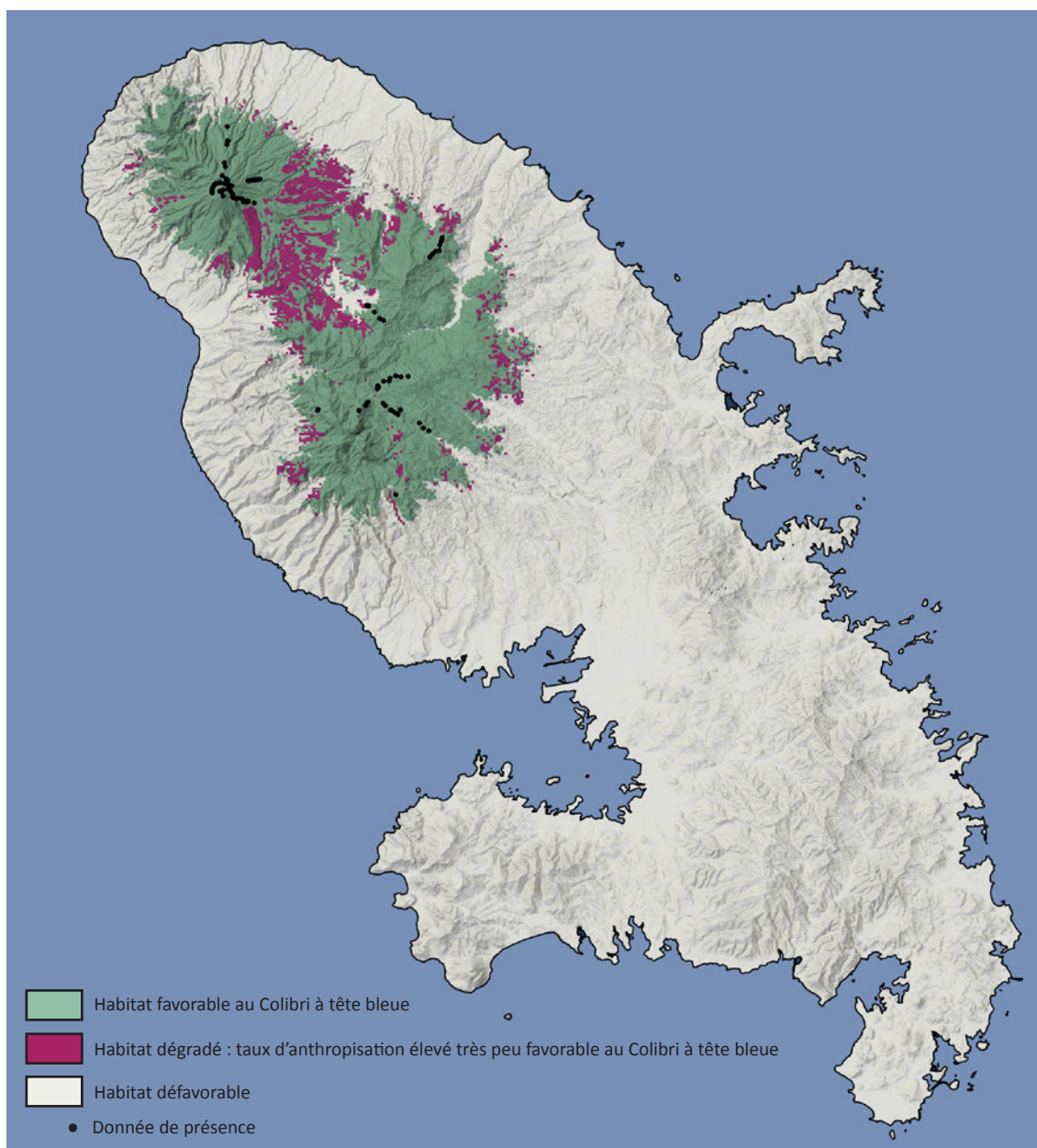
habitats de prédilection. La carte produite (carte 4) représente toutefois une estimation optimiste de la **zone d'occupation historique** de l'espèce, qui s'étend sur 187 km². Dans la mesure où le Colibri à tête bleue ne paraît pas s'adapter aux zones bâties et aux zones agricoles, il convient de soustraire à cette superficie les milieux anthropisés pour obtenir la **zone d'occupation actuelle** de l'espèce.

