



Distribution, écologie & statut de conservation de l'Oriole de Martinique (*Icterus bonana*)

Maël Dewynter,
Catherine Godefroid,
Beatriz Conde
& Vincent Pelletier

avec la participation de Willy Raitière

Février 2014



Cette étude a été réalisée pour le compte de la DEAL Martinique.

Nous tenons à remercier vivement la **DEAL Martinique** et en particulier **Julien Mailles** qui nous ont fait l'honneur de nous confier cette étude. Comme à son habitude, il s'est impliqué bien au-delà du suivi administratif du dossier, notamment par ses recherches de témoignages sur la présence de l'espèce.

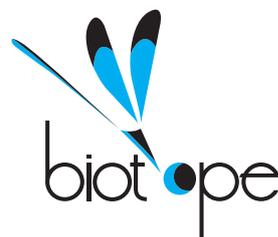
En Martinique, l'implication des agents de la DEAL dans les études faunistiques dépasse souvent le cadre administratif. Ce mode de fonctionnement, motivant, est à promouvoir : la présence ponctuelle des services de la DEAL sur le terrain permet d'une part aux prestataires de juger de l'intérêt porté par les services publics à leur étude, mais il permet également aux agents des services de l'État de maîtriser, par l'expérience de terrain, les dossiers qu'ils instruisent. Ces sessions de terrains partagées sont en outre l'occasion d'évoquer les aspects méthodologiques. Les personnels de la DEAL n'ont malheureusement pas été disponibles lors de cette session de terrain. Mais nous souhaitons que ce type de collaboration se poursuive dans le temps.

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 majeure à cette étude.

Nous tenons à remercier particulièrement Maurice-Yves Roy-Camille qui nous a très aimablement fourni plusieurs localités précieuses du Carouge et du Vacher, et dont le site internet Birds & Co est une mine d'informations ornithologiques.

Nos remerciements à Christelle Bérenger et au comité de pilotage de la base de données Faune-Martinique qui nous ont transmis gracieusement les données issues de la base.

Enfin, merci à Guillaume Simon, de l'ONF, pour sa contribution à l'étude.



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

CONTEXTE

L'Oriole de la Martinique, ou Carouge, est une espèce strictement endémique de la Martinique, classée dans la catégorie Vulnérable de l'UICN (IUCN 2013).

Ses populations sont considérées en déclin depuis les années 1970 suite à l'arrivée en 1948 du Vacher luisant ou "Merle de Sainte-Lucie" (*Molothrus bonariensis*), une espèce d'Icteridae colonisatrice pratiquant le parasitisme de couvée.

L'expansion du Vacher luisant, liée à la déforestation, est perçue comme une menace majeure pour le Carouge : certaines estimations annonçant la perte de 75% des nichées de l'Oriole par parasitisme (Feldmann & Villard (1998) in BirdLife International, 2014), sont d'ailleurs reprises dans la littérature récente (HBW Alive, 2014).

Selon Bénito-Espinal & Hautcastel (2007) et HBW Alive (2014), l'Oriole de la Martinique fréquente préférentiellement les mangroves et les forêts sèches sur sols calcaires, mais également les forêts humides, les plantations et les zones urbaines. Sa répartition s'étend en outre du niveau de la mer à plus de 700 m d'altitude (Bénito-Espinal & Hautcastel, 2007). Raffaele *et al.* (1998) considèrent que l'espèce est présente surtout dans le Sud et le Centre-Nord de la Martinique.

Les travaux de Feldmann et Villard (1998), cités par BirdLife International (2014), établissent une densité de 2,4 orioles par hectare dans le Centre de la Martinique. La population totale est, par ailleurs, estimée à 6.000 - 15.000 individus matures. Enfin, Feldmann et Villard (1998) considèrent que le déclin dramatique suggéré à la fin des années 90 doit être considéré avec prudence en absence de données.

Face à ces constats, l'UICN et BirdLife International préconisent de mener une étude visant à clarifier le statut de conservation et la répartition du Carouge, notamment en lien avec les populations de Vacher luisant. Parmi les actions de conservation suggérées, le contrôle de la déforestation est présenté comme le moyen le plus sûr de maîtriser l'extension des populations de Vacher et ainsi de limiter le parasitisme sur le Carouge.

Parallèlement, il est suggéré d'initier une campagne de sensibilisation visant à promouvoir auprès de grand public le Carouge, comme l'unique espèce d'oiseau endémique de la Martinique (P. Feldmann

and P. Villard, 1998). Il est également conseillé de mettre en oeuvre un programme de reproduction en captivité visant à accompagner les efforts de consolidation des populations en cas de déclin dramatique ...

Consciente de l'enjeu patrimonial que représente le Carouge, la DEAL Martinique a souhaité lancer en 2014 une étude permettant d'établir son statut de conservation régional.

Afin de répondre aux attentes de la DEAL, Biotope Amazonie-Caraïbes, l'association Le Carouge et Didelphis se sont regroupés pour mener cette étude dans le cadre d'une convention de recherche. Sur le modèle des études menées sur *Allobates chalcopsis* (Biotope, 2011 & 2012 ; Fouquet *et al.*, 2013), sur le Trigonocéphale (Biotope, 2012) et sur le Colibri à tête bleue (Biotope, Didelphis & Le Carouge, à paraître) nous avons proposé d'établir le statut de conservation de l'espèce en mettant en oeuvre des campagnes de prospection et en faisant appel à la modélisation de niche écologique pour délimiter l'aire de distribution de l'espèce en Martinique.

Cette première mission - entièrement dédiée au Carouge - a eu lieu du 17 au 21 février 2014. Ces cinq journées de prospections intensives dans le sud de la Martinique ont permis de compléter significativement la base de données des localités de l'Oriole. Ces nouvelles données, associées aux localités notées dans le nord de l'île à l'occasion d'une étude dédiée au Colibri à tête bleue (25 au 30 novembre 2013) et aux données fournies par l'association Le Carouge et par les naturalistes résidents en Martinique, nous permettent de redéfinir les caractéristiques de la niche écologique du Carouge.

Les 64 localités précises, à présent regroupées dans la base Carouge, servent de socle 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.

Les origines de l'Oriole de la Martinique

Le genre *Icterus* (famille des Ictéridés), comprend 34 espèces d'orioles (HBW alive, 2014), distribuées du nord de l'Argentine au sud du Canada (Jaramillo & Burke 1999).

Les travaux récents sur les relations de parenté entre les orioles ont abouti à un arbre phylogénétique relativement consensuel (Jacobsen *et al.*, 2010 ; figure 1). L'**Oriole de la Martinique**, *Icterus bonana*, s'insère dans un clade de sept espèces regroupant des taxons endémiques des Antilles (*I. dominicensis* endémique d'Hispaniola, *I. laudabilis*, endémique de Sainte-Lucie et *I. oberi*, endémique de Montserrat) et d'Amérique du sud (*I. auricapillus* (extrême nord de l'Amérique du sud), *I. cayanensis* et *I. chrysocephalus* (bassin de l'Amazone) parfois considérées conspécifiques selon les spécialistes). Dans le cas des espèces du groupe A1 de Jacobsen *et al.* (2010), auquel appartient l'Oriole de la Martinique, les divergences a priori très récentes (< 2 millions d'années) ne permettent pas de résoudre, à l'aide d'ADN nucléaire (zDNA) tous les noeuds de l'arbre phylogénétique d'où l'aspect en rateau du clade A1 de la figure 1. Cependant, l'utilisation d'autres marqueurs génétiques, comme l'ADN mitochondrial, permet de dégager une relation de parenté assez étroite entre le Carouge de la Martinique et l'espèce endémique de Montserrat (*I. oberi*), tandis que l'espèce de Sainte-Lucie (*I. laudabilis*) paraît étonnamment plus divergente du Carouge.

Quoiqu'il en soit, le Carouge partage des relations de parenté plus étroites avec des espèces résidentes de la Caraïbe et de l'Amérique du sud qu'avec des espèces migratrices d'Amérique du nord et d'Amérique centrale (*I. spurius*, *I. fuertesi* et *I. prothemelas*), d'espèces endémiques du nord des Antilles (*I. leucopteryx*, endémique de la Jamaïque) ou fréquentant sporadiquement les Antilles (*I. galbula*, *I. cucullatus*, *I. icterus*).

Ces données ne permettent pas de reconstruire l'origine des espèces du groupe, mais elles soulignent la relative jeunesse des espèces endémiques des petites Antilles (*I. bonana*, *I. oberi*, *I. laudabilis*) et d'Hispaniola (*I. dominicensis*) induite probablement par une radiation rapide liée à une colonisation récente de l'archipel caraïbéen.

Par ailleurs, Sturge *et al.* (2009) ont démontré que les espèces sud-américaines du groupe A provenaient d'une colonisation du continent à partir des Antilles. Les espèces guyanaises et amazoniennes descendraient donc d'orioles émigrants provenant des Antilles. Ce mode de colonisation d'îles vers les continents est très peu documenté et mérite d'être souligné.

