

# Programme de Suivi des Oiseaux de Martinique

Tendances de Population 2014–2025

Douze années de surveillance de l'avifaune caribéenne

36 espèces analysées • 114 495 observations • 2014–2025



## Partenaires du Programme



## **Auteur**

Stéphane Rivaud

Chercheur postdoctoral, INRIA Saclay, équipe TAU

`stephane.a.rivaud@inria.fr`

<https://stephane-rivaud.github.io/>

## **Conception de la page de garde**

Stéphane Rivaud

## **Relecteurs**

Beatriz CONDE

David BELFAN

# Résumé Exécutif

Ce rapport présente les tendances de population des oiseaux communs de Martinique sur la période 2014–2025, dans le cadre du programme STOC (Suivi Temporel des Oiseaux Communs) et du dispositif indicateur Routine (MNHN, routine d'indicateurs). Le périmètre de cette édition se limite aux indicateurs de tendance produits espèce par espèce ; les analyses par habitat et les inférences causales sont différées.

Lors des campagnes standardisées, 87 espèces ont été détectées (114 495 observations, 45 observateurs physiques), dont quatre reprises des rapports STOC DEAL antérieurs (voir section 2.6). 36 d'entre elles ont été détectées assez souvent (plus de 60 fois sur les douze années) pour permettre une analyse fiable de leur tendance ; les autres sont trop rares ou trop irrégulières pour cela. Autrement dit, sur les 87 espèces observées, 36 disposaient d'assez de données pour analyser leur tendance et 51 étaient trop rares ou trop ponctuelles pour cela.

Les indicateurs publiés révèlent une dynamique contrastée : 2 espèces en forte augmentation, 13 en augmentation modérée, 8 stables, 6 en déclin modéré (aucune en fort déclin) et 7 à tendance incertaine (données insuffisantes pour conclure à une hausse ou une baisse). Ces catégories suivent la grille européenne standard EBCC. Les dynamiques à la hausse incluent des espèces introduites (voir chapitre 5). Les déclins modérés, notamment chez les colibris pollinisateurs natifs, appellent un suivi renforcé (chapitre 5) ; deux espèces du sous-ensemble analysé sont classées menacées sur la Liste rouge UICN (une en danger, une vulnérable).

Ce document vise à fournir une base scientifique structurée pour orienter les priorités de conservation et le maintien du réseau de suivi, à partir des 36 espèces analysées relevant du dispositif STOC.



# Table des matières

Résumé Exécutif	i
Liste des Figures	vii
Liste des Tableaux	ix
<b>1 Objet et contexte</b>	<b>1</b>
1.1 Oiseaux communs comme indicateurs des paysages martiniquais . . . . .	1
1.2 Services écologiques clés assurés par l'avifaune . . . . .	2
1.3 Convergences politiques et engagements régionaux . . . . .	2
1.4 Douze années de suivi, une communauté mobilisée . . . . .	2
1.5 Guide de lecture du rapport . . . . .	2
<b>2 Effort d'observation</b>	<b>4</b>
2.1 Unités spatiales et périmètre des décomptes . . . . .	4
2.2 Protocole de suivi STOC . . . . .	4
2.3 Réseau d'observateurs et structure des données . . . . .	5
2.4 Standardisation de l'effort et métriques utilisées . . . . .	5
2.4.1 Dynamique annuelle de l'effort . . . . .	6
2.5 Couverture spatiale et qualité de l'échantillonnage . . . . .	6
2.6 Sélection des espèces et critères de qualité . . . . .	7
2.6.1 Richesse observée versus espèces analysées . . . . .	7
2.6.2 Critères de sélection . . . . .	7
<b>3 Méthodologie</b>	<b>8</b>
3.1 Données et protocole d'échantillonnage . . . . .	8
3.2 Modèle GLMM de tendance . . . . .	9
3.3 Variations annuelles . . . . .	10
3.4 Classification EBCC en six classes . . . . .	10
3.5 Hypothèses et limites . . . . .	10
3.6 Périmètre exclu de cette version . . . . .	11
<b>4 Résultats</b>	<b>12</b>
4.1 Vue d'ensemble . . . . .	12

4.2	Comment lire les résultats . . . . .	15
4.3	Espèces en forte augmentation (2) . . . . .	15
4.4	Espèces en augmentation modérée (13) . . . . .	15
4.5	Espèces stables (8) . . . . .	18
4.6	Espèces en déclin modéré (6) . . . . .	18
4.7	Espèces à tendance incertaine (7) . . . . .	19
<b>5</b>	<b>Discussion</b>	<b>21</b>
5.1	Synthèse transversale des classes de tendance . . . . .	21
5.2	Lecture écologique et fonctionnelle . . . . .	22
5.3	Incertitudes méthodologiques . . . . .	22
5.4	Analyses communautaires et habitat (hors périmètre) . . . . .	23
5.5	Implications pour la conservation et le suivi futur . . . . .	24
<b>6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>26</b>
6.1	Synthèse . . . . .	26
6.2	Signaux d’alerte et succès relatifs . . . . .	26
6.3	Limites et perspective . . . . .	27
6.4	Orientations recommandées . . . . .	27
	<b>Remerciements</b>	<b>28</b>
<b>A</b>	<b>Liste complète des espèces et tendances</b>	<b>29</b>
A.1	Tableau récapitulatif des tendances . . . . .	29
A.2	Classification des tendances par classe . . . . .	30
A.3	Figures de classification . . . . .	31
A.4	Notes méthodologiques . . . . .	31
<b>B</b>	<b>Détails méthodologiques</b>	<b>32</b>
B.1	Modèle statistique et classification des tendances . . . . .	32
B.1.1	Modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) . . . . .	32
B.1.2	Reproductibilité de l’analyse . . . . .	33
B.1.3	Classification EBCC des tendances . . . . .	33
B.1.4	Gestion des absences et seuil de représentativité . . . . .	33
B.2	Analyse quantitative de la sélection des espèces . . . . .	34
B.2.1	Comparaison statistique : espèces analysées vs. libellés exclus . . . . .	34
B.2.2	Caractérisation détaillée des espèces exclues . . . . .	34
B.2.3	Risques quantifiés de l’inclusion non sélective . . . . .	36
B.2.4	Conclusion méthodologique . . . . .	37
<b>C</b>	<b>Évaluation de la qualité des données</b>	<b>38</b>

C.1	Couverture annuelle et indicateurs de fiabilité . . . . .	38
C.1.1	Tableau 1. Effort annuel et couverture du réseau . . . . .	38
C.1.2	Interprétation des indicateurs . . . . .	39
C.2	Qualité des données par espèce . . . . .	39
C.2.1	Tableau 2. Critères de fiabilité par classe d'abondance . . . . .	39
C.2.2	Critères d'exclusion et de flagging . . . . .	39
C.3	Uniformité des contributions observateurs . . . . .	39
C.3.1	Tableau 3. Régularité de participation (2014-2025) . . . . .	40
C.4	Validation et contrôle qualité . . . . .	40
C.4.1	Procédures de vérification . . . . .	40
C.4.2	Taux de détection et biais potentiels . . . . .	40
C.5	Distribution des effectifs et couverture spatiale par espèce . . . . .	41
C.6	Recommandations techniques . . . . .	41
<b>D</b>	<b>Glossaire</b>	<b>43</b>
D.1	Termes statistiques . . . . .	43
D.2	Termes écologiques . . . . .	44
D.3	Termes d'habitats . . . . .	44
D.4	Acronymes . . . . .	45
<b>E</b>	<b>Références et ressources</b>	<b>46</b>
E.1	Sources de données . . . . .	46
E.2	Cadres de référence . . . . .	46
E.2.1	Politiques et stratégies . . . . .	46
E.2.2	Protocoles et méthodes . . . . .	47
E.3	Contacts et ressources . . . . .	47
E.3.1	Programme de suivi . . . . .	47
E.3.2	Accès aux données . . . . .	47
E.3.3	Pour en savoir plus . . . . .	47
E.4	Citation recommandée . . . . .	47
<b>F</b>	<b>Analyse détaillée des contributions observateurs</b>	<b>48</b>
F.1	Structure du réseau . . . . .	48
F.1.1	Contributeur dominant . . . . .	48
F.1.2	Indicateurs de régularité . . . . .	48
F.2	Effet aléatoire observateur dans le GLMM . . . . .	49
F.3	Robustesse et vulnérabilité du réseau . . . . .	49
F.4	Recommandations opérationnelles . . . . .	50
F.5	Périmètre exclu . . . . .	50

<b>G Analyses spatiales et distribution par habitat</b>	<b>51</b>
G.1 Ce que ces analyses exigeraient . . . . .	51
G.2 Pourquoi le report . . . . .	51
<b>Références bibliographiques</b>	<b>53</b>

# Table des figures

2.1	Effort annuel de collecte (2014–2025), établi à partir de la base de données du programme. . . . .	6
4.1	Nombre d'espèces par classe de tendance, selon la grille européenne standard EBCC (de la forte augmentation au déclin modéré; aucune espèce en fort déclin). . . . .	13
4.2	Taux de croissance annuel de chaque espèce avec sa marge d'incertitude (intervalle de confiance à 95 %). La valeur 1 correspond à une population stable : au-dessus, l'espèce augmente ; en dessous, elle diminue. Quand la barre d'incertitude traverse la ligne 1, la tendance n'est pas statistiquement tranchée. . . . .	14
4.3	Graphiques multi-panneaux (indices annuels et tendance long terme) des 2 espèces classées en forte augmentation. . . . .	16
4.4	Graphiques multi-panneaux des 13 espèces classées en augmentation modérée. . . . .	17
4.5	Graphiques multi-panneaux des 8 espèces classées stables. . . . .	18
4.6	Graphiques multi-panneaux des 6 espèces classées en déclin modéré. . . . .	19
4.7	Graphiques multi-panneaux des 7 espèces à tendance incertaine. . . . .	20
C.1	Top 20 espèces par effectif cumulé (2014–2025), d'après la base de données du programme. . . . .	41
C.2	Top 20 espèces par couverture spatiale (points d'écoute uniques). . . . .	42



# Liste des tableaux

4.1	Répartition des 36 espèces analysées par classe de tendance (grille européenne EBCC). « Stable » = pas de variation nette ; « Incertain » = données insuffisantes pour conclure ; aucune espèce n’atteint la classe « fort déclin ».	12
A.1	Indicateurs de tendance long terme par espèce (indicatorRoutine).	29
B.1	Métriques statistiques comparées pour les espèces analysées et exclues	34
B.2	Distribution des espèces exclues par classe d’abondance	35
C.1	Synthèse annuelle de l’effort de collecte (2014-2025). Colonne Observateurs : personnes physiques (déduplication par visite ; voir annexe F). Les intervalles de confiance à 95 % sont des intervalles $t$ sur les totaux annuels par point (non issus du GLMM). Moy./Point = indice d’abondance moyen (individus détectés par point d’écoute visité).	38
C.2	Classification des espèces analysées par fiabilité des données, sur la base de l’effectif cumulé d’observations. Sous le seuil de représentativité MNHN actuel ( $\text{nbOcc} > 5 \times \text{nombre d’années}$ , soit $> 60$ ), toutes les espèces analysées disposent d’un effectif suffisant pour des analyses robustes ; la catégorie « Rares » ( $< 100$ observations) est vide sous les règles actuelles et n’est plus reportée. Les espèces très abondantes et abondantes permettent des analyses de tendance robustes. Les espèces modérées nécessitent une interprétation prudente et un suivi renforcé pour améliorer la précision.	39
C.3	Synthèse des indicateurs d’uniformité du réseau observateur. L’exécution du plan en 2025 mesure la part des 649 points du pic opérationnel effectivement visités (647 visités, 2 absents). Les passages doubles indiquent la part des transects ayant enregistré au moins deux passages distincts durant l’année de référence.	40



# Chapitre 1

## Objet et contexte

### 1.1 Oiseaux communs comme indicateurs des paysages martiniquais

Martinique abrite une mosaïque d'écosystèmes tropicaux où montagne, mangrove, forêts sèches et plantations délimitent des habitats aussi contrastés que complémentaires. À l'intersection des flux atlantiques et caribéens, l'île concentre une richesse avifaunistique élevée. Le périmètre d'inventaire et d'analyse des tendances est détaillé en section 2.6. Dans le cadre du programme STOC, ces oiseaux sont mobilisés comme indicateurs de l'état des paysages martiniquais ; leur sensibilité aux pressions environnementales est un objectif du dispositif de suivi, à documenter au fil des tendances quantifiées au chapitre 4.

En 2014, le Parc naturel régional de la Martinique et ses partenaires ont lancé un suivi à long terme afin de quantifier les tendances de population difficiles à détecter sur quelques années et d'appuyer les décisions publiques. Le présent rapport documente douze années de suivi sur la base de 114 495 observations collectées sur 711 emplacements d'écoute distincts enregistrés sur la période 2014–2025 (union cumulative, cf. section 2.1). Il présente une synthèse standardisée, fondée sur indicatorRoutine (MNHN), de l'évolution des populations des 36 espèces détectées assez régulièrement pour un suivi fiable de leur tendance, sur la période 2014–2025.

Le suivi repose sur un protocole standardisé permettant la comparaison temporelle rigoureuse et l'identification précoce des déclin. Cette approche contribue à documenter des indicateurs utiles aux décisions publiques en matière de conservation.

## 1.2 Services écologiques clés assurés par l’avifaune

Les oiseaux martiniquais fournissent un éventail de services écosystémiques dont dépend la résilience de l’île. Les colibris assurent la pollinisation de dizaines de plantes endémiques et cultivées, conditionnant la régénération des forêts et la productivité maraîchère. Les merles disséminent les graines, facilitant la recolonisation des crêtes défrichées après cyclones. Les tyrans et hirondelles contrôlent les populations d’insectes, limitant proliférations nuisibles dans les vergers. Les déclin documentés au chapitre 4 pourraient affecter ces chaînes fonctionnelles ; leur ampleur systémique reste à préciser (chapitre 5).

## 1.3 Convergences politiques et engagements régionaux

Les résultats du suivi s’inscrivent dans un faisceau d’engagements politiques : Stratégie nationale pour la biodiversité, Plan régional d’adaptation au changement climatique, obligations européennes Natura 2000 et Objectifs de développement durable (ODD 14 et 15). Ils contribuent à documenter des composantes aviaires pertinentes pour ces cadres. Le détail des cadres de référence figure en annexe E.

## 1.4 Douze années de suivi, une communauté mobilisée

Depuis 2014, **45 observateurs physiques** se relaient lors de fenêtres de prospection coordonnées en avril–juin (deux passages selon le protocole standardisé). Chaque campagne mobilise des binômes responsables de la calibration des jumelles, de la saisie sur fiches papier et de la vérification acoustique des contacts. La structuration du réseau et les métriques associées sont détaillées au chapitre 2 et en annexe F.

## 1.5 Guide de lecture du rapport

Ce rapport s’adresse aux décideurs publics, aux gestionnaires d’espaces naturels et à la communauté scientifique régionale. Sa structure en six chapitres numérotés (hors résumé et remerciements) suit le fil de la chaîne de preuve, de la collecte de terrain aux conclusions opérationnelles :

- **chapitre 2 (Effort d’observation)** : protocole STOC, effort d’observation, couverture spatiale et critères d’inclusion des espèces.