Sur la carte 5, nous avons représenté les secteurs agricoles et les zones présentant plus de 2 habitations par hectare car la méthode de l'occupancy a montré que le colibri ne fréquentait pas les zones habitées (avec présence de jardins fleuris) même à la marge des zones forestières. 28 km² situés dans la zone d'occupation historique du colibri sont actuellement considérés comme défavorables d'après les données issues de l'étude d'occupancy.

La zone d'occupation actuelle du Colibri à tête bleue (zones favorables au maintien du Colibri) en Martinique couvrent finalement une superficie de l'ordre de 159 km².

Nous reviendrons sur cette valeur dans le chapitre traitant du statut de conservation UICN.

Carte 5 : Impact de l'urbanisation et de l'agriculture sur l'habitat du Colibri à tête bleue



Menaces & statut de conservation

L'appartenance d'un taxon à l'une des catégories du groupe "menacé" de la Liste rouge (En danger critique, En danger et Vulnérable) de l'UICN s'établit par une grille d'analyse qui fait appel à des critères standards (UICN France, 2011).

Répartition géographique

Deux critères sont préconisés par l'UICN pour évaluer le statut de conservation d'une espèce :

La **zone d'occurrence**, définie comme la superficie délimitée par la ligne imaginaire continue la plus courte possible pouvant renfermer tous les sites connus, déduits ou prévus de présence actuelle d'un taxon, à l'exclusion des individus erratiques. La zone d'occurrence peut souvent être mesurée par un polygone convexe minimum (le plus petit polygone dans lequel aucun angle ne dépasse 180 degrés et contenant tous les sites d'occurrence).

La **zone d'occupation** est la superficie occupée par un taxon au sein de la "zone d'occurrence", à l'exclusion des individus errants. La mesure reflète le fait qu'un taxon ne se rencontre généralement pas dans toute sa zone d'occurrence, qui peut comprendre des habitats peu appropriés ou inoccupés. L'étendue de la zone d'occupation est fonction de l'échelle utilisée pour la mesurer. Il faut donc choisir l'échelle en fonction des caractéristiques biologiques pertinentes du taxon, de la nature des menaces et des données disponibles. L'UICN estime qu'il est difficile de donner des directives strictes sur les moyens de procéder à la normalisation parce que le rapport superficie/ échelle est différent pour les différents types de taxons.

Dans notre cas, nous avons choisi d'utiliser l'outil "Modélisation de niche" avec une précision égale à 1 ha pour estimer la zone d'occupation. **Nous proposons que la zone d'occupation historique corresponde à la superficie des zones favorables du modèle sous le seuil *minimum training presence*, soit 187 km².**

A défaut de disposer d'estimations récentes de la taille de population du Colibri à tête bleue, nous utiliserons les données liées à la répartition géographique (critère B) pour évaluer le statut de conservation de l'espèce.

La zone d'occupation historique du Colibri à tête bleue en Martinique (187 km²) tombe sous le seuil proposé par l'UICN (< 500 km²) pour la catégorie "En Danger".

Par ailleurs, 15 % (28 km²) de la surface des zones considérées comme favorables ont fait l'objet d'un

changement d'occupation des sols (urbanisation et agriculture) le long d'une période indéterminée et sont à présent défavorables au maintien du Colibri à tête bleue. Cette dégradation des habitats naturels, qui se poursuit de nos jours, est le fruit d'une longue histoire.