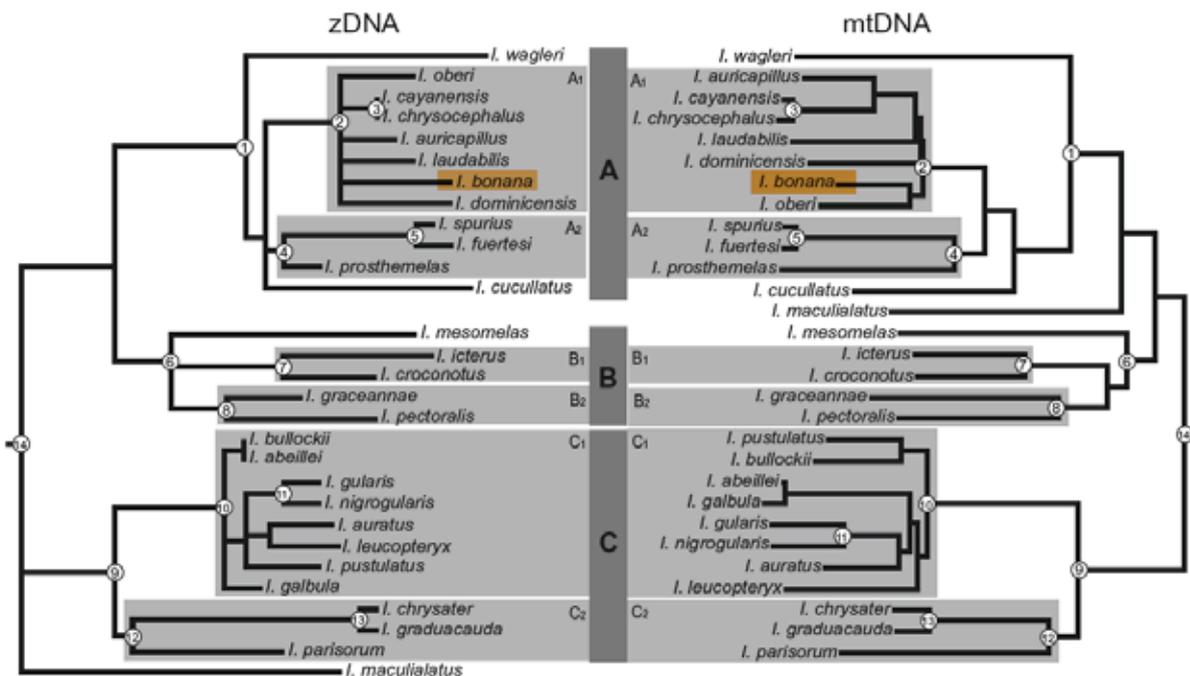


Figure 1. Arbres phylogénétiques de 29 espèces d'*Icterus* basé sur six gènes nucléaires (zDNA) (gauche) et deux gènes mitochondriaux (mtDNA) (droite). Les zones grisées soulignent les 6 sous-clades (A1, A2, B1, B2, C1, C2) répartis dans les trois grandes lignées d'orioles mises en évidence tant par l'ADN nucléaire que mitochondrial. D'après Jacobsen *et al.* (2010). La position de l'Oriole de la Martinique est surlignée en orange.

Méthodologie

Cette première étude s'est focalisée sur la **caractérisation de l'habitat de prédilection du Carouge**.

La technique proposée à la DEAL 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 des oiseaux résidents de la Martinique.**

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, etc.) 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 Carouge (qui justifieraient par exemple un statut réglementaire ou des aménagements adaptés) ?
- 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 ?
- Quelles sont les zones où le Carouge est susceptible d'être menacé par le parasitisme de couvée exercé par le Vacher luisant ?
- L'urbanisation est-elle une menace pour le Carouge ?

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 Carouge, nous avons d'une part regroupé dans une base de données 64 localités récentes (période 2007-2014) et d'autre part généré dix couches d'informations géographiques environnementales.

Ce travail a également été réalisé sur le Vacher luisant.

Données d'observation de Carouge

Les 64 données (Annexe 1) conservées dans le cadre de cette étude proviennent de plusieurs sources :

- 12 données proviennent de l'étude sur l'avifaune de la Montagne Pelée (Le Carouge/ONF, 2010) ;
- 14 données, de l'étude sur le Colibri à tête bleue (Biotope, Association Le Carouge, Didelphis 2013) ;
- 26 données sont des observations personnelles géoréférencées dans le cadre de cette étude (Conde B., Belfan D., Godefroid C. (Didelphis), Roy-Camille M.Y., Simon G. (ONF)) ;
- 12 données proviennent des prospections ciblées pour les besoins de cette étude.

Les données du site Faune-Martinique - sur le Carouge - ne nous ont pas été transmises à cause d'un incident technique.

La carte 1, ci-contre, présente les secteurs prospectés selon une maille d'1 km² : les carrés violets dans le nord sont les secteurs où nous avons effectué des points d'observation et d'écoute en novem-

bre 2013 (6 jours de prospection) dans le cadre de l'étude sur le Colibri à tête bleue ; les carrés rosés dans le sud soulignent les prospections dans le cadre de l'étude sur le Carouge en février 2014 (5 jours). Les points noirs représentent des données bibliographiques ou privées vérifiées.

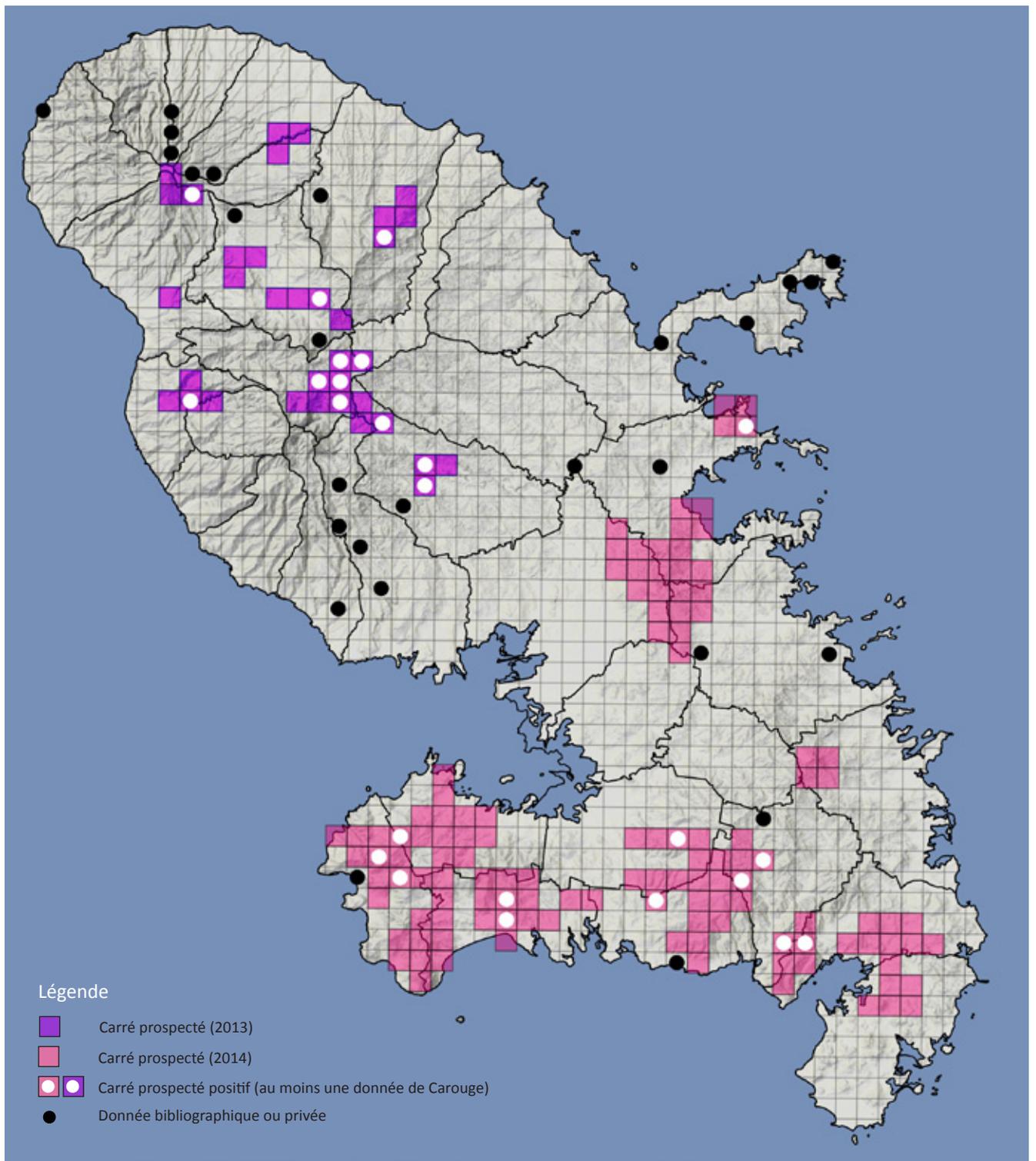
Le Carouge est une espèce d'oiseau très discrète dont la détection est particulièrement délicate. La maîtrise des différents cris et des chants de l'Oriole de la Martinique est indispensable lors de sa recherche, mais elle ne suffit pas toujours à mettre en évidence sa présence, tant l'espèce s'avère secrète. **L'absence de donnée dans un carré prospecté ne signifie donc pas l'absence de l'espèce mais sa non-détection.**

La probabilité de détection du Carouge méritera d'être spécifiquement étudiée car elle conditionnera les prochains inventaires ou suivis de population. L'expérience de cette mission prouve que l'utilisation de la repasse des vocalisations à l'aide d'un enregistreur numérique et d'un amplificateur représente le moyen le plus efficace de détecter le Carouge, qui s'avère une espèce au comportement territorial, réactive à la présence d'intrus. Une méthodologie basée sur la repasse est proposée en conclusion de ce rapport.



Curieux, un Carouge s'approche lors d'une séance de "repassé" à Flandrin (route de l'Anse Dufour). Il tentera pendant de longues minutes de repérer l'intrus vocalisant sur son territoire.

Carte 1 : 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. A partir des données mises à disposition notamment par la DEAL, nous avons créé et sélectionné une dizaine de variables pouvant présenter un pouvoir prédictif de la distribution de la faune.