- **chapitre 3 (Méthodologie)** : modèle mixte (GLMM) et grille européenne à six classes (EBCC) produits par le dispositif indicatorRoutine (MNHN).
- **chapitre 4 (Résultats)** : vue d'ensemble et synthèse descriptive, une section par classe EBCC (forte augmentation, augmentation modérée, stable, déclin modéré et tendances incertaines).
- **chapitre 5 (Discussion)** : lecture écologique transversale, incertitudes et implications pour le suivi futur.
- **chapitre 6 (Conclusion)** : synthèse et leviers d'action.
- **Annexes A–G** : tableaux complets, détails méthodologiques, qualité des données, annexe D, références, analyse observateur et note de périmètre habitat/spatial (l'annexe G documente le report volontaire des analyses par habitat, sans figure dans cette édition).

Toutes les tendances de population présentées dans le corps du rapport proviennent exclusivement des indicateurs produits par indicatorRoutine (MNHN). Les métriques d'effort et de réseau observateur non couvertes par indicatorRoutine sont documentées en annexe, à partir de la base de données du programme.

# Chapitre 2

## Effort d’observation

### 2.1 Unités spatiales et périmètre des décomptes

Le suivi STOC organise l’échantillonnage autour de deux unités complémentaires :

- **Transect** : itinéraire ou site de prospection, identifié par son nom (*nom de transect*).
- **Point d’écoute** : station d’observation ponctuelle, identifiée par le couple (*transect, numéro de point*).

Trois décomptes spatiaux distincts, chacun avec sa fenêtre temporelle, structurent le rapport :

- **711 points d’écoute** : emplacements distincts enregistrés au moins une fois sur la période 2014–2025 (union cumulative) ; ce total inclut des points non revisités chaque année.
- **649 points** : pic opérationnel annuel, soit le maximum de points visités en une seule année (2024, 649 points visités).
- **65 transects actifs et 647 points visités** : décompte propre à l’année de référence 2025 (transects avec au moins un passage ; points effectivement visités cette année-là).

Ces trois échelles ne sont pas interchangeables : les 65 transects de 2025 ne « couvrent » pas les 711 emplacements cumulés sur douze ans. L’évolution annuelle des points visités est détaillée en section 2.5 et au tableau C.1 (annexe C).

### 2.2 Protocole de suivi STOC

Le dispositif de suivi repose sur un maillage de points d’écoute *reconduit* selon le protocole STOC-EPS : les stations sont repositionnées et revisitées selon un protocole fixé, mais

le nombre de points effectivement mobilisés chaque année varie (de 410 en 2014 au pic de 649 en 2024). Le maillage couvre l'ensemble de l'île et les gradients altitudinaux, les principaux types d'habitats (forêts ombrophiles, mangroves, milieux agricoles, zones urbaines) et les aires protégées. Chaque point est visité selon un protocole standardisé de 5 minutes d'observation active, combinant détection visuelle et auditive, avec enregistrement numérique des chants rares pour validation ultérieure.

La campagne annuelle s'articule en deux passages : le premier du 1<sup>er</sup> avril au 8 mai, le second du 9 mai au 20 juin, avec un écart de 4 à 6 semaines entre les deux passages. Ce calendrier coïncide avec la période de reproduction des espèces nicheuses et permet une détection optimale des populations reproductrices. Des sessions de formation sont organisées régulièrement pour les nouveaux observateurs ; chaque année, une réunion de démarrage obligatoire rassemble tous les participants. Durant la saison, un responsable qualité vérifie quotidiennement les formulaires reçus et déclenche, si nécessaire, des visites de contrôle.

## 2.3 Réseau d'observateurs et structure des données

Sur la période 2014–2025, le programme a mobilisé **45 observateurs physiques** (déduplication des contributeurs et analyse de la structure du réseau : annexe F). Le cumul de **14 054 passages** témoigne d'un effort de prospection soutenu.

Le volume total d'observations s'élève à **114 495 observations** pour l'ensemble des 87 espèces détectées. L'analyse détaillée de la structure du réseau (coefficient de Gini, concentration des contributions, effet aléatoire observateur) est développée en annexe F.

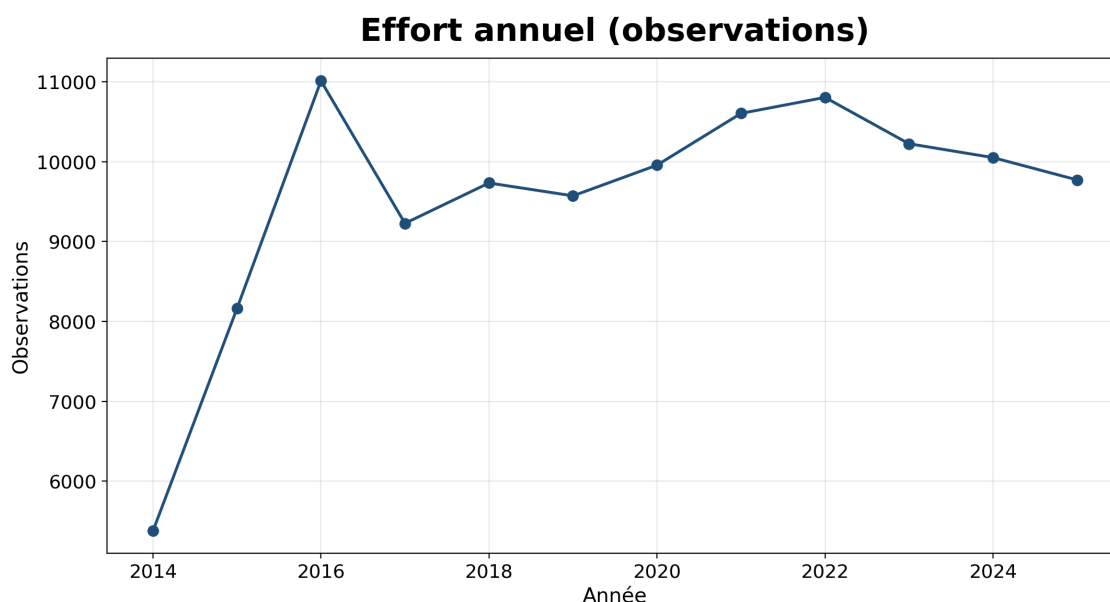
## 2.4 Standardisation de l'effort et métriques utilisées

Dans le cadre du GLMM (chapitre 3), l'effort d'échantillonnage est pris en compte par la structure du modèle : les effets aléatoires par point d'écoute (intercept et pente) et par observateur absorbent l'hétérogénéité spatiale, les variations de couverture entre années et les différences de détection entre contributeurs. Pour la description et les graphiques, le rapport présente également un indice d'abondance brut (nombre d'individus détectés rapporté au nombre de points actifs) qui facilite la comparaison entre espèces aux abondances contrastées.

### 2.4.1 Dynamique annuelle de l'effort

La figure 2.1 présente la série temporelle du nombre total d'observations par année, calculée à partir de la base de données du programme. On y observe un pic d'activité vers 2018, un creux marqué en 2020–2021 (contexte sanitaire), puis un rebond dont le niveau récent est compatible avec le maintien du réseau opérationnel, inférieur au pic de 2018.

Cette dynamique se lit aussi dans la mobilisation du réseau d'observateurs. Le nombre de contributeurs physiques chute à 14 personnes en 2020 puis 12 en 2021, son point bas sur la période, avant un net rebond à 26 personnes en 2024 et 30 en 2025. Cette reconstitution du noyau actif s'accompagne d'un maillage spatial qui reste dense sur la période récente (647 points d'écoute visités en 2025), ce qui confirme que le creux de 2020–2021 a relevé de la disponibilité des observateurs davantage que d'un repli de la couverture du réseau.



**Figure 2.1** – *Effort annuel de collecte (2014–2025), établi à partir de la base de données du programme.*

## 2.5 Couverture spatiale et qualité de l'échantillonnage

Sur la période 2014–2025, 711 emplacements distincts ont été enregistrés au moins une fois (cf. section 2.1); ce cumul constitue la base spatiale du suivi à long terme. En 2025, 647 points du maillage opérationnel ont été visités, soit 99,7 % d'exécution du plan par rapport au pic opérationnel de 649 points atteint en 2024 (2 points non visités). Les 65 transects actifs de 2025 structurent cette couverture annuelle. Les transects respectent le protocole STOC-EPS (échantillonnage ponctuel simple, section E.2.2) à 98,5 % ( $\geq 2$

passages). L'évolution annuelle du nombre de points figure au tableau C.1 (annexe C).

## 2.6 Sélection des espèces et critères de qualité

### 2.6.1 Richesse observée versus espèces analysées

Le décompte des espèces détectées fait l'objet de qualifications méthodologiques détaillées en note ci-après (notamment les espèces reprises des rapports STOC antérieurs).

Sur la période 2014–2025, **87 espèces d'oiseaux différentes** ont été détectées lors des 14 054 passages aux points d'écoute. On entend ici par espèces détectées les taxons identifiés au niveau de l'espèce, en excluant les regroupements de famille, les mentions « sp. »/RAS et les libellés de terrain indéterminés<sup>1</sup>. Toutefois, seules **36 espèces** répondent aux critères de qualité statistique nécessaires pour une analyse robuste des tendances de population via indicatorRoutine (MNHN).

**Point essentiel** : l'ensemble des **114 495 observations** (100 %) est valorisé dans les métriques d'effort (section 2.4) et la couverture spatiale (section 2.5). La sélection des 36 espèces pour l'analyse des tendances ne diminue en rien l'importance scientifique ni la valeur documentaire des autres observations.

### 2.6.2 Critères de sélection

Le critère déterminant est le seuil de représentativité appliqué par indicatorRoutine (MNHN) : une espèce est retenue lorsque son nombre d'occurrences non nulles dépasse  $5 \times n_{\text{années}}$ , soit plus de 60 occurrences sur les 12 années de suivi. Les 51 espèces non retenues (rares, accidentelles, identifications au niveau famille ou erreurs de saisie) sont caractérisées quantitativement en tableau B.1 (Annexe B).

Les 36 espèces ainsi retenues présentent une couverture temporelle complète (12 années), une détectabilité régulière sur plusieurs transects et des intervalles de confiance estimables via le GLMM.

---

1. Libellés de terrain indéterminés exclus du décompte : Héron ?, Gallinacées, Limicole, Martinet. Quatre espèces figurant dans les rapports STOC DEAL antérieurs (Aigrette garzette, Crabier chevelu, Faucon pèlerin, Hirondelle de rivage) sont incluses dans ce total bien qu'absentes de la base de données principale du programme (2014–2025) ; elles n'y figurent vraisemblablement pas car contactées avant 2014 ou non saisies dans cette base.

# Chapitre 3

## Méthodologie

### 3.1 Données et protocole d'échantillonnage

La variable réponse du modèle statistique est le nombre d'individus contactés par espèce, par point d'écoute et par passage de terrain. Le plan d'échantillonnage repose sur un réseau de points d'écoute fixes, visités deux fois par an en saison de reproduction, sur la période 2014–2025. Le protocole STOC-EPS appliqué à Martinique est décrit en détail au chapitre 2.

Pour chaque espèce retenue, le tableau nécessaire à l'ajustement du modèle comprend, pour chaque observation : l'identifiant du point d'écoute, le site auquel ce point est rattaché, l'observateur ayant réalisé le comptage, l'année de l'observation, et l'effectif détecté. Les années où l'espèce est suivie mais non contactée sont enregistrées avec un effectif nul, de sorte que l'historique complet de présence–absence soit explicite.

La variable réponse est ainsi un comptage discret, non négatif et borné inférieurement par zéro, ce qui oriente le choix de la loi statistique (section 3.2) vers une distribution de comptage plutôt que vers une approximation gaussienne. Le remplissage par des zéros n'est appliqué qu'à partir de la première détection d'une espèce sur la série : une fois l'espèce attestée localement, une année sans contact à un point suivi est traitée comme une absence vraie (effectif réellement nul) et non comme une donnée manquante. Cette convention, cohérente avec une analyse de tendance d'abondance, évite de confondre non-détection et non-suivi et conditionne l'interprétation des pentes estimées (détails en annexe B).

## 3.2 Modèle GLMM de tendance

Pour quantifier les tendances, un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) est ajusté pour chaque espèce à loi binomiale négative (paramétrisation quadratique, variance =  $\mu + \mu^2/\theta$ ) et lien logarithmique. L'abondance attendue est modélisée en fonction de l'année (effet fixe) avec des effets aléatoires d'intercept et de pente par point d'écoute, imbriqués dans les sites, ainsi qu'un effet aléatoire d'intercept par observateur qui absorbe les différences systématiques de détection entre contributeurs :

$$\log(\mu_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + b_{0,s[i]} + b_{0,p[i]} + b_{1,p[i]} \cdot t + b_{0,o[i]}$$

où  $\mu_{i,t}$  est l'abondance attendue pour l'observation  $i$  en année  $t$ ,  $\beta_0$  l'intercept fixe,  $\beta_1$  le coefficient de la tendance annuelle moyenne sur l'échelle logarithmique,  $s[i]$  le site,  $p[i]$  le point d'écoute imbriqué dans ce site (avec intercept aléatoire  $b_{0,p}$  et pente aléatoire  $b_{1,p}$  par point),  $o[i]$  l'observateur (intercept aléatoire  $b_{0,o}$ ), et  $\theta$  le paramètre de surdispersion de la loi binomiale négative. Les paramètres sont estimés par maximum de vraisemblance, avec approximation de Laplace pour les effets aléatoires : cette technique évalue numériquement la vraisemblance intégrée sur les effets aléatoires, fournissant des estimations cohérentes des effets fixes et des composantes de variance pour ce type de modèle hiérarchique.

Le choix de la loi binomiale négative plutôt que d'une loi de Poisson répond à la surdispersion marquée des comptages : pour les espèces analysées, le ratio variance/moyenne des effectifs annuels avoisine 8,98, très au-dessus de la valeur de 1 attendue sous une loi de Poisson (où variance et moyenne sont égales). Sous cette surdispersion, une loi de Poisson sous-estimerait les erreurs-types et exagérerait la significativité des tendances ; la loi binomiale négative ajoute le paramètre  $\theta$  qui absorbe cette variance excédentaire (la variance  $\mu + \mu^2/\theta$  tend vers celle de Poisson lorsque  $\theta \rightarrow \infty$ ). Chaque effet aléatoire répond à une source d'hétérogénéité identifiée du dispositif : les intercepts par site et par point d'écoute absorbent l'hétérogénéité spatiale des niveaux d'abondance entre stations ; la pente aléatoire par point autorise des trajectoires temporelles locales distinctes de la tendance moyenne ; l'intercept par observateur capte les différences systématiques de détection entre contributeurs, dont l'ampleur n'est pas négligeable (écart-type inter-observateur sur l'échelle logarithmique de médiane 0,42 et atteignant 1,17 selon les espèces).

Le coefficient annuel  $\beta_1$  fournit le taux de croissance annuel  $GR = \exp(\beta_1)$ , dont la variation en pourcentage est  $(GR - 1) \times 100$ . L'intervalle de confiance à 95 % de  $\beta_1$  (intervalle de Wald) se traduit en intervalle sur le GR par exponentiation des bornes. L'équation complète, les seuils de classification et les statistiques d'exclusion figurent en annexe B

(Annexe B).

### 3.3 Variations annuelles

En complément de la pente log-linéaire globale, un modèle incluant l'année comme facteur (avec l'année 2014 comme référence) fournit, pour chaque espèce, un indice annuel et son intervalle de confiance sur l'échelle de l'abondance relative à cette année de référence. Lorsqu'une espèce est quasi absente l'année de référence, l'indice annuel peut subir une séparation quasi-complète rendant les intervalles de confiance de Wald annuels non finis ; ces cas sont signalés dans les figures sous la mention « intervalle non estimable ». Cette difficulté ponctuelle n'empêche pas l'estimation de la pente globale  $\beta_1$ .