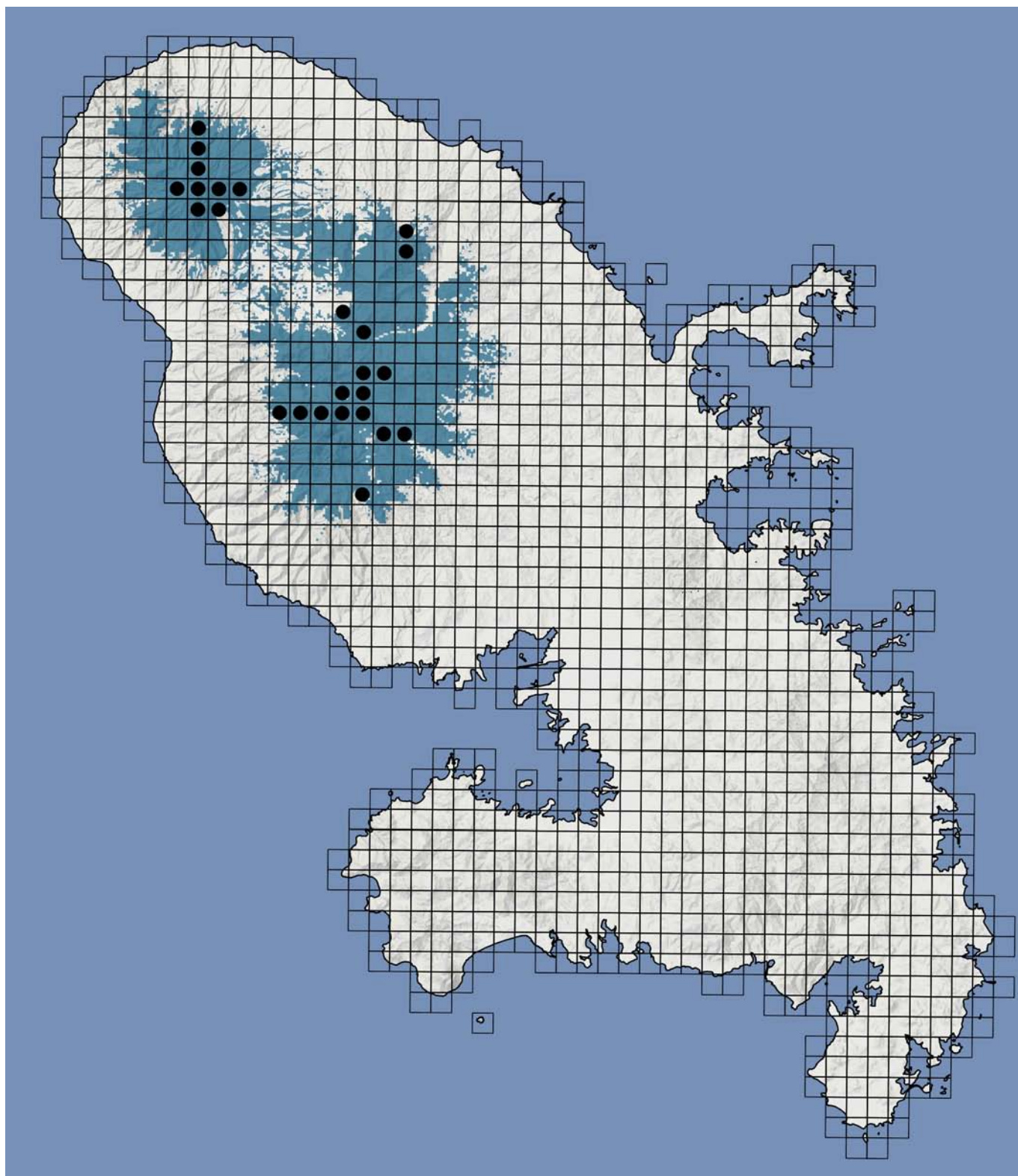
Bien que la superficie "perdue" n'atteigne pas les seuils établis par l'UICN (perte $\geq 30\%$ au cours des 10 dernières années - pour la catégorie vulnérable), elle n'en demeure pas moins inquiétante.

Cette perte d'habitat se localise essentiellement autour de la commune de Morne Rouge et sur les marges de la zone d'occupation. Le mitage des zones favorables entre les deux grands massifs du nord et du centre, très visible sur les cartes 5 et 6, montre une perte significative de la continuité écologique entre les deux populations. Une analyse plus fine des continuités écologiques avec une recherche ciblée de Colibri à tête bleue dans la diagonale Saint-Pierre/Morne-Rouge/Ajoupa-Bouillon permettra de confirmer l'état de fragmentation de l'aire de distribution.

