

Protection des nids de tortues marines contre la prédation par la petite mangouste indienne *Urva auropunctata* en Guadeloupe et Martinique

Synthèse interannuelle, évaluation des méthodes, meilleures pratiques



Résumé

La petite mangouste indienne *Urva auropunctata* est un mammifère originaire d'Asie qui a été introduit dans de nombreuses îles des Caraïbes et du Pacifique dans le but de réguler les populations de rongeurs et de vipéridés. Cette tentative de lutte biologique a échoué et a conduit à la raréfaction ou l'extinction de nombreux animaux indigènes. La mangouste est fréquemment responsable de prédateurs sur les pontes des trois espèces de tortues marines qui nidifient en Guadeloupe et Martinique. Des opérations de protection des nids sont entreprises annuellement dans le cadre du Plan National d'Actions en faveur des Tortues Marines aux Antilles Françaises. Elles consistent à réguler les effectifs de mangouste par piégeage et sont parfois complétées par la mise en œuvre de protocoles d'aversion gustative conditionnée (AGC) ou de protection mécanique.

Les données issues des 15 campagnes de protection entreprises sur 10 sites de nidification de tortues marines des îles de Guadeloupe et Martinique ont été compilées et analysées dans le but de décrire les modalités employées, évaluer leur efficacité et proposer des améliorations. Parallèlement, 46 stations de piégeage photographique ont été déployées de mars à août 2023 sur quatre sites de ponte des deux territoires afin d'évaluer l'effet du piégeage sur l'abondance des mangoustes.

Au total, 932 mangoustes ont été capturées entre 2012 et 2023. Les modalités et résultats des campagnes de piégeage sont très variables d'une année et d'un territoire à l'autre avec des efforts compris entre 312 et 1672 jours*pièges (moyenne = 782) et un nombre d'individus capturés allant de 34 à 141 (moyenne = 62). De 1 à 6 sites de nidification sont protégés par an et par territoire principalement entre mars et août. Les pièges utilisés sont majoritairement des cages à battants et récemment des pièges vulnérants DOC 250. Les protocoles d'AGC et de protection mécanique des pontes ont été testés sur des échantillons de petite taille qui n'ont pas permis de conclure sur leur efficacité.

L'évolution de l'indice relatif d'abondance (RAI) calculé sur la base du piégeage photographique met en évidence un impact nul à faible des actions de captures menées en 2023 sur les effectifs de mangouste pour deux sites de pontes de Guadeloupe. A l'inverse, une diminution drastique de l'abondance relative est mesurée après les sessions de piégeage sur un site de nidification de Martinique tandis que les données produites sur le quatrième site n'ont pas pu être exploitées. Les densités de mangoustes estimées sur les plages de Guadeloupe par Random Encounter Model varient entre 0,36 [0,09 – 1,35] et 1,7 [0,75 – 3,89] individus à l'hectare.

La meilleure adaptation des grilles de piégeage à l'écologie de la mangouste par l'accroissement de la distance laissée entre les pièges pourrait drastiquement améliorer l'impact des actions de capture. La généralisation de l'usage de pièges vulnérants comme le DOC 200 et 250 qui ne nécessitent pas d'être relevés quotidiennement pourrait faciliter une couverture temporelle plus exhaustive de la saison de nidification à moyens humains constants. Il semble peu probable que l'AGC ou la protection mécanique permettent d'améliorer l'efficacité ou de diminuer le coût des opérations par rapport au piégeage.

L'Indice d'Abondance Relatif (RAI) mesuré par piégeage photographique semble être un indicateur utilisable pour mesurer l'impact des captures sur l'abondance de mangoustes qui peut être complété par un suivi des prédateurs. L'examen du succès de nidification sur des sites protégés et des sites témoins pourrait permettre d'estimer l'ordre de grandeur du nombre de tortillons émergents sauvés par la protection des nids.

Sept fiches « meilleures pratiques de piégeage » et une boîte à outil numérique (formulaires de saisie, scripts R, ...) ont été créés et sont mises à disposition des opérateurs.

Abstract

The small Indian mongoose *Urva auropunctata* is a mammal native to Asia that has been introduced to many Caribbean and Pacific islands with the aim of regulating rat and viper populations. This attempt of biological control failed and led to the rarefaction or extinction of many native animals. The mongoose is frequently responsible for preying on the hatchlings of the three species of sea turtle that nest in Guadeloupe and Martinique. Nest protection operations are undertaken annually as part of the National Action Plan for Sea Turtles in the French West Indies. These consist of regulating mongoose numbers by trapping and are sometimes supplemented by the implementation of conditioned taste aversion (CTA) or mechanical protection protocols.

Data from 15 protection campaigns undertaken at 10 marine turtle nesting sites on the islands of Guadeloupe and Martinique were compiled and analysed in order to describe the methods used, assess their effectiveness and suggest improvements. At the same time, 46 camera trapping stations were deployed from March to August 2023 at four nesting sites in the two territories in order to assess the impact of trapping on mongoose abundance.

A total of 932 mongooses were caught between 2012 and 2023. The methods and results of the trapping campaigns varied greatly from one year and one area to the next, with effort ranging from 312 to 1,672 trap-days (mean = 782) and the number of individuals caught ranging from 34 to 141 (mean = 62). Between 1 and 6 nesting sites are protected per year and per territory, mainly between March and August. Most of the traps used are livetraps, and more recently DOC 250 traps. The AGC and mechanical egg-laying protection protocols were tested on small samples, but no conclusions could be drawn as to their effectiveness.

Changes in the relative abundance index (RAI) calculated by camera trapping show a low impact of the capture actions on mongoose numbers for two Guadeloupe egg-laying sites in 2023. Conversely, a drastic reduction in relative abundance was measured after the trapping sessions at a nesting site in Martinique, while the data produced at the fourth site could not be used. The densities of mongooses estimated on the beaches of Guadeloupe by Random Encounter Model vary between 0.36 [0.09 - 1.35] and 1.7 [0.75 - 3.89] individuals per hectare.

Better adaptation of trapping grids to the ecology of the mongoose by increasing the distance left between traps could drastically improve the impact of capture actions. Widespread use of kill traps such as the DOC 200, which do not need to be maintained daily, could facilitate more exhaustive temporal coverage of the nesting season with constant human resources. It seems unlikely that AGC or mechanical protection will improve the efficiency or reduce the cost of operations compared with trapping.

The Relative Abundance Index (RAI) measured by photographic trapping seems to be a usable indicator for measuring the impact of captures on mongoose abundance, which can be supplemented by monitoring nest predations. Examination of nesting success on protected and control sites could contribute to estimate the order of magnitude of the number of emerging turtles saved by nest protection.

Seven "best trapping practice" sheets and a digital toolbox (data entry forms, R scripts, etc.) have been created and are available to operators.

Table des matières

Résumé	2
Abstract	3
1 Introduction	7
2 Matériel et méthodes	8
2.1 Collecte et exploitation des données acquises depuis 2012.....	8
2.2 Evaluation de l'impact des opérations de capture menée en 2023 sur les densités de mangoustes 8	
2.3 Dissections	10
2.4 Traitement des données.....	10
2.5 Création d'outils numériques de saisie et de gestion des données.....	11
3 Résultats	11
3.1 Collecte et évaluation des données de piégeage 2012-2023	11
3.2 Description des opérations de protection des sites de nidification réalisées depuis 2012 12	
3.2.1 Capture des mangoustes	14
3.2.2 Aversion gustative	17
3.2.3 Protection physique par pose de grilles sur les nids.....	18
3.3 Evaluation de l'impact des opérations de captures menées en 2023.....	18
3.3.1 Port Louis Nord et Port Louis Sud	18
3.3.2 Anses du Nord et Anse Trabaud	19
4 Discussion	24
4.1 Optimisation de la disposition des pièges	24
4.2 Efficacité des actions de protection de sites de nidification en 2023.....	24
4.3 Perspectives liées à l'utilisation de pièges vulnérants.....	25
4.4 Indicateurs de suivi des opérations de protection des nids.....	26
4.5 Techniques de protections des nids alternatives au piégeage	26

4.6	Besoins d'amélioration des connaissances identifiés	28
5	Fiches « meilleures pratiques »	30
5.1	Dessiner les grilles de piégeage	30
5.2	Mener les opérations de piégeage et collecter les données de manière efficace	32
5.3	Acquérir et mettre en service des pièges DOC 200 ou 250	34
5.4	Protéger les opérateurs contre les zoonoses	36
5.5	Etablir un indicateur d'abondance relatif des mangoustes par piégeage photographique 37	
5.6	Etablir un indicateur de pression de prédation sur les nids de tortues marines	38
5.6.1	Suivi des traces de prédation	38
5.6.2	Suivi du succès de nidification	39
5.7	Saisir, explorer, bancaiser et diffuser les données collectées	40
5.7.1	Les formulaires XLSform affichés par ODKcollect ou Survey123	40
5.7.2	Exploration, bancaisation et diffusion des données	40
6	Bibliographie	41
	Annexes	45
	Annexe 1 : Figures supplémentaires piégeage photographique 2023	45
	Annexe 2 : Erreurs constatées et non corrigées dans la BDD piégeage flatfile	48
	Annexe 3 : Boite à outils mangouste	48
	- Formulaire XLSform piégeage	48
	- Formulaire XLSform piégeage photographique	48
	- Formulaire XLSform traces de ponte et prédation	48
	- BDD mangouste session	48
	- BDD piégeage flatfile	48
	- BDD RAI	48
	- Grilles de piégeage PLN, PLS, AN, AT en format kml, csv et gpkg	48
	- Scripts R mise en forme et exploitation données	48

Collecte, analyse des données et rédaction

Fabian Rateau	Office Français de la Biodiversité	fabian.rateau@ofb.gouv.fr
Adélie Paris	Office Français de la Biodiversité	adelie.paris@ofb.gouv.fr
Mitsiou Grelot-Valade	Office National des Forêts	
Kévin Urvoy	Office Français de la Biodiversité	

Relecture

Alexis Guilleux		

Données collectées par :

ONF : Paul Allard, Alicia Bonanno, Aurélie Brute, Fabien Caron, Alix Du Roure, Pierre Alexis Gérard, Alexis Guilleux, Jérôme Labry, Constance Laccours, Klervi Le Gal, Sophie Le Loc'h, Claire Louges, Simon Martin-Pigeonnier, Marina Moutou Julie Pauwels, Maxime Sikora, Rémy Vincent, Linsay Vincenti, ...

ONCFS : Cyril Cottaz

Citation recommandée :

Fabian Rateau, Adélie Paris, Mitsiou Grelot-Valade, Kévin Urvoy, 2023. Protection des nids de tortues marines contre la prédation de la petite mangouste indienne *Urva auropunctata* en Guadeloupe et Martinique – Synthèse interannuelle, évaluation des méthodes, meilleures pratiques. Office Français de la Biodiversité (OFB) et Office National des Forêts (ONF), Les Trois îlets, Martinique 48 pp.

1 Introduction

La petite mangouste indienne (*Urva auropunctata* aussi appelée *Herpestes auropunctatus* et dénommée ci-après mangouste) est un mammifère originaire d'Asie qui a été introduit dans au moins 64 îles des Caraïbes et du Pacifique afin de contrôler les populations de rats et parfois de vipéridés (Barun et al. 2011; Espeut 1882). Elle est aujourd'hui naturalisée sur au moins 33 îles des Antilles (Barun et al., 2011) où elle est responsable du déclin ou de la disparition de nombreuses espèces d'oiseaux, de reptiles, de mammifères et d'amphibiens depuis son introduction (Engeman et al. 2006 ; Henderson 1992 ; Vilella et Zwank 1993). Les déséquilibres écologiques qu'elle cause lui ont valu d'être inscrite sur la liste des 100 espèces exotiques envahissantes les plus néfastes au monde (Lowe et al. 2004).

La mangouste est connue depuis plusieurs décennies pour être un prédateur actif de pontes de tortues marines dans les Caraïbes (Lorvelec et al. 2004 ; Nellis et Small 1983). En Martinique et Guadeloupe elle constitue une menace pour les trois espèces nidifiantes : la tortue verte *Chelonia mydas*, la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata* et la tortue Luth *Dermochelyus coriacea*. L'action 17 du Plan National d'Action en faveur des Tortues Marines aux Antilles Françaises (PNATMAF) prévoit la mise en œuvre d'opérations visant à limiter la présence de prédateurs exotiques dont fait partie la mangouste sur les sites de pontes. Des opérations de protection des sites de nidification de tortues marines sont réalisées depuis 2012 en Martinique et en Guadeloupe par l'Office National des Forêt (ONF) et plus épisodiquement par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS).

Ces actions reposent sur le piégeage des mangoustes sur les sites de ponte parfois complété par la mise en œuvre de protocoles expérimentaux de protection mécanique par pose de grilles ou d'aversion gustative conditionnée (AGC ; Cottaz 2015; Laccours 2021; Le Gal 2023). Elles sont généralement coordonnées et réalisées par des stagiaires assistés de techniciens et ingénieurs de l'ONF. Les données issues de ces opérations n'ont jamais été exploitées sur l'ensemble de la chronique de données disponible. Très peu d'informations sur l'impact des actions entreprises sur les effectifs de mangouste et le succès de nidification des tortues marines sont disponibles.

Le piégeage photographique fait partie des techniques utilisables pour estimer l'évolution de l'abondance d'animaux au cours du temps. Il présente l'avantage de nécessiter un effort sur le terrain limité et d'avoir un coût d'utilisation relativement faible (Bondi et al. 2010). Il est particulièrement indiqué pour les espèces de mammifères peu détectables et les sites difficiles d'accès. Il est souvent plus efficace que les techniques plus conventionnelles telles que la capture et le marquage des individus ou le distance sampling (Burgar et al. 2018). Le piégeage photographique permet en outre d'obtenir des indications sur la distribution, le rythme d'activité et les habitats de prédilection des espèces étudiées. Grâce à l'utilisation de modèles mathématiques comme le Random Encounter Model (REM ; Rowcliffe et al. 2008), ils constituent un moyen d'estimer la densité d'une population.

L'objectif de la présente étude est de réaliser une synthèse interannuelle des actions de protection des nids de tortues marines et de fournir une première évaluation de leur impact sur les effectifs de mangouste basée sur un protocole de piégeage photographique. Les informations acquises sont valorisées à travers la rédaction de fiches « meilleures pratiques actuelles » de piégeage et d'une boîte à outils numériques dédiée à faciliter le dessin des protocoles de lutte ainsi que la collecte, l'exploitation et la bancarisation des données.

2 Matériel et méthodes

2.1 Collecte et exploitation des données acquises depuis 2012

Les données et rapports issus des opérations de protection des sites de nidification de tortues marines contre la prédation par les mangoustes réalisées en Guadeloupe et Martinique de 2012 à 2023 ont été collectées auprès de l'équipe d'animation du PNATMAF.

Les informations relatives aux opérations de capture ont été regroupées dans une Base De Données (BDD) regroupant les informations détaillées pour chaque relève lorsque c'était possible ou chaque jour de capture : position du piège, date et heure de la relève, état du piège, appât, espèce capturée le cas échéant, biométrie. Une seconde BDD identifiant les principales caractéristiques de chaque session de piégeage a été créée grâce aux données brutes de piégeage ou des rapports annuels : date de début et de fin, durée, site, nombre et type de pièges utilisés, effort en jours*pièges. Ces deux BDD sont liées par un identifiant de session unique qui permet leur jointure. La complétude des données a été évaluée pour chaque session de piégeage afin d'identifier si elles permettent d'identifier les caractéristiques suivantes : effort de piégeage, géométrie de la grille de piégeage, taux d'inactivité des pièges, nombre de captures, coût de mise en œuvre et évaluation de l'impact de l'opération.

Lorsque les données géométriques étaient suffisamment précises, une analyse spatiale des grilles de piégeage a été réalisée à l'aide du logiciel Rstudio 4.3.1 et du package sf (Pebesma 2018). La surface de la grille de piégeage a été estimée en appliquant un tampon autour de la position des pièges correspondant à la moitié de la distance maximale moyenne de déplacement de la mangouste estimée dans la forêt sèche de Saint Kitts en été par Sauvé et al. (2022) soit 119 mètres. Les tampons de chaque piège ont été regroupés puis découpés avec le polygone du contour de l'île.

L'interdistance minimale moyenne des pièges a été calculée grâce à l'établissement d'une matrice de distance. La distance maximale, moyenne et minimale de la position des mangoustes capturées par rapport au trait de côte ont également été estimées.

2.2 Evaluation de l'impact des opérations de capture menée en 2023 sur les densités de mangoustes

L'abondance des populations de mangouste a été suivie par piégeage photographique sur quatre sites de nidification de tortues marines faisant l'objet d'opérations de captures situés en Guadeloupe et Martinique de mars à août 2023. 46 stations de piégeage photographiques ont été suivies à Port Louis Nord (10), Port Louis Sud (10), Anses du Nord (12) et Anse Trabaud (14) à quatre reprises avant et après des sessions de captures (Figure 1). Les caméras ont été disposées le plus proche possible des intersections d'une grille de 160 mètres de côté sur les Anses du Nord et Trabaud. Sur les plages de Port Louis elles ont été placées à proximité du sentier côtier tous les 110 mètres en moyenne.

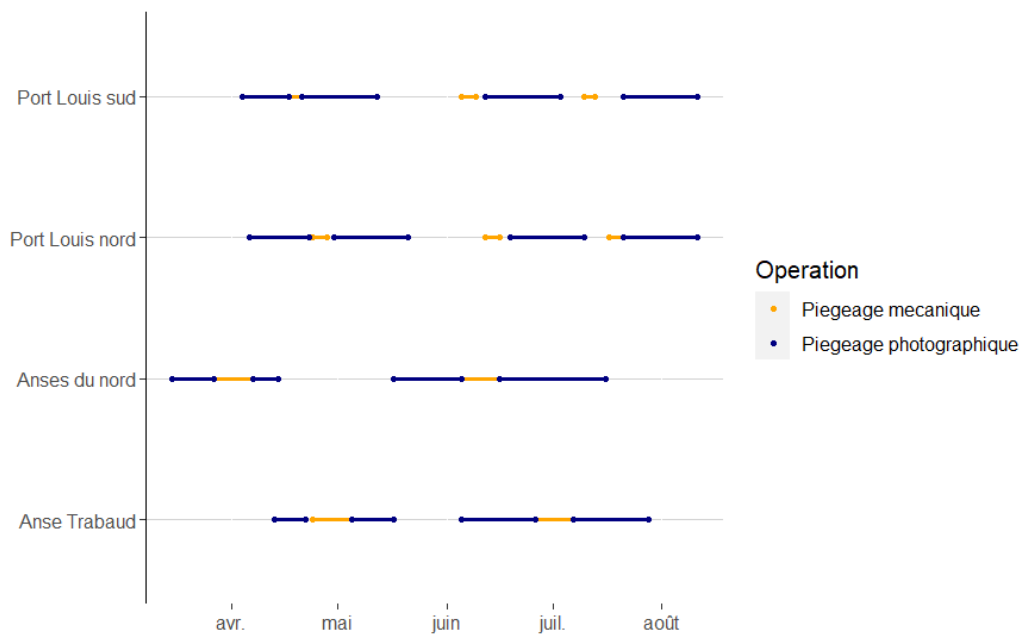


Figure 1 : Chronogramme des opérations de piégeage photographique et de capture de mangoustes sur quatre sites de nidification de tortues marines suivis en 2023

Les caméras ont été calibrées en utilisant la méthode décrite par le consortium Enetwild (Guerrasio et al. 2022) qui permet d'obtenir une estimation de la position de l'animal par rapport à la caméra par photogrammétrie.