Toutes les variables environnementales testées ont été rééchantillonnées à une résolution 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 :      470
nrows :      550
xllcorner :  -61.237901655117
yllcorner :  14.381107280591
dx :         0.000938402428
dy :         0.000910352019
```

Chaque raster se présente donc sous la forme d'un rectangle constitué de $470 \times 550 = 258.500$ 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 $2\,633 \text{ km}^2$.

Origine des variables

Un Modèle Numérique de Terrain à une résolution de 30 m (SRTM 30m/Nasa) a fourni les variables suivantes : altitude, pente et position topographique. 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 les variables suivantes :

- distance aux zones forestières ;
- distance aux bananeraies ;
- distance aux champs de canne à sucre ;
- distance aux zones herbacées (savanes, pâturages) ;
- distance au bâti ;
- distance aux cours d'eau.

Nous avons souhaité explorer l'influence de la distance à un milieu - une variable continue - plutôt que des variables de catégories de milieux (forêt humide, mangrove, savane, 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 dis-

persion 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 dix 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 dix variables suivantes :

- altitude
- pente
- position topographique
- pluviométrie moyenne annuelle (2001-2010)
- distance aux zones forestières ;
- distance aux bananeraies ;
- distance aux champs de canne à sucre ;
- distance aux zones herbacées (savanes, pâturages) ;
- distance au bâti le plus proche ;
- distance aux cours d'eau.

Tableau I : Test de corrélation entre les 10 variables sélectionnées.

	altitude	distance . arbre	distance . banane	distance . bati	distance . canne	distance . eau	distance . savane	Pente	pluviometrie	Position . topo
altitude	0.0	0.1	0.3	0.7	0.6	0.1	0.5	0.7	0.7	0.1
distance . arbre	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.4	0.0
distance . banane	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.0
distance . bati	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.6	0.6	0.7	0.0
distance . canne	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	0.0
distance . eau	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.3	0.1
distance . savane	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.0
Pente	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
pluviometrie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Position . topo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

RÉSULTATS

Modélisation de la niche fondamentale de l'Oriole de la Martinique

La modélisation de niche écologique est un outil très pratique pour estimer l'aire de distribution d'espèces dont la probabilité de détection est faible comme le Carouge.

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 64 localités, ce qui a permis d'utiliser 20 % des localités (soit 12 localités choisies aléatoirement) pour tester le modèle sans pour autant l'affaiblir. Les 52 autres localités ont permis de monter le modèle.

Avec une valeur d'AUC (*Area Under Curves*) de 0.88, le modèle est considéré comme très bon (Swets, 1988 ; Baldwin, 2009). Nous pouvons donc considérer la carte produite (Carte 2) 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 issues de jeux de données aléatoires (de 64 points) et s'est avérée la deuxième 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 Carouge sont la distance aux grandes cultures industrielles (banane, canne à sucre) et aux zones défrichées (savanes, pâturages) : les secteurs éloignés de ces zones fortement anthropisées sont plus favorables. La pente, l'altitude (la favorabilité augmente avec l'altitude) et dans une moindre mesure, l'orientation de la pente, contribuent également au modèle. Nous reviendrons plus bas sur l'interprétation de ce modèle.

La carte 2 montre que les massifs de la Montagne Pelée-Mont Conil et des Pitons du Caribets-Morne Jacob forment deux vastes ensembles dont les habitats sont éminemment favorables au Carouge ; les secteurs forestiers de moyenne à haute altitude présentant le meilleur indice de qualité.

Par ailleurs, dans le nord de l'île, la côte est, très touchée par l'agriculture, ne semble pas convenir au Carouge.

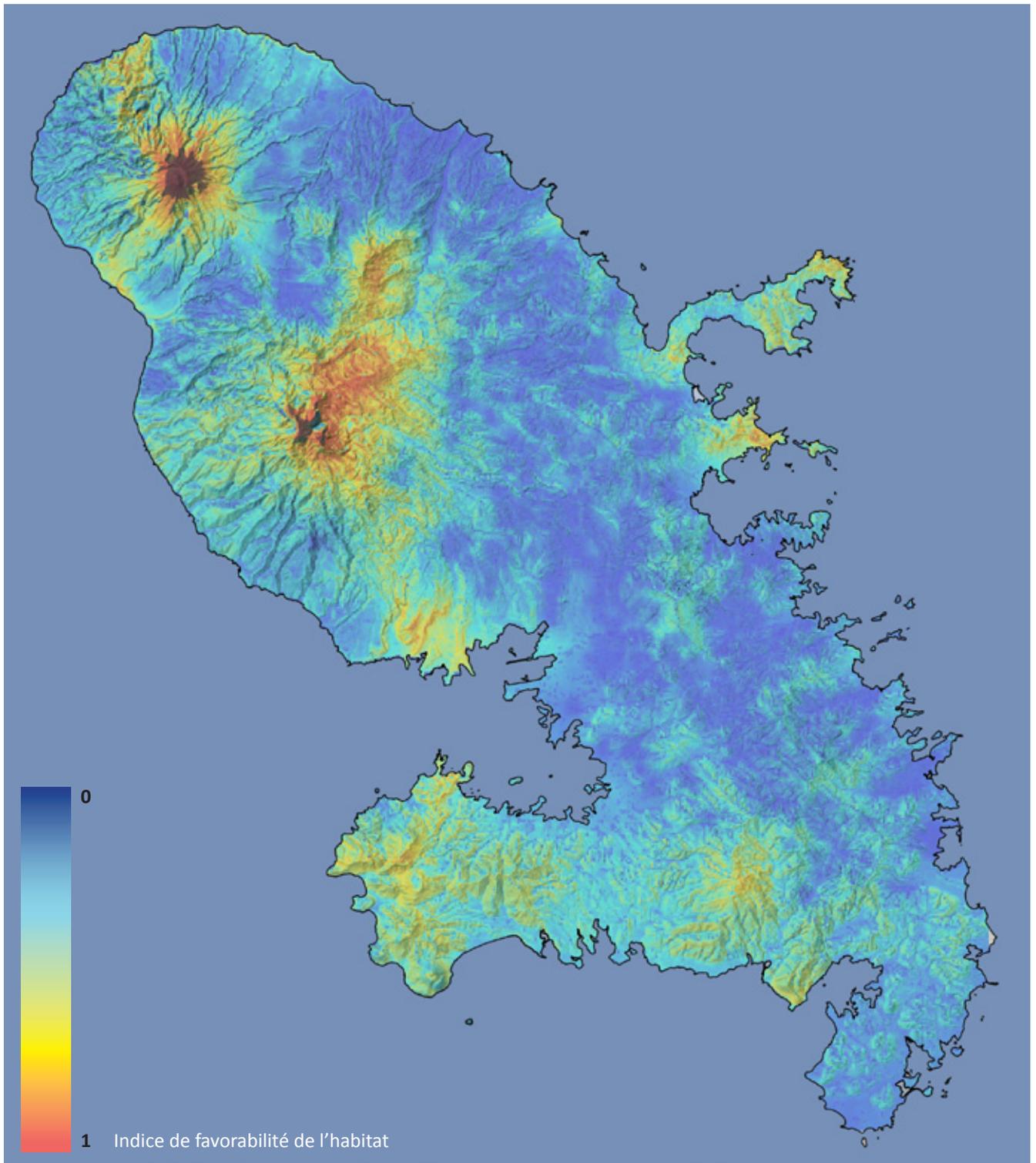
L'extrémité de la presqu'île de la Caravelle (secteurs boisés) et la Pointe Savane du Robert ressortent également comme des secteurs favorables au Carouge, probablement en raison de la présence de zones forestières et de ravines humides.

Au sud d'une ligne Le Robert-Fort-de-France, la répartition paraît beaucoup plus morcelée, notamment dans le centre de la Martinique largement modelé par l'agriculture. Les communes du Lamentin, Ducos, St-Esprit et du Vauclin sont ainsi relativement peu favorables.

En revanche, les communes du sud et du sud-ouest de la Martinique, couvertes d'ensembles colliniques assez élevés et découpés, paraissent favorables à l'espèce. Les hauteurs des communes de Rivière-Pilote, Ste-Luce, Anses d'Arlet, Trois-îlets et Diamant et dans une moindre mesure Rivière-Salée et le Marin présentent de forts indices de favorabilité.

Enfin, la commune de Ste-Anne, qui présente le climat le plus sec de l'île, est peu favorable au Carouge. Cette zone a été très prospectée, notamment par Beatriz Condé dans le cadre d'inventaires ornithologiques et l'espèce n'y a jamais été observée.