### 3.4 Classification EBCC en six classes

La grille EBCC distingue six classes fines à partir du taux de croissance annuel GR, des bornes de son intervalle de confiance à 95 % ( $GR_{\text{inf}}$ ,  $GR_{\text{sup}}$ ) et de la  $p$ -valeur du coefficient annuel. Les seuils appliqués, repris de l'annexe B (Annexe B), sont les suivants :

- **Tendance significative** ( $p \leq 0,05$ ) :
  - **Forte augmentation** :  $GR > 1$  et  $GR_{\text{inf}} > 1,05$  ;
  - **Augmentation modérée** :  $GR > 1$  et  $GR_{\text{inf}} \leq 1,05$  ;
  - **Fort déclin** :  $GR < 1$  et  $GR_{\text{sup}} < 0,95$  ;
  - **Déclin modéré** :  $GR < 1$  et  $GR_{\text{sup}} \geq 0,95$  ;
- **Tendance non significative** ( $p > 0,05$ ) :
  - **Stable** : intervalle resserré ( $GR_{\text{inf}} > 0,95$  et  $GR_{\text{sup}} < 1,05$ ) ;
  - **Incertain** : intervalle de confiance trop large pour conclure.

Le chapitre 4 présente les résultats classe par classe, les figures de synthèse globale et les graphiques multi-panneaux par classe, à partir des indicateurs produits par *indicatorRoutine* (MNHN).

### 3.5 Hypothèses et limites

Le modèle décrit ci-dessus repose sur plusieurs hypothèses dont la portée doit être explicitée pour une lecture prudente des résultats.

**Loi et lien.** L'emploi d'une loi binomiale négative à lien logarithmique suppose que la variance des comptages croît avec la moyenne selon la relation  $\mu + \mu^2/\theta$  et que l'effet de

l'année agit de façon multiplicative sur l'abondance attendue (tendance log-linéaire). Cette paramétrisation est adaptée à des comptages surdispersés, mais elle contraint la forme de la tendance à une croissance ou décroissance proportionnelle constante sur la période.

**Fragilité des intervalles de Wald.** Les intervalles de confiance et les  $p$ -valeurs sont des approximations de Wald sur le coefficient annuel ; pour les espèces à faible détectabilité ou à forte surdispersion résiduelle, ces approximations peuvent être optimistes et resserrer artificiellement l'incertitude. Les classements marginalement significatifs doivent donc être lus avec prudence.

**Quasi-séparation des indices annuels.** Lorsqu'une espèce est quasi absente l'année de référence, le modèle à effet annuel en facteur peut subir une séparation quasi-complète : les intervalles de Wald annuels deviennent non finis et sont alors signalés comme « non estimables » dans les figures. Cette difficulté ponctuelle affecte les indices annuels mais non l'estimation de la pente globale  $\beta_1$ .

**Abondance détectée et non absolue.** Les indicateurs reflètent une abondance *détectée* et non l'effectif absolu des populations. Le modèle corrige les différences systématiques de détection entre observateurs via l'effet aléatoire correspondant, mais il n'estime pas la probabilité de détection elle-même ; les tendances s'interprètent comme des indices d'abondance relative, sous l'hypothèse d'une détectabilité spécifique stable sur la période.

## 3.6 Périmètre exclu de cette version

Les analyses communautaires par habitat et les diagnostics spatiaux fins ne sont pas intégrés au corps du rapport. Ils sont explicitement reportés comme travail futur en annexe G et brièvement discutés au chapitre 5. Seuls les indicateurs de tendance espèce par espèce issus du modèle décrit ci-dessus sont présentés comme faits établis.

# Chapitre 4

## Résultats

Ce chapitre présente exclusivement les indicateurs de tendance produits par indicatorRoutine (MNHN).

### 4.1 Vue d'ensemble

Les 36 espèces analysées sont présentées classe par classe, selon la grille EBCC fine et sans regroupement. La répartition détaillée figure au tableau 4.1 et dans le résumé exécutif; aucune espèce n'atteint la classe « fort déclin », qui est omise dans la suite du chapitre. Chaque classe non vide fait l'objet d'une section dédiée ci-dessous.

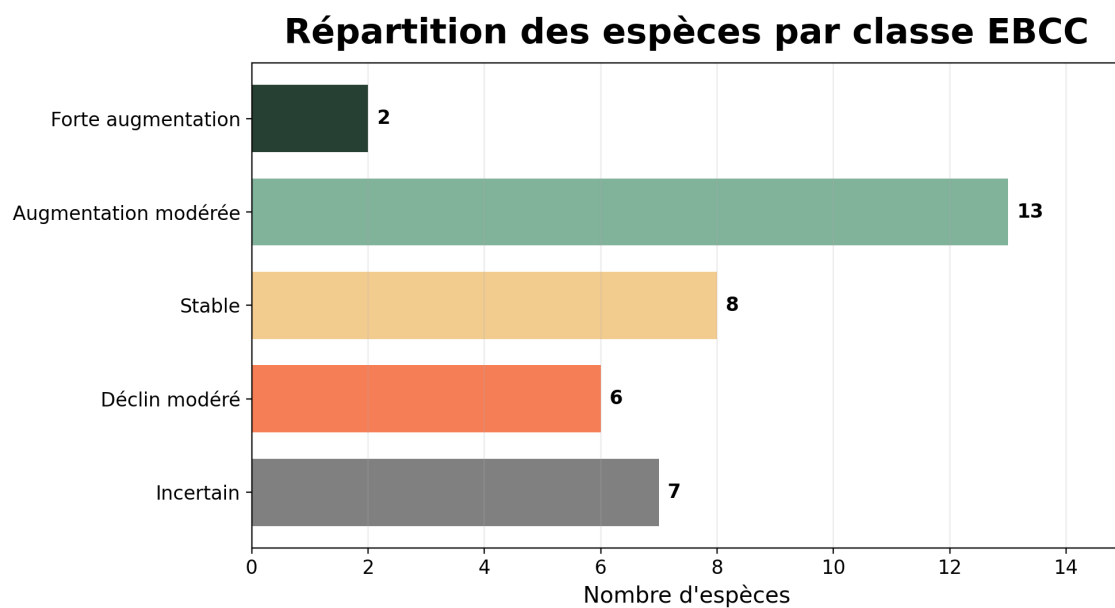
**Table 4.1** – Répartition des 36 espèces analysées par classe de tendance (grille européenne EBCC). « Stable » = pas de variation nette; « Incertain » = données insuffisantes pour conclure; aucune espèce n'atteint la classe « fort déclin ».

Classe	Nombre d'espèces
Forte augmentation	2
Augmentation modérée	13
Stable	8
Déclin modéré	6
Incertain	7
<b>Total</b>	<b>36</b>

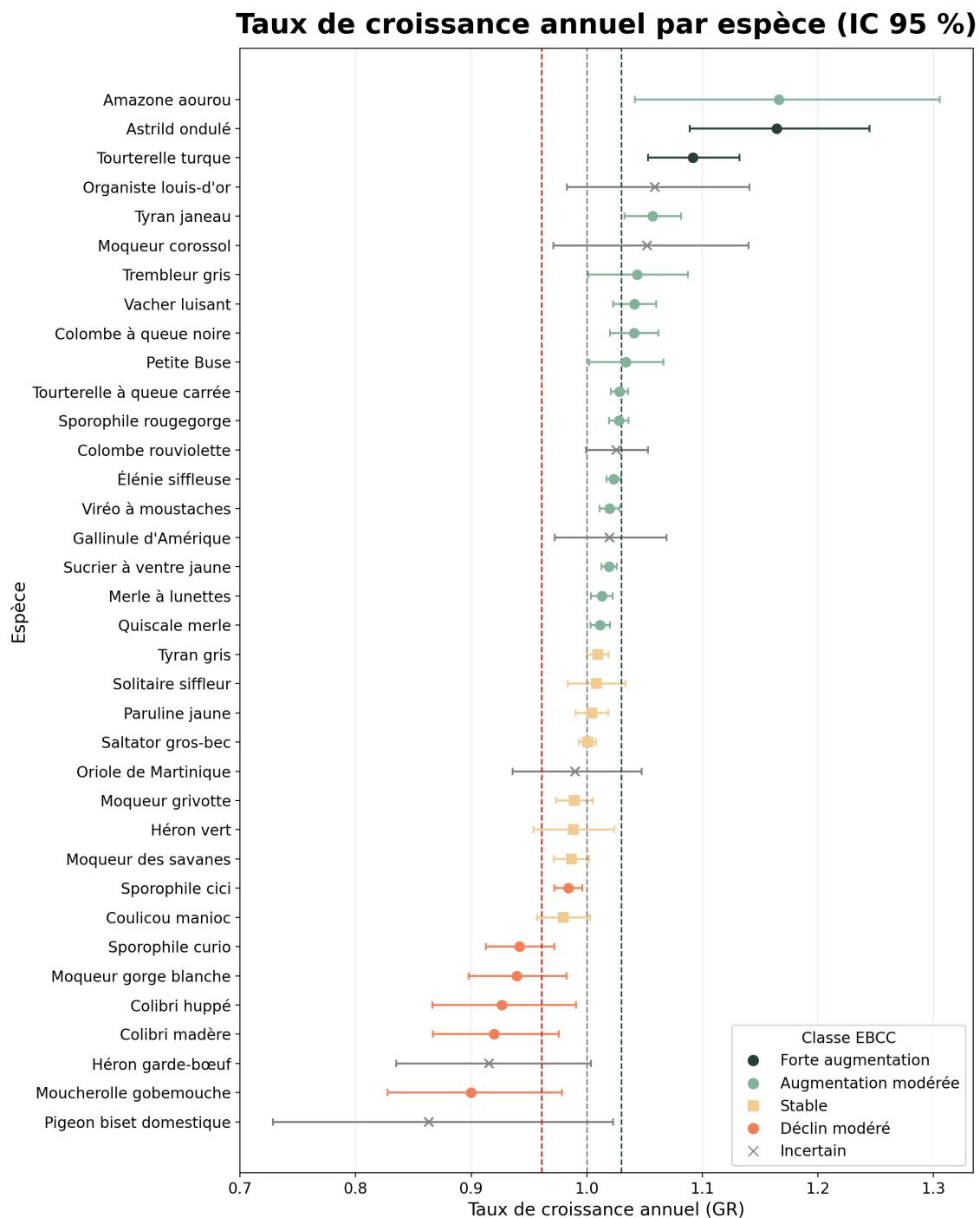
Le tableau 4.1 synthétise la répartition par classe EBCC fine (la classe « fort déclin », sans effectif, n'y figure pas). La liste nominative complète et le tableau détaillé GR/ $\Delta\%$ /classe figurent en annexe A (Annexe A).

La figure 4.1 présente le nombre d'espèces par classe EBCC sous forme de diagramme en

barres ; elle offre une lecture synthétique de la structure globale des tendances. La figure 4.2 complète cette vue en affichant, pour chaque espèce, le taux de croissance annuel estimé et son intervalle de confiance à 95 % ; elle permet d'apprécier la robustesse statistique des classements. La lecture peut commencer par le diagramme en barres, puis le graphique des intervalles de confiance.



**Figure 4.1** – Nombre d'espèces par classe de tendance, selon la grille européenne standard EBCC (de la forte augmentation au déclin modéré ; aucune espèce en fort déclin).



**Figure 4.2** – Taux de croissance annuel de chaque espèce avec sa marge d'incertitude (intervalle de confiance à 95 %). La valeur 1 correspond à une population stable : au-dessus, l'espèce augmente ; en dessous, elle diminue. Quand la barre d'incertitude traverse la ligne 1, la tendance n'est pas statistiquement tranchée.

## 4.2 Comment lire les résultats

Trois grandeurs complémentaires résument la trajectoire de chaque espèce. Le **taux de croissance annuel** ( $GR = \exp(\beta_1)$ ) est un facteur multiplicatif moyen d'une année sur l'autre : une valeur supérieure à 1 indique une augmentation, inférieure à 1 une diminution, et égale à 1 une stabilité. La **variation en pourcentage**  $(GR - 1) \times 100$  traduit ce même taux en évolution annuelle moyenne, et la variation cumulée ( $\Delta$  %) en intègre l'effet sur l'ensemble de la période. Enfin, l'**intervalle de confiance à 95 %** (bornes de Wald, chapitre 3) indique la précision de l'estimation : lorsqu'il chevauche la valeur 1, la tendance n'est pas statistiquement tranchée. La **classe EBCC** combine ces éléments — sens du GR, position des bornes de l'intervalle par rapport aux seuils de 0,95 et 1,05, et significativité ( $p \leq 0,05$ ) — pour qualifier la tendance (forte augmentation, augmentation modérée, stable, déclin modéré, fort déclin ou incertain ; grille détaillée en annexe B). Une espèce peut ainsi afficher un GR supérieur à 1 mais rester classée « incertaine » si son intervalle de confiance est trop large pour conclure.

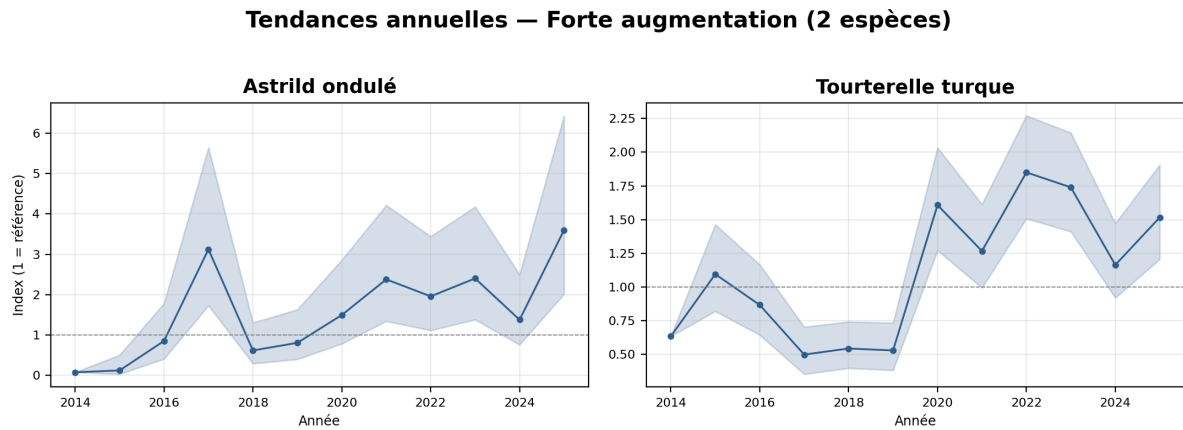
## 4.3 Espèces en forte augmentation (2)

Au sens EBCC, une espèce est classée en forte augmentation lorsque son taux de croissance annuel (GR) est supérieur à 1 *et* que la borne inférieure de son intervalle de confiance dépasse 1,05 (tendance significative,  $p \leq 0,05$ ). 2 espèces (6 % de l'échantillon analysé) répondent à ce critère, toutes deux introduites : l'Astrild ondulé (GR 1,164,  $\Delta$  cumulé +433,4 %) et la Tourterelle turque (GR 1,093, +163 %). Ce sont les hausses les plus robustes du jeu de données. L'interprétation écologique de la dynamique des espèces introduites est développée au chapitre 5. Les graphiques multi-panneaux produits par indicatorRoutine (indices annuels et tendance long terme) sont rassemblés en figure 4.3.