Les images collectées ont été téléchargées et annotées sur la plateforme agouti.org (Casaer et al. 2019 ; Liefing et al. 2022). Les opérateurs ont identifié l'animal présent sur les images, éventuellement son sexe et son comportement, et pointé sa patte la plus en avant à l'aide d'un curseur. Ce pointage permet d'évaluer la distance à la caméra de l'individu, l'angle d'entrée dans le champ de la caméra et sa vitesse moyenne.

Le protocole de piégeage photographique est détaillé plus amplement dans les rapports de stage de Grelot-Valade 2023 et Paris 2023.

Les densités de mangouste présentes sur les sites des Anses du Nord et Trabaud en Martinique ont également été estimée sur la base des données de capture à l'aide d'un modèle d'épuisement des populations à effort constant (Generalized Removal Model ; Otis et al. 1978). Ce modèle s'appuie sur la courbe d'épuisement du nombre de captures quotidiennes et le rayon estimé du domaine vital de l'espèce considérée pour fournir une estimation de densité et d'abondance.



Figure 2 : Piège photographique posé en Martinique



Figure 3 : Une petite mangouste indienne des Anses du Nord de la Martinique

2.3 Dissections

77 mangoustes capturées sur trois sites de nidification situés en Martinique en 2022 et 2023 ont été disséquées afin de connaître le statut reproductif des individus et de réaliser des prélèvements. Les données relatives à la gravidité, le nombre d'embryons, de cicatrices placentaires, l'état des tétines ont été relevées sur 48 femelles. Chez 29 mâles la longueur des testicules a été relevée. La tête et le tractus digestif ont été prélevés dans le but d'étudier ultérieurement la structure d'âge et le régime alimentaire des individus capturés.

2.4 Traitement des données

Les données issues du piégeage photographique ont été extraites d'Agouti sous la forme d'un jeu de plusieurs tables au format « camtrap DP » (Bubnicki et al. 2023). Le package camtraptor est utilisé (Oldoni et Desmet 2022) afin de créer sur Rstudio une table des détections et l'effort de piégeage photographique en heure*piège pour chaque déploiement.

Un Index d'Abondance Relatif (RAI) a été calculé en divisant le nombre de détections de mangouste par l'effort de piégeage photographique multiplié par 100 jours. Les intervalles de confiance ont été calculés par bootstrapping.

$$RAI = \frac{n \text{ détections}}{n \text{ jours d'activité} \times n \text{ pièges photographiques} \times 100}$$

La densité absolue de mangouste (nombre d'individus au km²) a été calculée en utilisant le Random Encounter Model (Rowcliffe et al. 2008). Ce modèle utilise des données comme la distance de la distance à la caméra, l'angle d'entrée dans le champ et la vitesse moyenne des animaux pour calculer leur densité. L'équation du modèle est la suivante.

$$D = \frac{y}{t} \cdot \frac{\pi}{v \cdot r \cdot (2 + \theta)}$$

Y correspond au nombre de détections, t à l'effort total du suivi, v à la distance journalière parcourue par un animal de la population, r au radius (soit la distance de détection) et θ à l'angle de détection des caméras. L'effort t correspond au nombre de jours pendant lesquels les caméras ont été actives multiplié par le nombre de caméras actives. Le calcul a été réalisé grâce au package remBoot (Caravaggi 2017).

2.5 Création d'outils numériques de saisie et de gestion des données

Un formulaire de saisie XLSform a été créé sur le site kobotoolbox.org afin de faciliter la collecte des données sur le terrain ainsi que leur traitement. Il a été testé et utilisé dans le cadre de la campagne de capture de mangoustes et de piégeage photographique 2023. Ce formulaire est rempli sur le smartphone des agents grâce à l'application ODKcollect hors connexion et les données sont envoyées au retour du réseau GSM ou du wifi au site Kobotoolbox qui permet ensuite de réaliser des extractions des données dans des formats variés (.xlsx, .csv, .kml).

Des scripts R permettant d'explorer, mettre en forme les données et de les mettre au format approprié pour une diffusion sur le SINP régional ont également été mis au point.

3 Résultats

3.1 Collecte et évaluation des données de piégeage 2012-2023

17 rapports et 45 sources de données contenant les informations relatives aux 15 campagnes¹ de luttes réalisées en Guadeloupe et Martinique de 2012 à 2023 ont été collectés. Les données qu'ils contiennent ont été extraites, mise en forme et rassemblées dans les bases de données « session » et « piégeage ».

Les données concernant **l'effort de piégeage** en nombre de jours*pièges ne sont en général pas utilisables dans les sources de données. Elles ont en revanche pu être reconstitués depuis les rapports et ont été intégrées dans la BDD « session » pour pratiquement toutes les sessions sauf celles de Port Louis Nord et sud effectuées entre 2015 et 2019.

Les données liées à la **géométrie de la grille de piégeage** se sont avérées rarement exploitables. Seules les campagnes 2020, 2021, 2023 en Martinique et 2023 en Guadeloupe sont utilisables. Les raisons qui rendent inexploitable ces informations sont fréquemment liées à l'absence partielle ou totale de coordonnées GPS. Au contraire, l'enregistrement des coordonnées à chaque relève de piège perturbe également l'analyse car les positions étant toujours légèrement différentes pour des raisons de précision de l'appareil, il n'est pas possible de savoir si le piège a été déplacé ou non. Le déplacement régulier des pièges au sein d'une session rend également impossible le calcul de la surface de piégeage. Il arrive que les systèmes de coordonnées utilisés au sein d'un même fichier ne soient pas harmonisés. De manière générale l'absence de colonne permettant d'identifier l'action du piégeur à laquelle la ligne correspond (pose, relève ou dépose) permet rarement d'identifier la configuration de la grille de piégeage.

Les informations relatives à **l'estimation des coûts** en fournitures et en temps agent ne sont jamais fournies sauf pour les campagnes 2012 et 2014 en Martinique.

Le **nombre de mangoustes capturées** est en général renseigné précisément et permet de connaître à minima le nombre de captures quotidiennes. Les données de biométrie (longueur cloaquale, longueur totale) sont présentes et exploitables la plupart des années. Certaines masses renseignées sont peu

¹ Dans ce rapport, une « campagne » de piégeage correspond à l'ensemble des opérations de capture menées par territoire (Guadeloupe ou Martinique) et sur une année. Une campagne est décomposée en plusieurs « sessions » de piégeage qui sont des opérations menées en continu sur un site de nidification. Par exemple la campagne de piégeage 2023 de Martinique a donné lieu à quatre sessions de piégeage : deux sur l'Anse Trabaud et deux autres sur les anses du nord.

réalistes probablement en raison de l'utilisation de matériel de mesure inadapté (pèse-bagage) et n'ont pas été reportées dans la BDD « relèves ». Les captures accidentelles sont le plus souvent mal renseignées particulièrement pour les crustacés dont la capture ne semble pas relevée pour la plupart des campagnes.

Les données collectées ne sont en général pas utilisables pour évaluer un **taux d'inactivité des pièges** car les relèves de pièges qui ne donnent pas lieu à une capture ne sont pas systématiquement renseignées. L'absence de champ permettant d'identifier l'action du piégeur à laquelle la ligne correspond (pose, relève ou dépose) rend l'analyse de ces données délicate. Seules les sessions réalisées en 2023 en Martinique permettent de calculer cet indicateur.

Aucune donnée brute relative à l'**évaluation de l'impact des actions de piégeage sur la population de mangouste ou le taux de prédation** ayant eu lieu avant 2023 n'a pu être collectée hormis pour l'année 2020 (suivi de prédation et nids artificiels) et 2021 (indice d'abondance relatif) en Martinique. Aucune donnée brute liée à la mise en œuvre de l'aversion gustative conditionnée ou à la protection mécanique des pontes n'a pu être consultée.

Les données brutes utilisées pour les campagnes de Guadeloupe de 2015 à 2020 étaient issues d'une compilation destinée à alimenter le SINP régional « Karunati ». Plusieurs incohérences entre les rapports et ces jeux de données ont été détectées sur ce fichier dont certaines n'ont pu être corrigées. Ces erreurs sont consignées en annexe. Aucune donnée n'a pu être collectée pour la session de capture de mangouste de Marie-Galante en 2021.

3.2 Description des opérations de protection des sites de nidification réalisées depuis 2012

Dix sites de nidification de tortues marines ont fait l'objet de mesures de protection contre la prédation des mangoustes entre 2012 et 2023. Deux sont situés en la Grande Terre de Guadeloupe (Port Louis Nord et sud), quatre à Marie Galante (Anse de Mays, Trois îlets, Folle anse et anse Ballet) et quatre en Martinique (Anses Trabaud, Charpentier, pointe rouge et Anses du Nord ; cf. Figure 4). Les sites de Port Louis Nord et sud, Anses du Nord et Trabaud sont protégés pratiquement chaque année depuis 2018 tandis que les actions menées sur les autres sites sont plus sporadiques (Figure 5).

Le choix de ces lieux a été fait initialement de manière empirique en fonction des constatations de cas de prédatations par les opérateurs du suivi de traces de ponte de tortues marines. Une exploitation des données de prédatations enregistrées dans le cadre des suivis de traces de pontes de tortues marines a été réalisée en Martinique et a permis de cibler les principales plages à enjeux (Mornet-Hess 2021).

Sites de nidification de tortues marines ayant fait l'objet de mesures de protection contre la prédation par les mangoustes entre 2012 et 2023

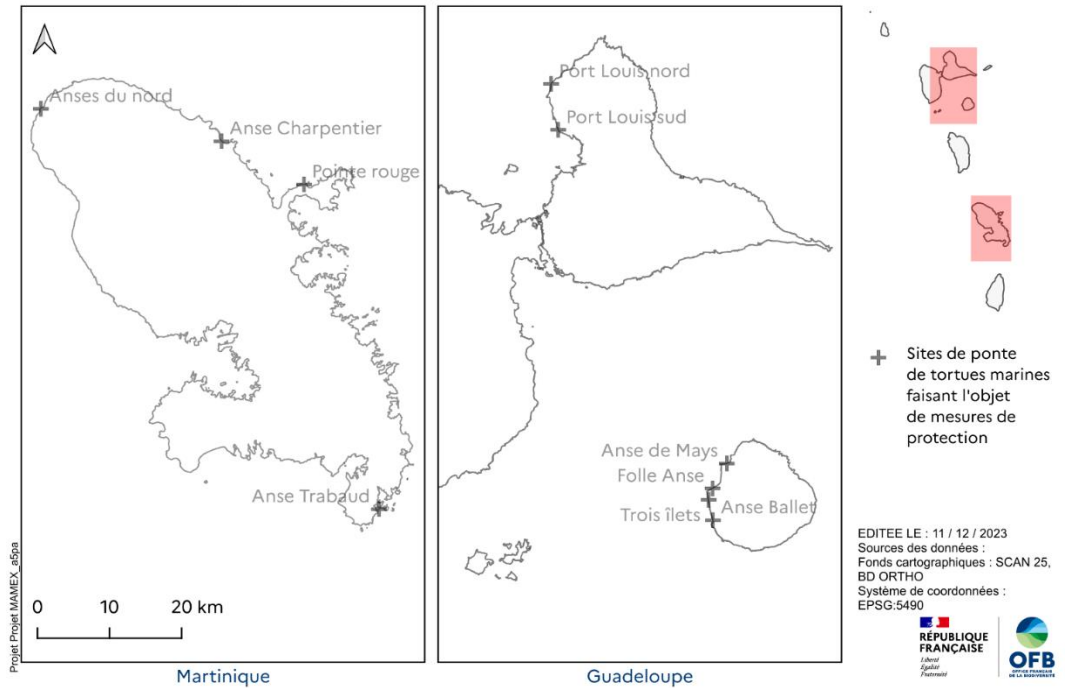


Figure 4 : Localisation des sites de nidification ayant fait l'objet de mesures de protection contre la prédation par la mangouste entre 2012 et 2023

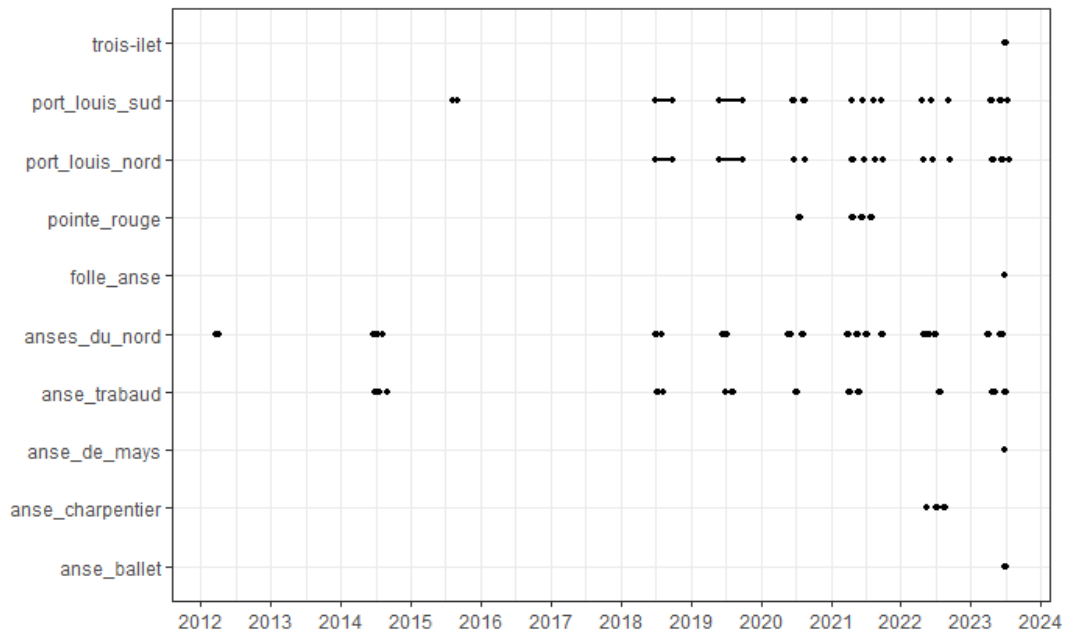


Figure 5 : Chronogramme des opérations de protection des pontes de tortues marines réalisées depuis 2012

3.2.1 Capture des mangoustes

3.2.1.1 Modèles de pièges utilisés

La capture des mangoustes est réalisée principalement à l'aide de pièges non vulnérants (c'est à dire qui ne tuent pas les individus capturés) de type « cages à battant ». Ces cages à battant regroupent plusieurs modèles de pièges dont des ratières qui sont de taille modérée, légères et portables sur le terrain avec un système de maintien de l'appât et de déclenchement généralement situé en hauteur. Des cages à fauves sont également utilisées bien que leur encombrement les rende moins faciles d'utilisation. Leur dispositif de déclenchement, souvent situé au sol, est parfois plus sensible mais aussi plus susceptible de capturer des espèces non ciblées dont notamment des crustacés.

Le piège E2A24 conçu et commercialisé par la société Goodnature et initialement dessiné pour lutter contre les rats et belettes en Nouvelle Zélande a été déployé sur les sites de Port Louis et des Anses du Nord en 2020. Ce dispositif qui présente l'avantage de se réarmer automatiquement jusqu'à 24 fois sans intervention humaine a donné des résultats très décevants sur la mangouste puisqu'il n'a capturé qu'un individu dans les Anses du Nord pour dix pièges déployés sur l'ensemble de la saison de piégeage. A titre de comparaison, sur la même période, 42 mangoustes avaient été capturées à l'aide de 40 ratières. Le test d'une grande variété d'appât (sardine mixée, sang de porc gélatinisé, appât d'origine au chocolat) n'a pas permis d'améliorer les performances du E2A24 sur les mangoustes.

Le piège DOC 250 est un piège vulnérant dessiné initialement pour lutter contre les mustélidés invasifs en Nouvelle Zélande et qui a donné de bons résultats dans la lutte contre la mangouste à Hawaï (Roerk, Nietmann, et Works 2022). Il a été déployé en 2021 puis en 2023 en Martinique. Il a permis en 2023 la capture de 78 mangoustes et s'est montré significativement plus performant dans les Anses du Nord que les ratières utilisées habituellement. Les résultats détaillés de ce test sont disponibles dans les rapports de stage de Grelot-Valade et Paris (2023).



Figure 6 : Deux modèles de pièges utilisés pour la régulation des mangoustes : la ratière à gauche et le DOC250 à droite

3.2.1.2 Effort de piégeage et temporalité des sessions de régulation

En excluant les pièges E2A24 testés sur le terrain en 2020, entre 10 et 44 jours de piégeage sont réalisés par an et territoire (moyenne = 21). L'effort de piégeage mis en œuvre par campagne est très variable selon les années et est compris entre 312 et 1672 jours*pièges (moyenne = 782).

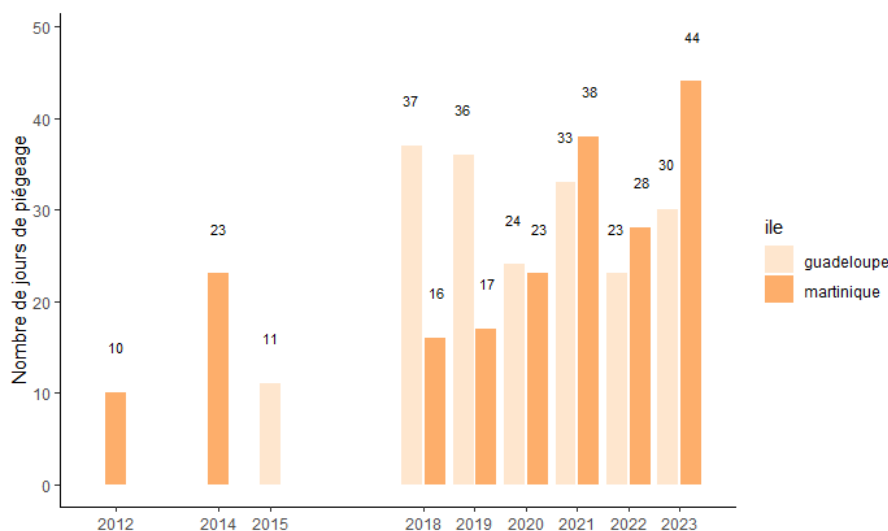


Figure 7 : Nombre de jours de piégeage réalisés par année et par île

3.2.1.3 Captures

932 mangoustes ont été capturées depuis le début des opérations de piégeage en 2012. Entre 34 et 141 mangoustes sont capturées par an et par île (moyenne = 64).