Carte 2 : Favorabilité de l'habitat pour le Carouge - Modèle brut.
La couleur exprime un indice de qualité de l'habitat



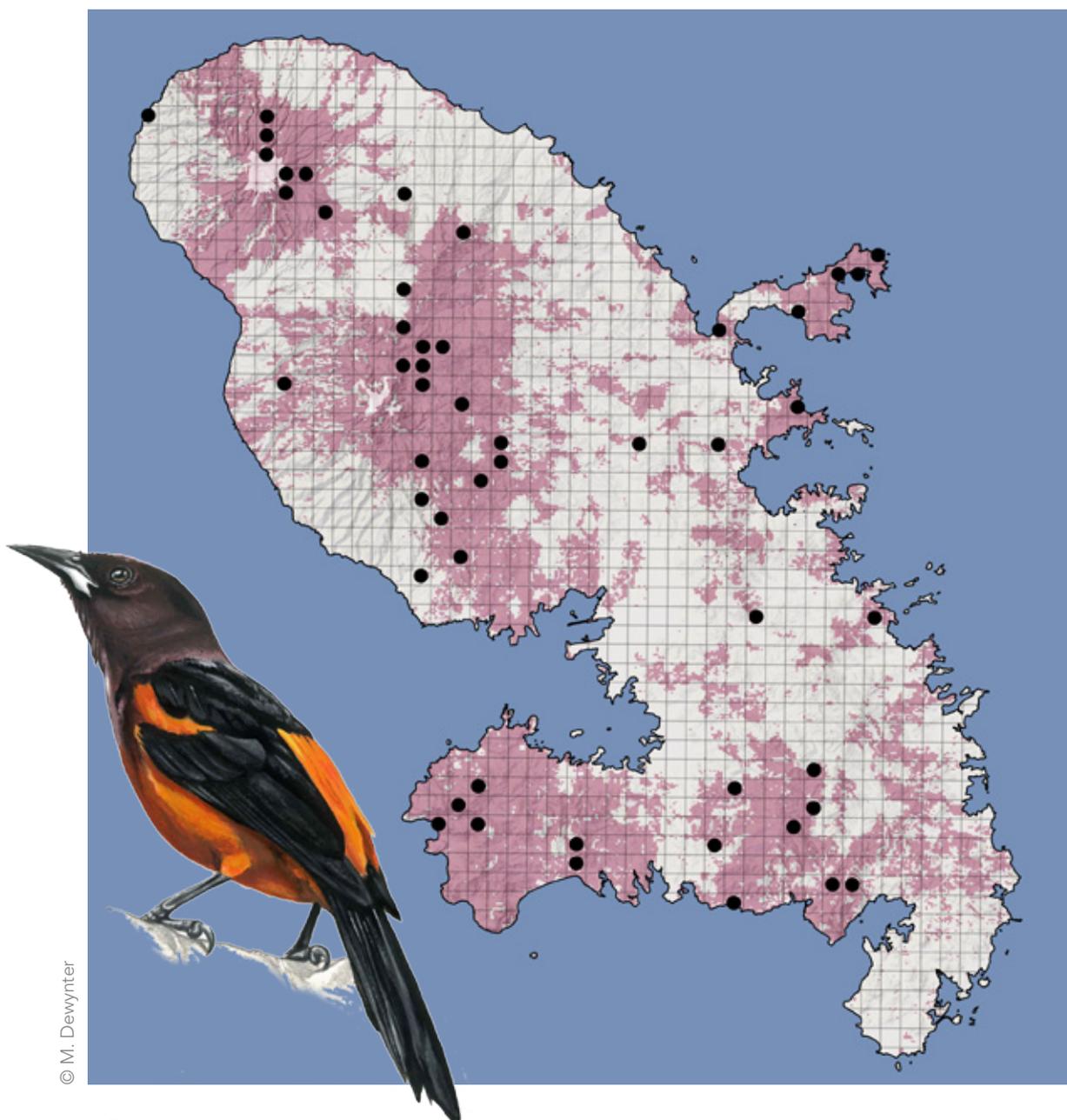
Les zones grisées (savanes d'altitudes) correspondent à des secteurs dont la favorabilité est surévaluée par le modèle. Dans les cartes suivantes (cartes 3, 6, 7 & 8), ces zones sont considérées comme défavorables.

Seuils & zone d'occupation

Afin de faciliter l'interprétation du modèle, nous faisons figurer ci-dessous (Carte 3) 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 cellule sera considérée comme défavorable. L'un des seuils proposés 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 supérieure à 8,5 % apparaîtra alors comme favorable

au Carouge. 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). Nous estimons donc que ce seuil est bien trop bas et nous préférons, comme le conseillent Pearson et al. (2007), appliquer un seuil sous lequel sont rejetées 10 % des plus basses valeurs prédites (10 percentile training presence) : en imposant ce seuil, les zones favorables sont celles dont la valeur est supérieure à 18,5 %. La carte produite représente une estimation de la **zone d'occupation** de l'espèce, qui couvre 543 km².

Carte 3 : Secteurs favorables (10 percentile training presence) à la présence du Carouge (en rosé) & Données d'occurrence récentes selon une maille de type Atlas (1 km²).



Interprétation de la niche écologique et nouvelles données sur l'écologie du Carouge

La **zone d'occurrence** du Carouge englobe une large partie de la Martinique : pour la calculer, nous avons appliqué la méthodologie de l'UICN qui propose de mesurer la surface totale en km² du polygone convexe le plus petit incluant toutes les stations. Ce polygone, découpé selon la côte martiniquaise, pour exclure les zones marines, couvre 867 km² (80 % de la Martinique).

Une simple carte des localités, renseignées selon une grille de 1 km de côté, montre une répartition relativement homogène, avec toutefois des lacunes flagrantes dans certains secteurs de la Martinique, comme la presqu'île de Ste-Anne, la plaine du Lamentin et de Ducos et les côtes nord-est et nord-ouest.

Les données bibliographiques sur l'écologie du Carouge le présentent comme une espèce particulièrement liée aux forêts sèches et mangroves (Bon-Saint Come *in* Wood, 1987), mais fréquentant l'ensemble des types forestiers de la Martinique à l'exception de la forêt de nuages (Bon-Saint Come & Benito-Espinal *in* Wood, 1987). Ces auteurs considèrent d'ailleurs que l'espèce est absente au-delà de 700 m d'altitude. Selon Wood (1987), l'espèce est également familière des jardins boisés et des petites plantations. Elle se reproduit d'ailleurs souvent très près des habitations. La nidification a été observée en mangrove, en forêt sèche, en forêt humide, dans des jardins boisés et des plantations. Wood souligne également qu'aucune donnée de nidification n'est connue en forêt tropicale et au-delà de 360 m d'altitude.

La modélisation de niche écologique nous a permis d'explorer l'influence d'une dizaine de variables environnementales sur la répartition du Carouge. Certaines variables comme l'altitude, la pente, la distance aux cours d'eau et la distance aux zones agricoles (bananes, pâturage et canne) paraissent bien expliquer la répartition de l'espèce.

Nous faisons ainsi le constat que les localités situées sur des massifs montagneux ou colliniques avec des ravines, et éloignés des grandes zones agricoles, présentent les caractéristiques les plus favorables au Carouge. En revanche, l'espèce ne fréquente pas ou anecdotiquement les grandes zones agricoles ouvertes. Ainsi, malgré une zone d'occurrence étendue, tous les milieux ne sont pas favorables au Carouge ; certaines configurations d'habitats s'avérant plus avenantes que d'autres. La modélisation a permis de délimiter les secteurs les plus favorables et d'estimer la zone d'occupation de l'espèce.

L'altitude importe peu car le Carouge se rencontre du niveau de la mer jusqu'à 930 m d'altitude : nous avons recensé 8 localités (parmi les 64 utilisées dans l'analyse) qui se situent au-delà de 700 m d'altitude. L'Oriole fréquente donc les forêts ombrophiles et les forêts de transition de la série hygrophile (sensu Sastre & Breuil, 2007) jusqu'à la limite inférieure des savanes d'altitude (série de montagne). L'espèce habite ainsi tous les types forestiers à l'exception probable des forêts sèches semi-décidues (Série xérophile du sud de l'île). Il semble que la proximité de ravines boisées et humides, dans les secteurs les plus secs, maintienne des forêts moyennement humides de la série mésophile, favorables au Carouge. L'exposition des flancs des mornes influence également considérablement la végétation ; les secteurs les moins exposés étant plus humides et plus favorables au Carouge.

Les observations inédites de Carouge à des altitudes supérieures à 700 m peuvent avoir deux explications : une sous-prospection des secteurs d'altitude dans les années 1980 ou/et une élévation de l'aire de répartition due au réchauffement climatique comme cela a été démontré sur les oiseaux au Costa Rica (Pounds et al., 1999) ou plus récemment en Nouvelle Guinée (Freeman & Freeman, 2014).