Enfin, la menace des changements climatiques sur les écosystèmes de montagne dans la Caraïbe est à prendre avec beaucoup de sérieux. Même si les données manquent dans les Antilles, il est à présent largement documenté que les espèces d'oiseaux des forêts à nuages réagissent au réchauffement climatique par une élévation altitudinale de leur aire de distribution (Williams *et al.*, 2003 ; Freeman & Freeman, 2014). Selon Chen *et al.* (2011), la distribution de nombreux organismes terrestres est actuellement en train de se contracter en altitude en réponse au changement climatique : ils ont estimé que la répartition des espèces s'élevait à un taux moyen de 11 m d'altitude par décennie. Ce taux, même s'il varie selon les taxons, est deux à trois fois supérieur aux précédentes estimations.

L'UICN (BirdLife International, 2012) considère que l'espèce est globalement non menacé (Least Concern) sur la base des arguments suivants : *"Although this species may have a small range, it is not believed to approach the thresholds for Vulnerable under the range size criterion (Extent of Occurrence <20,000 km² combined with a declining or fluctuating range size, habitat extent/quality, or population size and a small number of locations or severe fragmentation). The population trend appears to be increasing, and hence the species does not approach the thresholds for Vulnerable under the population trend criterion (>30% decline over ten years or three generations). The population size has not been quantified, but it is not believed to approach the thresholds for Vulnerable under*

Carte 6 : Zones favorables au maintien du Colibri à tête bleue : zone d'occupation actuelle de l'espèce



- Habitat favorable
- Habitat non favorable avec présence anecdotique ou erratique du Colibri à tête bleue
- Maille d'Atlas (1 km²) positive

the population size criterion (<10,000 mature individuals with a continuing decline estimated to be >10% in ten years or three generations, or with a specified population structure). For these reasons the species is evaluated as Least Concern."

Face à ces constats : aire d'occupation réduite (< 500 km² : critère B2), fragmentation de la population en deux noyaux avec perte suspectée de la continuité écologique (B2(a)), réduction de l'habitat (urbanisation & agriculture) modérée, mais se poursuivant (B2(b)) et menace des changements climatiques (difficilement quantifiable mais probablement sévère au regard de la bibliographie récente), nous préconisons, pour la Martinique d'appliquer au Colibri à tête bleue le statut UICN régional "En Danger".

En Dominique, la présence d'habitats en bon état de conservation et d'une population considérée comme stable il y a une vingtaine d'année (Stotz *et al.* 1996) ont conduit l'UICN à qualifier le Colibri à tête bleue d'espèce à préoccupation mineure.

Nous estimons toutefois qu'une analyse similaire à celle menée en Martinique, tenant compte de la favorabilité de l'habitat et de la menace des changements climatiques est de nature à réviser ce

statut.

Bien que le Colibri à tête bleue soit une espèce relativement facile à contacter dans son aire d'occupation, son manque d'adaptation aux paysages anthropiques et sa sensibilité prévisible aux changements climatiques, confortent le choix de le considérer "En danger d'extinction". Cette proposition doit être débattue avec un collège d'experts et soumis à la validation du Comité Français de l'UICN.

En revanche, l'espèce se retrouve dans les vieilles plantations de Mahogany où elle semble se maintenir à des abondances proches de celles des forêts naturelles adjacentes. La colonisation des sous-bois par des arbustes natifs à fleurs attractives pour les colibris joue probablement un rôle essentiel dans le maintien des *Cynophaia* dans les peuplements de Mahogany.