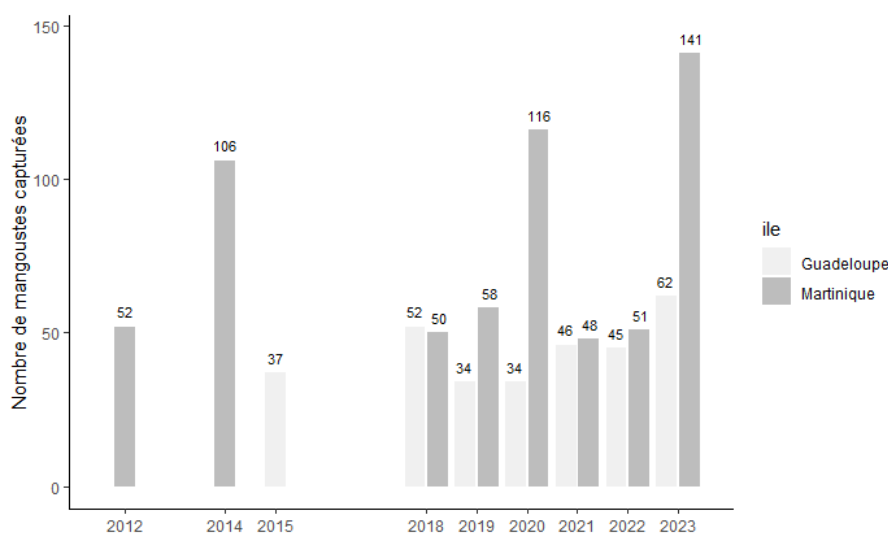


Figure 8 : Nombre de captures de mangoustes réalisées par année et par île

Les espèces non ciblées capturées sont principalement le bernard l'ermite *Coenobita clypeatus*, les rats, *Rattus sp.*, le manicomu *Didelphis marsupialis*, les crabes dont notamment le touloulou *Gecarcinus lateralis* et le crabe de terre *Cardisoma guanhumi* ainsi que, plus rarement, le chat *Felis catus* et la souris *Mus musculus*. Des oiseaux ont également été capturés dont deux merles quiscales *Quiscalus lugubris*, en 2023, morts durant leur captivité. Les animaux autres que rongeurs et mangoustes sont relâchés lorsqu'ils sont capturés vivants.

3.2.1.4 Sex ratio des mangoustes capturées

Le sexe ratio des mangoustes capturées est systématiquement biaisé en faveur des mâles avec des valeurs médianes comprises entre 69 et 76 % de mâles pour les quatre sites les plus fréquemment échantillonnés. Le sexe ratio des individus capturés ne semble pas significativement varier temporellement (cf. Figure 9)

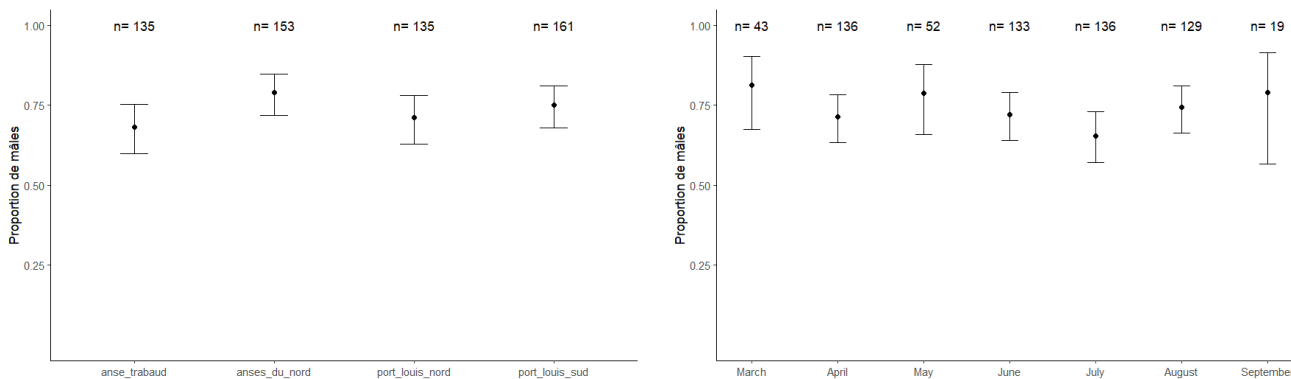


Figure 9 : Proportion de mâles parmi les mangoustes capturées par site de ponte (à gauche) et par mois (à droite)

3.2.1.5 Taux de gravidité des mangoustes capturées

77 mangoustes dont 48 femelles capturées en Martinique de 2022 à 2023 ont été autopsiées. 16 femelles étaient gravides soit 33% de l'échantillon. Le nombre moyen d'embryons par femelle gravide était de 2,19 (min = 1, max = 3). Des femelles étaient gravides durant la totalité des mois échantillonnés, soit de mars à août. La taille restreinte de l'échantillon ne permet pas de dégager un patron d'évolution du taux de gravidité des femelles sur l'année (cf. Figure 10).

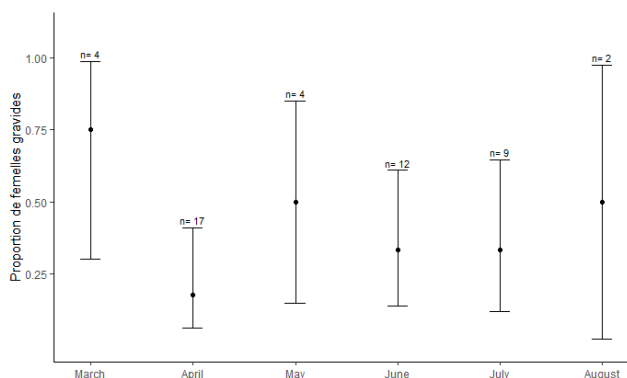


Figure 10 : Evolution du taux de gravidité des femelles en fonction du mois de capture

3.2.1.6 Géométrie des grilles de piégeage

Les données collectées permettent de mesurer les caractéristiques des grilles de piégeage pour 25 des 82 sessions de captures menées depuis 2012. L'interdistance moyenne des pièges est comprise entre 8 et 86 mètres et est en moyenne de 25 mètres. La surface des grilles de piégeage est comprise entre 12 et 64 hectares pour une moyenne de 24 hectares.

3.2.1.7 Appâts utilisés

La nature de l'appât est la modalité de piégeage qui a le plus souvent fait l'objet de tests par les stagiaires en charge des opérations de capture. Pas moins de 11 appâts différents ont été utilisés. Les données collectées lors de ces tests ne permettent pas de réaliser d'analyse poussée des résultats notamment parce que l'état des pièges lors des relèves n'a pas été noté de manière régulière.

Il semble qu'en général la nature de l'appât influence peu le nombre de captures tant qu'il s'agit d'appât carnés. Seul le test de la noix de coco en Martinique, en 2021, a donné des résultats moins satisfaisants.

3.2.1.8 Indicateurs de suivi de l'efficacité de la régulation des mangoustes

De nombreux indicateurs de suivi de l'efficacité du contrôle des mangoustes sur les sites de ponte de tortues marines ont été mis au point et déployés par les stagiaires successifs. L'indicateur le plus fréquemment suivi est le nombre de prédatons de mangoustes détectées et parfois comparé au nombre de nouvelles pontes observées pour obtenir une estimation taux de prédation.

L'estimation d'indicateurs d'abondance par piégeage photographique a été mise en œuvre en Martinique (Grelot-Valade 2023; Paris 2023; Vincent 2021) avec des résultats utilisables pour mesurer l'impact du piégeage sur les densités de mangoustes.

Le suivi du taux de prédation de nids artificiels a été utilisé à plusieurs reprises souvent avec des tailles d'échantillons restreints. Une tentative menée en Martinique, inspirée de l'article de Leighton, Horrocks, et Kramer 2009, a été réalisée en 2020 (Caron 2020, comm.pers.). Des appâts carnés ont été enterrés avant et après les sessions de piégeage pour évaluer leur impact sur l'activité de prédation des mangoustes. Les données n'ont pas été analysées en détail mais les opérateurs ont observé de fortes variations du taux de prédation en fonction des précipitations (Bonanno comm. pers.). La méthode n'a donc pas été jugée utilisable pour mesurer l'effet des actions de régulation de la mangouste.

Un suivi de l'abondance relative des mangoustes par tunnels à empreintes « tracking tunnels » a été tenté (Vincent 2021) sans succès en raison de la fragilité du dispositif face aux précipitations et à la forte fréquentation par les bernard l'ermite *Coenobita clypeatus*.

Une tentative originale de Capture Marquage Recapture à l'aide de pièges photographique et d'un dispositif de marquage passif a eu lieu en Guadeloupe en 2021 sans succès car les mangoustes ne pénétraient pas dans le dispositif de marquage (Allard 2022).

Les données relatives à l'évaluation de l'efficacité des actions de régulation depuis 2012 n'ont pas été bancarisées dans une base de données interannuelle. Les données brutes annuelles sont très souvent inexistantes ou inexploitable à l'exception des campagnes 2020, 2021 et 2023 de Martinique.

3.2.2 Aversion gustative

En 2015, 2021 et 2023, des études expérimentales sur l'aversion gustative conditionnée des mangoustes ont été menées en Guadeloupe sur le site de Port Louis Sud. L'aversion gustative consiste à modifier l'aliment habituellement consommé par l'espèce via une toxine afin d'entraîner une réaction de méfiance chez le prédateur, qui évitera ensuite cet aliment.

Le dispositif d'aversion utilisé était composé d'œufs de poule dans lesquels était injecté du piment fort broyé (Cottaz 2015; Laccours 2021) ou de l'huile de ricin mélangé à du liquide vaisselle (Le Gal 2023). Les œufs modifiés étaient disposés dans des nids artificiels creusés par un opérateur ou dans des nids de tortues marines qui avaient déjà été prédatés. Des comparaisons ont été effectuées entre le taux de prédation de nids artificiels « témoins » composés d'œufs de poule non modifiés et les nids artificiels contenant des œufs aversifs. Des pièges photographiques ont parfois été installés à proximité des nids

artificiels afin d'observer le comportement des mangoustes. Des échantillons limités à 8 nids artificiels en 2023 et 10 en 2021 ainsi que des résultats souvent contradictoires d'une session à l'autre n'ont pas permis aux stagiaires de conclure quant à l'efficacité du dispositif.

3.2.3 Protection physique par pose de grilles sur les nids

La pose de barrières physiques à la prédation des mangoustes a été testée en 2015 et 2021. Des grilles plastiques ou métalliques de 50 cm X 50 cm ont été installées sur des nids de tortues marines (Cottaz 2015) ou des nids artificiels dans lesquels étaient disposés des œufs de poule non modifiés (Laccours 2021). Le taux de prédation était nul pour les nids artificiels protégés. Les expérimentations menées sur des nids de tortues marines ont montré qu'en revanche il était fréquent que les nids soient prédatés avant le passage des opérateurs en charge de la pose des grilles, que le repérage de la chambre du nid pouvait s'avérer délicat et que l'opération était chronophage.

3.3 Evaluation de l'impact des opérations de captures menées en 2023

3.3.1 Port Louis Nord et Port Louis Sud

Trois sessions de capture de mangoustes de 3 à 4 jours ont eu lieu en 2023 sur chaque site de nidification de Port Louis Nord (PLN) et Port Louis Sud (PLS). Les 20 pièges à battant utilisés ont été disposés par patch sur une surface totale de piégeage de 16 ha pour PLS et 22 ha pour PLN (cf. Figure 11 : Géométrie des grilles de piégeage et principales informations relatives aux opérations de capture sur Port Louis Sud (PLS ; à gauche) et nord (PLN ; à droite)). 28 mangoustes ont été capturées à PLS et 21 à PLN.

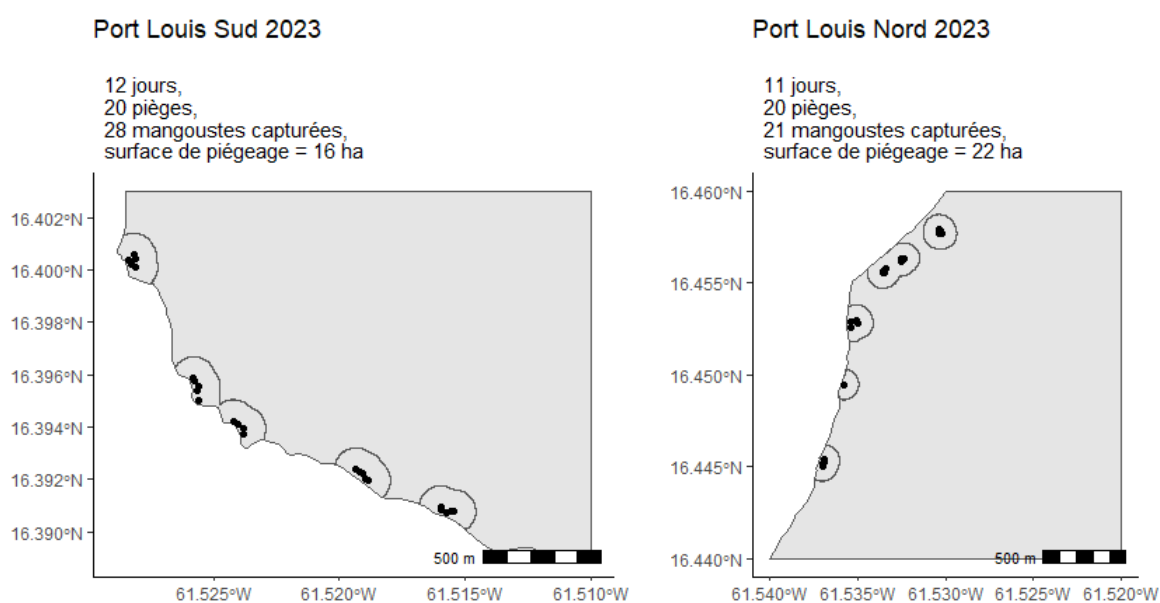


Figure 11 : Géométrie des grilles de piégeage et principales informations relatives aux opérations de capture sur Port Louis Sud (PLS ; à gauche) et nord (PLN ; à droite)

Les effectifs de mangouste ont été suivis entre avril et août 2023 grâce à l'exploitation de 10 stations de piégeage photographique par site durant quatre sessions de durées variant entre 13 à 21 jours. L'effort total d'enregistrement s'élève à 670 jours*pièges pour PLN et 739 jours*pièges pour PLS. 401 détections de mangoustes ont eu lieu à PLN et 381 à PLS (cf. Annexe 1).

Les tendances d'évolution des Relative Abundance Index (RAI) sont relativement similaires sur PLS et

PLN avec une diminution de l'indice entre la S1 et la S2 suivie d'une augmentation significative entre S2 et S3 puis une relative stagnation entre S3 et S4. Sur l'ensemble de la saison de suivi, le RAI augmente significativement à PLS et stagne à PLN (cf. Figure 12).

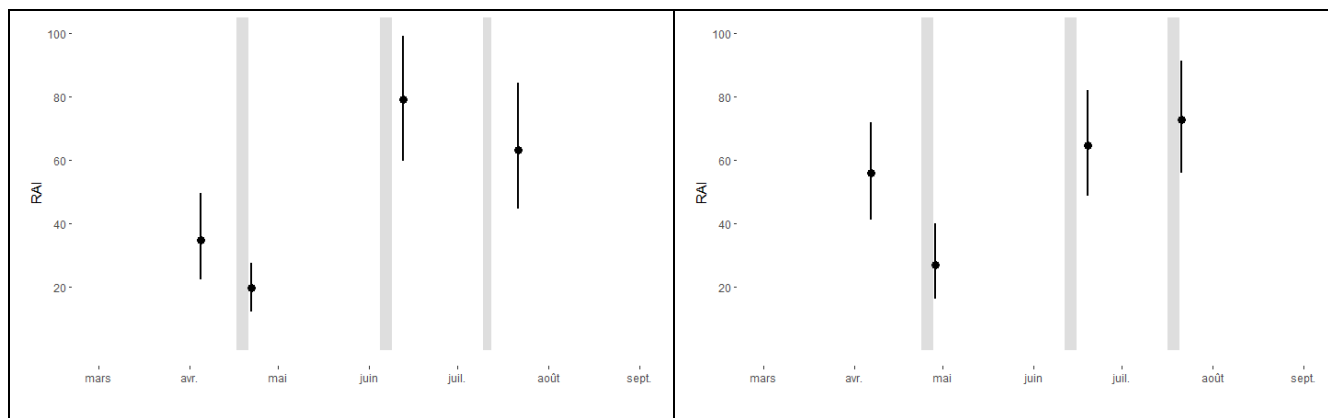


Figure 12 : Evolution des Relative Abundance Index (RAI) sur les plages de Port Louis Sud (PLS ; à gauche) et Nord (PLN ; à droite) au cours de la saison de piégeage (les barres grises représentent les dates des opérations de capture)

Les densités absolues de mangoustes estimées grâce au Random Encounter Model (REM) suivent des tendances proches de celles du RAI et varient entre 36,72 [9,71 – 135,31] individus au km² et 170,67 [74,86 – 389,07] ind/km². Les estimations sont imprécises avec des coefficients de variations élevés qui diminuent entre S3 et S4 sans toutefois devenir satisfaisants (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Densités de mangoustes estimées en individus par km² par piégeage photographique (REM)

Session	Estimation	Intervalle confiance min 95% (lcl95)	Intervalle confiance max 95% (ucl95)	Coefficient de variation (CV)
Port Louis Nord				
PLN_S1	92,39	36,72	232,44	0,50
PLN_S2	46,22	12,20	175,08	0,77
PLN_S3	122,62	57,07	263,49	0,41
PLN_S4	154,17	74,65	318,38	0,38
Port Louis Sud				
PLS_S1	74,98	22,76	246,97	0,67
PLS_S2	36,24	9,71	135,31	0,76
PLS_S3	170,67	74,86	389,07	0,44
PLS_S4	92,06	32,24	262,88	0,58

L'estimation des densités par Generalized Removal Model (GRM) n'est pas possible en raison de sessions de piégeage mécanique trop courtes qui n'ont pas permis d'observer une décroissance des captures journalières. La disposition des pièges en patch très denses rend l'analyse spatiale de l'évolution des captures de mangouste entre les sessions peu informative.