Nous avons également noté la grande capacité d'adaptation du Carouge face à la densification de l'habitat (humain). L'espèce se maintient dans des zones rurales et urbaines, dès lors que des jardins boisés permettent de conserver une "trame verte" continue. Cependant, la proximité de jardins sauvages et de ravines boisées nous a paru déterminante pour la présence de l'espèce. Ainsi, la configuration suivante, typique des grands massifs du sud (notamment la commune de Rivière-Pilote) demeure très favorable au Carouge : habitat dispersé, avec massifs de bananiers, manguiers et arbres à pain, sur pente forte et à faible exposition.

Environ 550 km² de la Martinique (à peu près la moitié de la superficie de l'île) présentent une configuration favorable à la présence du Carouge (Zone d'occupation définie par le seuil *10 percentile Training Presence*). Cependant, cette analyse ne tient pas compte des deux menaces principales pesant sur l'espèce : la présence du Vacher luisant et une densification de l'habitat bâti trop élevée.

Nous verrons plus loin dans ce rapport que ces deux menaces cumulées amputent de moitié les zones favorables au Carouge qui dès lors fait face à un risque d'extinction élevé.

Menaces : le parasitisme de couvée par le Vacher

Le Vacher luisant ou “Petit Merle de Sainte-Lucie”, originaire d’Amérique du Sud, procède à une lente invasion des Antilles depuis la fin du XIX^{ème} siècle.

Commun à Trinidad et à Tobago comme sur le continent sud-américain, il fit son apparition vers la fin du XIX^{ème} siècle à Grenade ; puis fut signalé dans les Grenadines en 1899, à Barbade en 1916, à St-Vincent en 1929, à Ste-Lucie en 1931. La première mention en Martinique, en 1948, est fournie par le Père Pinchon (1976). L’espèce a poursuivi sa progression vers le nord pour atteindre Cuba en 1982 (Cruz et al. 1985) et le continent nord-américain en 1987 (Post & Cruz, 1992). En 1991, il était connu de l’état du Maine (USA), à plus de 2300 km de son point d’entrée aux États-Unis (Post & Cruz, 1992).

A son arrivée en Martinique, le Vacher se multiplie dans les régions sèches du Sud et se rencontre, hors période de reproduction, par vols d’une cinquantaine d’individus dans les savanes de Ste-Anne et du Marin jusqu’au Robert. En 1957, il est signalé par Pinchon (1976) dans le nord de la Martinique aux environs de Ste-Marie et du Marigot. Pinchon signale également, dès les premières années, des cas de parasitisme sur le Carouge. En 1955, Marcel de Bon-Saint-Côme qui a observé, au Lamentin, six couvées d’Orioles parasitées par le Vacher, signale le déclin du Carouge dans ce secteur.

La sélection des hôtes par le Vacher a été particulièrement étudiée par Wiley (1985, 1988) à Puerto-Rico qui a montré que parmi les espèces les plus parasitées figuraient les Ictéridés et particulièrement les Orioles (*Icterus icterus* et *I. dominicensis*) **dont la totalité des nids observés étaient parasités**. Le même constat a été fait aux Bahamas par Baltz (1995) qui a observé du parasitisme de couvée chez tous les couples d’*Icterus dominicensis* qu’il suivait. Ces observations suggèrent une forte sensibilité du Carouge à la présence du Vacher.

Post *et al.* (1990) ont étudié le Vacher luisant à Ste-Lucie, en Martinique et à Puerto Rico. Les prospections en Martinique (décembre 1981, mars 1982 et juillet 1984) dans les zones *a priori* favorables au Vacher ont apporté les informations suivantes : les grands rassemblements de vachers reportés sur d’autres îles (de 100 à plus de 200 individus à Ste-Lucie) n’ont pas cours en Martinique : les groupes observés les plus importants rassemblent alors une dizaine d’individus au François et au Lamentin. La densité calculée le long de transect est de l’ordre de 6 individus par km². Parmi les hôtes du Vacher observés par Post *et al.* (1990) ne figure pas le Carouge.

Depuis, des observations régulières de parasitisme (nourrissage de jeunes vachers) témoignent de la pression exercée par le Vacher luisant sur le Carouge dans certains secteurs de la Martinique (Anses d’Arlet, le François, etc.), sans pour autant permettre une quantification de la menace.

En absence de données chiffrées en Martinique sur l’impact du parasitisme de couvée, mais en gardant en mémoire les estimations très élevées du taux de parasitisme mis en évidence chez les espèces du genre *Icterus* dans la Caraïbe, nous proposons d’évaluer la superficie des **zones de sensibilité du Carouge au parasitisme** en confrontant les modèles de niche des deux espèces. Cette approche permet de distinguer les secteurs où le Carouge est menacé par le Vacher, des secteurs où le parasitisme est très peu probable.

Une carte de favorabilité des habitats du Vacher luisant (Carte 4, ci-contre) a été calculée selon la même méthodologie que l’Oriole de la Martinique. 47 localités récentes, issues de sources diverses (Annexe 2) ont été utilisées pour réaliser un modèle à l’aide de MaxEnt. Les variables et les réglages sont les mêmes que ceux utilisés dans la modélisation de la niche écologique du Carouge. Le modèle présente une valeur d’AUC élevée de 0.903. Elle a été comparée à celles de 99 modèles nuls issus de jeux de données aléatoires (de 47 points) et s’est avérée la plus élevée, prouvant que le modèle est significativement plus performant qu’un modèle aléatoire. Les principales variables qui expliquent la répartition du Vacher sont la distance aux savanes et pâturages (39 %) et la pente du terrain (24 %).

Le seuil 10 *percentile Training Presence* a été appliqué pour produire une carte simplifiée des zones favorables, représentant la zone d’occupation de l’espèce (Carte 5). En appliquant ce seuil, toutes les cellules de valeur supérieure à 0.096 sont considérées comme favorables pour le Vacher et 653 km², soit environ 60% de la Martinique, présentent un habitat favorable au Vacher.