## 4.4 Espèces en augmentation modérée (13)

13 espèces (36 % de l'échantillon analysé) sont classées en augmentation modérée : GR supérieur à 1 et significatif ( $p \leq 0,05$ ), mais borne inférieure de l'intervalle inférieure ou égale à 1,05. Les taux de croissance annuels s'étendent d'environ 1,01 (Quiscale merle, +13,6 %) à 1,17 (Amazonne aourou, +443,2 %).

Ce groupe mêle des espèces forestières insectivores en progression (Sucrier à ventre jaune, Élénie siffleuse, Viréo à moustaches, Merle à lunettes), des généralistes de lisière et de milieux ouverts (Tyran janeau, Vacher luisant, Colombe à queue noire, Tourterelle à queue



**Figure 4.3** – Graphiques multi-panneaux (indices annuels et tendance long terme) des 2 espèces classées en forte augmentation.

carrée, Sporophile rougegorge, Quiscale merle, Petite Buse, Trembleur gris) et une espèce introduite en forte expansion, l'Amazone aourou.

## Tendances annuelles — Augmentation modérée (13 espèces)

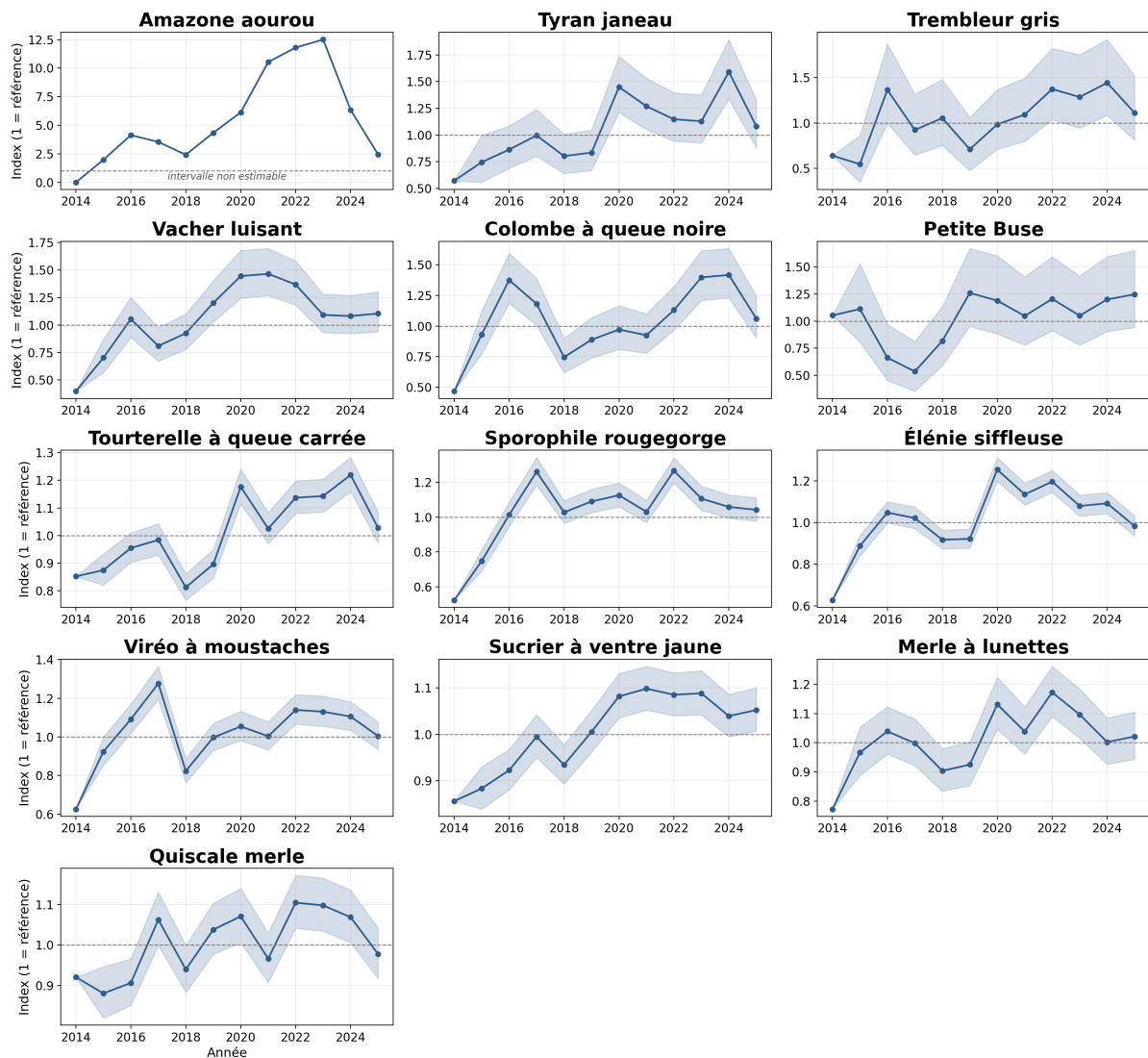


Figure 4.4 – Graphiques multi-panneaux des 13 espèces classées en augmentation modérée.

**Lecture synthétique — Amazone aourou.** Sur la figure 4.4, l'absence d'intervalle de confiance annuel ne signifie pas que la tendance long terme est non estimable : elle traduit une quasi-séparation statistique liée à la quasi-absence en 2014, année de référence des indices annuels, alors que la pente globale demeure estimable avec une augmentation modérée significative<sup>1</sup>.

1. Intervalles de Wald annuels non finis ; GR 1,166, IC<sub>95</sub> [1,042–1,306],  $p = 0,008$  ; détail en annexe B. Le Moqueur corossol présente la même limitation (section 4.7).

## 4.5 Espèces stables (8)

Huit espèces (22 %) présentent une tendance classée stable au sens EBCC : l'intervalle de confiance du taux de croissance annuel est resserré autour de 1 et la  $p$ -valeur dépasse 0,05. Les GR observés vont d'environ 0,99 (Moqueur grivotte) à 1,01 (Tyran gris), traduisant des trajectoires proches de l'équilibre sur douze ans.

Ce noyau inclut des espèces ubiquistes de milieux ouverts et forestiers (Tyran gris, Paruline jaune, Saltator gros-bec), des spécialistes de milieux humides ou côtiers (Héron vert) et des espèces dont le signal statistique est compatible avec une stabilité malgré des fluctuations locales (Moqueur des savanes, Coulicou manioc). La stabilité apparente ne dispense pas d'un suivi continu pour détecter d'éventuelles inflexions. Les trajectoires sont illustrées en figure 4.5.

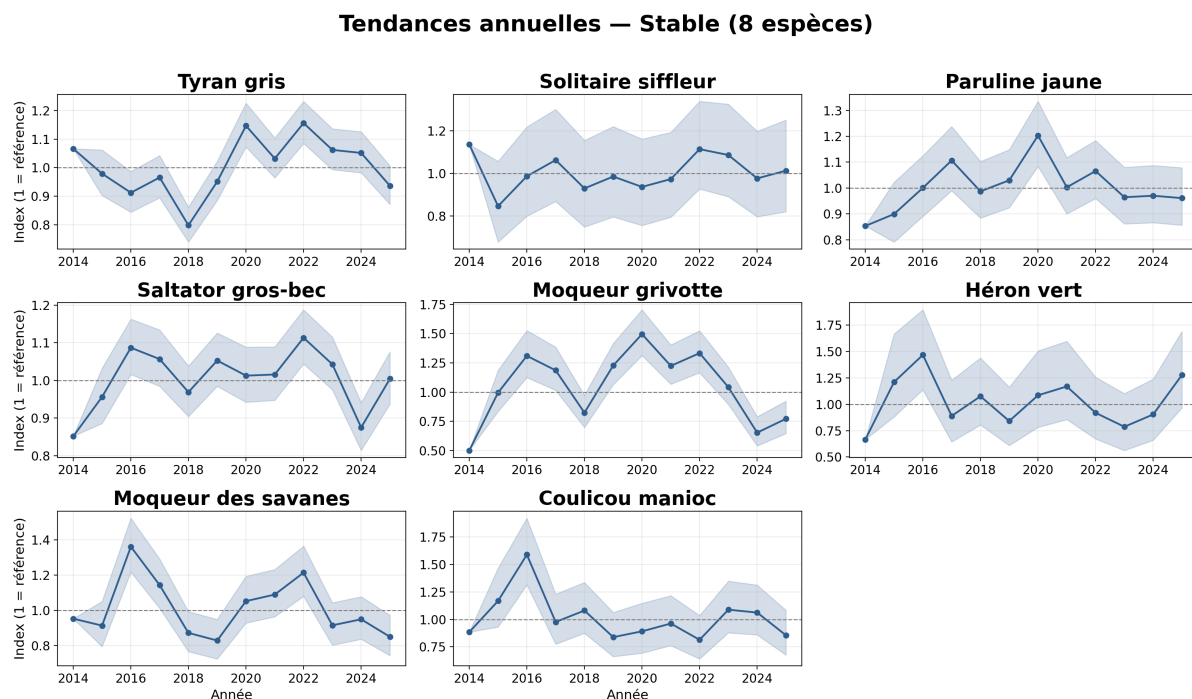


Figure 4.5 – Graphiques multi-panneaux des 8 espèces classées stables.

## 4.6 Espèces en déclin modéré (6)

6 espèces (17 %) sont classées en déclin modéré : GR inférieur à 1 et significatif ( $p \leq 0,05$ ), avec une borne supérieure de l'intervalle supérieure ou égale à 0,95. Les baisses les plus marquées concernent le Moucherolle gobemouche (GR  $\approx 0,90$ ,  $\Delta$  cumulé  $\approx -69$  %), le Colibri madère (GR  $\approx 0,92$ ) et le Colibri huppé (GR  $\approx 0,93$ ), suivis du Moqueur gorge blanche, du Sporophile curio (espèce introduite) et du Sporophile cici.

Ce groupe concentre des pollinisateurs nectarivores (deux colibris), des passereaux de milieux ouverts (sporophiles) et des insectivores forestiers (moucheurle, moqueur). Les intervalles de confiance restent entièrement sous 1 pour les quatre premières espèces citées, signalant des tendances négatives robustes au sens du modèle. Les trajectoires sont illustrées en figure 4.6.

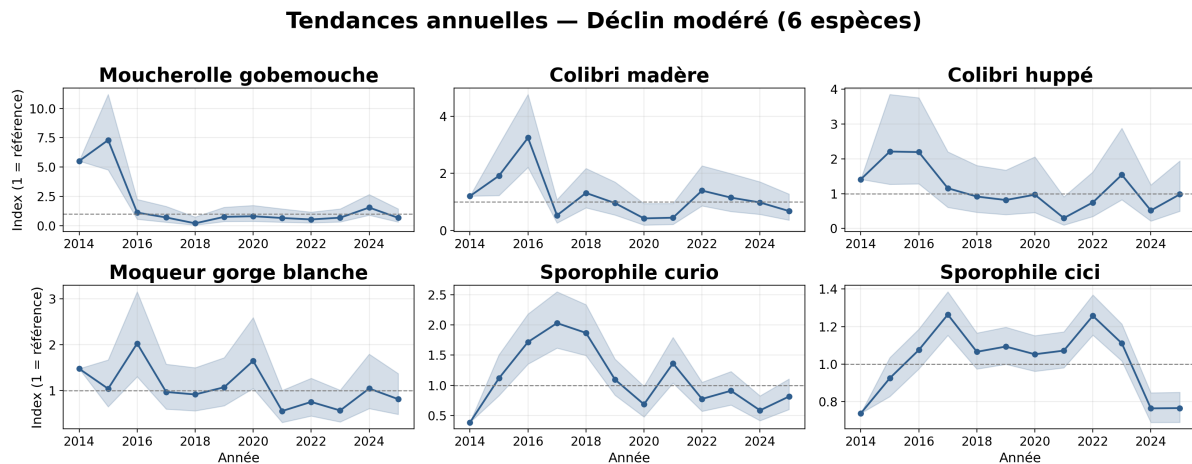


Figure 4.6 – Graphiques multi-panneaux des 6 espèces classées en déclin modéré.

## 4.7 Espèces à tendance incertaine (7)

Sept espèces (19 %) restent classées incertaines : pour chacune, la cause de l'incertitude est précisée ci-dessous.

### Groupe A — Limite du modèle ou du protocole.

- *Gallinule d'Amérique* : GR 1,020, IC<sub>95</sub> [0,972–1,069],  $\Delta+23,9$  % [–26,5 % ; +108,8 %],  $p = 0,422$ . Espèce de zones humides détectée sur peu de points et à distribution agrégée : variance d'échantillonnage élevée ; le protocole de points d'écoute terrestres est peu adapté à ce taxon aquatique.
- *Héron garde-bœuf* : GR 0,916, IC<sub>95</sub> [0,835–1,004],  $\Delta-62,1$  % [–86,2 % ; +4,1 %],  $p = 0,060$ . Espèce grégaire/coloniale et mobile : comptages fortement agrégés et erratiques (surdispersion), l'hypothèse d'indépendance des détections est mise en défaut ; un déclin est probable mais la borne supérieure dépasse juste 1.
- *Moqueur corossol* : GR 1,052, IC<sub>95</sub> [0,971–1,140],  $\Delta+75,1$  % [–27,5 % ; +322,8 %],  $p = 0,213$ . Espèce très peu contactée : la quasi-absence de détections rend les indices annuels non identifiables (séparation quasi-complète), d'où des IC annuels non finis ; la pente long terme reste estimable mais large.
- *Pigeon biset domestique* : GR 0,863, IC<sub>95</sub> [0,729–1,023],  $\Delta-80,1$  % [–96,9 % ; +28,3 %],  $p = 0,089$ . Espèce synanthrope à répartition très agrégée près des

structures humaines, échantillonnée sur peu de points : erreur-type très élevée ; déclin suggéré mais non significatif ; protocole peu adapté.

### Groupe B — Tendence réellement faible ou plate.

- *Colombe rouviolette* : GR 1,026, IC<sub>95</sub> [0,999–1,053],  $\Delta+32,4$  % [−0,9 % ; +76,8 %],  $p = 0,058$ . Effet marginal, juste sous le seuil de significativité (borne inférieure proche de 1) : le modèle est pleinement adapté, la tendance est réellement à la limite de la détection.
- *Organiste louis-d'or* : GR 1,059, IC<sub>95</sub> [0,983–1,141],  $\Delta+87,5$  % [−17,4 % ; +325,6 %],  $p = 0,133$ . Forte variabilité inter-annuelle ; l'IC chevauche 1 : modèle adapté, mais signal réellement ambigu (effectifs modérés).
- *Oriole de Martinique* : GR 0,990, IC<sub>95</sub> [0,936–1,048],  $\Delta-10,4$  % [−51,9 % ; +66,9 %],  $p = 0,730$ . Tendence quasi plate, IC symétrique autour de 1,  $p$  très élevée : le modèle est adapté ; conclusion = aucune tendance décelable sur la période.

Pour le groupe A, l'imprécision provient des limites des données ou du protocole qui mettent le GLMM en difficulté (rareté, séparation quasi-complète, surdispersion liée au gréganisme ou à l'agrégation spatiale, inadéquation du protocole de points d'écoute) ; pour le groupe B, le modèle est adapté et l'incertitude reflète une tendance réellement faible, plate ou marginale. Les trajectoires sont illustrées en figure 4.7.