3.3.2 Anses du Nord et Anse Trabaud

Deux sessions de piégeage de 11 jours ont eu lieu sur l'Anse Trabaud (AT) et les Anses du Nord (AN). 38 pièges ont été utilisés lors de chaque session dont 19 cages à battants et 19 DOC 250. Les surfaces de piégeage étaient de 64 ha sur AT et 33 ha sur AN. 72 mangoustes ont été capturées sur AT et 69 sur AN (cf. Figure 13).

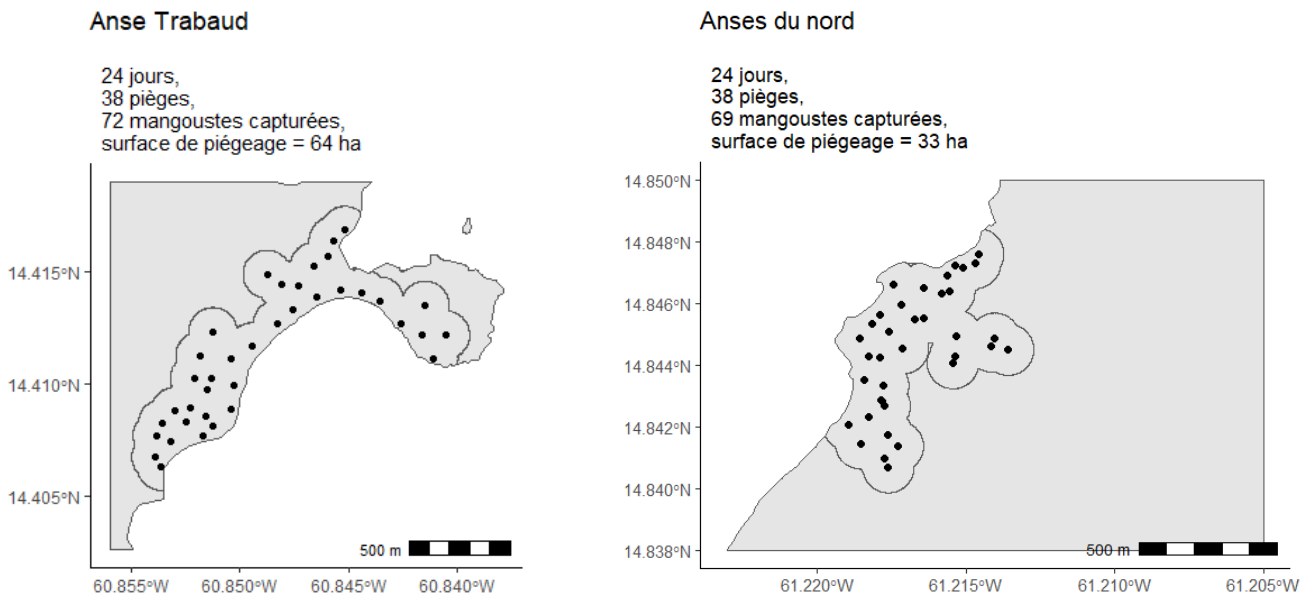


Figure 13 : Géométrie des grilles de piégeage et principales informations relatives aux opérations de capture sur Anse Trabaud (AT ; gauche) et les Anses du Nord (AN ; droite)

3.3.2.1 Estimation des abondances par piégeage photographique

Les effectifs de mangoustes du site de nidification des Anses du Nord et Anse Trabaud ont été suivis par l'exploitation de, respectivement, 12 et 14 stations de piégeage photographique au cours de quatre sessions d'une durée variant entre 7 et 30 jours.

Sur les deux sites, de nombreuses pannes matérielles ont eu lieu durant les sessions 1 et 2 en raison de l'utilisation de piles inadaptées et d'appareils défectueux. Ces dysfonctionnements se sont manifestés sur AN par des extinctions intempestives de caméras, notamment durant S2, qui aboutissent à un effort de suivi réduit pour cette session mais estimé précisément. Sur AT, en plus des extinctions intempestives, plusieurs caméras sont restées allumées sans fournir de détections ou en prenant de très nombreuses images vides. L'estimation de l'effort de suivi est donc très incertaine pour S1 et S2 sur AT. En conséquence, le RAI n'a pas été calculé pour ces deux sessions sur l'Anse Trabaud.

L'effort total d'enregistrement s'élève à 770 jours*pièges et a donné lieu à la détection de 233 mangoustes sur AN. Sur AT, l'effort total de piégeage photographique est évalué à 854 jours*pièges donnant lieu à 147 détections de mangouste.

Sur AN, le RAI décroît significativement de 66 [51,8 – 80,8] détections par 100 jours*pièges en S1 à 28 [17 – 41,1] en S2. Il stagne ensuite à un niveau faible jusqu'à S4. Sur AT, les RAI des sessions 3 et 4 sont relativement stables à des niveaux faibles compris entre 15,4 [10,2 – 21,5] et 23,9 [15,1 - 34,9] détections pour 100 jours*pièges (cf. Figure 14).

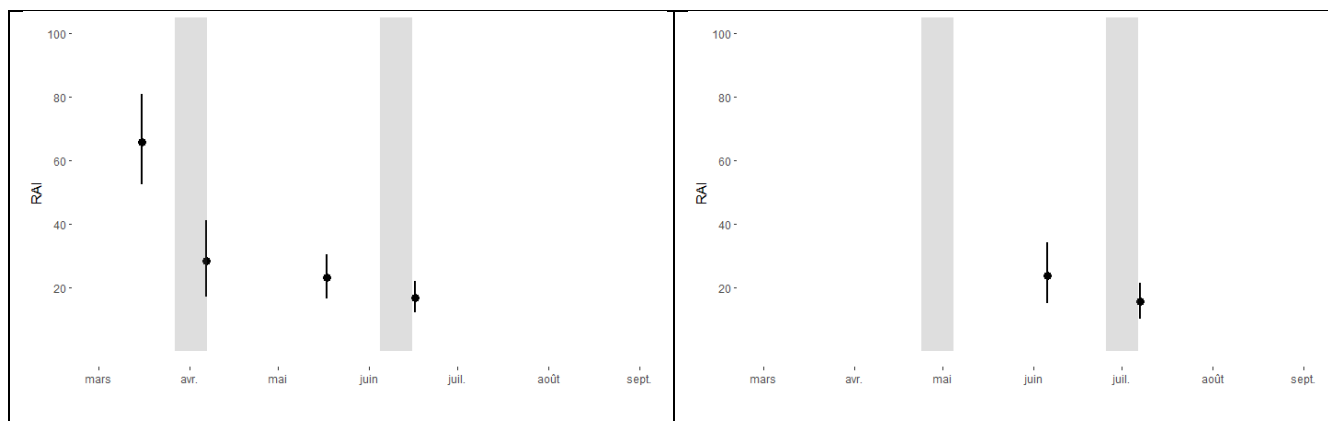


Figure 14 : Evolution des Relative Abundance Index (RAI) sur les Anses du Nord (AN ; à gauche) et l'Anse Trabaud (AT ; à droite) au cours de la saison de piégeage (les barres grises représentent les dates des opérations de capture)

L'estimation des densités par REM n'a pas été rendue possible sur les plages de Martinique par des difficultés de calibration des caméras qui n'ont pas permis de calculer les valeurs qui alimentent le modèle (vitesse moyenne, angle de détection et distance).

3.3.2.2 Estimation des abondances par modèle d'épuisement des populations à effort constant

Les densités moyennes estimées par piégeage par « Generalized Removal Model » (GRM) durant la première session de capture sont respectivement de 102 [100– 122] mangoustes/km² sur les Anses du Nord et 77 [73 - 97] mangoustes/km² pour l'Anse Trabaud. Pour les deuxièmes sessions, les estimations de densités par GRM deviennent très imprécises (cf. Tableau 2).

Les taux de capture estimés par GRM sont proches de 100 % pour les premières sessions sur les deux sites. Ils faiblissent fortement (respectivement 76 et 40 %) et deviennent très imprécis lors des deuxièmes sessions particulièrement pour l'Anse Trabaud.

Tableau 2 : Densité de mangoustes (individus au km²) et taux de capture estimés par épuisement des populations à effort constant (GRM)

Session	Captures réalisées	Abondance par GRM	estimation du taux de capture	Densité estimée par GRM (individus/km ²)
Anses du Nord				
AN_S1	39	39,71 [39 - 47,58]	98% [82 - 100]	102 [100 - 122]
AN_S2	30	39,01 [31,59 - 76,05]	76% [39 - 95]	100 [81 - 195]
Anse Trabaud				
AT_S1	47	49,37 [47 - 62,08]	95% [76 - 100]	77 [73 - 97]
AT_S2	25	62,16 [28,8 - 414,72]	40% [6 - 87]	97 [45 - 648]

La très grande imprécision des estimations de densités par GRM observées pour les deuxièmes sessions sur les deux plages s'explique par un épuisement moins rapide des captures quotidiennes lors de la seconde session (cf. Figure 15).

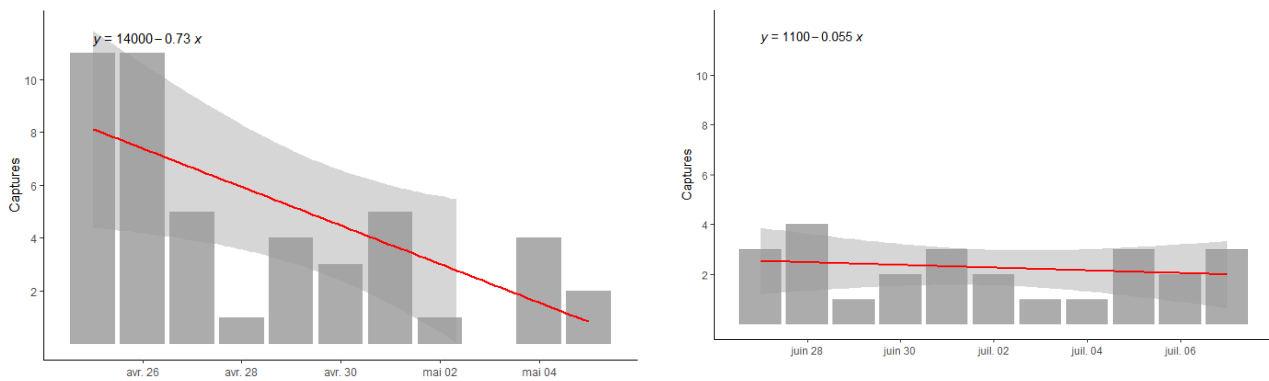


Figure 15 : Evolution des captures quotidiennes de mangoustes durant la première (à gauche) et seconde session (à droite) de capture de mangouste à l'Anse Trabaud

3.3.2.3 Analyse spatiale des captures

L'analyse géographique des captures réalisées sur les Anses du Nord et Trabaud montre une spatialisation différente entre la première et la seconde session. Lors de la première session, des mangoustes sont capturées sur l'ensemble des zones piégées tandis que, durant la seconde session, les captures ont lieu au niveau de la marge de la grille de piégeage généralement située à l'intérieur des terres.

Sur l'Anse Trabaud, aucune capture n'a eu lieu directement sur le site de nidification lors de la session 2 à l'exception de l'extrémité sud-ouest de la plage où deux individus ont été piégés. Il s'agit du seul endroit où la limite du réseau de piège est située au niveau de la côte. Cette réduction du nombre de captures sur le site de ponte est illustrée par l'évolution de la distance moyenne à la côte des captures qui passe de 142 mètres en S1 à 224 mètres en S2 (cf. Figure 16).

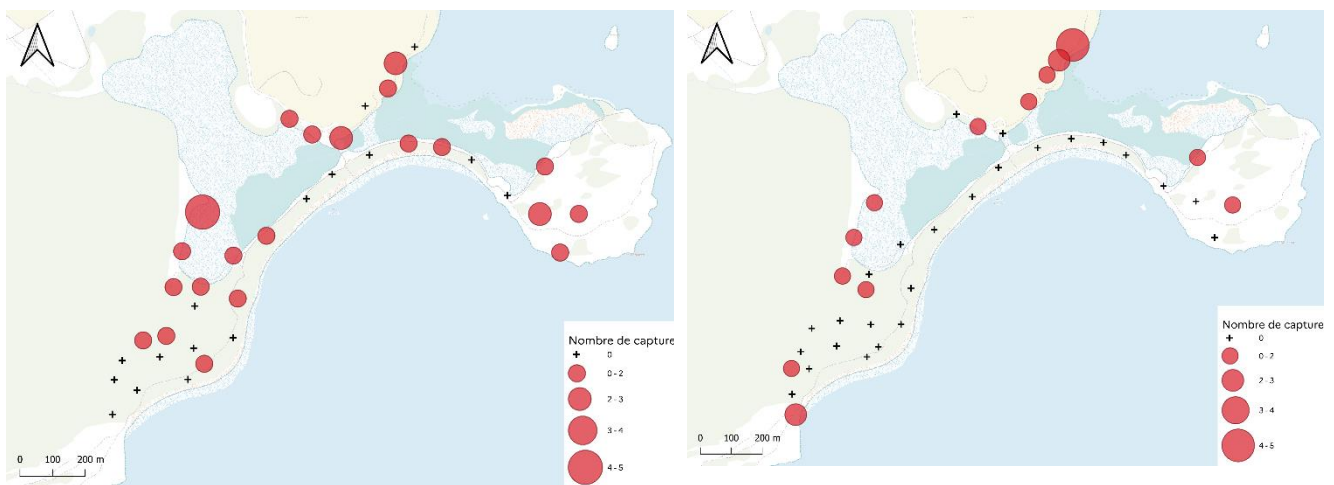


Figure 16 : Répartition géographique des captures sur l'Anse Trabaud (session 1 à gauche et 2 à droite)

Sur les Anses du Nord, aucune capture n'a lieu sur deux des trois anses durant la session 2. Sur l'anse à Voile qui est située en limite nord de la grille de piégeage, le nombre de mangoustes capturées augmente entre la session 1 et 2. La distance moyenne à la côte des captures reste stable passant de 175 mètres en S1 à 169 mètres en S2 (cf. Figure 16 Figure 17).

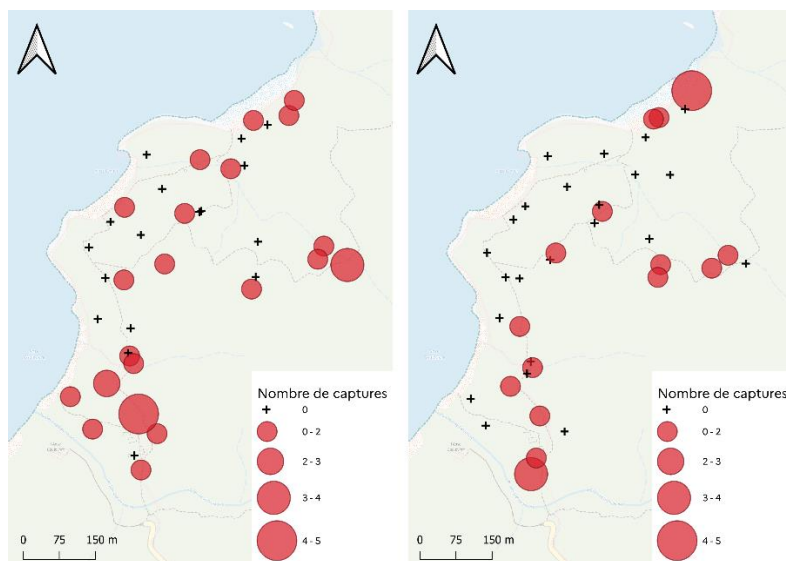


Figure 17 : Répartition géographique des captures sur les Anses du Nord (session 1 à gauche et session 2 à droite)

4 Discussion

4.1 Optimisation de la disposition des pièges

La disposition des pièges dans l'espace est une des modalités de piégeage qui influent le plus fortement sur le résultat. Elle est à choisir en fonction de l'écologie spatiale de l'espèce ciblée.

Les données géométriques collectées ont permis le calcul de la surface de piégeage pour 25 des 83 sessions de piégeage étudiées. La superficie moyenne des grilles de piégeage de cet échantillon variait entre 13 et 64 hectares avec une moyenne à 24 hectares. Cette surface est trop faible pour une espèce dont le domaine vital moyen d'un individu est estimé à $38,37 \pm 5,78$ hectares dans un contexte comparable (KDE95 ; Berentsen et al. 2020). Cette superficie de piégeage insuffisante est liée à une interdistance moyenne laissée entre les pièges trop faible (26 mètres en moyenne). La distance maximale moyenne de déplacement des individus (MMDM) mesurée par Capture Marquage Recapture dans une forêt sèche à Saint Kitts est comprise entre 134 et 238 mètres selon les saisons (Sauvé et al. 2022). Il est généralement indiqué de laisser entre les pièges une distance correspondant à la moitié la MMDM, soit de 67 et 119 mètres.

Disposer les pièges de manière plus espacée avec une interdistance moyenne de 100 mètres permettrait d'augmenter drastiquement l'efficacité des actions de protection de sites de nidification à effort constant. Cette interdistance est celle adoptée lors de plusieurs opérations de capture réalisées sur des îles voisines (Berentsen et al. 2020 ; Sauvé et al. 2022).

L'étude de l'utilisation de l'espace par la mangouste à Porto Rico montre que les plages ne font pas partie des habitats qu'elle sélectionne préférentiellement (Sauvé et al. 2023). Il est probable que, bien que les œufs de tortues fournissent une ressource alimentaire, les mangoustes n'occupent que ponctuellement les plages lors de raids alimentaires. Ce patron d'occupation de l'espace implique que **la grille de piégeage devra, lorsque cela est possible, se projeter assez loin en arrière plage pour toucher les cœurs d'activité des domaines vitaux de mangouste.**

La mise en œuvre d'une grille de piégeage plus étendue et moins dense entraîne une augmentation de la durée nécessaire aux opérateurs pour parcourir la distance qui sépare les pièges. Cette extension ne peut se faire, à effort constant, qu'en diminuant la fréquence des relèves ou le nombre de pièges déployés. Les bénéfices induits par la mise en œuvre d'une grille de piégeage moins dense et plus étendue sont en général très largement supérieurs à ceux conférés par une relève infra quotidienne des pièges. **Il est recommandé de limiter le nombre de relèves quotidiennes à une seule pour permettre l'augmentation de la distance laissée entre les pièges.**

4.2 Efficacité des actions de protection de sites de nidification en 2023

Le suivi par piégeage photographique et exploitation des données de captures réalisés en 2023 fournissent des informations contrastées sur l'efficacité des actions de régulations entreprises. L'abondance relative de la mangouste (RAI) reste stable à Port Louis Sud et augmente à Port Louis Nord au fur et à mesure de l'avancement de la saison de ponte malgré la mise en œuvre de l'opération de capture. **L'action de piégeage des mangoustes sur les plages de Port Louis échoue probablement à assurer une protection efficace et durable des nids de tortues marines.** Cette efficacité faible est probablement liée à un effort et une surface de piégeage insuffisants.