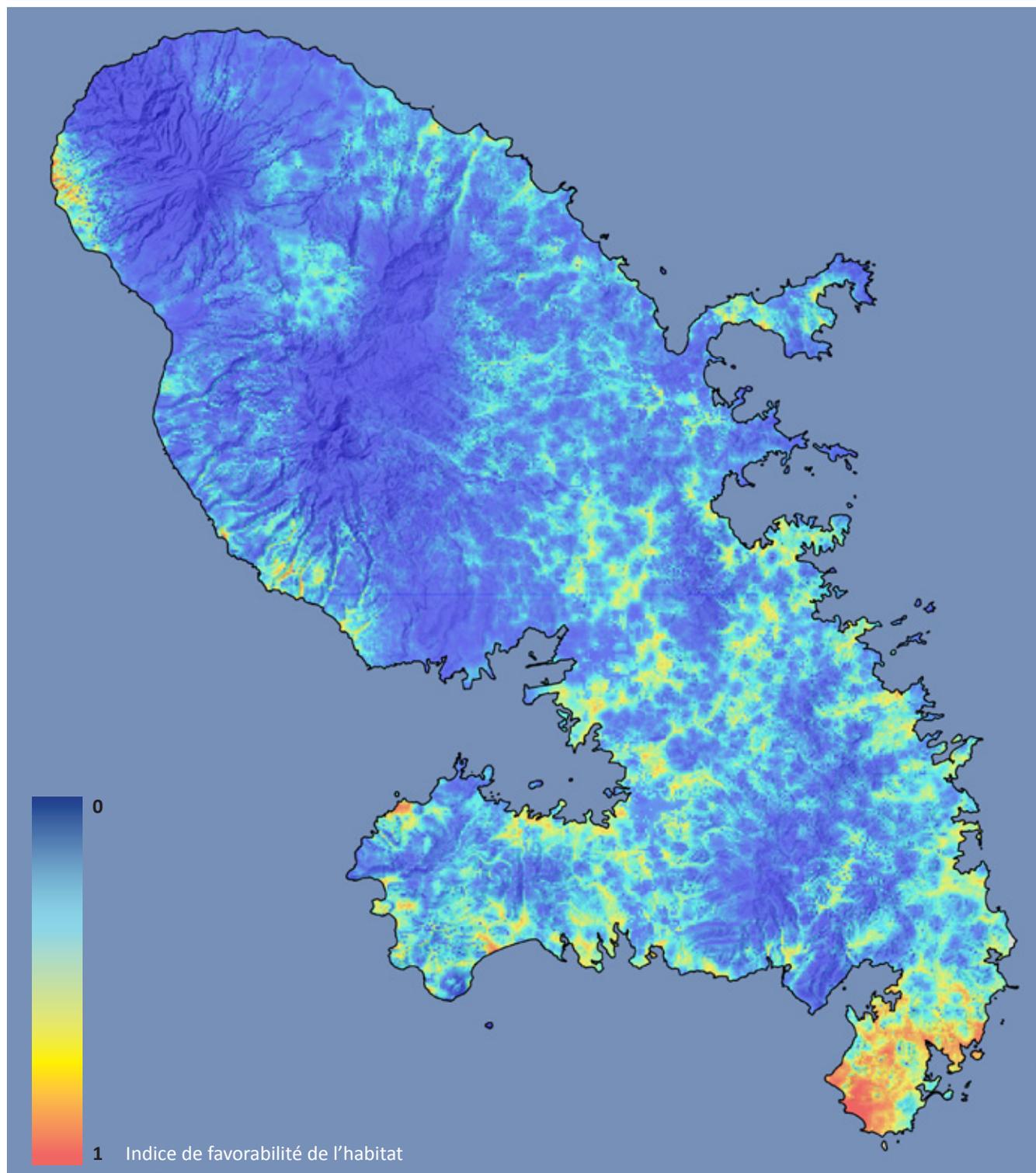
Recouvrement de niches écologiques

Afin de mettre en exergue les secteurs sensibles, nous avons calculé les zones de recouvrement entre les deux modèles (Carte 6). La zone favorable au Carouge couvre 543 km² tandis que les régions sensibles (favorables aux deux espèces) s’étendent sur 260 km². **Le Carouge est donc potentiellement menacé par le parasitisme de couvée sur 47% de sa zone d’occupation.**

Nous avons également utilisé le logiciel ENMTools (Warren *et al.* 2010) pour mesurer le recouvrement

Carte 4 : Favorabilité de l'habitat pour le Vacher luisant.

La couleur exprime un indice de qualité de l'habitat ; les couleurs chaudes correspondant aux habitats les plus favorables.



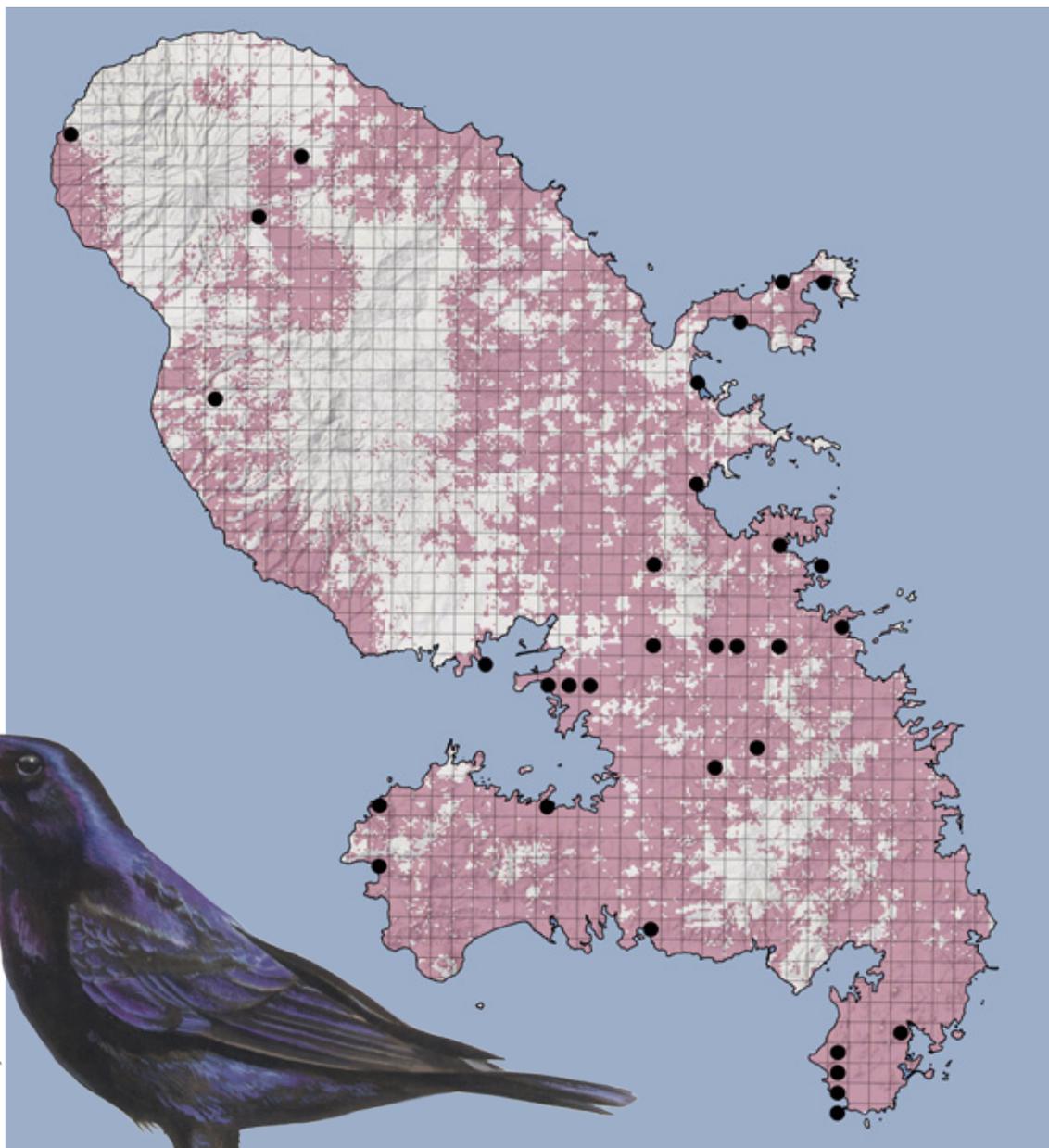
de niche entre le Carouge et le Vacher luisant. La valeur D de Schoener, utilisée comme mesure de ce recouvrement a été estimée en prenant la différence entre la valeur de favorabilité des espèces dans chaque pixel. La valeur de D oscille entre 0 (aucun recouvrement de niche) et 1 (niches totalement identiques). Des valeurs supérieures à 0.8 sont considérées comme un recouvrement très significatif. $D(\text{Carouge}/\text{Vacher}) = 0.44$

Ce fort recouvrement a deux implications : d'une part, il suggère une pression importante et constante sur près de la moitié de l'aire favorable au Carouge, mais d'autre part, il indique qu'une partie non négligeable de la population demeure pour l'instant hors d'atteinte du Vacher.

Cette situation est susceptible d'évoluer en défaveur du Carouge avec l'ouverture des milieux forestiers.

Par ailleurs, cette analyse ne tient pas compte de la valeur de l'indice de favorabilité de l'habitat du Vacher luisant : les secteurs très favorables au Vacher supportent probablement des densités plus importantes qui induisent une pression de parasitisme plus intense sur la Carouge. Le taux de parasitisme du Carouge est donc probablement variable selon la configuration de l'habitat.

Carte 5 : Secteurs favorables à la présence du Vacher luisant (10 % Training Presence) & Données d'occurrence récentes selon une maille de type Atlas (1 km²).

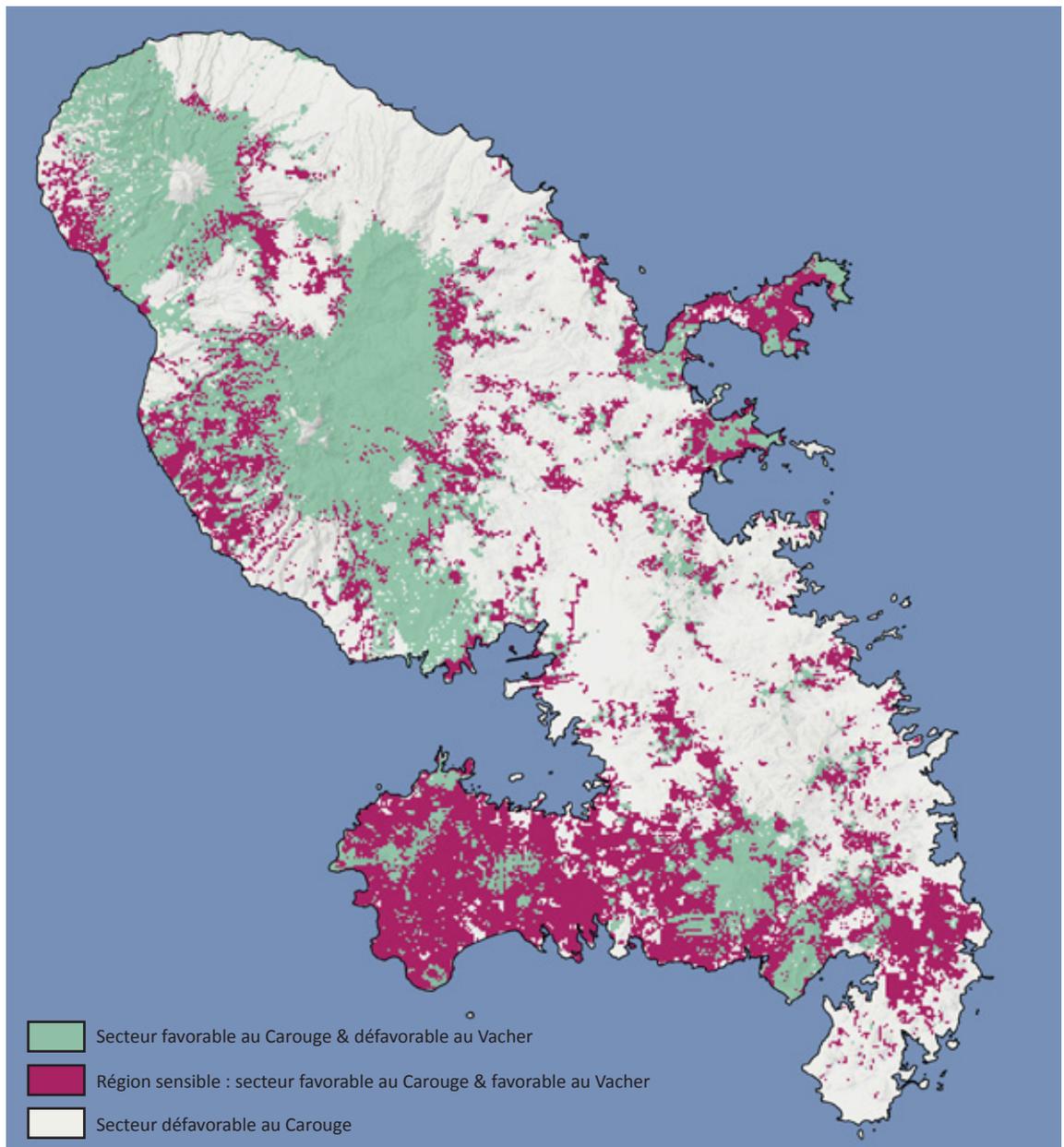


© M. Dewynter

En Août 2011, à Bois neuf (Le François), un Carouge nourrit un jeune Vacher luisant.
Photo publiée avec l'aimable autorisation de Maurice-Yves Roy-Camille.



Carte 6 : Recouvrement de niche entre le Carouge et le Vacher luisant.



Menaces : l'urbanisation

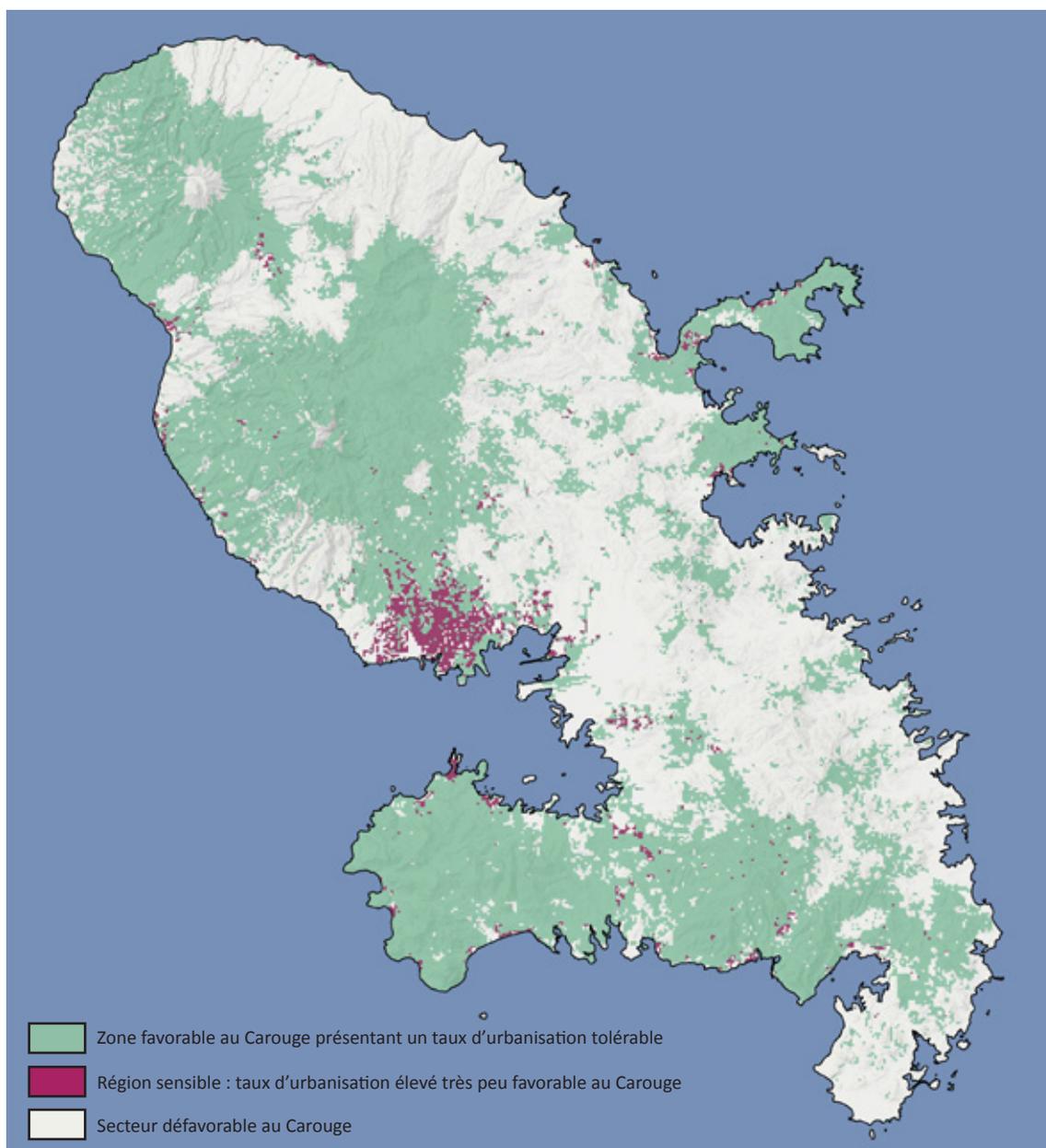
Nous avons exploré la relation entre la présence de Carouge et le taux d'urbanisation sur la base des 64 localités précises obtenues pour les besoins de cette étude.

Le taux d'urbanisation **maximal** dans lequel nous avons une donnée de Carouge est de 20 % - soit environ 2000 m² construits (soit 13 bâtiments) pour une surface de 1 ha. Ce seuil, bien qu'il reflète un biais de prospection en faveur des zones peu urbanisées, n'en demeure pas moins informatif car notre jeu de données se base également sur des observations dans des jardins, des zones urbaines et des secteurs ruraux fortement peuplés.

La relation du Carouge à l'urbanisation méritera d'être explorée plus avant afin de définir en toute rigueur ce seuil.

Dans l'état actuel des connaissances, nous estimons que les fortes densités d'habitation humaine (> 20% de surface bâti/ha) oblitérent de 23 km² l'habitat du Carouge (Carte 7). Ces secteurs ne présentent plus les caractéristiques qui permettent le maintien de couples de Carouge : proximité immédiate à des secteurs boisés relativement frais et humides (ravines, notamment), jardins créoles denses riches en arbres fruitiers (bananiers, arbres à pain, etc.).

Carte 7 : Zones de conflit entre urbanisation et habitat du Carouge





Cette vue des hauteurs de la commune des Trois-Îlets permet d'interpréter les paysages favorables au Carouge. L'urbanisation dense autour du centre ville a rendu le secteur peu favorable au Carouge. De l'autre côté de la baie, la mosaïque terrains agricoles - zones urbaines est doublement pénalisante pour l'espèce : le taux d'urbanisation trop fort et la présence du Vacher rendent le maintien d'une population de Carouge extrêmement précaire. En revanche, en bas à droite de l'image, l'ensemble forestier est en continuité avec des secteurs encore favorables au Carouge. © M. Dewynter



Les versants arborés et ombragés des mornes du sud de la Martinique sont encore très favorables au Carouge. La présence de rideaux de lianes et de massifs d'*Heliconia* constituent un bon critère naturaliste d'appréciation de la qualité du milieu pour l'espèce. © M. Dewynter

Synthèse des 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).

Cette zone d'occurrence couvre 867 km² soit environ 80% de la Martinique - ce qui reflète la valence écologique large du Carouge que l'on trouve du nord au sud de l'île.

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 cette zone d'occupation corresponde aux zones favorables du modèle sous le seuil 10% Training Presence, soit 543 km² (cf carte 3).**

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