#### Tendances annuelles — Incertain (7 espèces)

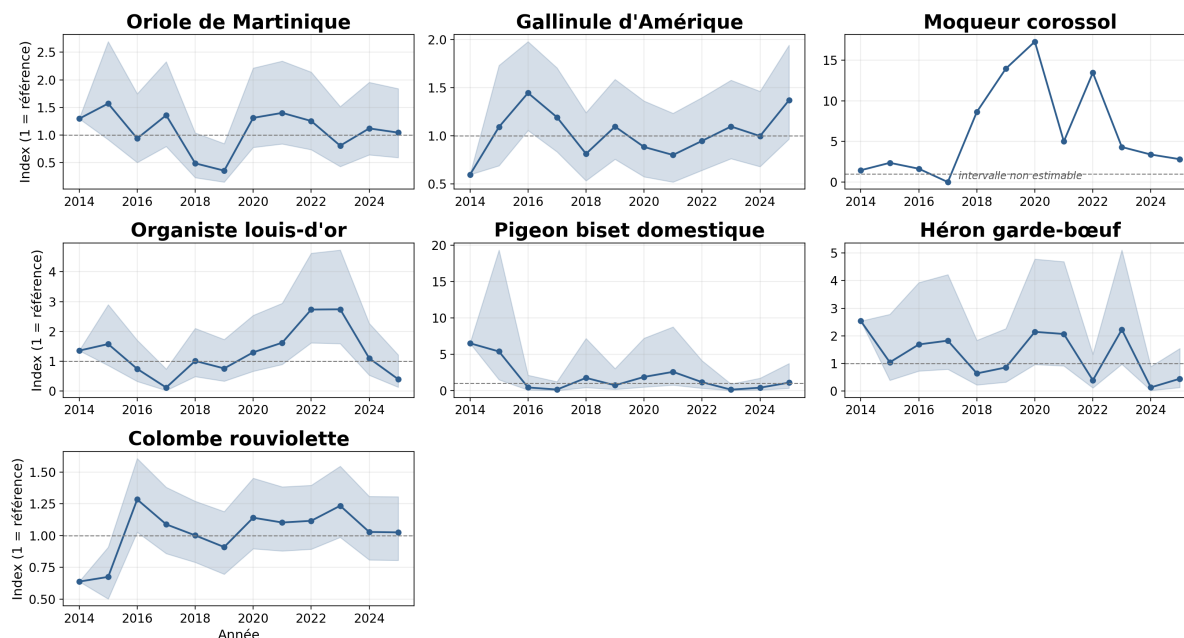


Figure 4.7 — Graphiques multi-panneaux des 7 espèces à tendance incertaine.

# Chapitre 5

## Discussion

### 5.1 Synthèse transversale des classes de tendance

#### Périmètre interprétatif

- Les tendances portent sur **36 espèces** (seuil de représentativité) ; 51 espèces sont exclues de l'analyse.
- Pas d'inférence causale habitat/gestion dans cette édition (analyses différées, annexe G).
- Les augmentations incluent des espèces introduites : ne pas les lire uniformément comme des succès de conservation.
- La marge d'incertitude des estimations et les différences de détection entre observateurs imposent la prudence sur les tendances proches de la stabilité (détails en annexe F).

Sur les 36 espèces analysées, la répartition observée — une majorité d'espèces stables ou en augmentation (forte ou modérée), un groupe en déclin modéré et plusieurs tendances incertaines, sans aucune espèce en fort déclin — traduit une dynamique contrastée plutôt qu'un effondrement global au sens de la grille indicatorRoutine. Le groupe d'espèces stables (section 4.5) reflète une dynamique statistiquement neutre au sens EBCC ; les hausses (section 4.3 et section 4.4) comportent des espèces introduites aux effets écologiques encore peu documentés localement (cf. encadré ci-dessus). Toute lecture communautaire au-delà de ce sous-ensemble demeure différée (annexe G).

## 5.2 Lecture écologique et fonctionnelle

**Pollinisateurs en difficulté.** Le Colibri huppé et le Colibri madère (section 4.6) présentent tous deux un déclin modéré selon la grille EBCC. Parmi les signaux négatifs du sous-ensemble analysé, cette conjonction apparaît comme la plus préoccupante du point de vue des services écosystémiques potentiels. Ces nectarivores assurent une pollinisation importante pour de nombreuses plantes endémiques et cultivées ; une contraction confirmée pourrait, en hypothèse, affecter la régénération forestière et la production maraîchère — chaîne causale à confirmer, d'autant que la borne supérieure de l'intervalle de confiance du Colibri huppé demeure proche de la stabilité.

**Passereaux de milieux ouverts.** Le Sporophile curio (espèce introduite) et le Sporophile cici, granivores souvent associés aux milieux ouverts, figurent en déclin modéré, sans inférence causale sur l'état de ces habitats dans cette édition (annexe G). Le Moqueur gorge blanche et le Moucherolle gobemouche, insectivores de forêt sèche et de sous-bois, présentent également un déclin modéré selon une écologie distincte des milieux ouverts.

**Dynamique des introduites.** L'Amazone aourou et l'Astrild ondulé affichent les taux de croissance annuels (GR) les plus élevés du jeu de données (l'Astrild ondulé en forte augmentation EBCC ; l'Amazone aourou en augmentation modérée après prise en compte de l'effet observateur, voir annexe F). Leur expansion soulève des questions sur la compétition pour les ressources (nichoirs, graines, fleurs) avec les espèces natives, sans établir de lien causal direct.

**Incertitudes résiduelles.** Les sept espèces incertaines (section 4.7) regroupent des taxons pour lesquels le modèle ne tranche pas : effectifs intermédiaires, variabilité inter-annuelle élevée ou effet observateur marqué. La justification détaillée, espèce par espèce, de cette classe — en distinguant les limites de modèle ou de protocole des tendances réellement faibles — figure en section 4.7. L'Oriole de Martinique — classé vulnérable (VU) sur la Liste rouge UICN (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2026a), avec une tendance STOC incertaine — et la Gallinule d'Amérique méritent une attention particulière du point de vue conservation.

## 5.3 Incertitudes méthodologiques

Les tendances reposent sur un GLMM à loi binomiale négative avec effets aléatoires site/point/observateur (chapitre 3). L'intégration de l'effet observateur modifie la classe EBCC pour 5 espèces par rapport à un modèle sans ce terme (détail en annexe F) : cette correction renforce la prudence sur les tendances marginalement significatives.

Les intervalles de confiance sont des intervalles de Wald sur le coefficient annuel ; pour les espèces à faible détectabilité ou forte surdispersion, ils peuvent être optimistes. Le seuil de représentativité (> 60 occurrences non nulles) exclut 51 espèces rares ou accidentelles dont l'absence d'analyse ne signifie pas l'absence de préoccupation de conservation.

Ces indicateurs reflètent l'abondance *détectée* et non l'effectif absolu : le modèle corrige les différences systématiques entre observateurs (effet aléatoire observateur), mais n'estime pas la probabilité de détection elle-même. Les tendances doivent donc être lues comme des indices d'abondance relative, sous l'hypothèse que la détectabilité de chaque espèce reste stable sur la période.

## 5.4 Analyses communautaires et habitat (hors périmètre)

Les analyses de diversité communautaire, de turnover par type d'habitat et les cartes de répartition fine ne sont pas intégrées à cette version du rapport et sont différées à des travaux ultérieurs. Leur réintégration future permettra de relier les tendances espèce par espèce à la configuration des paysages martiniquais ; en attendant, toute lecture « par habitat » doit rester prudente et est explicitement différée (annexe G).

## 5.5 Implications pour la conservation et le suivi futur

### Espèces prioritaires pour la conservation (lecture croisée STOC / UICN)

Les catégories UICN et les classes de tendance EBCC sont rapportées séparément ; une lecture croisée ne permet pas d'inférer de lien causal entre pressions de conservation et dynamique détectée.

#### 1. Menacées (UICN) et tendance STOC préoccupante

- **Moqueur gorge blanche** (*Ramphocinclus brachyurus*) : UICN **en danger** (EN) (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2026b) ; tendance STOC en **déclin modéré** (EBCC) — signal local cohérent avec l'évaluation de conservation.
- **Oriole de Martinique** (*Icterus bonana*) : UICN **vulnérable** (VU) (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2026a) ; tendance STOC **incertaine** (EBCC) — compatible avec une priorité de suivi malgré l'absence de classe de déclin au sens EBCC.

#### 2. Endémiques régionales en déclin modéré (UICN LC)

- **Colibri huppé** (*Orthorhynchus cristatus* subsp. *exilis*) : UICN LC ; tendance STOC en déclin modéré (EBCC).
- **Colibri madère** (*Eulampis jugularis*) : UICN LC ; tendance STOC en déclin modéré (EBCC).
- **Moucherolle gobemouche** (*Contopus latirostris*) : UICN LC ; tendance STOC en déclin modéré (EBCC).

Ces taxons endémiques des Petites Antilles ne sont pas classés menacés à l'échelle UICN ; le déclin modéré STOC appelle néanmoins un suivi renforcé, sans inférer de menace supplémentaire à partir de l'endémisme seul.

#### 3. Hors modèle, suivi à renforcer

- **Colibri falle-vert** (*Eulampis holosericeus*) : 691 observations sur la période, exclu du seuil de représentativité indicatorRoutine ; UICN LC. Priorité pour une future analyse de tendance.

**Priorités immédiates.** L'encadré ci-dessus hiérarchise les enjeux de conservation au regard des évaluations UICN et des tendances STOC. Les 6 espèces en déclin modéré appellent un suivi renforcé et, le cas échéant, des investigations ciblées (qualité des habitats de nectar, pesticides, prédation). Les 7 espèces incertaines nécessitent une consolidation du signal avant décision de gestion.

**Effort d'observation.** Le maintien du maillage de suivi (périmètre des décomptes spatiaux en section 2.1) et la diversification des contributeurs (voir annexe F) sont essentiels pour réduire l'incertitude sur les taxons à effectifs modérés. Les métriques d'effort annuel, comme illustré au chapitre 2 (figure 2.1) et détaillé en annexe C (tableau C.1), montrent un rebond après le creux de 2020–2021. 7 espèces demeurent à tendance incertaine ; les intervalles de confiance de Wald (section précédente) imposent par ailleurs prudence sur les tendances marginales.

**Chaîne de preuve.** Ce rapport s'appuie sur les indicateurs produits par indicatorRoutine (MNHN). Toute recommandation causale (pression pesticide, fragmentation) reste une hypothèse à investiguer dans des travaux complémentaires fondés sur les mêmes indicateurs et le même protocole de suivi.

# Chapitre 6

## Conclusion

### 6.1 Synthèse

Sur les 36 espèces détectées assez souvent pour permettre une analyse fiable de leur tendance (sur les 87 recensées), le suivi des oiseaux communs de Martinique sur douze ans (2014–2025) révèle une dynamique contrastée (cf. chapitre 5) : la répartition détaillée par classe de tendance (grille européenne standard EBCC : forte/modérée hausse, stable, déclin modéré, incertain) figure au résumé exécutif et au tableau 4.1 (chapitre 4).

Les signaux les plus préoccupants concernent les pollinisateurs natifs en déclin modéré (colibris) et certains passereaux de milieux ouverts. Les hausses incluent des espèces introduites et ne doivent pas être lues uniformément comme des succès de conservation (voir l’encadré du chapitre 5).

Les 87 espèces détectées traduisent une richesse de contact sur le réseau (114 495 observations, 14 054 passages) ; la vitalité du réseau (rétention des observateurs, diversité des contributeurs) est documentée en annexe F.

### 6.2 Signaux d’alerte et succès relatifs

Parmi les six espèces en déclin modéré, les espèces natives en déclin modéré — Colibri huppé, Colibri madère, Moucherolle gobemouche, Sporophile ceci et Moqueur gorge blanche — figurent parmi les signaux d’alerte les plus marqués du modèle courant (le Sporophile curio, également en déclin modéré, est une espèce introduite). Les deux espèces menacées (UICN) du sous-ensemble analysé — Moqueur gorge blanche (EN, déclin modéré EBCC) et Oriole de Martinique (VU, tendance incertaine EBCC) — confirment les priorités de conservation

identifiées en section 4.6 et dans l’encadré du chapitre 5. À l’inverse, la progression de plusieurs espèces (Sucrier à ventre jaune, Élénie siffleuse) et la stabilité d’espèces ubiquistes (Tyran gris, Paruline jaune) constituent des signaux positifs à confirmer par analyses complémentaires.

### 6.3 Limites et perspective

Ce rapport documente des tendances de population sur ce sous-ensemble d’espèces suffisamment fréquentes pour être analysées de façon fiable, sans établir de liens causaux directs avec des facteurs environnementaux ou des actions de gestion spécifiques. Les analyses communautaires et par habitat sont différées (annexe G). Les espèces à effectifs modérés (voir Annexe C) disposent d’une puissance statistique plus faible : leurs tendances individuelles restent plus incertaines que celles des espèces abondantes. La poursuite du suivi, couplée à la reproductibilité de la méthode *indicatorRoutine* (MNHN), permettra d’affiner les stratégies de conservation applicables aux populations d’oiseaux communs suivies et de pérenniser le dispositif STOC en Martinique.

Enfin, douze années constituent une fenêtre encore courte au regard des fluctuations inter-annuelles et des cycles naturels (épisodes cycloniques, sécheresses, variabilité climatique) : certaines tendances pourraient refléter des oscillations transitoires plutôt que des trajectoires durables, et demandent confirmation par la poursuite du suivi.

### 6.4 Orientations recommandées

Sur la base des tendances documentées dans ce rapport, les orientations suivantes sont recommandées.

**Aux décideurs** : intégrer ces tendances dans les plans d’aménagement ; prioriser le suivi des 6 espèces en déclin modéré et la clarification des 7 tendances incertaines.

**Aux gestionnaires** : maintenir le réseau de points et diversifier les observateurs (voir annexe F).

**À la communauté scientifique** : approfondir les mécanismes sous-jacents aux déclins des colibris et documenter les impacts des espèces introduites en hausse, dans une démarche d’analyse traçable et reproductible.

# Remerciements

Le programme STOC en Martinique est financé par la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL Martinique), qui en est le seul financeur ; la reconnaissance du programme s'adresse en priorité à cette direction pour son soutien financier et son engagement en faveur du suivi des oiseaux communs.

La reconnaissance s'adresse également au Parc naturel régional de la Martinique et à ses partenaires, initiateurs du suivi à long terme lancé en 2014, ainsi qu'à l'ensemble des 45 contributeurs du réseau d'observateurs bénévoles, dont la participation régulière sur le maillage de suivi rend possible l'estimation des tendances.

Les remerciements s'adressent à la coordination du programme STOC en Martinique pour l'organisation des campagnes et la qualité des données ; au Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et à l'équipe indicatorRoutine pour le développement méthodologique, la production des indicateurs et l'accompagnement scientifique ; ainsi qu'à Beatriz CONDE et David BELFAN pour la relecture et la validation de ce rapport.

# Annexe A

## Liste complète des espèces et tendances

Cette annexe présente la liste complète des 36 espèces d’oiseaux suivies dans le cadre du programme STOC (2014–2025), avec leurs indicateurs de tendance détaillés issus des indicateurs de tendance long terme produits par `indicatorRoutine` (MNHN).