Dans les Anses du Nord, l'indice d'abondance relative (RAI) chute après la première session de capture qui aboutit à la mise à mort de 39 individus et se maintient à des niveaux bas jusqu'à la fin du suivi. La seconde session de piégeage qui a eu lieu 5 semaines plus tard conduit néanmoins à la capture d'un nombre important de mangoustes (30). L'analyse spatiale des captures laisse penser que l'efficacité des actions de piégeage est inégale au sein du site avec **un niveau de protection satisfaisant pour les anses**

Couleuvre et Lévrier mais limité pour l'anse à Voile. Ce résultat mitigé est probablement dû à une grille de piégeage insuffisamment étendue (33 ha) et ne se projetant pas assez loin au nord et au sud du site de nidification.

Sur l'Anse Trabaud, les données de piégeage photographique sont défaillantes lors des deux premières sessions. Durant les sessions 3 et 4, le RAI est proche de 20 détections pour 100 jours soit une valeur comparable à celle observée sur les Anses du Nord à la même période. Le nombre d'individus piégés lors de la première session est important (47) et décroît fortement lors de la seconde session réalisée 5 semaines plus tard (25). Les captures de la deuxième session ont lieu à la marge située à l'intérieur des terres de la grille de piégeage et à l'extrême sud-ouest de l'anse. **Le niveau de protection de l'Anse Trabaud sur la période étudiée est satisfaisant et pourrait encore être amélioré par une extension de la grille de piégeage au sud-ouest.** Ce bon résultat est probablement lié à l'importante superficie piégée (64 ha).

L'absence de données ne permet pas d'évaluer quantitativement l'évolution du niveau de protection après la fin des opérations de piégeage mécanique et photographique en juillet ou août selon les sites. Des remontées de terrain ont cependant fait état de l'existence de prédateurs dans les Anses du Nord en septembre (Guilleux comm. pers.).

4.3 Perspectives liées à l'utilisation de pièges vulnérants

Le test des pièges vulnérants DOC 250 réalisé en 2023 en Martinique a permis de valider leur efficacité pour la capture des mangoustes sur les sites de nidification (Grelot-Valade 2023 ; Paris 2023). Leur usage permet aux opérateurs de ne pas assurer la mise à mort eux même et d'éviter de transporter une carabine sur le terrain. Il induit une mise à mort plus rapide et humaine des mangoustes capturées qu'une cage à battant.

Les pièges vulnérants ne nécessitent pas d'être relevés quotidiennement car ils ne contiennent pas d'animaux vivants et permettent de moduler le nombre de relèves hebdomadaires en fonction de l'activité des mangoustes. Il est envisageable, par exemple, de poser ces pièges en début de saison et de les relever quotidiennement pendant deux semaines puis bi-hebdomadairement durant un mois et enfin hebdomadairement lorsque les densités de mangouste sont les plus faibles. **La généralisation de l'usage de pièges vulnérants permettrait de diminuer la souffrance animale et la pénibilité pour les opérateurs tout en prolongeant les actions de capture à temps agent constant.** La prolongation de la durée du piégeage permettrait d'assurer une amélioration de la couverture temporelle de la saison de nidification des tortues marines qui est aujourd'hui insuffisante (cf. Figure 18 : Activité de nidification (courbe noire, sur la base des données de suivi de traces de ponte de Martinique 2004-2022) comparée aux dates des sessions de capture menées en 2023 aux Anses du Nord (gauche) et Port Louis Sud (droite).

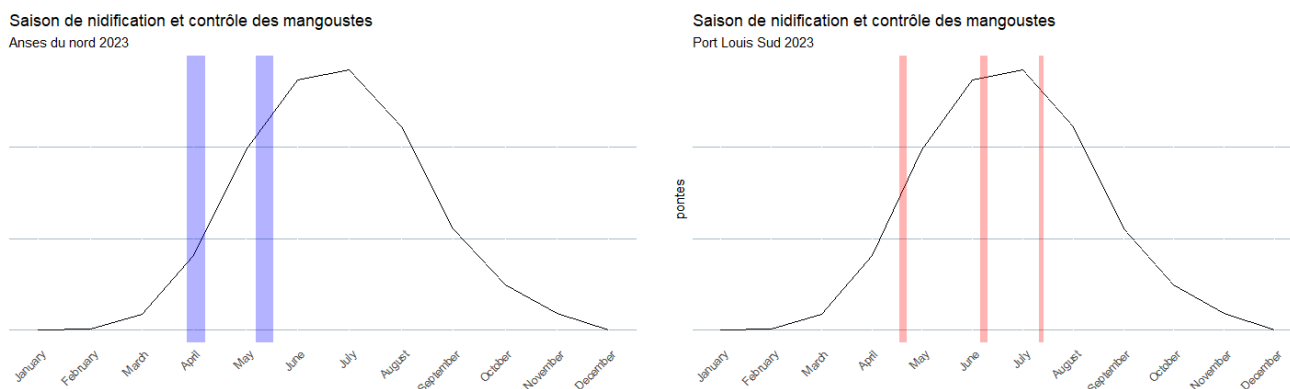


Figure 18 : Activité de nidification (courbe noire, sur la base des données de suivi de traces de ponte de Martinique 2004-2022) comparée aux dates des sessions de capture menées en 2023 aux Anses

du Nord (gauche) et Port Louis Sud (droite).

4.4 Indicateurs de suivi des opérations de protection des nids

De nombreux indicateurs de suivi de l'efficacité des actions mises en œuvre ont été élaborés par les stagiaires chargés de la gestion des mangoustes depuis 2012. Le manque de continuité dans leur mise en œuvre et dans la bancarisation des données qui en sont issues ne permettent pas d'évaluer l'impact des actions sur l'ensemble de la chronique de données.

L'Index d'Abondance Relatif (RAI) estimé en 2023 sur la base de données issues du piégeage photographique semble être un indicateur pertinent du niveau d'activité des mangoustes. Il présente l'avantage de nécessiter une expertise modérée et d'être moins chronophage à mettre en œuvre que l'utilisation de modèles permettant d'estimer des densités absolues comme par exemple le Random Encounter Model (REM).

L'évolution de la distance moyenne à la côte des captures au fil des sessions semble être également un indicateur efficace pour mesurer la capacité des actions de lutte à maintenir les mangoustes à l'écart des sites de nidification. Il peut se calculer sur simple exploitation des données de capture mais présente l'inconvénient de ne pas être utilisable sur les sites où l'arrière plage n'est pas praticable comme Port Louis Nord et Sud.

Le comptage de prédatons observées sur les sites de ponte de tortues marines a fréquemment été évalué depuis 2012. Cependant, l'absence de protocole clairement identifié et de bancarisation adaptée des données n'a pas permis d'exploiter les informations produites. Il est recommandé pour les prochaines campagnes de mesurer l'occurrence des prédatons et de les consigner dans une base de données qui permettra les comparaisons interannuelles. **Le suivi des prédatons est probablement un des indicateurs les plus pertinents pour évaluer les opérations de régulation des mangoustes.** Il est préconisé de mettre en œuvre ce suivi sur les sites protégés régulièrement durant l'ensemble de la saison de nidification (cf. fiche « meilleures pratiques » 5.6).

Le suivi du nombre de pontes et prédatons associé à l'estimation du succès de nidification sur des sites de ponte protégés et un site témoin pourrait permettre d'évaluer l'ordre de grandeur du nombre de tortillons émergents sauvés par la capture des mangoustes.

Une exploitation des données de piégeage photographique pourrait également être réalisée à l'aide d'un modèle dit de « site occupancy » qui permet de calculer des probabilités de détection, d'occupation ainsi que de colonisation et d'extinction (MacKenzie 2002).

4.5 Techniques de protections des nids alternatives au piégeage

L'aversion gustative conditionnée (AGC) consiste à modifier l'aliment habituellement consommé par l'espèce par l'ajout d'une toxine afin d'entraîner une réaction de méfiance chez le prédateur, qui évitera ensuite cet aliment. L'AGC a été testée à trois reprises sur les plages de Port Louis en Guadeloupe. Les résultats de ces expérimentations n'ont pas été satisfaisants principalement en raison d'un nombre de réplicas trop faible et de protocoles inadaptés.

Les substances utilisées (piment, huile de ricin et liquide vaisselle) ne font pas partie de celles qui sont fréquemment employées dans des études comparables (Snijders et al. 2021). L'utilisation d'œufs de poules fait peser le risque que la mangouste n'associe pas les désagréments générés par la consommation d'appâts modifiés à la prédation de nids de tortues marines, les odeurs, taille, consistance et forme des œufs différant sensiblement entre les deux espèces.

L'AGC présente l'inconvénient, contrairement au piégeage, de ne pas réduire la pression des mangoustes

sur les autres compartiments de l'écosystème. Si l'efficacité du concept a été expérimentalement prouvée en conditions contrôlées et naturelles (Andrewartha et al. 2023 ; Latorre, Larrinaga, et Santamaría 2013) sa capacité à induire des effets populationnels positifs à long terme chez des espèces menacées par un prédateur exotique reste à évaluer. La durée de vie modeste des mangoustes (UICN-ISSG 2013) laisse également penser que le maintien d'une aversion gustative conditionnée au sein de la population pourrait être une activité chronophage en raison d'un renouvellement rapide des individus.

La mise au point d'un protocole d'aversion gustative est une procédure longue, technique et coûteuse nécessitant l'utilisation de substances émétiques éprouvées. Elle devrait se faire dans un cadre scientifique adapté et nécessite plusieurs années d'études dédiées. Il est déconseillé de tenter à nouveau de concevoir une méthode d'aversion gustative dans le cadre d'un stage de Master.

La protection mécanique des nids de tortues marines consiste à poser des grilles ou des cages sur les pontes de tortues marines afin d'empêcher les prédateurs d'y accéder. Cette méthode s'est avérée efficace notamment vis-à-vis de la prédation par les cochons féroces *Sus scrofa* et rats-laveurs *Procyon lotor* en Floride (Engeman 2005) ainsi qu'en Australie pour les renards roux *Vulpes vulpes* (O'Connor et al. 2017).

En Guadeloupe cette méthode a été testée sur un petit nombre de nids de tortues marines (Cottaz 2015) et de nids artificiels composés d'œufs de poule enterrés (Laccours 2021). La faible taille des échantillons ne permet pas de conclure sur l'efficacité du dispositif. Cottaz rapportait des difficultés de pose des grilles en raison de la localisation incertaine de la chambre du nid et de l'occurrence de prédatons précoces des pontes de la nuit avant le passage de l'opérateur.

Cette technique bien que plus prometteuse que l'aversion gustative souffre de plusieurs défauts. Les grilles utilisées pour éviter la prédation des mangoustes peuvent causer des risques d'empêchement des tortillons issus des nids protégés ou voisins. Elles peuvent par ailleurs gêner la progression et la ponte des tortues adultes et favoriser le repérage des nids par d'éventuels braconniers. La phase d'activité la plus intense chez les mangoustes ayant lieu en tout début de journée (cf. Figure 19), il est probable que la pose des grilles intervienne trop tardivement pour protéger les pontes.

La protection mécanique présente l'inconvénient d'être probablement aussi chronophage que le piégeage, de générer des risques supplémentaires liés à la pose de grilles (empêchement, gêne de la ponte, ...) sans réduire la pression imposée par les mangoustes sur les autres compartiments de l'écosystème.

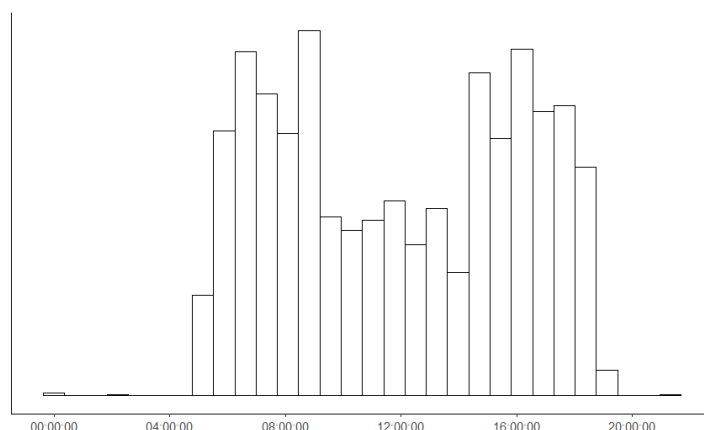


Figure 19 : Cycle journalier d'activité de la mangouste sur quatre plages suivies par piégeage photographique en 2023

4.6 Besoins d'amélioration des connaissances identifiés

Exclusion des crustacés

La compétition pour les pièges imposée par les crustacés limite l'efficacité du piégeage notamment sur les sites de ponton de l'Anse Trabaud et Port Louis Nord et Sud. Les espèces concernées sont principalement le bernard l'ermite *Coenobita clypeatus*, le touloulou *Gecarcinus lateralis* et le crabe de terre *Cardisoma guanhumi*. Le test de dispositifs d'exclusion des crustacés ou de pièges limitant le risque de captures accidentelles et de désarmement est un des axes d'amélioration de l'action.

Pièges vulnérants

Les pièges vulnérants facilitent les relèves tout en réduisant la souffrance des animaux piégés. Ils ont l'avantage également de permettre une modulation de la fréquence de relève au cours de la saison car ils ne nécessitent pas obligatoirement une relève quotidienne. Le piège DOC 250 a prouvé lors de la campagne de piégeage 2023 son efficacité. Il présente néanmoins l'inconvénient d'être sensible aux interactions avec les crustacés. Le test d'autres pièges vulnérants comme le Timms trap, le C910 ou le KBL Tunnel trap est souhaitable. Il est également envisageable de lancer un appel à projet pour la conception d'un piège adapté à la mangouste et limitant les interactions avec les crustacés et captures accidentelles.

A contrario, les tests réalisés en 2020 en Guadeloupe et Martinique ainsi que des études réalisées dans d'autres îles (Coad et al. 2017) suffisent à prouver l'inefficacité du piège Goodnature E2A24 pour la lutte contre la mangouste, quel que soit l'appât utilisé. Aucune preuve n'existe à l'heure actuelle dans la littérature que le piège E2A18 (version du E2A24 adaptée au vison d'Amérique) présente un intérêt pour la mangouste.

Lutte chimique

La lutte chimique n'est pas une méthode largement employée pour régulation de la mangouste en raison de l'absence sur le marché de préparations conjuguant une substance active efficace et une matrice appétente. Des recherches sont en cours aux Etats-Unis afin de concevoir un produit adapté à l'espèce (Antaky et al. 2022) et ont permis de sélectionner des composants adéquats (Siers et al. 2020). L'utilisation d'un tel produit sur le territoire national - lorsque sa conception sera terminée - serait conditionnée à l'obtention d'une homologation européenne et nationale (Anon 2020).

La consommation de carcasses de rats par les mangoustes est régulièrement observée lors de l'utilisation de pièges E2A24 (Coad et al. 2017). Il pourrait être intéressant d'évaluer l'impact sur les effectifs de mangoustes d'opérations de dératisations conventionnelles par piégeage photographique afin d'évaluer l'existence d'une mortalité significative chez la mangouste liée à des intoxications secondaires.

Utilisation de l'espace par les mangoustes

Les données acquises à Saint Kitts, Hawaï et Porto Rico révèlent des informations relatives à l'occupation de l'espace par la mangouste précieuses pour la gestion de l'espèce aux Antilles françaises (Berentsen et al. 2020 ; Pitt, Sugihara, et Berentsen 2015; Sauvé et al. 2022, 2023). La mise en œuvre d'un programme d'amélioration de la connaissance de l'écologie spatiale des mangoustes en Martinique et ou Guadeloupe permettrait de disposer de données adaptées au contexte local et utilisables pour la réalisation des opérations de contrôle des populations.

Cycle de vie et dynamique des populations de mangoustes

La poursuite des dissections de mangoustes femelles permettrait de mieux connaître le cycle de vie et la dynamique des populations de cette espèce aux Antilles.

Appâts

La nature de l'appât employé ne semble pas être une des modalités de piégeage influençant fortement le résultat des opérations de capture de mangouste. Pitt et al. (2015) n'a pas trouvé de différence significative de pourcentage de visite par les mangoustes de stations d'appâtage équipées de 6 types d'appâts différents. La fraîcheur des appâts utilisés ne semblait pas être un facteur déterminant. La qualité des données de relèves de pièges ne permet pas de conclure pour le jeu de données de Martinique et Guadeloupe mais il ne semble pas prioritaire de mener de nouveaux tests d'appâts dans le cadre de relève quotidienne. Eventuellement un test sur des pièges vulnérants relevés moins fréquemment pourrait être entrepris afin de vérifier la longévité de l'attractivité de différents types d'appâts. Le nombre de modalités testées devrait alors être inférieur à 4 pour fournir un échantillon statistiquement exploitable.

5 Fiches « meilleures pratiques »

Sept fiches synthétisant les « meilleures pratiques actuelles » de piégeage, collecte des données, évaluation des impacts et de protection du personnel ont été rédigées afin de faciliter la mise en œuvre des actions par les opérateurs dans un cadre sécuritaire et efficace.

5.1 Dessiner les grilles de piégeage

Le succès de la campagne de piégeage dépend en très grande partie de la bonne conception de la grille de piégeage. Il est recommandé de placer un piège en moyenne tous les 100 mètres. Un piégeage réalisé avec une grille trop dense ou trop peu dense ne permettra pas de capturer une proportion satisfaisante d'individus fréquentant la plage et rendra la recolonisation de la zone à protéger plus rapide.

Il est recommandé, dès lors que cela est possible, d'étendre la grille de piégeage à l'intérieur des terres. Lorsque ce n'est pas possible en raison du relief ou de la présence d'une mangrove d'arrière plage, il est préconisé de disposer les pièges de manière linéaire le long de la plage à protéger en essayant de couvrir le site de ponte le plus exhaustivement possible. La disposition de cluster rapprochés de pièges est à éviter car elle engendre une surconcentration de pièges sur une petite zone tout en laissant de vastes zones sans pièges.

A noter : le piégeage doit s'effectuer sur une surface suffisante pour être efficace, une trop forte concentration de piège ne permet pas de protéger les sites de ponte efficacement que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur des zones piégées.