© Maël Dewynter/Biotope

La femelle du Colibri à tête bleue présente un fort dimorphisme de coloration avec le mâle, à tel point que son nom vernaculaire créole est différent de celui du mâle : Colibri falle blanc. Cette femelle, observée en lisière de pâturage, quittait régulièrement son perchoir pour s'enfoncer dans la forêt. Aucun autre Colibri à tête bleue n'a été observé en bordure de milieu dégradé et aucune observation dans les jardins adjacents à la forêt (malgré des plantes attractives) n'est venue souligner une quelconque résilience à la modification anthropique de l'habitat.

- Arlott N. (1999)
Blue-headed Hummingbird (*Cyanophaia bicolor*).
pp. 582 in: del Hoyo J., Elliott A. & Sargatal J. eds
(1999). Handbook of the Birds of the World. Vol. 5.
Barnowls to Hummingbirds. Lynx Edicions, Barce-
lona. ISBN 84-87334-25-3.
- Baldwin R.A. (2009)
Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Re-
search. *Entropy* **11**:854–866.
- Bénito-Espinal E. & Hautcastel P. (2007)
A la découverte des oiseaux de la Martinique.
PLB Éditions. 64 p.
- BirdLife International 2012. *Cyanophaia bicolor*.
The IUCN Red List of Threatened Species. Version
2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 26
September 2014.
- Brambilla M. & Ficetola G.F. (2012)
Species distribution models as a tool to estimate
reproductive parameters: a case study with a pas-
serine bird species. *J. Anim. Ecol.* **81**: 781–787.
- Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B., &
Thomas, C. D. (2011)
Rapid range shifts of species associated with high
levels of climate warming. *Science*, 333(6045),
1024-1026.
- Freeman B. G. & Freeman A. M. C. (2014)
Rapid upslope shifts in New Guinean birds illus-
trate strong distributional responses of tropical
montane species to global warming. *PNAS*, 2014
(doi:10.1073/pnas.1318190111)
- HBW alive (2014)
<http://www.hbw.com>
- Office National des Forêts (2010)
L'avifaune au sein de la Réserve Biologique Inté-
grale de la Montagne Pelée. Récolte des données :
Association Le Carouge. Analyses et rédaction : Go-
defroid C.
- Pearson R.G., Raxworthy C.J., Nakamura, M., Peter-
son A.T. (2007)
Predicting species distributions from small num-
bers of occurrence records: a test case using cryptic
geckos in Madagascar. *J. Biogeogr.* **34**: 102–117.
- Phillips S. J., Dudik M. & Schapire R.E. (2004)
A maximum entropy approach to species distri-
bution modeling in Proceedings of the 21st Inter-
national Conference on Machine Learning. ACM
Press, New York : 655-662
- Phillips S. J., Anderson R. P. & Schapire R. E. (2006)
Maximum entropy modeling of species geographic
distributions. *Ecological Modelling* **190**:231-259.
- Pinchon R. (1976)
Faune des Antilles françaises: Les oiseaux. éd. M.
Ozanne & Cie. Fort-de-France, Martinique, 2° édi-
tion.
- Pounds J. A., Fogden M. P. L. & Campbell J. H. (1999)
Biological response to climate change on a tropical
mountain. *Nature* **398** : 611-615.
- Raes N. & Ter Steege H. (2007)
A null-model for significance testing of presence-
only species distribution models. *Ecography* **30**:
727-736.
- Raffaele, H.A., Wiley, J., Garrido, O., Keith, A. & Raf-
faele, J. (1998)
A Guide to the Birds of the West Indies. Princeton
University Press, Princeton, New Jersey.
- Stotz, D. F., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III, and D. K.
Moskovits. (1996)
Neotropical Birds. Ecology and Conservation.
University of Chicago Press, Chicago.
- Swets J. A. (1988)
Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Sci-
ence* **240**: 1285-1293.
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species.
Version 2013.2.
- Warren D.L., Glor R.E. & Turelli M. (2010)
ENMtools: a toolbox for comparative studies of en-
vironmental niche models. *Ecography* **33**: 607-611
- Williams, S. E., Bolitho, E. E., & Fox, S. (2003)
Climate change in Australian tropical rainforests: an
impending environmental catastrophe. Proceed-
ings of the Royal Society of London. Series B: Bio-
logical Sciences, 270(1527), 1887-1892.