### A.1 Tableau récapitulatif des tendances

**Table A.1** – *Indicateurs de tendance long terme par espèce (`indicatorRoutine`).*

Espèce	Code	GR	$\Delta$ %	$p$	Classe EBCC
Amazone aourou	AMAZON	1.166	+443.2%	7.56e-03	Augmentation modérée
Astrild ondulé	ASTRIL	1.164	+433.4%	8.18e-06	Forte augmentation
Colibri huppé	COLIBR	0.927	-56.8%	2.58e-02	Déclin modéré
Colibri madère	COLIB2	0.920	-60.2%	5.50e-03	Déclin modéré
Colombe rouviolette	COLOMB	1.026	+32.4%	5.75e-02	Incertain
Colombe à queue noire	COLOM2	1.041	+55.4%	9.94e-05	Augmentation modérée
Coulicou manioc	COULIC	0.980	-20.2%	8.82e-02	Stable
Gallinule d’Amérique	GALLIN	1.020	+23.9%	4.22e-01	Incertain
Héron garde-bœuf	HERONG	0.916	-62.1%	5.99e-02	Incertain
Héron vert	HERONV	0.989	-11.9%	5.23e-01	Stable
Merle à lunettes	MERLEA	1.013	+15.4%	5.48e-03	Augmentation modérée
Moqueur corossol	MOQUEU	1.052	+75.1%	2.13e-01	Incertain
Moqueur des savanes	MOQUE2	0.987	-13.7%	9.20e-02	Stable
Moqueur gorge blanche	MOQUE3	0.939	-49.8%	6.49e-03	Déclin modéré
Moqueur grivotte	MOQUE4	0.989	-11.1%	1.90e-01	Stable

**Table A.1** – Indicateurs de tendance long terme par espèce (*indicatorRoutine*) (suite).

Espèce	Code	GR	$\Delta$ %	$p$	Classe EBCC
Moucherolle gobe-mouche	MOUCHE	0.900	-68.6%	1.36e-02	Déclin modéré
Organiste louis-d'or	ORGANI	1.059	+87.5%	1.33e-01	Incertain
Oriole de Martinique	ORIOLE	0.990	-10.4%	7.30e-01	Incertain
Paruline jaune	PARULI	1.004	+5%	5.34e-01	Stable
Petite Buse	PETITE	1.034	+44.2%	3.62e-02	Augmentation modérée
Pigeon biset domestique	PIGEON	0.863	-80.1%	8.95e-02	Incertain
Quiscale merle	QUISCA	1.012	+13.6%	5.76e-03	Augmentation modérée
Saltator gros-bec	SALTAT	1.001	+0.8%	8.40e-01	Stable
Solitaire siffleur	SOLITA	1.008	+9.5%	5.11e-01	Stable
Sporophile ceci	SPOROP	0.984	-16.2%	1.13e-02	Déclin modéré
Sporophile curio	SPORO2	0.942	-48.3%	1.80e-04	Déclin modéré
Sporophile rougegorge	SPORO3	1.028	+35.3%	5.52e-11	Augmentation modérée
Sucrier à ventre jaune	SUCRIE	1.019	+23.5%	5.36e-09	Augmentation modérée
Tourterelle turque	TOURTE	1.092	+163.3%	1.93e-06	Forte augmentation
Tourterelle à queue carrée	TOURT2	1.028	+36%	2.24e-14	Augmentation modérée
Trembleur gris	TREMBL	1.043	+59.7%	4.39e-02	Augmentation modérée
Tyran gris	TYRANG	1.009	+10.9%	5.09e-02	Stable
Tyran janeau	TYRANJ	1.057	+83.9%	2.66e-06	Augmentation modérée
Vacher luisant	VACHER	1.041	+56.2%	8.75e-06	Augmentation modérée
Viréo à moustaches	VIREOA	1.020	+23.9%	4.13e-06	Augmentation modérée
Élénie siffleuse	ELENIE	1.023	+29%	1.59e-13	Augmentation modérée

## A.2 Classification des tendances par classe

Les listes nominatives et pourcentages ci-dessous reprennent les indicateurs de tendance long terme (*indicatorRoutine*, MNHN).

**Forte augmentation (2 espèces, 6 %) :** Astrild ondulé, Tourterelle turque.

**Augmentation modérée (13 espèces, 36 %) :** Amazone aourou, Colombe à queue noire, Merle à lunettes, Petite Buse, Quiscale merle, Sporophile rougegorge, Sucrier à ventre jaune, Tourterelle à queue carrée, Trembleur gris, Tyran janeau, Vacher luisant, Viréo à moustaches, Élénie siffleuse.

**Stable (8 espèces, 22 %) :** Coulicou manioc, Héron vert, Moqueur des savanes, Moqueur

grivotte, Paruline jaune, Saltator gros-bec, Solitaire siffleur, Tyran gris.

**Déclin modéré (6 espèces, 17 %) :** Colibri huppé, Colibri madère, Moqueur gorge blanche, Moucherolle gobemouche, Sporophile ceci, Sporophile curio.

**Incertain (7 espèces, 19 %) :** Colombe rouviolette, Gallinule d'Amérique, Héron garde-bœuf, Moqueur corossol, Organiste louis-d'or, Oriole de Martinique, Pigeon biset domestique.

## A.3 Figures de classification

Les graphiques de synthèse EBCC figurent au chapitre 4 : la figure 4.1 (diagramme en barres des effectifs par classe) et la figure 4.2 (synthèse des taux de croissance annuels avec intervalles de confiance).

## A.4 Notes méthodologiques

Les tendances sont estimées par un GLMM binomial négatif (indicatorRoutine, MNHN) puis classées selon la grille EBCC (Annexe B). Les espèces avec moins de 100 observations cumulées ou un indice de surdispersion supérieur à 2 sont signalées comme « données fragiles » en Annexe C.

# Annexe B

## Détails méthodologiques

Cette annexe complète le chapitre 3 (Méthodologie) en fournissant les détails des méthodes statistiques, des protocoles d'analyse et de la gestion des données.

### B.1 Modèle statistique et classification des tendances

#### B.1.1 Modèle linéaire généralisé mixte (GLMM)

Pour chaque espèce, un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) à loi binomiale négative est ajusté (paramétrisation quadratique, variance =  $\mu + \mu^2/\theta$ ) et lien logarithmique. Cette distribution est le choix retenu pour les données de comptage écologiques de type STOC, qui présentent une surdispersion marquée (variance supérieure à la moyenne) ; elle est fixée *a priori* dans le dispositif indicatorRoutine (MNHN).

La structure du modèle est la suivante :

$$\text{abondance}_{i,t} \sim \text{NegBin}(\mu_{i,t}, \theta)$$

$$\log(\mu_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + b_{0,s[i]} + b_{0,p[i]} + b_{1,p[i]} \cdot t + b_{0,o[i]}$$

où  $t$  est l'année (centrée et réduite à l'ajustement),  $s[i]$ ,  $p[i]$  et  $o[i]$  désignent respectivement le site, le point d'écoute et l'observateur de l'observation  $i$ ,  $b_{0,s}$  et  $b_{0,p}$  sont les effets aléatoires d'intercept (structure imbriquée du point dans le site),  $b_{1,p}$  est l'effet aléatoire de pente annuelle par point, et  $b_{0,o}$  est un effet aléatoire d'intercept par observateur (effet croisé) qui absorbe les différences systématiques de détection entre contributeurs. Le paramètre  $\theta$  contrôle la surdispersion de la loi binomiale négative. L'effet observateur est ajusté espèce par espèce ; la procédure indicatorRoutine (MNHN) conserve le terme observateur pour la totalité des 36 espèces ; pour les espèces à variance quasi nulle, le terme est estimé proche de zéro mais n'est pas omis.

L'effet fixe  $\beta_1$  représente la tendance annuelle moyenne sur l'échelle logarithmique. Le taux de croissance annuel (GR) est obtenu par exponentiation :  $GR = \exp(\beta_1)$ . La variation annuelle en pourcentage est  $(GR - 1) \times 100$ . Les paramètres sont estimés par maximum de vraisemblance, avec approximation de Laplace pour les effets aléatoires.

### B.1.2 Reproductibilité de l'analyse

Tout lecteur disposant des données de comptage peut reproduire l'analyse sans le dispositif MNHN en suivant la démarche suivante :

- pour chaque espèce, constituer le tableau croisant effectif détecté, point d'écoute, année et observateur, en incluant les zéros pour les années où l'espèce est suivie mais non contactée (absences imputées dès qu'au moins une détection a eu lieu sur la série) ;
- ajuster le GLMM binomial négatif spécifié ci-dessus par maximum de vraisemblance ;
- extraire  $\beta_1$ , son erreur-type, le  $GR = \exp(\beta_1)$  et l'intervalle de confiance de Wald, puis appliquer la grille de classification EBCC décrite ci-dessous.

Les indicateurs de tendance sont calculés avec le dispositif standardisé indicatorRoutine (MNHN).

### B.1.3 Classification EBCC des tendances

La tendance de chaque espèce est classée à partir de trois quantités issues du modèle : le taux de croissance annuel  $GR = \exp(\beta_1)$ , les bornes de son intervalle de confiance à 95 % ( $GR_{\text{inf}} = \exp(\beta_1 - 1,96 \text{ SE})$ ,  $GR_{\text{sup}} = \exp(\beta_1 + 1,96 \text{ SE})$ , intervalle de Wald), et la  $p$ -valeur du coefficient annuel (test de Wald,  $\Pr(> |z|)$ ).

- **Tendance significative** ( $p \leq 0,05$ ) :
  - **Forte augmentation** :  $GR > 1$  et  $GR_{\text{inf}} > 1,05$
  - **Augmentation modérée** :  $GR > 1$  et  $GR_{\text{inf}} \leq 1,05$
  - **Fort déclin** :  $GR < 1$  et  $GR_{\text{sup}} < 0,95$
  - **Déclin modéré** :  $GR < 1$  et  $GR_{\text{sup}} \geq 0,95$
- **Tendance non significative** ( $p > 0,05$ ) :
  - **Stable** : intervalle resserré ( $GR_{\text{inf}} > 0,95$  et  $GR_{\text{sup}} < 1,05$ )
  - **Incertain** : intervalle de confiance trop large pour conclure

Cette grille de classification est celle du dispositif indicatorRoutine (MNHN).

### B.1.4 Gestion des absences et seuil de représentativité

Les années sans observation pour une espèce donnée sont traitées comme des absences vraies lorsque l'espèce a été détectée au moins une fois durant la série temporelle (imputation des absences dès la première détection). Les espèces doivent satisfaire un seuil minimal de représentativité ( $n_{\text{occ}} > 5 \times n_{\text{années}}$ , soit 60 occurrences non nulles sur 12 ans) pour être incluses dans l'analyse des tendances.

## B.2 Analyse quantitative de la sélection des espèces

*Lecture optionnelle pour audit méthodologique. Cette section fournit la documentation technique complète de la sélection des espèces. Pour un aperçu synthétique, consulter section 2.6.*

**Périmètre de cette annexe technique.** Les statistiques détaillées ci-dessous caractérisent l'ensemble des **67 libellés de terrain non analysés** (103 libellés bruts distincts – 36 espèces analysées). Cet ensemble est plus large que les 51 espèces de niveau espèce non analysées (soit 87 espèces détectées – 36 espèces analysées) car il englobe aussi les regroupements de famille, les mentions « sp. »/RAS et les libellés de terrain indéterminés, qui ne sont pas comptés comme espèces détectées (section 2.6).

### B.2.1 Comparaison statistique : espèces analysées vs. libellés exclus

L'analyse comparative des 36 espèces analysées et des 67 libellés non analysés (section 2.6) révèle des différences statistiques majeures justifiant la sélection.

**Table B.1** – Métriques statistiques comparées pour les espèces analysées et exclues

Métrique	Analysées (n=36)	Exclues (n=67)
Observations totales	109 998 (96,1 %)	4 497 (3,9 %)
Observations moyennes par espèce	3055,5	67,1
Années présentes (sur 12)	12,0	6,1
Coefficient de variation (CV)	0,27	1,63
Surdispersion moyenne (variance/moyenne)	8,98	2,46
Observations annuelles minimales	141,6	1,6
Espèces avec $\geq 30$ obs/an (effectif fiable)	22/36 (61,1 %)	1/67 (1,5 %)
Espèces présentes toutes les années	36/36 (100.0 %)	12/67 (17,9 %)

La surdispersion rapportée dans ce tableau est le ratio variance/moyenne des effectifs annuels, et non le paramètre de dispersion  $\theta$  du GLMM binomial négatif (estimé espèce par espèce lors de l'ajustement).

### B.2.2 Caractérisation détaillée des espèces exclues

Les 67 libellés non retenus pour l'analyse des tendances se répartissent en trois catégories distinctes, documentées ci-dessous.

#### Distribution des espèces exclues par classe d'abondance

Les 67 libellés exclus se répartissent selon leur volume cumulé d'observations comme suit. La grande majorité présente une présence sporadique (détection dans moins de 8 années) et un

effectif insuffisant pour soutenir l'analyse de tendance, indépendamment de la cause d'exclusion.

**Table B.2** – *Distribution des espèces exclues par classe d'abondance*

Classe d'abondance	Nombre d'espèces	Pourcentage
≤ 10 observations	32	47,8 %
11-49 observations	19	28,4 %
50-99 observations	5	7,5 %
≥ 100 observations	11	16,4 %
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>100 %</b>

### Exemples d'espèces rares avec effectifs insuffisants :

- **50-99 observations** : Tisserin gendarme (76 obs), Sterne de Dougall (63 obs), Astrild à joues orange (55 obs), Euplecte franciscain (54 obs), Pélican brun (52 obs)
- **10-49 observations** : Capucin à tête noire (41 obs), Colibri à tête bleue (38 obs), Crécerelle d'Amérique (38 obs), Martinet sombre (33 obs), Hirondelle rustique (32 obs), Sterne fuligineuse (27 obs), Balbuzard pêcheur (25 obs), Bihoreau gris (22 obs), Apodidae (21 obs), Grande aigrette (19 obs), Gravelot semipalmé (17 obs), Hirundinidae (16 obs), Mouette atricilla (14 obs), Tournepierrre à collier (14 obs), Canard musqué (13 obs), Bécasseau minuscule (12 obs), Columbidae (11 obs), Sterne royale (11 obs), Sterne bridée (11 obs)
- **≤ 10 observations** (32 espèces) : Il s'agit très probablement de vagrants, migrants exceptionnels ou erreurs d'identification. Exemples : Chevalier solitaire (10 obs), Aigrette bleue (10 obs), trochilidae minuscule (9 obs), Limicole (8 obs), Astrild cendré (8 obs), Bécasseau semipalmé (6 obs), Pigeon à cou rouge (6 obs), Martinet générique (5 obs), Faucon émerillon (4 obs), Mimidae (4 obs), Lonchura sp. (4 obs), Capucin sp (3 obs), Chevalier criard (3 obs), Chevalier pattes jaunes (3 obs), Sterne sp (3 obs), Noddi brun (3 obs), Huîtrier d'Amérique (3 obs), Gallinacées (2 obs), Coq bankiva (2 obs), Colombe à croissant (2 obs), Grande héron (2 obs), Martin pêcheur d'Amérique (2 obs), RAS (2 obs), Fauconidae (2 obs), Bengali rouge (1 obs), Aigrette tricolore (1 obs), Anatidae (1 obs), Falconidé (1 obs), Tourterelle oreillard (1 obs), Egretta sp. (1 obs), Moqueur sp. (1 obs), Héron ? (1 obs)

**Couverture temporelle fragmentée** : Les espèces exclues sont présentes en moyenne dans seulement 6,1 années sur 12 (contre 12,0 pour les espèces analysées), indiquant une occurrence irrégulière incompatible avec l'analyse de tendance. Sur les 67 libellés exclus, seulement 12 (17,9 %) sont présents dans toutes les années, contre 36/36 (100,0 %) pour les espèces analysées.