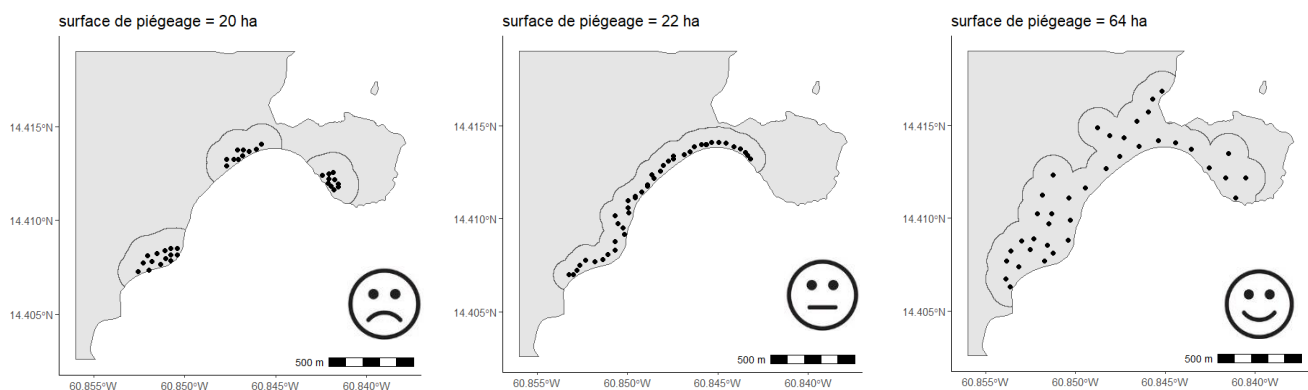


Figure 20 : La grille de gauche est à éviter quelle que soit la configuration, celle du centre peut être mise en œuvre si l'arrière plage est impraticable (mangrove) tandis que celle de droite est celle qui protégera le plus efficacement le site de ponte avec une interdistance et une profondeur adaptée

Il est nécessaire d'établir une grille de piégeage sur SIG au préalable car il n'est pas possible de s'assurer que les pièges soient installés à une distance adéquate les uns des autres sur le terrain sans carte préétablie. Cette grille peut se créer grâce aux outils « Vecteur » de QGIS « points aléatoires sur une ligne » ou « points réguliers » en indiquant une distance minimale entre les points de 100 mètres. La grille de piégeage créée pourra être convertie (exportée) au format KML pour être affichée sur le smartphone des agents grâce à un traceur de type Maps.me ou OruxMaps.

NB : des propositions de grilles de piégeage adaptées aux sites des Anses du Nord, Trabaud, Port Louis Nord et Sud sont fournies en annexe de ce dossier directement au format KML.

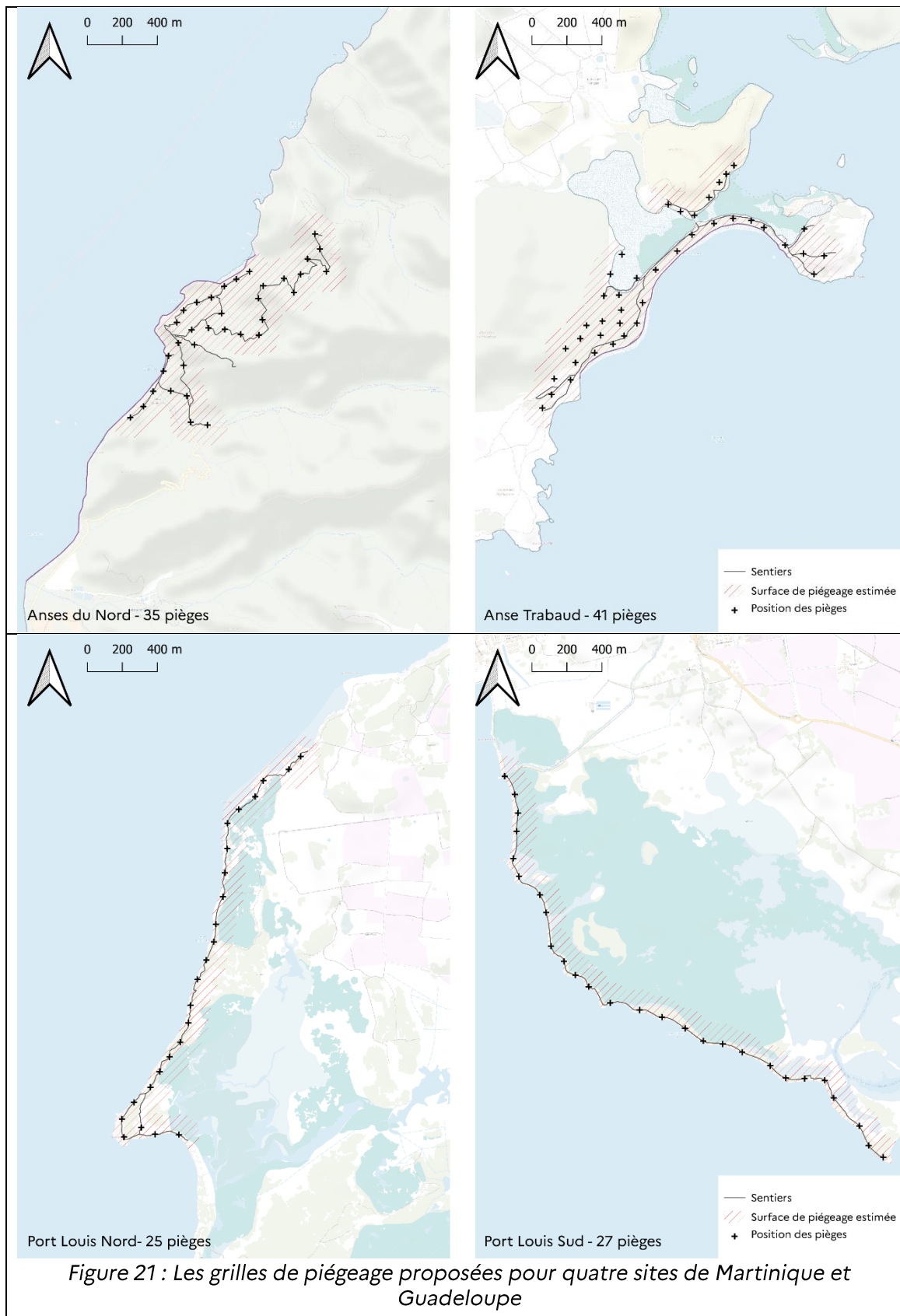


Figure 21 : Les grilles de piégeage proposées pour quatre sites de Martinique et Guadeloupe

5.2 Mener les opérations de piégeage et collecter les données de manière efficace

La pose des pièges

La pose des pièges doit se faire à proximité du point prévu par la grille de piégeage dans un endroit qui est autant que possible relativement facile d'accès et hors de la vue du public. Un balisage discret peut être envisagé si les pièges sont amenés à rester longtemps sur le terrain (DOC 250). Les pièges doivent être numérotés avec un identifiant unique pour faciliter la saisie de données de relèves. Il est possible d'attacher les pièges à l'aide de chaînes ou câbles et cadenas lorsque les pièges resteront longtemps sur le terrain ou que le risque de vol est élevé.

La relève

Il n'est pas nécessaire d'effectuer plusieurs relèves quotidiennes, il est préférable de prendre du temps pour marcher afin d'atteindre des pièges espacés plutôt que de faire des relèves multiples de pièges placés trop près les uns des autres.

Il est conseillé que chaque opérateur ait un rôle attribué : le premier se charge de la relève et du réappâtage des pièges ainsi que des mesures biométriques (mains sales) tandis que le second manipule la carabine et le téléphone destiné à saisir les données (mains propres). Cette organisation permet d'éviter le risque de contamination croisée par les pathogènes des animaux piégés via les objets manipulés. En cas d'inversion des rôles, il est nécessaire que les deux opérateurs se lavent les mains au gel hydroalcoolique. Les appâts retirés des pièges et les déchets divers sont stockés dans un sac poubelle dédiés.

La collecte des données de piégeage

Chaque relève doit faire l'objet de prise de donnée qu'elle conduise ou non à la capture d'un animal. Ces données sont cruciales afin d'améliorer les modalités de piégeage au fil du temps. Les captures non ciblées comme les bernard l'ermite ou même les oiseaux doivent être notées. **Le point GPS doit être collecté uniquement à la pose du piège.** Un champ qui permet de savoir si l'action en cours est une « pose », « relève » ou « dépose » de piège doit être renseigné. En cas de déplacement d'un piège, il est nécessaire de saisir une dépose puis une pose. L'utilisation d'une application permettant la saisie des informations sur un smartphone de type « ODKcollect », « Kobo Collect » ou « Survey123 » est particulièrement indiqué.

NB : un formulaire de saisie XLSform dédié à la collecte des informations de piégeage qui peut être affiché notamment sur les applications ODKcollect et Survey123 est annexé au présent dossier.

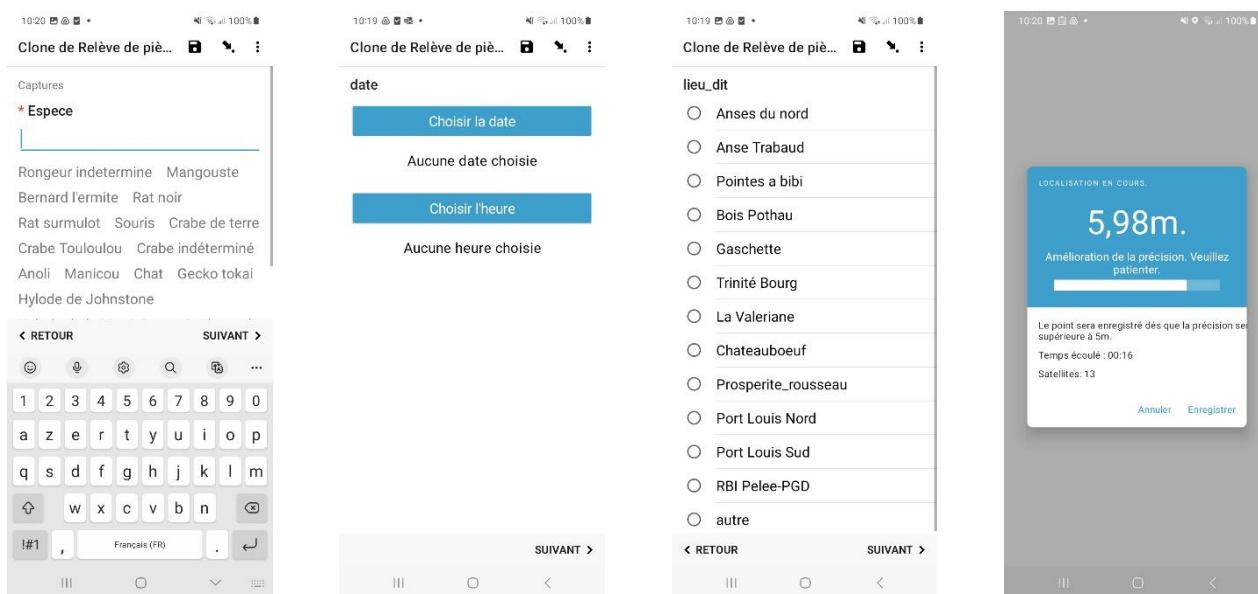


Figure 22 : Captures d'écran du formulaire de collecte des données de piégeage affiché par l'application ODKcollect

La mise à mort et la biométrie

Lors de l'utilisation de pièges non vulnérants, la mise à mort de l'animal s'effectue à la carabine à air comprimé de moins de 20 joules. Les armes à air comprimé perdent de leur puissance au fur et à mesure de leur durée de vie. En cas de mises à mort difficiles répétées, il faut s'interroger sur un éventuel manque de puissance de la carabine lié à son âge et la remplacer rapidement. Les ratières munies de fond en plaque métallique doivent être renversées sur le côté avant que le tir soit effectué afin d'éviter le risque de ricochet vers les agents. Le port des lunettes de sécurité pour les deux agents est indispensable. **Les ricochets de plombs tirés par des armes de moins de 20 joules peuvent engendrer une cécité temporaire ou permanente si un œil est touché.**

L'animal mis à mort est sorti de la cage par un opérateur muni de gants jetables. Il est mesuré du museau à l'anus et du museau au bout de la queue, il est pesé à l'aide d'un peson de précision (éviter les peses bagages trop peu précis). L'animal est ensuite introduit dans un sachet zip sur lequel est renseigné la date, le lieu, l'espèce et le numéro du piège puis placé dans un sac poubelle.

À l'issue de ces mesures, les opérateurs doivent se laver les mains au gel hydroalcoolique (sur les gants s'ils les gardent et régulièrement également à mains nues). Avant les repas, il est fortement conseillé de se laver les mains à l'eau et au savon. Il est vital de veiller à ne pas mettre de liquides issus d'animaux en contact avec des plaies sur la peau des opérateurs.

Au retour au bureau

L'envoi des données collectées sur le smartphone sont généralement stockées dans la mémoire. Il est nécessaire de penser à les envoyer chaque jour au retour à la connexion cellulaire ou wifi. Les animaux morts sont stockés dans un congélateur en vue de leur dissection éventuelle et équarrissage.

5.3 Acquérir et mettre en service des pièges DOC 200 ou 250

Les pièges vulnérants DOC 200 et DOC 250 présentent de nombreux avantages par rapport aux ratières et cages à fauves. Ils mettent à mort les mangoustes de manière instantanée et étique et permettent d'espacer les relèves afin d'allonger la durée de la protection des sites de ponte sans augmenter le temps agent nécessaire à l'exploitation du réseau de piège. Leur mise en œuvre est pratique pour les opérateurs car elle ne nécessite pas le transport d'une carabine sur le terrain.

Ces pièges sont produits en Nouvelle Zélande ce qui rend leur acquisition peu pratique. Depuis plusieurs années des sites de vente en ligne européen proposent l'achat de DOC 200. Le DOC 200 est de puissance inférieure au DOC 250 mais permet également une mise à mort efficace et étique des mangoustes. Il est conseillé d'utiliser des DOC 250 en Martinique où la capture accidentelle de manicoou *Didelphis marsupialis* est fréquente afin d'assurer une mise à mort des individus de cette espèce compatible avec le respect du bien-être animal.

Les DOC peuvent être achetés nus et être montés dans un tunnel de piégeage en bois dont le plan est fourni sur le web (cf. liens à la fin de la fiche) ou avec des tunnels en plastiques empilables et légers (cf. Figure 23). Au moins un revendeur européen (Perdrix Wildlife Supplies) propose l'achat de kits DOC 200 + tunnels en plastique. Le coût d'achat de ce kit était de l'ordre de 115 € par pièce (hors taxes, frais de port inclus) en janvier 2024.



Figure 23 : Tunnels de piégeage de DOC 250 en plastique (à gauche) et en bois (à droite)

Le tunnel de piégeage en bois doit absolument être construit en bois traité ou bois rouge sous peine d'être dégradé très rapidement par les termites et l'humidité. Les pièges DOC peuvent être conçus en acier galvanisé ou inox. Il est indispensable de choisir les modèles en inox qui résisteront mieux aux embruns salés et au climat humide. Le piège est fixé au plancher du tunnel de piégeage par des vis traversant la planche et tenues en place par des écrous et rondelles. La fixation du piège par des vis à bois uniquement entraîne un risque de rupture de la fixation et de blessures pour les opérateurs.

Il est nécessaire de calibrer les pièges et de les entretenir en début et fin de saison de piégeage. Une bonne calibration du poids de déclenchement permet d'améliorer l'efficacité du piégeage le nombre de captures accidentelles de crustacés. La procédure détaillée de calibration et d'entretien à suivre est détaillée dans le guide du piégeage conçu par le Department de la Conservation de Nouvelle Zélande : <https://www.doc.govt.nz/globalassets/documents/conservation/threats-and-impacts/pf2050/pf2050-trapping-guide.pdf>

Sur les sites où les captures accidentelles de crustacés sont nombreuses (Anse Trabaud, Port Louis) le

seuil de déclenchement peut être réglé à 150 g afin de minimiser leur probabilité de capture. Sur les sites où les crustacés sont moins nombreux comme les Anses du Nord, le seuil peut être fixé à 100 g ce qui permet également de capturer les rats.

Fournisseurs européens :

<https://www.huntersfriend.eu/product/doc-200-hetitappava-rauta/>

<https://www.removepests.co.uk/products/doc-200-trap>

<https://perdixwildlifesupplies.com/products/doc-200-spring-trap>

<https://collinsnets.co.uk/product/doc-200-spring-trap-only>

Fournisseurs néozélandais :

<https://www.cmisprings.com/predatortraps.html>

<https://goodwood.nz/products/doc250-stainless-steel-trap-mechanism>

<https://www.connovation.co.nz/products/doc250-trap-range>

Plans du tunnel en bois :

<https://www.doc.govt.nz/documents/conservation/threats-and-impacts/animal-pests/doc200-predator-trap.pdf>

<https://www.doc.govt.nz/globalassets/documents/conservation/threats-and-impacts/animal-pests/doc250-predator-trap.pdf>

5.4 Protéger les opérateurs contre les zoonoses

La leptospirose est une maladie causée par des bactéries appelées leptospires dont il existe un grand nombre d'espèces. L'incidence constatée de cette maladie aux Antilles est près de 100 fois supérieure à celle de France hexagonale (Cassadou et al. 2016). Une proportion importante des animaux manipulés dans le cadre des opérations de protection des nids de tortues marines (mangoustes, rats, manicou, chats, ...) est contaminée par les bactéries qui en sont responsables (Cranford et al. 2021; Higa et Fujinaka 1976).

Cette maladie entraîne souvent de graves symptômes pouvant conduire à la mort ou à des séquelles invalidantes. La contamination peut se faire directement par contact avec des tissus, excrément, sang ou des urines infectés ou indirectement via l'eau, les végétaux ou le sol.

Les symptômes de la leptospirose sont peu spécifiques et peuvent être confondus facilement avec ceux de la dengue ou de la grippe. Dans son expression typique, elle débute après une incubation de 5 à 20 jours, par l'apparition brutale d'une fièvre élevée (en général $>39^{\circ}\text{C}$), accompagnée de douleurs musculaires, articulaires, abdominales et de forts maux de tête (CIRE Antilles 2018).

En cas de forte fièvre et de symptômes grippaux après avoir mené une opération de lutte, il est important de dire au médecin qu'il existe un risque fort de leptospirose.

La vaccination contre la leptospirose se fait par deux injections à quinze jours d'intervalle puis un rappel quatre à six mois plus tard. Le vaccin ne protège que contre un sérotype appelé *Icterohaemorrhagiae* parmi la trentaine identifiée dans le monde. Ce sérotype est fréquemment responsable de formes graves de la maladie et est impliqué dans près de la moitié des cas en Martinique et 20 % en Guadeloupe (Levillain 2001).