La zone d'occurrence du Carouge (867 km²) est donc inférieure à 5000 km² et sa zone d'occupation couvre 543 km² soit environ le seuil proposé par l'UICN (< 500 km²) pour la catégorie "En Danger". (Le seuil proposé pour la catégorie "Vulnérable" est de 2000 km²).

Par ailleurs, 52 % de la surface des zones considérées comme favorables pour le Carouge est sous forte menace tant par la parasitisme de couvée (260 km²) que par l'Urbanisation (23 km²). (Carte 8).

On peut donc considérer que l'aire d'occupation du Carouge est en déclin sévère (-52 %) depuis le milieu du XX^{ème} siècle, sans perspective d'amélioration car tant la fragmentation du milieu que la densification de l'habitat bâti se poursuivent.

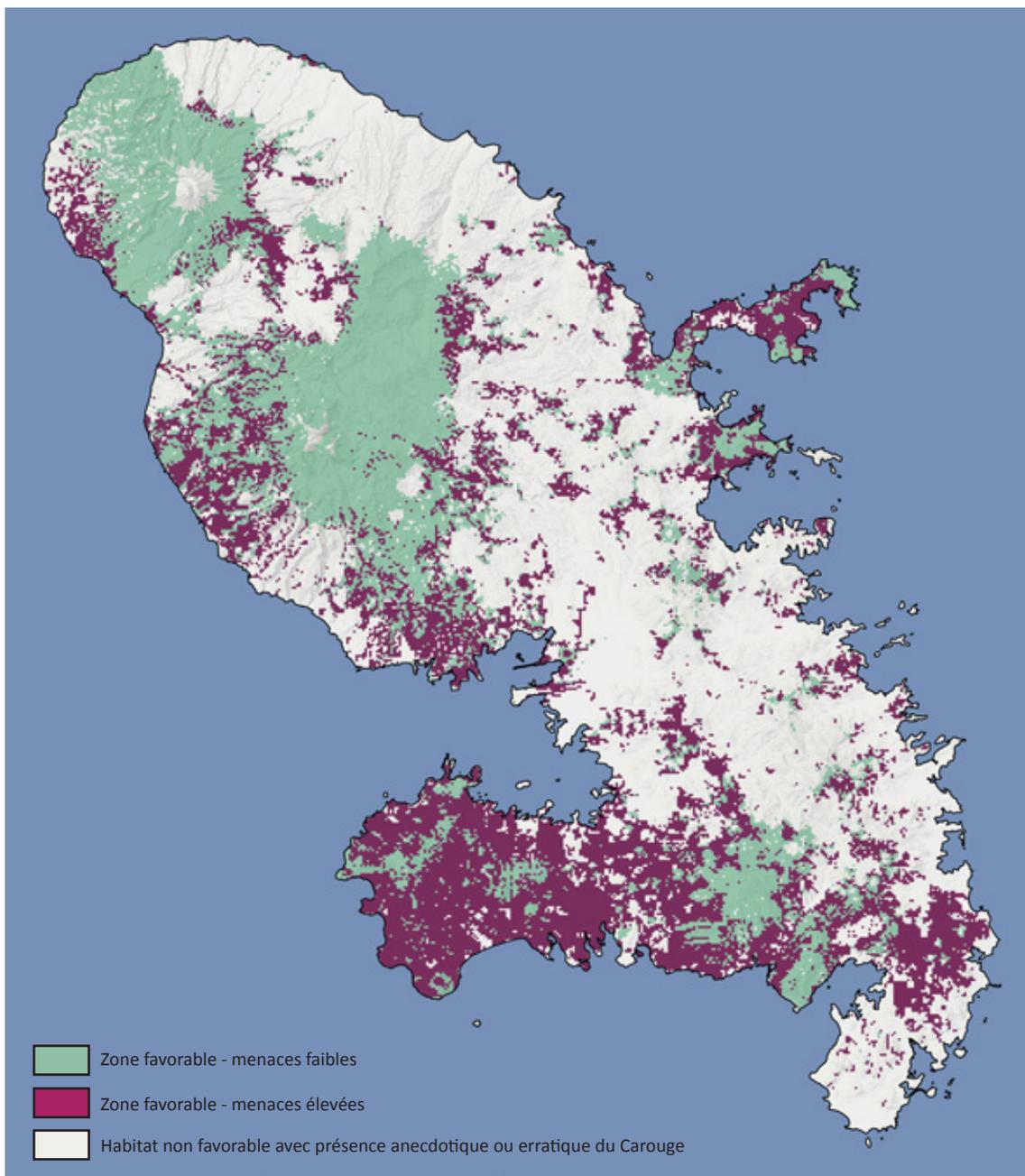
Les témoignages recueillis lors des prospections de terrain confirment ce déclin : toutes les personnes interrogées ont constaté une réduction du nombre d'observations, voire une disparition locale de l'espèce, depuis parfois plusieurs décennies.

Nous suggérons d'élever le statut de conservation de l'Oriole de la Martinique de "Vulnérable" à "En Danger" en assortissant cette recommandation d'études complémentaires visant à étudier la résilience des populations de Carouge face au Vacher et à l'urbanisation.

Ces recommandations font l'objet du prochain chapitre.

A titre comparatif, l'Oriole de Montserrat (*Icterus oberi*), qui fait l'objet d'un plan spécial d'actions (Hilton et al., 2005) a vu approximativement 60 % des forêts qu'il occupait détruites par l'éruption de la Soufrière (depuis 1995). La principale population a donc souffert d'un déclin estimé à 50 % entre 1997 et 2002. L'espèce est classée en "Danger critique d'extinction" selon les critères UICN.

Carte 8 : Synthèse des menaces pesant sur le Carouge



Recommandations pour un plan d'actions en faveur du Carouge

Bien que la Martinique offre encore au Carouge des secteurs favorables à sa survie, l'anthropisation des milieux naturels et l'urbanisation affectent déjà plus de la moitié des zones qui lui étaient favorables il y a un demi-siècle. Les populations de la moitié sud de l'île, déjà très fragilisées, sont les plus vulnérables aux aménagements.

Un déclin général des populations est amorcé. La détermination du statut de conservation de l'espèce était la première étape pour y faire face. Au vu des menaces pesant sur cette espèce patrimoniale, il paraît clair que sa sauvegarde passe maintenant par la mise en œuvre d'un plan d'actions dédié. Nous proposons ici les grandes lignes d'un tel plan, décliné en 3 objectifs.

Objectif 1 : Connaissance fine des populations

1 - Étude de la probabilité de détection du Carouge

Avant toute nouvelle étude sur le Carouge, nous proposons de définir une méthodologie, basée sur le repasse, visant à augmenter la probabilité de détection du Carouge en vue de mener des études plus poussées sur sa répartition.

Nous avons constaté que les chances d'observer un Carouge étaient accrues lors de séances de repasse des cris de l'espèce. Une séance de 7 à 10 minutes avec 3 repasses successives de toutes les séquences de chants et de cris (durée 1 minute), une pause de 1 minute puis un nouveau repasse de 1 à 2 séquences, suivi d'une nouvelle phase d'observation nous a permis de détecter l'espèce à plusieurs reprises. Cette méthodologie doit maintenant être validée par l'expérience avant d'être généralisée à toutes les études concernant le Carouge (études d'impact, inventaires). Une fois standardisée, cette méthodologie permettra de calculer une probabilité de détection du Carouge sur des sites où l'espèce est présente. L'historique des épisodes de détection sur des points d'échantillonnage où l'espèce est connue permettra de calibrer l'effort d'inventaire (nombre minimum de passages, période optimale) pour certifier la présence ou l'absence de l'espèce.

2 - Étude de l'abondance du Carouge selon la présence de Vacher

Nous proposons d'étudier l'abondance du Carouge selon la présence du Vacher afin de corrélérer parasitisme de couvée et déclin des populations. Le protocole reste à définir, mais découle du point précédent.

3 - Étude de la taille du territoire et du succès reproducteur selon l'indice de favorabilité de l'habitat

Brambilla M. & Ficetola G.F. (2012) ont démontré, en Italie, que la taille des territoires (domaine vital) et le succès reproducteur (nombre de jeunes à l'envol) de Pies Grièches étaient corrélés à la favorabilité de l'habitat (calculée par MaxEnt). Une étude similaire en Martinique permettrait de confirmer l'importance pour la conservation des zones les plus favorables, mais également d'évaluer la taille de la population de Carouge en Martinique.

4 - Détermination du taux d'urbanisation maximum toléré le Carouge

Nous avons considéré - sur la base de nos données et selon le principe de précaution - que le Carouge ne tolérerait pas un taux d'urbanisation par hectare supérieur à 20 %. Ce seuil d'urbanisation maximal toléré mérite d'être exploré plus avant en accentuant les prospections dans les secteurs les plus urbanisés. Cette information est essentielle pour une meilleure prise en compte des habitats du Carouge dans les projets d'aménagement.

Objectif 2 : Sensibilisation et communication

Connaître, aimer, protéger : cette maxime de la sensibilisation s'applique parfaitement au Carouge. Nous avons constaté au cours de cette étude que les personnes qui connaissaient l'espèce étaient généralement des adultes de plus de 40 ans habitant dans des zones rurales. Des actions de sensibilisation auprès d'un public plus jeune et plus urbain nous semblent nécessaires afin de faire connaître cet oiseau, le seul endémique de la Martinique.