### Identifications au niveau taxonomique de la famille (3 espèces)

Certaines observations n'ont pu être résolues au niveau de l'espèce et ont été enregistrées au niveau de la famille :

- Apodidae (martinets non identifiés, 21 obs)
- Hirundinidae (hirondelles non identifiées, 16 obs)
- Columbidae (pigeons/tourterelles non identifiés, 11 obs)

Ces observations génériques ne peuvent être attribuées à une espèce précise et sont donc inutilisables pour l'analyse des tendances spécifiques.

### Erreurs de saisie ou entrées non valides (2 catégories)

Quelques entrées correspondent à des erreurs de saisie ou à des codes non taxonomiques :

- « **RAS** » (2 obs) : Probablement « Rien À Signaler », entrée administrative non valide indiquant l'absence d'observation
- **Duplicatas avec variantes orthographiques** : Ex. : « Trochilidae » (majuscule) vs « trochilidae » (minuscule), « Héron? » avec point d'interrogation, « Moqueur sp. » avec double espace, etc. Ces erreurs de frappe ont été consolidées lors du nettoyage des données.

### B.2.3 Risques quantifiés de l'inclusion non sélective

L'inclusion des 67 libellés exclus dans les analyses de tendance entraînerait les problèmes suivants :

- **Effectifs annuels insuffisants** : Seul 1 des 67 libellés exclus (1,5 %) satisfait le critère indicatif de 30 observations annuelles, sans pour autant répondre aux critères de modélisation, contre 61,1 % des espèces analysées. Les intervalles de confiance seraient instables et non informatifs.
- **Instabilité temporelle** : Les espèces exclues sont présentes en moyenne dans seulement 6,1 années sur 12, empêchant toute distinction entre tendance écologique et occurrence sporadique.
- **Variance excessive** : Le coefficient de variation des espèces exclues dépasse nettement celui des espèces analysées (voir tableau B.1), indiquant que les estimations de tendance seraient dominées par le bruit statistique.
- **Impact négligeable sur la représentativité** : L'inclusion des 67 libellés exclus n'ajouterait que 3,9 % d'observations supplémentaires tout en introduisant 67 estimations de tendance bruitées, diluant le signal de conservation.
- **Absence de signification écologique** : 51 des 67 libellés exclus ont moins de 50 observations totales, indiquant un statut de vagrant, migrateur exceptionnel ou erreur d'identification. Analyser des « tendances » pour ces espèces serait écologiquement dénué de sens.

### B.2.4 Conclusion méthodologique

La sélection des 36 espèces repose sur des critères statistiques objectifs et vérifiables, garantissant que les conclusions du rapport sont robustes et défendables. L'approche adoptée maximise la qualité scientifique tout en valorisant l'effort exhaustif de terrain (toutes les 114 495 observations sont intégrées dans les métriques d'effort et les analyses spatiales).

Les critères et métriques de cette analyse comparative sont détaillés dans les sections précédentes de la présente annexe.

# Annexe C

## Évaluation de la qualité des données

Cette annexe synthétise les indicateurs de qualité couvrant 2014-2025, incluant la couverture spatiale, la régularité des observations, les contributions des observateurs et les métriques de fiabilité des données.

### C.1 Couverture annuelle et indicateurs de fiabilité

#### C.1.1 Tableau 1. Effort annuel et couverture du réseau

Année	Individus	Points	Observateurs	Moy./Point	IC 95% Bas	IC 95% Haut
2014	5 853	410	25	14,28	13,49	15,06
2015	9 442	530	28	17,82	17,17	18,46
2016	12 757	590	30	21,62	20,62	22,62
2017	12 111	600	29	20,19	19,18	21,20
2018	11 569	641	24	18,05	17,46	18,64
2019	12 425	637	22	19,51	18,79	20,22
2020	14 061	630	14	22,32	21,49	23,15
2021	14 168	628	12	22,56	21,80	23,32
2022	15 408	630	16	24,46	23,56	25,35
2023	14 163	639	15	22,16	21,33	23,00
2024	13 836	649	26	21,32	20,57	22,07
2025	13 405	647	30	20,72	19,78	21,66

**Table C.1** – Synthèse annuelle de l'effort de collecte (2014-2025). Colonne Observateurs : personnes physiques (déduplication par visite ; voir annexe F). Les intervalles de confiance à 95 % sont des intervalles  $t$  sur les totaux annuels par point (non issus du GLMM). Moy./Point = indice d'abondance moyen (individus détectés par point d'écoute visité).

### C.1.2 Interprétation des indicateurs

**Couverture spatiale :** Le nombre de points visités annuellement varie de 410 (2014) à 649 (2024), avec une stabilisation autour de 628–649 points depuis 2018. Cette couverture assure une représentativité à l'échelle de l'île et limite les biais liés à la surreprésentation de zones accessibles.

**Réseau observateur :** Le nombre de contributeurs physiques fluctue entre 12 et 30 personnes par année (déduplication par visite), avec un pic en 2016 (30 personnes) et une contraction en 2020-2023 (12–16 personnes). Le rebond récent (26–30 personnes depuis 2024) indique une reconstitution du noyau actif.

**Indice d'abondance moyen :** Malgré les variations d'effort, l'indice reste remarquablement stable (14,3-24,5 individus/point). Les colonnes IC 95 % du tableau C.1 sont des intervalles  $t$  à 95 % sur les totaux annuels par point (cf. légende du tableau ; non issues du GLMM) ; sur cette base, ces bornes demeurent relativement étroites. Cette stabilité est compatible avec un protocole homogène sur la période.

## C.2 Qualité des données par espèce

### C.2.1 Tableau 2. Critères de fiabilité par classe d'abondance

Classe d'abondance	Espèces	Obs. min.	Statut	Recommandation
Très abondantes (>5 000)	10	5 816	<b>Robuste</b>	Tendances fiables
Abondantes (1 000-5 000)	10	1 028	<b>Robuste</b>	Tendances fiables
Modérées (100-1 000)	16	103	<b>Acceptable</b>	Suivi renforcé recommandé

**Table C.2** – Classification des espèces analysées par fiabilité des données, sur la base de l'effectif cumulé d'observations. Sous le seuil de représentativité MNHN actuel ( $nbOcc > 5 \times$  nombre d'années, soit  $> 60$ ), toutes les espèces analysées disposent d'un effectif suffisant pour des analyses robustes ; la catégorie « Rares » ( $< 100$  observations) est vide sous les règles actuelles et n'est plus reportée. Les espèces très abondantes et abondantes permettent des analyses de tendance robustes. Les espèces modérées nécessitent une interprétation prudente et un suivi renforcé pour améliorer la précision.

### C.2.2 Critères d'exclusion et de flagging

Les espèces présentant moins de 100 observations cumulées ou un indice de surdispersion (variance/moyenne) supérieur à 2 sont signalées comme « données fragiles » et interprétées avec prudence. Les intervalles de confiance de ces espèces sont élargis pour refléter l'incertitude accrue.

## C.3 Uniformité des contributions observateurs

### C.3.1 Tableau 3. Régularité de participation (2014-2025)

Métrique	Valeur	Interprétation
Contributeurs distincts (cumul)	45 pers.	Réseau diversifié et stable
Transects actifs (2025)	65	Couverture géographique de <i>l'année de référence</i>
Points d'écoute uniques (2014-2025)	711	Union cumulative sur douze ans
Passages cumulés	14 054	Effort soutenu sur 12 ans
Exécution du plan (2025)	99,7 %	Points visités / pic opérationnel
Passages doubles (transects, 2025)	98,5 %	Protocole STOC-EPS ( $\geq 2$ passages)

**Table C.3** – Synthèse des indicateurs d'uniformité du réseau observateur. L'exécution du plan en 2025 mesure la part des 649 points du pic opérationnel effectivement visités (647 visités, 2 absents). Les passages doubles indiquent la part des transects ayant enregistré au moins deux passages distincts durant l'année de référence.

## C.4 Validation et contrôle qualité

### C.4.1 Procédures de vérification

1. **Contrôle automatique des doublons** : Chaque observation est vérifiée pour éviter les saisies dupliquées (même espèce, même point, même date, même observateur).
2. **Validation taxonomique** : Les identifications sont confrontées à la liste rouge régionale et aux guides d'identification validés. Les espèces hors aire de répartition connue déclenchent une revue manuelle.
3. **Audit périodique (recommandé, à formaliser)** : Il est recommandé de comparer périodiquement les estimations du modèle aux connaissances de terrain (comptages ponctuels ciblés, retours des gestionnaires) ; un écart marqué, de l'ordre de 20 %, pourrait déclencher une revue conjointe. La cadence et le seuil de cette procédure restent à formaliser dans le cadre du programme.
4. **Calibration observateurs** : Une session de formation annuelle rappelle les protocoles d'identification, la calibration des estimations de distance et les procédures de saisie.

### C.4.2 Taux de détection et biais potentiels

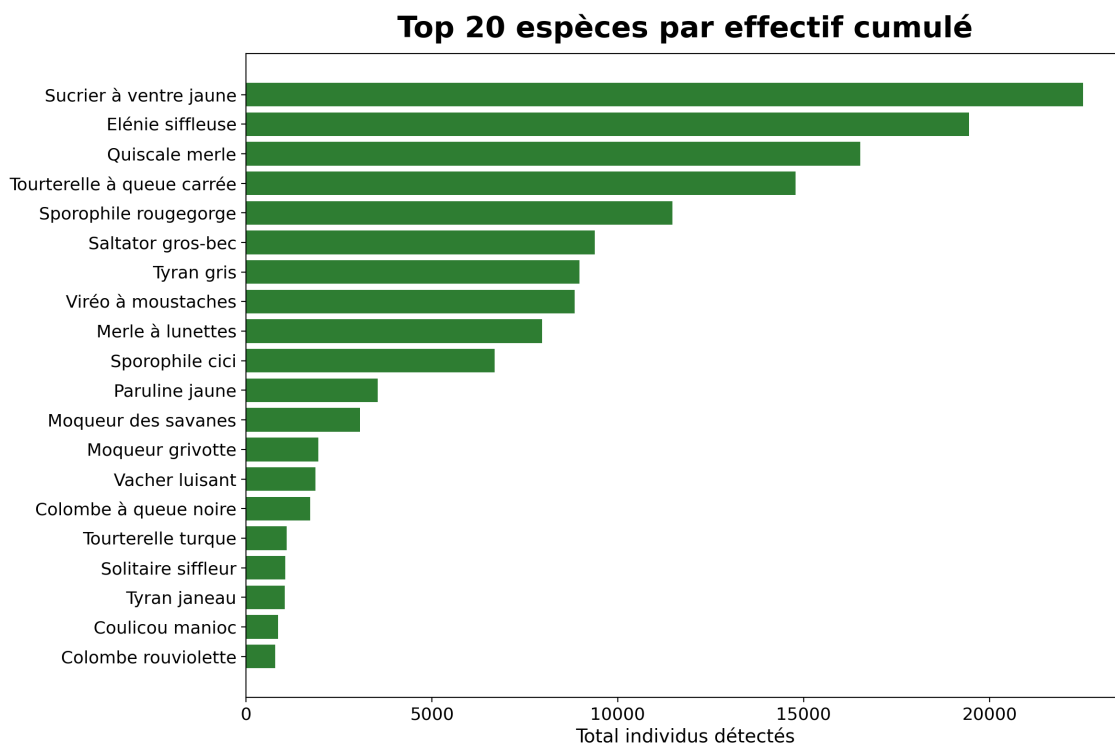
Près du tiers des détections (34 398 sur 114 495 occurrences) se font à moins de 25 mètres du point d'écoute, indiquant une excellente qualité d'identification. Les contacts à distance >100 mètres (2,2 % du total) sont documentés mais interprétés avec prudence.

Les biais observateurs potentiels sont limités par :

- L'utilisation d'un protocole standardisé (5 minutes d'observation active par point).
- La reconduction régulière du réseau (même points, mêmes transects).
- L'enregistrement numérique des chants rares pour validation ultérieure.
- La formation annuelle et la calibration des équipes.

## C.5 Distribution des effectifs et couverture spatiale par espèce

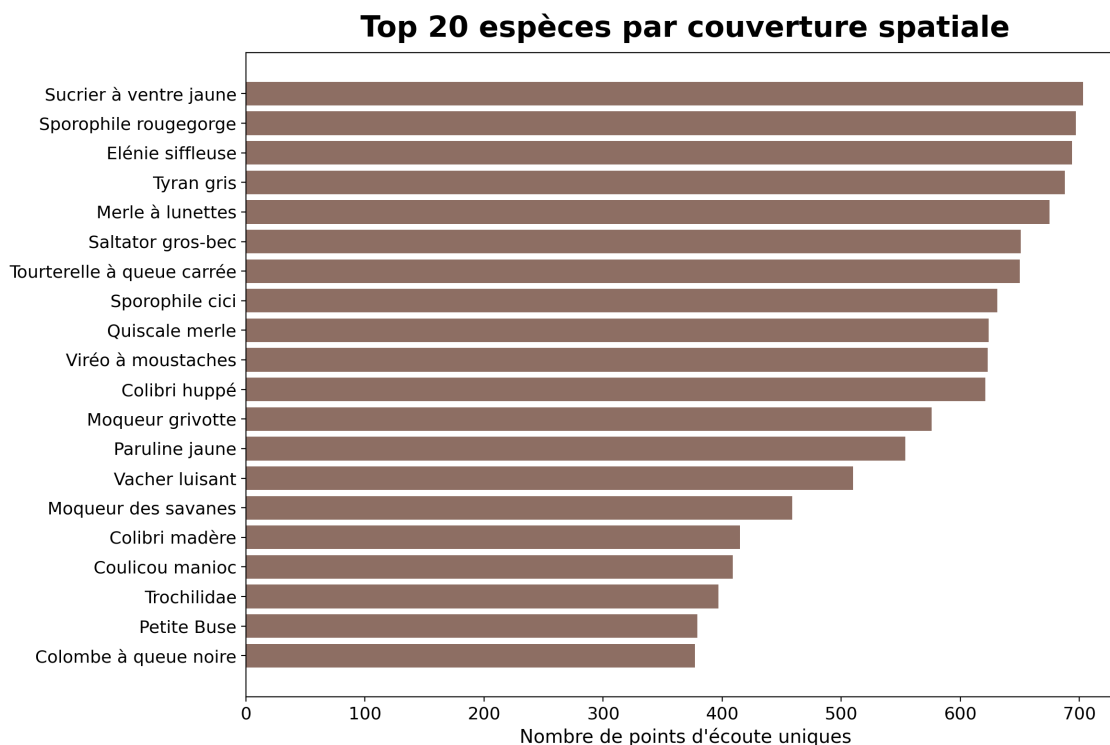
Les figures suivantes, établies à partir de la base de données du programme, complètent la vue d'ensemble des tendances en documentant les effectifs cumulés et la couverture spatiale par espèce. La figure C.1 classe les vingt espèces les plus abondantes en effectif cumulé sur la période ; la figure C.2 présente, pour le même sous-ensemble, la couverture spatiale (nombre de points d'écoute distincts). Une forte abondance cumulée sans couverture spatiale large signale une dépendance à quelques sites, tandis qu'une couverture étendue avec effectifs modérés traduit une présence diffuse. Ces deux vues éclairent le filtre de représentativité appliqué aux 36 espèces retenues pour les tendances (seuil  $\text{nbOcc} > 5 \times \text{nombre d'années}$ , voir chapitre 3 et section 2.6) : les espèces analysées combinent en général des effectifs suffisants et une répartition sur le maillage du réseau.



**Figure C.1** – *Top 20 espèces par effectif cumulé (2014–2025), d’après la base de données du programme.*

## C.6 Recommandations techniques

**Note du coordinateur — hors résultats empiriques.** Les propositions suivantes relèvent du coordinateur technique du programme ; elles ne constituent pas des constats empiriques du présent rapport.