La vaccination des opérateurs chargés de la régulation des mammifères exotiques contre la leptospirose est conseillée.

Les mangoustes sont porteuses de la rage dans d'autres îles des Antilles comme Porto Rico, Cuba, et Grenade (Nadin-Davis et al. 2006; Tierkel et al. 1952; Zieger et al. 2014). Bien que le virus de la rage canine n'ait jamais été détecté en Martinique et Guadeloupe, il est prudent de consulter un médecin en cas de morsure ou de griffure de mangouste.

5.5 Etablir un indicateur d'abondance relatif des mangoustes par piégeage photographique

L'estimation d'un indicateur d'abondance relatif par piégeage photographique (RAI) permet d'évaluer l'impact des campagnes de capture des mangoustes sur leurs effectifs. Ils peuvent être réalisés relativement facilement à l'aide de 10 à 15 pièges photographiques par sites de ponte. Les pièges photographiques doivent être autant que possible du même modèle pour éviter qu'ils aient une des probabilités de détection des individus différentes. Les pièges photographiques doivent être disposés aléatoirement sur une surface composée d'un tampon de 300 à 450 mètres appliqué au linéaire du site de ponte. L'interdistance des pièges doit être supérieure ou égale à 120 mètres afin que les événements de détection soient indépendants. Comme pour le piégeage, le plan d'échantillonnage doit impérativement être créé préalablement à la pose avec un logiciel de SIG, exporté en .kml et affiché sur un traceur GPS de type Maps.me ou Oruxmaps. La durée de pose des pièges photographiques conseillée est de 20 jours. La pose peut avoir lieu avant et après chaque session de piégeage.

Avant le terrain, les opérateurs numérotent les pièges photographiques à l'aide d'un marqueur et, via le paramétrage de l'appareil, ils inscrivent le nom du piège dans la bande numérique qui s'affiche en bas de l'image. Ils règlent le piège sur la sensibilité minimale, la résolution minimale, le nombre photo en rafale maximal, le délai de réactivation entre deux détections doit être minimal. Ils numérotent au marqueur le collier python avec le numéro de la clé correspondante. L'heure et la date et éventuellement le fuseau horaire sont réglées et font l'objet d'un double contrôle (avant le terrain et lors de la pose) car certains appareils peuvent réinitialiser les paramètres une fois éteints. Les piles neuves (idéalement au lithium) sont installées. L'opérateur vérifie également que la carte SD n'est pas verrouillée et a été préalablement formatée.

Sur le terrain deux opérateurs sont chargés de poser les pièges durant une journée complète. Ils rallient le point souhaité du plan d'échantillonnage et lorsqu'ils l'atteignent cherchent un site de pose adapté dans un rayon de 30 mètres autour du point prévu qui présente les caractéristiques suivantes : une hauteur comprise entre 10 et 50 cm au-dessus du sol (optimal à 30 cm), un champ de vision dégagé sur au moins 5 mètres, suffisamment peu de végétation qui risque de déclencher le piège photographique et assez peu visible pour limiter le risque de dégradation. Il est recommandé d'éviter les structures insuffisamment stables comme les troncs d'arbres de diamètre inférieur à 15 cm, bambous, ... L'opérateur ne doit pas essayer de positionner la caméra en fonction de la probabilité estimée d'observer des animaux pour conserver le caractère aléatoire de l'échantillonnage.

Le piège est orienté parallèlement au sol et idéalement vers le nord pour éviter l'éblouissement à certaines heures. Le coffret métallique est placé et sanglé à un arbre, le piège photographique activé. Il est crucial de vérifier le cadrage de l'appareil sur l'écran frontal s'il existe ou sinon en retirant l'appareil et en l'ouvrant sans déplacer le coffre métallique. La pose sans vérification du cadrage abouti le plus souvent à des photos inexploitable. Une fois le cadrage vérifié, le piège est monté avec un coffret de protection métallique et un collier python. Si une estimation de la densité d'individus par REM est prévue en complément du RAI, ils calibrent le piège photographique à l'aide d'un bâton gradué comme décrit dans les webinaires de l'European Observatory of Wildlife (Guerrasio et al. 2022).

La position GPS, date, heure, n° du piège, l'action (pose ou dépose), le numéro de la clé du collier python sont notées par un opérateur. L'orientation verticale du piège est évaluée à l'aide d'un niveau à bulle ou d'une application dédiée sur smartphone, l'azimut en ° est pris à l'aide d'une boussole. Le type de milieu (forêt sèche, mangrove sol nu, mangrove boisée, prairie humide, plage) peut être également noté.

A l'issue de la durée de pose d'environ 20 jours, les pièges sont déposés, les informations liées à la date, l'heure et l'état du piège (actif ou non), des piles (nombre de barres) et du stockage (nombre de photo prises ou % de complétude de la carte SD) sont consignées. Une calibration supplémentaire à l'aide du

bâton graduée est effectuée. Les opérateurs s'assurent de pouvoir au retour au bureau relier la carte SD à la position gps du piège photographique et les autres informations de pose et dépose.

Au bureau, l'opérateur transfère les photographies dans des dossiers classés par projet, site de pose et date sur un disque dur externe. Il parcourt les photographies et sélectionne celles qui montrent un animal, la calibration, pose et dépose et les dispose dans un dossier dédié. Il est important de garder les photographies de pose et dépose pour conserver l'information de la durée de déploiement.

Il vérifie que les métadonnées relatives à l'heure sont justes. Il arrive fréquemment que les dates et heures enregistrées par les pièges photographiques soient fausses car elles ont été mal réglées ou qu'elles se sont spontanément dérégées en cours de session. Si c'est le cas, elles doivent être corrigées impérativement via un logiciel de modification des EXIF de type « Exif Date Changer » avant d'être uploadées.

Les photographies triées peuvent ensuite être téléchargées sur la plateforme Agouti.org accompagnées des informations de déploiement (position, azimuth, ...). Des tutoriels sur l'utilisation d'Agouti sont disponibles sur le site web. Les images sont ensuite annotées et éventuellement pointées. Les données sont extraites et dézippées sur l'ordinateur de l'opérateur qui pourra utiliser les scripts annexés à ce dossier ainsi que camtraptor (Oldoni et Desmet 2022) et remBoot (Caravaggi 2017) pour les exploiter. Camtraptor notamment permet d'extraire de manière particulièrement simple le RAI pour la période et les sites souhaités avec la fonction « get_rai ». Les intervalles de confiance du RAI peuvent être calculés par bootstrapping à l'aide des scripts créés dans le cadre du présent dossier.

NB : un formulaire de saisie XLSform dédié à la collecte des informations de piégeage photographique qui peut être affiché notamment sur les applications ODKcollect et Survey123 est annexé au présent dossier.

5.6 Etablir un indicateur de pression de prédation sur les nids de tortues marines

5.6.1 *Suivi des traces de prédation*

Le suivi des traces de prédation consiste à compter les indices de prédation sur les nids de tortues marines durant les comptage-traces protocolés du Réseau Tortues Marines. Ce suivi de la prédation peut être effectué sur les plages faisant l'objet d'actions de protection des nids et un site témoin sujet de prédatons fréquentes mais où aucune protection n'est mise en œuvre comme par exemple l'Anse des Galets en Martinique. Il est important que ces suivis aient lieu durant la majeure partie de la saison de nidification pour déceler d'éventuelles variations dans le taux de prédation liées aux actions de protection.

La prospection s'effectue sur l'ensemble du linéaire de la plage. Les indices de prédation à prendre en compte sont les coquilles d'œufs retrouvées autour d'un nid creusé. A chaque fois qu'un nid présentant des traces de prédation est repéré, sa position GPS est enregistrée. Lorsque des coquilles sont présentes, celles dont la taille est supérieure à 50% de la taille de l'œuf sont comptées puis prélevées et conservées dans un contenant. Elles seront jetées à l'écart de la plage afin de ne pas recompter la même prédation lors des suivis ultérieurs. L'espèce de prédateur est identifiée, si possible, à partir des traces laissées autour du nid.

Des suivis de prédatons ont régulièrement été réalisés depuis 2012 en Guadeloupe et Martinique mais aucune base de données dédiée n'a permis de centraliser et exploiter les informations inter annuellement. Ces données sont bancarisées dans la BDD comptage de traces mais aucune entrée ne permet d'indiquer leur nature. Ces informations sont à renseigner dans un formulaire et stocker soit dans

une base de données dédiée soit dans la BDD traces de tortues marines avec une valeur indiquant dans la colonne protocole qu'il s'agit d'un comptage traces + relevé de prédation.



Figure 24 : Traces de mangoustes (à gauche), et restes de prédatons (à droite)

5.6.2 Suivi du succès de nidification

Parallèlement au suivi de la prédation, l'estimation du succès de nidification pourrait permettre de fournir une indication relative au nombre d'individus épargnés grâce à la protection des nids contre les mangoustes. Cette information est importante pour évaluer l'efficacité des actions de protection.

L'Anse des Galets où la prédation des nids constatée empiriquement en 2023 était importante pourrait servir de site témoin et les Anses du Nord protégées pourraient constituer l'échantillon à tester.

Pour estimer le succès de nidification, les nids qui avaient été repérés pendant les suivis de prédation doivent être ouverts au bout du 70^e jours suivant la ponte ou au plus tôt 5 jours après une émergence observée (ONF 2019). Il faut tenter d'estimer cette date à partir de la date d'observation des traces de ponte et de leur fraîcheur pendant les suivis de prédation. Ce délai de sécurité permet de s'assurer que l'éclosion est bien terminée.

L'ensemble des coquilles d'œufs (taille > 50% de la taille de l'œuf) et des nouveaux nés morts sont extraits puis les coquilles sont classées en 5 catégories :

- Œufs éclos (coquilles entières et cassées lisses et sèches à l'intérieur)
- Œufs prédatés avant éclosion (coquilles ouvertes avec résidus de tortues à l'intérieur)
- Œuf non éclos de taille normale
- Œuf non éclos de petite taille (œufs infertiles)

Enfin, les œufs non éclos sont ouverts pour déterminer leur stade de développement :

- Stade « non développé » : sans embryon développé
- Stade « jeune embryon » : embryon non colore
- Stade « vieil embryon » : embryon entièrement formé

Pour réaliser l'ouverture des nids, une personne habilitée par arrêté préfectoral doit être présente (habilitation niveau I+).

NB : un formulaire de saisie XLSform dédié à la collecte des informations de suivi de prédation et de

succès de nidification qui peut être affiché notamment sur les applications ODKcollect et Survey123 est annexé au présent dossier.

5.7 Saisir, explorer, bancariser et diffuser les données collectées

5.7.1 Les formulaires XLSform affichés par ODKcollect ou Survey123

Trois formulaires XLSform sont fournis dans le dossier du présent projet. Il s'agit de fichiers Excel qui permettent, une fois affichés par une application ODKcollect ou Survey123 de saisir les informations relevées sur le terrain depuis un smartphone. Les formulaires proposés servent à relever les informations relatives : - 1) à l'opération de piégeage ; - 2) au piégeage photographique ; - 3) au suivi de traces de pontes, de prédation et à l'examen du succès de nidification.

Pour utiliser les formulaires plusieurs options sont possibles : créer un compte sur kobotoolbox.org et se rapprocher des auteurs du présent document (fabian.rateau@ofb.gouv.fr ; adelie.paris@ofb.gouv.fr) pour demander l'accès aux formulaires ; héberger soit même le formulaire sur kobotoolbox.org ou bien organiser l'hébergement des formulaires sur Survey123 avec le responsable des données de l'ONF. L'affichage sur le smartphone se fait grâce aux applications ODKcollect, KoboCollect ou Survey123 après avoir renseigné les identifiants du compte et téléchargé les formulaires vierges.

Un tutoriel sur l'utilisation de KoboToolbox est disponible en suivant ce lien : <https://docs.google.com/presentation/d/1vJMWBbcMNlnQP1dUa7WsTuA4mSwifgEnj-TtjGwmcuY/htmlpresent>

5.7.2 Exploration, bancharisation et diffusion des données

Une base de données interannuelle et commune à la Guadeloupe et à la Martinique a été créée dans le cadre du présent travail. Il s'agit d'un fichier csv appelé « flatfile_bdd_piegeage » qui compile les données brutes de toutes les sessions de piégeage réalisées depuis 2012. Chaque ligne correspond à une pose, relève ou dépose de piège.

Une synthèse des principales modalités de piégeage de chacune des sessions de piégeage effectuées depuis 2012 a été créée dans le fichier CSV « bdd_session » sur la base des données brutes du flatfile et des rapports annuels lorsque la qualité des données ne permettait pas de les reconstituer. Ce fichier qui comporte une ligne par session de piégeage comporte certaines données exploitées comme la surface de piégeage, la distance à la côte moyenne des captures calculées à l'aide d'un script R également fourni. Les deux fichiers peuvent être joints via un identifiant unique appelée « id_session »

Il est important de compiler chaque année les données issues des campagnes de piégeage dans le flatfile afin de pouvoir continuer à réaliser des valorisations interannuelles des données.

Un script R permettant la mise en forme, l'exploration des données et la création de graphiques synthétisant les principaux résultats est fourni dans le présent dossier. Il est conseillé de se rapprocher des auteurs pour l'utiliser. Il permet également de compiler les données dans la BDD interannuelle « flatfile_bdd_piegeage » et de composer des exports au format SINP qui peuvent ensuite être diffusés via la plateforme Madinati ou Karunati.

6 Bibliographie

Allard, Paul. 2022. « RAPPORT DE STAGE: Régulation de la petite mangouste indienne pour la préservation des pontes de tortues marines ».

Andrewartha, Tim, Maldwyn Evans, Anton Blencowe, Kyle Brewer, Iain J. Gordon, et Adrian D. Manning. 2023. « Landscapes of Nausea: Successful Conditioned Taste Aversion in a Wild Red Fox Population ». *Conservation Science and Practice* 5(8):e12984. doi: 10.1111/csp2.12984.

Anon. 2020. « L'évaluation des produits biocides, comment ça marche? » *Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*. Consulté 8 janvier 2024 (<https://www.anses.fr/fr/content/l%27évaluation-des-produits-biocides-comment-%27a-marche>).

Antaky, Carmen C., Steven C. Hess, Israel L. Leinbach, Robert T. Sugihara, Emily W. Ruell, et Shane R. Siers. 2022. « Development of a Novel Vertebrate Pesticide for the Invasive Small Indian Mongoose ». *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 30(30).

Barun, A., C. C. Hanson, K. J. Campbell, et D. Simberloff. 2011. « A Review of Small Indian Mongoose Management and Eradications on Islands ». 10.

Berentsen, Are R., Mel J. Rivera-Rodriguez, Katherine M. McClure, Fabiola B. Torres-Toledo, Juan G. Garcia-Cancel, et Amy T. Gilbert. 2020. « Home Range Estimates for Small Indian Mongooses (*Urva Auropunctata*) in Southwestern Puerto Rico ». *Caribbean Journal of Science* 50(2):225. doi: 10.18475/cjos.v50i2.a4.

Bondi, Natasha, John White, Mike Stevens, et Raylene Cooke. 2010. « A comparison of the effectiveness of camera trapping and live trapping for sampling terrestrial small-mammal communities ». *Wildlife Research* 37:456-65. doi: 10.1071/WR10046.

Bubnicki, Jakub W., Ben Norton, Steven J. Baskauf, Tom Bruce, Francesca Cagnacci, Jim Casaer, Marcin Churski, Joris P. G. M. Cromsigt, Simone Dal Farra, Christian Fiderer, Tavis D. Forrester, Heidi Hendry, Marco Heurich, Tim R. Hofmeester, Patrick A. Jansen, Roland Kays, Dries P. J. Kuijper, Yorick Liefing, John D. C. Linnell, Matthew S. Luskin, Christopher Mann, Tanja Milotic, Peggy Newman, Jürgen Niedballa, Damiano Oldoni, Federico Ossi, Tim Robertson, Francesco Rovero, Marcus Rowcliffe, Lorenzo Seidenari, Izabela Stachowicz, Dan Stowell, Mathias W. Tobler, John Wieczorek, Fridolin Zimmermann, et Peter Desmet. 2023. « Camtrap DP: An Open Standard for the FAIR Exchange and Archiving of Camera Trap Data ». *Remote Sensing in Ecology and Conservation* rse2.374. doi: 10.1002/rse2.374.

Burgar, Joanna M., Frances E. C. Stewart, John P. Volpe, Jason T. Fisher, et A. Cole Burton. 2018. « Estimating density for species conservation: Comparing camera trap spatial count models to genetic spatial capture-recapture models ». *Global Ecology and Conservation* 15:e00411. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00411.

Caravaggi, Anthony. 2017. « remBoot: An R Package for Random Encounter Modelling ». *The Journal of Open Source Software* 2(10):176. doi: 10.21105/joss.00176.

Casaer, Jim, Tanja Milotic, Yorick Liefing, Peter Desmet, et Patrick Jansen. 2019. « Agouti: A platform for processing and archiving of camera trap images ». *Biodiversity Information Science and Standards* 3. doi: 10.3897/biss.3.46690.

Cassadou, Sylvie, Jacques Rosine, Claude Flamand, Martina Escher, Martine Ledrans, Pascale Bourhy, Mathieu Picardeau, et Philippe Quénel. 2016. « Underestimation of Leptospirosis Incidence in the French West Indies » édité par J. Foley. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 10(4):e0004668. doi:

10.1371/journal.pntd.0004668.

CIRE Antilles, 2018. 2018. « LE POINT SUR LA LEPTOSPIROSE - document destiné aux professionnels de santé ».

Coad, Heather, Sierra McDaniel, Kathleen Misajon, et Charlotte Forbes-Perry. 2017. « Post-Implementation Assessment of Novel Rodent Control Devices for Protection of High Elevation Endangered Species at Hawai`i Volcanoes National Park ».

Cottaz, Cyril. 2015. « Analyse de la prédation de la petite mangouste indienne *Urva auropunctata* sur les pontes de tortues marines. Cas du littoral de Port Louis Guadeloupe ».

Cranford, Hannah, A. Browne, Karen LeCount, Tammy Anderson, Camila Hamond, Linda Schlater, Tod Stuber, Valicia Burke-France, Marissa Taylor, Cosme Harrison, Katia Matias, Alexandra Medley, John Rossow, Nicholas Wiese, Leanne Jankelunas, Leah Wilde, Michelle Mehalick, Gerard Blanchard, Keith Garcia, et Jarlath Nally. 2021. « Mongooses (*Urva auropunctata*) as reservoir hosts of *Leptospira* species in the United States Virgin Islands, 2019–2020 ». *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15:e0009859. doi: 10.1371/journal.pntd.0009859.