L'Association Le Carouge œuvre déjà à faire connaître l'avifaune martiniquaise au sein des écoles et lors de manifestations (Fête de la science, etc.), mais des actions plus ciblées sur l'espèce pourraient être envisagées.

Objectif 3 : Limitation des menaces

Mise en place d'outils d'aide à la décision

Nous recommandons la mise en place d'outils d'aide à la décision lors des projets d'aménagement pouvant avoir un impact sur le Carouge et particulièrement sur son habitat. La rédaction d'un guide méthodologique, basé notamment sur les connaissances acquises via les actions de l'objectif 1, est à

préconiser. Associé à une base de données et un SIG dédié aux espèces menacées, il permettrait une meilleure prise en compte du Carouge dans les projets d'aménagement.

Évolution de la réglementation

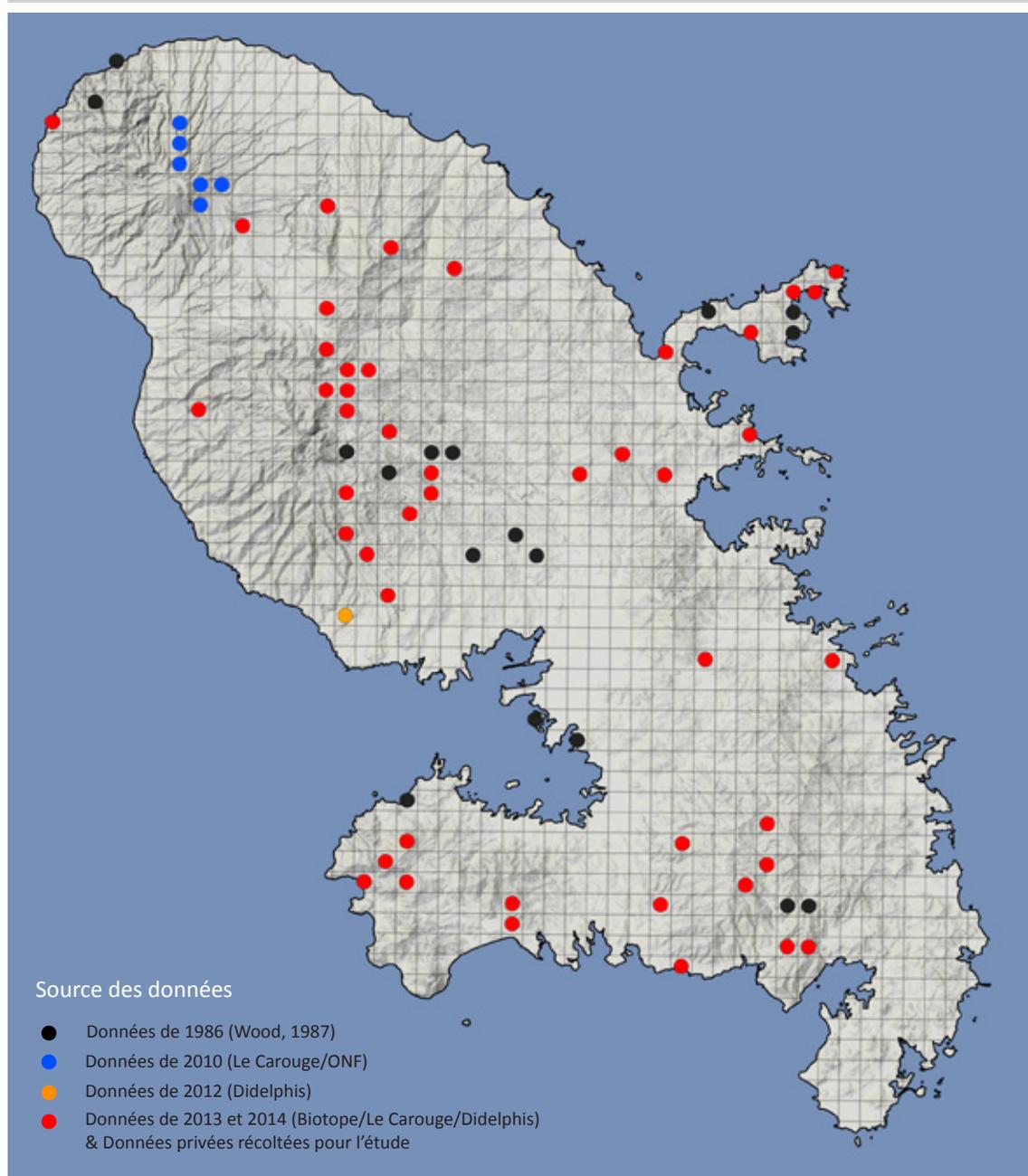
Nous suggérons de faire évoluer la réglementation concernant le Carouge pour une prise en compte systématique de cette espèce dans les projets d'urbanisme et d'aménagement du territoire, à l'aide des outils développés précédemment. Les projets concernant des zones favorables au Carouge devraient faire l'objet d'une attention particulière des services instructeurs et la règle "Éviter, Réduire, Compenser" devrait s'appliquer

désormais à cette espèce. L'application systématique d'un dossier de dérogation pour les projets situés dans les secteurs les plus favorables devrait permettre d'atténuer l'impact des futurs aménagements sur cette espèce emblématique.

Contrôle des populations de vacher

Enfin, comme cela a été exprimé dans la littérature scientifique (Wood, 1987), le contrôle actif des populations de Vacher pourrait être envisagé dans les secteurs les plus favorables au Carouge. L'autorisation de chasser le Vacher est également une piste à étudier.

Carte 9 : Sources principales des données de présence de Carouge.



Bibliographie

- Baldwin R.A. (2009)
Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. *Entropy* **11**:854–866.
- Baltz M.E. (1995)
First Records of the Shiny Cowbird (*Molothrus bonariensis*) in the Bahama Archipelago. *The Auk* **112**(4):1039-1041
- Bénito-Espinal E. & Hautcastel P. (2007)
A la découverte des oiseaux de la Martinique. PLB Éditions. 64 p.
- BirdLife International (2014)
Species factsheet : *Icterus bonana*.
Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 04/03/2014.
- Brambilla M. & Ficetola G.F. (2012)
Species distribution models as a tool to estimate reproductive parameters: a case study with a passerine bird species. *J. Anim. Ecol.* **81**: 781–787.
- Cruz A., T. D. Manolis and J. W. Wiley. 1985. The Shiny Cowbird: A brood parasite expanding its range in the Caribbean region. *Ornith. Monogr.* **36**: 607-620.
- Dormann C. F., Elith J., Bacher S., Buchmann C., Carl G., Carré G., Marquéz J. R. G., Gruber B., Lafourcade B., Leitão P. J., Münkemüller T., McClean C., Osborne P. E., Reineking B., Schröder B., Skidmore A. K., Zurell D. & Lautenbach S. (2013)
Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, **36**: 27–46.
- Freeman B. G. & Freeman A. M. C. (2014)
Rapid upslope shifts in New Guinean birds illustrate strong distributional responses of tropical montane species to global warming. *PNAS*, 2014 (doi:10.1073/pnas.1318190111)
- HBW alive (2014)
<http://www.hbw.com>
- Hilton G.M., Gray G.A.L., Fergus E., Sanders S.M., Gibbons D.W., Bloxam Q., Clubbe C. & Ivie M. (eds) (2005)
Species Action Plan for the Montserrat Oriole *Icterus oberi*. Department of Agriculture, Montserrat.
- Jacobsen F., Friedman N.R. & Omland K.E. (2010)
Congruence between nuclear and mitochondrial DNA: Combination of multiple nuclear introns resolves a well-supported phylogeny of New World orioles (*Icterus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **56**(1) : 419-427.
- Jaramillo A. & Burke P. (1999)
New World blackbirds : the icterids. *Princeton University Press*, Princeton, NJ.
- Pearson R.G., Raxworthy C.J., Nakamura, M., Peterson A.T. (2007)
Predicting species distributions from small numbers 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 distribution modeling in Proceedings of the 21st International 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° édition.
- Post W., Nakamura T. K. & Cruz A. (1990)
Patterns of Shiny Cowbird parasitism in St. Lucia and southwestern Puerto Rico. *Condor* **92**: 461-469.
- 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. & Raffaele, J. (1998)
A Guide to the Birds of the West Indies. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Sturge, R.J., Jacobsen, F., Rosensteel, B.B., Neale, R.J. & Omland, K.E. (2009)
Colonization of South America from Caribbean Islands confirmed by molecular phylogeny with increased taxon sampling. *Condor* **111**(3): 575-579.

Swets J. A. (1988)
Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* **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 environmental niche models. *Ecography* **33**: 607-611

Wiley J.W. (1985)
Shiny Cowbird parasitism in two avian communities in Puerto Rico. *Condor* **87**: 165-176.

Wiley J. W. (1988)
Host selection by the Shiny Cowbird. *Condor* **90**: 289-303.

Wood P. (1987)
Report of the 1986 University of East Anglia-ICBP Martinique Oriole Expedition. ICBP Study Report 23. International Council for Bird Preservation, Cambridge, UK. 52 pp.