**Figure C.2** – *Top 20 espèces par couverture spatiale (points d'écoute uniques).*

1. **Harmonisation des métadonnées** : Standardiser les champs de la base de données du programme (codes de distance, champs de statut) pour faciliter la reconduction des analyses et l'intégration dans une base de données relationnelle.
2. **Suivi renforcé des espèces fragiles** : Pour les 16 espèces avec <1 000 observations, envisager des prospections ciblées en périodes clés (floraison pour les nectarivores, nidification pour les spécialistes).
3. **Documentation des absences** : Enregistrer systématiquement les raisons des non-visites (météo, accès, absence d'observateur) pour améliorer les modèles d'imputation.
4. **Pérennisation du réseau** : Viser un effort de l'ordre de grandeur récent (environ 640 points et de 26 à 30 observateurs, cf. tableau C.1) pour soutenir la puissance statistique des analyses de tendance. Ces valeurs sont indicatives et constituent un repère à formaliser, non un seuil requis.
5. **Intégration des données environnementales** : Coupler les observations avec des variables climatiques (température, précipitations) et d'occupation des sols pour contextualiser les tendances.

# Annexe D

## Glossaire

Ce glossaire définit les termes techniques, statistiques et écologiques utilisés dans ce rapport.

### D.1 Termes statistiques

**Loi binomiale négative** : Distribution de probabilité pour données de comptage surdispersées, paramétrée par la moyenne  $\mu$  et un paramètre de dispersion  $\theta$ .

**Indice d'abondance** : Nombre moyen d'individus détectés par point d'écoute, utilisé comme mesure standardisée de l'abondance relative d'une espèce.

**Indice de Shannon** : Mesure de diversité qui prend en compte à la fois la richesse spécifique (nombre d'espèces) et l'équitabilité (uniformité de leur répartition). Valeurs typiques entre 1,5 et 3,5.

**Indice de Simpson** : Mesure de diversité représentant la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à des espèces différentes. Valeurs proches de 1 indiquent une forte diversité.

**Intervalle de confiance à 95 %** : Plage de valeurs dans laquelle se trouve la vraie valeur du paramètre avec une probabilité de 95 %. Plus l'intervalle est étroit, plus l'estimation est précise.

**Modèle linéaire généralisé mixte (GLMM)** : Extension des modèles linéaires généralisés intégrant des effets aléatoires pour tenir compte de la structure hiérarchique des données (points d'écoute imbriqués dans les sites).

**Surdispersion** : Situation où la variance des données est supérieure à la moyenne, indiquant une forte hétérogénéité spatiale ou temporelle.

**Taux de croissance annuel (GR)** : Facteur multiplicatif annuel dérivé du coefficient de pente du modèle :  $GR = \exp(\beta_1)$ . Un GR inférieur à 1 indique un déclin, un GR supérieur à 1 une

augmentation.

## D.2 Termes écologiques

**Autochtone** : Espèce native de la région, présente naturellement sans intervention humaine.

**Endémique** : Espèce dont l'aire de répartition est restreinte à une région géographique spécifique (ex : Petites Antilles, Martinique).

**Équitabilité** : Mesure de l'uniformité de la répartition des abondances entre espèces. Une équitabilité élevée indique que les espèces ont des abondances similaires.

**Exotique** : Espèce introduite par l'homme, volontairement ou accidentellement, en dehors de son aire de répartition naturelle.

**Frugivore** : Espèce se nourrissant principalement de fruits.

**Granivore** : Espèce se nourrissant principalement de graines.

**Guilde écologique** : Groupe d'espèces exploitant les mêmes ressources de manière similaire (ex : guilde des nectarivores, guilde des insectivores).

**Insectivore** : Espèce se nourrissant principalement d'insectes et autres arthropodes.

**Nectarivore** : Espèce se nourrissant principalement de nectar floral (ex : colibris).

**Pollinisateur** : Espèce qui transporte le pollen d'une fleur à l'autre, facilitant la reproduction des plantes.

**Richesse spécifique** : Nombre total d'espèces présentes dans une communauté ou un écosystème.

**Services écosystémiques** : Bénéfices que les humains tirent des écosystèmes (ex : pollinisation, régulation des ravageurs, régénération forestière).

**Spécialiste** : Espèce ayant des exigences écologiques étroites (habitat, nourriture, nidification).

**Généraliste** : Espèce ayant des exigences écologiques larges, capable d'exploiter une grande variété de ressources et d'habitats.

## D.3 Termes d'habitats

**Agroforesterie** : Système de gestion des terres combinant arbres et cultures agricoles.

**Forêt humide** : Forêt tropicale recevant plus de 2000 mm de précipitations annuelles, caractérisée par une canopée dense et une forte biodiversité.

**Forêt sèche** : Forêt tropicale recevant moins de 1500 mm de précipitations annuelles, avec une saison sèche marquée.

**Lisière** : Zone de transition entre deux habitats (ex : forêt et prairie), souvent riche en biodiversité.

**Mangrove** : Écosystème côtier caractérisé par des arbres adaptés à l'eau salée, jouant un rôle crucial pour la protection côtière et la biodiversité.

**Mosaïque de paysages** : Ensemble d'habitats différents juxtaposés, créant une diversité d'écosystèmes à petite échelle.

**Trame verte et bleue** : Réseau écologique formé de continuités écologiques terrestres (trame verte) et aquatiques (trame bleue), permettant la circulation des espèces.

**Zone humide** : Terrain saturé d'eau de façon permanente ou temporaire (marais, marécages, tourbières), abritant une biodiversité spécifique.

## D.4 Acronymes

**EBCC** : Conseil européen du recensement des oiseaux (European Bird Census Council) ; référentiel de classification des tendances de population aviaire

**GLMM** : Modèle linéaire généralisé mixte (Generalized Linear Mixed Model)

**GR** : Taux de croissance annuel

**CI** : Intervalle de confiance

**MNHN** : Muséum National d'Histoire Naturelle

**ODD** : Objectifs de Développement Durable

**DEAL** : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**STOC** : Suivi Temporel des Oiseaux Communs

# Annexe E

## Références et ressources

### E.1 Sources de données

**Base de données STOC Martinique** : Observations standardisées collectées sur un maillage STOC-EPS reconduit (711 emplacements distincts enregistrés sur la période 2014–2025). Gestionnaire : Programme de Suivi des Oiseaux de Martinique.

Les indicateurs de tendance par espèce (tendance long-terme et variations annuelles) sont produits par le dispositif standardisé indicatorRoutine (MNHN).

### E.2 Cadres de référence

#### E.2.1 Politiques et stratégies

**Stratégie Nationale pour la Biodiversité 2011-2020** : Cadre français pour la conservation de la biodiversité, décliné au niveau régional en Martinique.

**Plan Régional d'Adaptation au Changement Climatique (Martinique)** : Stratégie d'adaptation incluant la conservation des écosystèmes et de la biodiversité.

**Réseau Natura 2000** : Réseau européen de sites naturels protégés, incluant plusieurs zones en Martinique abritant des espèces d'oiseaux prioritaires.

**Objectifs de Développement Durable (ODD)** : Notamment ODD 14 (Vie aquatique) et ODD 15 (Vie terrestre), auxquels contribue ce programme de suivi.

## E.2.2 Protocoles et méthodes

**Protocole STOC-EPS** : Suivi Temporel des Oiseaux Communs par Échantillonnage Ponctuel Simple, adapté au contexte caribéen.

**Normes de saisie et validation** : Protocoles standardisés pour l'identification, l'enregistrement et la validation des observations.

## E.3 Contacts et ressources

### E.3.1 Programme de suivi

**Coordination scientifique** : Programme de Suivi Temporel des Oiseaux Communs, Martinique

**Partenaires institutionnels** :

- Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL)
- Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)
- Office Français de la Biodiversité (OFB)

### E.3.2 Accès aux données

Les données brutes et les analyses sont disponibles sur demande auprès de la coordination du programme. Les fiches espèces et les rapports de synthèse sont accessibles auprès de la coordination du programme.

### E.3.3 Pour en savoir plus

**Rapports annuels** : Synthèses annuelles des résultats du suivi (2014-2025)

**Publications scientifiques** : Articles en préparation sur les tendances de population et les services écosystémiques

**Sciences citoyennes** : Opportunités de participation au programme de suivi (formation, prospections, saisie de données)

## E.4 Citation recommandée

Pour citer ce rapport :

*Programme de Suivi des Oiseaux de Martinique (2026). Tendances de Population 2014-2025 : Douze années de surveillance de l'avifaune caribéenne. Rapport technique, Martinique, Antilles françaises.*

# Annexe F

## Analyse détaillée des contributions observateurs

Cette annexe regroupe les métriques d'effort et de structure du réseau observateur qui complètent les indicateurs de tendance par espèce, à partir de la base de données du programme.

### F.1 Structure du réseau

Le programme a mobilisé 45 observateurs physiques sur la période 2014–2025 (49 libellés bruts dans la base de données du programme, 40 identifiants analytiques utilisés pour l'ajustement des modèles). Les contributions individuelles présentent une forte hétérogénéité (coefficient de Gini  $G = 0,673$ ) : le nombre d'observations par identifiant de ligne varie de 51 à 42222 observations, soit une amplitude de 827,9 fois. Cette distribution asymétrique est caractéristique des programmes de sciences participatives, où un noyau restreint de contributeurs réguliers soutient l'essentiel de l'effort de collecte.

#### F.1.1 Contributeur dominant

Le contributeur dominant (CONDE Beatriz) assure 36,9 % des observations totales, avec une présence continue sur 12 années, 46 transects couverts et 80 espèces détectées. Cette concentration est à la fois une force (expertise, continuité) et une vulnérabilité (risque de dépendance) pour le programme.

#### F.1.2 Indicateurs de régularité

Le taux de rétention moyen du noyau d'observateurs réguliers atteint 90,0 % (personnes physiques, déduplication par visite), au-dessus du seuil indicatif de 75 %. Selon l'expérience du programme,

un noyau d'environ 10–15 observateurs réguliers vise la continuité temporelle, complété par des contributeurs occasionnels garantissant la couverture spatiale.

## F.2 Effet aléatoire observateur dans le GLMM

L'identité de l'observateur est explicitement intégrée aux modèles de tendance sous la forme d'un effet aléatoire d'intercept par observateur (effet croisé, non imbriqué dans la structure site/point), qui capte les différences systématiques de détection entre contributeurs. L'écart-type inter-observateur estimé (échelle logarithmique) atteint une médiane de 0,42 et culmine à 1,17 selon les espèces (issus de l'ajustement des modèles de tendance, `indicatorRoutine`, MNHN) ; il est conservé par le modèle pour la totalité des 36 espèces analysées.

La prise en compte de cette variabilité tempère les tendances marginalement significatives : par rapport à un modèle sans terme observateur, 5 espèces changent de classe EBCC, sans direction unique :

- Amazone aourou : forte augmentation → augmentation modérée
- Colombe rouviolette : augmentation modérée → incertain
- Moqueur des savanes : déclin modéré → stable
- Sporophile ceci : stable → déclin modéré
- Tyran gris : augmentation modérée → stable

Cette hétérogénéité invite à une lecture prudente des tendances marginalement significatives.

## F.3 Robustesse et vulnérabilité du réseau

Les indicateurs de structure convergent vers une lecture nuancée de la robustesse du dispositif. D'une part, la rétention moyenne élevée (90,0 %) traduit une continuité du noyau d'observateurs d'une année sur l'autre, gage de cohérence du suivi sur la période ; le maintien d'un terme observateur dans le modèle de tendance pour la totalité des 36 espèces analysées garantit par ailleurs que les différences de détection ne sont pas confondues avec les tendances. D'autre part, la forte concentration de l'effort — coefficient de Gini de 0,673 et part de 36,9 % des observations assurée par le seul contributeur dominant — constitue une vulnérabilité structurelle : une part substantielle du signal repose sur un nombre réduit de contributeurs, et un retrait de l'un d'eux affecterait sensiblement la couverture. Cette tension entre continuité et dépendance éclaire la portée de l'effet observateur : les 5 reclassements EBCC induits par sa prise en compte montrent qu'une fraction de l'effort fortement concentrée peut peser sur les tendances marginales, ce qui justifie à la fois le terme observateur du modèle et la prudence sur les classes proches des seuils.

## F.4 Recommandations opérationnelles

**Note du coordinateur — hors résultats empiriques.** Les propositions suivantes relèvent du coordinateur technique du programme ; elles ne constituent pas des constats empiriques du présent rapport.

Pour renforcer la résilience du programme face à la concentration actuelle de l'effort :

- **Aux coordinateurs** : recruter et former 2–3 observateurs supplémentaires au profil similaire aux contributeurs réguliers (engagement long terme, couverture spatiale large, expertise méthodologique)
- **Aux coordinateurs** : documenter les protocoles de calibration et les critères d'identification utilisés par les observateurs clés
- **Aux coordinateurs** : mettre en place un système de double comptage annuel (10–15 % des points) pour valider la qualité de détection
- **Aux coordinateurs** : diversifier les sources de données (pièges photographiques, enregistrements acoustiques passifs) pour compléter les observations visuelles

## F.5 Périmètre exclu

Les visualisations de regroupements d'observateurs (ACP, dendrogrammes) ne sont pas incluses dans cette édition et sont reportées à un travail ultérieur (hors périmètre de cette édition).

# Annexe G

## Analyses spatiales et distribution par habitat

Cette édition n'intègre pas les analyses par habitat ni les diagnostics spatiaux. Le rapport se limite aux indicateurs de tendance espèce par espèce décrits au chapitre 3 ; les analyses communautaires par type d'habitat, les cartes de répartition fine et les diagnostics spatiaux sont explicitement reportés à une édition ultérieure (voir le périmètre exclu du chapitre 3 et l'encadré du chapitre 5).

### G.1 Ce que ces analyses exigeraient

Relier les tendances d'abondance à la configuration des paysages martiniquais suppose des éléments qui dépassent le périmètre des indicateurs de tendance présentés ici :

- un typage d'habitat fiable à l'échelle du point d'écoute (et non au seul niveau de l'île), associé à chaque station du réseau ;
- un cadre d'analyse communautaire (composition, turnover entre milieux) explicitement spécifié et validé, distinct du modèle de tendance espèce par espèce ;
- un traitement spatial explicite de l'autocorrélation entre points proches, que le modèle actuel n'intègre pas.

### G.2 Pourquoi le report

En l'absence d'un protocole d'analyse habitat/spatial documenté et validé pour cette édition, présenter de telles sorties exposerait à des conclusions par habitat insuffisamment étayées. Conformément au périmètre interprétatif retenu (chapitre 5), le rapport s'en tient donc aux tendances d'abondance espèce par espèce, qui constituent les seuls faits établis de cette version. Une édition ultérieure disposant d'un typage d'habitat au point d'écoute et d'un cadre d'analyse

communautaire validé pourra étendre ce diagnostic sans remettre en cause les tendances établies ici.

# Références bibliographiques

- BIRDLIFE INTERNATIONAL. (2026a). *Martinique Oriole Icterus bonana* [Liste rouge UICN : vulnérable (VU)]. Récupérée juin 22, 2026, à partir de <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/martinique-oriole-icterus-bonana>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. (2026b). *White-breasted Thrasher Ramphocinclus brachyurus* [Liste rouge UICN : en danger (EN)]. Récupérée juin 22, 2026, à partir de <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/white-breasted-thrasher-ramphocinclus-brachyurus/summary>