Engeman, Richard. 2005. « Indexing principles and a widely applicable paradigm for indexing animal populations ». *USDA Wildlife Services - Staff Publications*.

Engeman, Richard, Desley Whisson, Jessica Quinn, Felipe Cano, Pedro Quiñones, et Thomas H. White Jr. 2006. « Monitoring Invasive Mammalian Predator Populations Sharing Habitat with the Critically Endangered Puerto Rican Parrot *Amazona vittata* ». *Oryx* 40(1):95-102. doi: 10.1017/S0030605305001286.

Espeut. 1882. « On the Acclimatization of the Indian Mongoos in Jamaica ». *Proceedings of the Zoological Society of London* 1882:712-14. doi: 10.1111/j.1096-3642.1883.tb02783.x.

Grelot-Valade, Mitsiou. 2023. « Regulation of the Small Indian Mongoose in Martinique: Assessing the Effectiveness of Two Types of Traps to Optimise Population Management ».

Guerrasio, Tancredi, JA Blanco-Aguilar, Jim Casaer, Pablo Palencia, Pelayo Acevedo, P. Jansen, Marcus Rowcliffe, Massimo Scandura, Marco Apollonio, Ludovica Preite, et Joaquin Vicente. 2022. « Report of the ENETWILD training "Second online course on the use of camera trapping for monitoring wildlife and density estimation in the framework of the European Observatory of Wildlife-EOW" ». *EFSA Supporting Publications* 19. doi: 10.2903/sp.efsa.2022.EN-7708.

Henderson, Robert. 1992. « Consequences of Predator Introductions and Habitat Destruction on Amphibians and Reptiles in the Post-Columbus West Indies ». *Caribbean Journal of Science* 28.

Higa, H. H., et I. T. Fujinaka. 1976. « Prevalence of Rodent and Mongoose Leptospirosis on the Island of Oahu ». *Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974)* 91(2):171-77.

Laccours, Par Constance. 2021. « Régulation de la population de la petite mangouste indienne (*Urva auropunctata*) pour la préservation des sites de pontes de tortues marines ».

Latorre, Lucía, Asier R. Larrinaga, et Luis Santamaría. 2013. « Rats and Seabirds: Effects of Egg Size on Predation Risk and the Potential of Conditioned Taste Aversion as a Mitigation Method ». *PLOS ONE* 8(9):e76138. doi: 10.1371/journal.pone.0076138.

Le Gal, Klervi. 2023. « Lutte contre la prédation des nids de tortues marines par la petite mangouste indienne ».

Leighton, Patrick A., Julia A. Horrocks, et Donald L. Kramer. 2009. « How Depth Alters Detection and Capture of Buried Prey: Exploitation of Sea Turtle Eggs by Mongooses ». *Behavioral Ecology* 20(6):1299-1306. doi: 10.1093/beheco/arp139.

Levillain, Anne. 2001. « La leptospirose aux Antilles ».

Liefting, Yorick, Jim Casaer, Peter Desmet, Marcus Rowcliffe, et P. A. Jansen. 2022. « Update on the development of the Agouti platform for collaborative science with camera traps and a tool for wildlife abundance estimation ». *EFSA Supporting Publications* 19. doi: 10.2903/sp.efsa.2022.EN-7327.

Lorvelec, Olivier, Xavier Delloue, Michel Pascal, et Simone Mège. 2004. « Impacts des mammifères allochtones sur quelques espèces autochtones de l'îlet Fajou (réserve naturelle du grand cul-de-sac marin, Guadeloupe), établis à l'issue d'une tentative d'éradication ». *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)* 59(1):293-307. doi: 10.3406/revec.2004.6397.

Lowe, D., M. Browne, S. Boudjelas, et M. De Poorter, éd. 2004. « 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection From The Global Invasive Species Database ». P. 715-16 in *Encyclopedia of Biological Invasions*. University of California Press.

MacKenzie, Darryl. 2002. « ESTIMATING SITE OCCUPANCY RATES WHEN DETECTION PROBABILITIES ARE LESS THAN ONE - MacKenzie - 2002 - Ecology - Wiley Online Library ». Consulté 21 décembre 2023 (https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658%282002%29083%5B2248%3AESORWD%5D2.0.CO%3B2?casa_token=LrRTNC0gTGUAAAAA%3Abfau-2fxpntACPuP1NQXZjF1uDz9OxM_W7oQ5ivh6uE7YMTjq-n_OQb95takFhrbkL7EzGsLVabeg).

Mornet-Hess, Lara. 2021. « Évaluation des pressions et définition des usages acceptables sur les habitats terrestres des tortues marines en Martinique ».

Nadin-Davis, S. A., G. Torres, M. De Los Angeles Ribas, M. Guzman, R. Cruz De La Paz, M. Morales, et A. I. Wandeler. 2006. « A Molecular Epidemiological Study of Rabies in Cuba ». *Epidemiology and Infection* 134(6):1313-24. doi: 10.1017/S0950268806006297.

Nellis, David W., et Vonnie Small. 1983. « Mongoose Predation on Sea Turtle Eggs and Nests ». *Biotropica* 15(2):159. doi: 10.2307/2387964.

O'Connor, Julie M., Colin J. Limpus, Kate M. Hofmeister, Benjamin L. Allen, et Scott E. Burnett. 2017. « Anti-Predator Meshing May Provide Greater Protection for Sea Turtle Nests than Predator Removal » édité par J. L. Rummer. *PLOS ONE* 12(2):e0171831. doi: 10.1371/journal.pone.0171831.

Oldoni, Damiano, et Peter Desmet. 2022. « Camtraptor: Read, Explore and Visualize Camera Trap Data Packages ».

ONF. 2019. « Suivi des pontes de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen ».

Otis, David L., Kenneth P. Burnham, Gary C. White, et David R. Anderson. 1978. « Statistical Inference from Capture Data on Closed Animal Populations ». *Wildlife Monographs* (62.):3-135.

Paris, Adélie. 2023. « Evaluation de l'efficacité des actions de contrôle de la petite mangouste indienne en Martinique ».

Pebesma, Edzer. 2018. « Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data ». *The R Journal* 10(1):439. doi: 10.32614/RJ-2018-009.

Pitt, William C., Robert T. Sugihara, et Are R. Berentsen. 2015. « Effect of Travel Distance, Home Range,

and Bait on the Management of Small Indian Mongooses, *Herpestes Auropunctatus*». *Biological Invasions* 17(6):1743-59. doi: 10.1007/s10530-014-0831-x.

Roerk, Lisa S., Lindsey Nietmann, et Aaron J. Works. 2022. « Efficiency and Efficacy of DOC-200 Versus Tomahawk Traps for Controlling Small Indian Mongoose, *Herpestes Auropunctatus* (Carnivora: Herpestidae) in Wetland Wildlife Sanctuaries ». *Pacific Science* 76(2). doi: 10.2984/76.2.8.

Rowcliffe, J. Marcus, Juliet Field, Samuel T. Turvey, et Chris Carbone. 2008. « Estimating Animal Density Using Camera Traps without the Need for Individual Recognition ». *Journal of Applied Ecology* 45(4):1228-36.

Sauvé, Caroline C., Are R. Berentsen, Amy T. Gilbert, Anne Conan, Luis Cruz-Martinez, et Patrick A. Leighton. 2022. « Capture-Recapture Reveals Heterogeneity in Habitat-Specific Mongoose Densities and Spatiotemporal Variability in Trapping Success in St. Kitts, West Indies ». *Caribbean Journal of Science* 52(1). doi: 10.18475/cjos.v52i1.a6.

Sauvé, Caroline C., Are R. Berentsen, Steven F. Llanos, Amy T. Gilbert, et Patrick A. Leighton. 2023. « Home Range Overlap between Small Indian Mongooses and Free Roaming Domestic Dogs in Puerto Rico: Implications for Rabies Management ». *Scientific Reports* 13(1):22944. doi: 10.1038/s41598-023-50261-7.

Siers, Shane R., Robert T. Sugihara, Emily W. Ruell, Israel L. Leinbach, Daniel Sedgwick, Thomas W. McAuliffe, Are Berentsen, Chris N. Niebuhr, et Steven C. Hess. 2020. « USDA APHIS Wildlife Services National Wildlife Research Center Hawaii Field Station ».

Snijders, Lysanne, Nina M. Thierij, Rob Appleby, Colleen C. St. Clair, et Jorge Tobajas. 2021. « Conditioned Taste Aversion as a Tool for Mitigating Human-Wildlife Conflicts ». *Frontiers in Conservation Science* 2.

Tierkel, Ernest S., Guillermo Arbona, Alfonso Rivera, et Abel de Juan. 1952. « Mongoose rabies in Puerto Rico ». *Public Health Reports* 67(3):274-78.

UICN-ISSG. 2013. « Global Invasive Species Database (GISD) 2024. Species profile *Herpestes javanicus*. »

Vilella, Francisco, et P. J. Zwank. 1993. « Ecology of the small Indian mongoose in a coastal dry forest of Puerto Rico where sympatric with the Puerto Rican nightjar ». *Caribbean Journal of Science* 29:24-29.

Vincent, Rémy. 2021. « Régulation de la petite mangouste indienne (*Urva auropunctata*) en vue de la protection des nids de tortues marines en Martinique ».

Zieger, Ulrike, Denise A. Marston, Ravindra Sharma, Alfred Chikweto, Keshaw Tiwari, Muzzamil Sayyid, Bowen Louison, Hooman Goharriz, Katja Voller, Andrew C. Breed, Dirk Werling, Anthony R. Fooks, et Daniel L. Horton. 2014. « The Phylogeography of Rabies in Grenada, West Indies, and Implications for Control » édité par C. E. Rupprecht. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8(10):e3251. doi: 10.1371/journal.pntd.0003251.

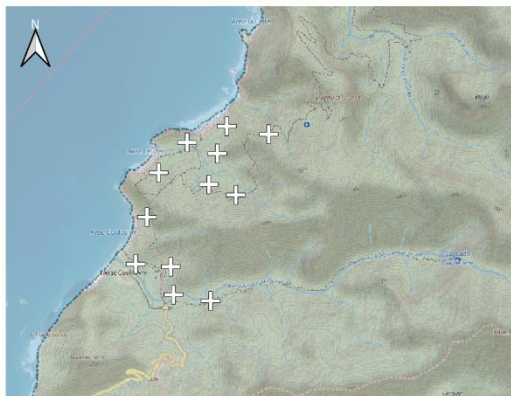
Annexes

Annexe 1 : Figures supplémentaires piégeage photographique 2023

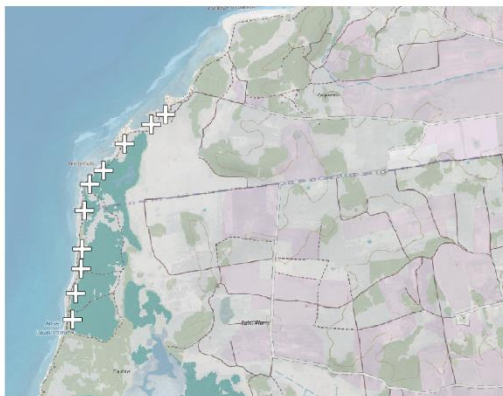
Position des pièges photographiques déployés sur quatre sites de nidification en 2023 en Martinique et Guadeloupe dans le but de suivre les effectifs de mangouste

latitude	longitude	lieu_dit	latitude	longitude	lieu_dit
14,8399334	-61,2154255	anses_du_nord	16,4570295	-61,5315286	port_louis_nord
14,8402132	-61,2170547	anses_du_nord	16,4566051	-61,5321618	port_louis_nord
14,8415330	-61,2187074	anses_du_nord	16,4557836	-61,5333544	port_louis_nord
14,8435399	-61,2181943	anses_du_nord	16,4546512	-61,5342950	port_louis_nord
14,8414126	-61,2171660	anses_du_nord	16,4540699	-61,5349132	port_louis_nord
14,8454367	-61,2176667	anses_du_nord	16,4529427	-61,5351558	port_louis_nord
14,8467235	-61,2164035	anses_du_nord	16,4512954	-61,5352720	port_louis_nord
14,8474033	-61,2146538	anses_du_nord	16,4504498	-61,5353212	port_louis_nord
14,8462373	-61,2150826	anses_du_nord	16,4493975	-61,5355680	port_louis_nord
14,8449179	-61,2154620	anses_du_nord	16,4482808	-61,5357140	port_louis_nord
14,8470448	-61,2128145	anses_du_nord	16,3996338	-61,5273876	port_louis_sud
14,8444613	-61,2142783	anses_du_nord	16,3982812	-61,5266369	port_louis_sud
14,4144960	-60,8481124	anse_trabaud	16,3971436	-61,5265173	port_louis_sud
14,4160124	-60,8460807	anse_trabaud	16,3952053	-61,5257002	port_louis_sud
14,4137855	-60,8463653	anse_trabaud	16,3948217	-61,5247004	port_louis_sud
14,4136648	-60,8436126	anse_trabaud	16,3939349	-61,5237516	port_louis_sud
14,4115579	-60,8416545	anse_trabaud	16,3933943	-61,5223341	port_louis_sud
14,4132189	-60,8412741	anse_trabaud	16,3932339	-61,5214816	port_louis_sud
14,4147626	-60,8422722	anse_trabaud	16,3928502	-61,5201385	port_louis_sud
14,4117435	-60,8490863	anse_trabaud	16,3923229	-61,5192932	port_louis_sud
14,4099904	-60,8502557	anse_trabaud			
14,4078320	-60,8516763	anse_trabaud			
14,4073049	-60,8532453	anse_trabaud			
14,4097707	-60,8515395	anse_trabaud			
14,4116988	-60,8516046	anse_trabaud			
14,4129042	-60,8509609	anse_trabaud			

Disposition des pièges photographiques



Anses du nord (Martinique)



Port Louis nord (Guadeloupe)



+ pièges photographiques



Anse Trabaud (Martinique)



Port Louis sud (Guadeloupe)

EDITEE LE : 8 / 12 / 2023

Sources des données :

Fonds cartographiques : SCAN 25,
BD ORTHO

Système de coordonnées :
EPSG:5490



Dates et durées des sessions de piégeage mécanique et photographique effectuées en 2023 sur quatre sites de pontes.

Session	Site	Début	Fin	Durée	Type d'opération
AT_S1	Anse Trabaud	13/04/2023	22/04/2023	9	Piégeage photographique
AT_P1	Anse Trabaud	24/04/2023	05/05/2023	11	Piégeage mécanique
AT_S2	Anse Trabaud	05/05/2023	17/05/2023	12	Piégeage photographique
AT_S3	Anse Trabaud	05/06/2023	26/06/2023	21	Piégeage photographique
AT_P2	Anse Trabaud	26/06/2023	07/07/2023	11	Piégeage mécanique
AT_S4	Anse Trabaud	07/07/2023	28/07/2023	21	Piégeage photographique
AN_S1	Anses du Nord	15/03/2023	27/03/2023	12	Piégeage photographique
AN_P1	Anses du Nord	27/03/2023	07/04/2023	11	Piégeage mécanique
AN_S2	Anses du Nord	07/04/2023	14/04/2023	7	Piégeage photographique
AN_S3	Anses du Nord	17/05/2023	05/06/2023	19	Piégeage photographique
AN_P2	Anses du Nord	05/06/2023	16/06/2023	11	Piégeage mécanique
AN_S4	Anses du Nord	16/06/2023	16/07/2023	30	Piégeage photographique
PLN_S1	Port Louis Nord	06/04/2023	23/04/2023	17	Piégeage photographique
PLN_P1	Port Louis Nord	24/04/2023	28/04/2023	4	Piégeage mécanique
PLN_S2	Port Louis Nord	30/04/2023	21/05/2023	21	Piégeage photographique
PLN_P2	Port Louis Nord	12/06/2023	16/06/2023	4	Piégeage mécanique
PLN_S3	Port Louis Nord	19/06/2023	10/07/2023	21	Piégeage photographique
PLN_P3	Port Louis Nord	17/07/2023	21/07/2023	4	Piégeage mécanique
PLN_S4	Port Louis Nord	21/07/2023	11/08/2023	21	Piégeage photographique
PLS_S1	Port Louis Sud	04/04/2023	17/04/2023	13	Piégeage photographique
PLS_P1	Port Louis Sud	17/04/2023	21/04/2023	4	Piégeage mécanique
PLS_S2	Port Louis Sud	21/04/2023	12/05/2023	21	Piégeage photographique
PLS_P2	Port Louis Sud	05/06/2023	09/06/2023	4	Piégeage mécanique
PLS_S3	Port Louis Sud	12/06/2023	03/07/2023	21	Piégeage photographique
PLS_P3	Port Louis Sud	10/07/2023	13/07/2023	3	Piégeage mécanique
PLS_S4	Port Louis Sud	21/07/2023	11/08/2023	21	Piégeage photographique

Effort piégeage photographique, nombres d'images collectés et de détections réalisées en 2023 en Martinique et Guadeloupe

Étiquettes de lignes	Effort (jours*pièges)	Nombre de PP	Détections de mangoustes	Nombre d'images
Anses du Nord	770	12	233	179 179
Anse Trabaud	854	14	147	126 659
Port Louis Nord	670	10	401	20 117
Port Louis Sud	739	10	381	17 284
Total	3034	46	1162	343239

Annexe 2 : Erreurs constatées et non corrigées dans la BDD piégeage flatfile

ID_session	Erreur identifiée	Informations BDD	Informations rapport
2015_PLS	Points GPS localisés sur PLN		
2018 PLN et PLS	Différence de nombre de mâles et femelles entre le rapport et Karunati	10 femelles & 42 mâles sur Karunati	9 femelles & 43 mâles dans rapport
2020 PLN_2	Points GPS localisés sur PLS		
2020 PLN et PLS	Différence du nb de mangoustes entre rapport et Karunati	15 PLN & 19 PLS sur Karunati	18 PLN & 16 PLS sur rapport
2020 PLS_2&3	Points GPS sur PLN		
2020 PLS_3	3 relèves à la date du 11/09 alors que la session PLS_3 commence le 12/10		
2021_PLN_1,2,3,4	Points GPS localisés sur PLS		
2021_PLS_1,2	Points GPS localisés sur PLN		

Annexe 3 : Boite à outils mangouste

- *Formulaire XLSform piégeage*
- *Formulaire XLSform piégeage photographique*
- *Formulaire XLSform traces de ponte et prédation*
- *BDD mangouste session*
- *BDD piégeage flatfile*
- *BDD RAI*
- *Grilles de piégeage PLN, PLS, AN, AT en format kml, csv et gpkg*
- *Scripts R mise en forme et exploitation données*