



RAPPORT TECHNIQUE DU STAGE SUR L'ACTION N°17 DU PNA EN FAVEUR DES TORTUES MARINES DES ANTILLES FRANÇAISES



KLERVI LE GAL
ISTOM
2023

Introduction

En Guadeloupe, cinq espèces de tortues sont observables dont trois pondent sur les plages de l'île : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue verte (*Chelonia mydas*) et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). Historiquement, elles ont une forte présence dans les Antilles mais ce n'est qu'en 1960, après un fort déclin des populations, qu'un arrêté préfectoral a été pris pour interdire la capture de tortue et la vente des œufs durant une majeure partie de la saison des pontes. Il faut attendre 1991 et un arrêté ministériel pour que la capture et la consommation des tortues soient totalement interdites sur l'ensemble des territoires français (L. 211-1, L. 211-2 et R. 211-5) (Chevalier, 2005). En 2005, puis 2022, cet arrêté est abrogé et remplacé pour protéger à la fois les tortues marines et leurs habitats (JORF n°283, texte n°36) (Légifrance, 2023).

Malgré l'évolution de la législation, de nombreuses menaces continuent de peser sur les populations de tortues marines comme le braconnage, les captures accidentelles liées à la pêche, la consommation de la tortue dans d'autres pays de la Caraïbe ou encore la destruction de son habitat (Chevalier, 2005). Ces espèces doivent aussi faire face à l'augmentation de la prédation notamment par des espèces exotiques envahissantes, comme la petite mangouste indienne.

La petite mangouste indienne est un mammifère de la famille des Herpestidés. C'est une espèce diurne, opportuniste, qui chasse au sol et consomme des rongeurs, oiseaux, reptiles (y compris œufs et nouveau-nés de tortues marines), amphibiens et arthropodes, mais également des fruits et autres ressources végétales. (Lorvelec *et al.*, 2021) Elle aurait été introduite en Guadeloupe en 1888 par des planteurs de cannes à sucre dans l'objectif de lutter contre le rat (Lorvelec *et al.*, 2004) et prolifère depuis, impactant de nombreuses espèces autochtones. (Jean-Pierre *et al.*, 2022 ; Lorvelec *et al.*, 2021)

En Guadeloupe, la petite mangouste indienne est reconnue comme Espèce Exotique Envahissante de niveau 2. Ainsi, l'introduction d'individus dans le milieu naturel, le transport, la détention et le commerce d'individus sur le territoire national sont interdits (JORF N°0239 du 01/10/20) (Légifrance, 2020). Cet arrêté impose donc que chaque individu capturé soit mis à mort puisqu'il ne peut ni être transporté, ni relâché.

Pour lutter contre les diverses menaces, le premier Plan National d'Action (PNA) en faveur des tortues marines a été mis en œuvre en 2004 à l'échelle Guadeloupéenne. L'état des populations n'ayant pas été jugé suffisant à la fin de celui-ci, il a été reconduit entre 2009 et 2016 et aujourd'hui, le troisième PNA est en cours (2020-2027), piloté par la DEAL et animé par l'ONF (PNA, 2020).

Le Plan National d'Action se compose de 36 actions classées selon trois ordres de priorité et triés par volets (mise en œuvre/organisation, conservation, connaissance et sensibilisation). La lutte contre la prédation par les espèces exotiques et domestiques correspond à la dix-septième action et est une priorité maximale (PNA, 2020). Ainsi, des campagnes de régulation des populations de petite mangouste indienne (PMI) ont été mises en place depuis 2015 afin d'essayer de diminuer la prédation sur les œufs de tortues.

La régulation est reconduite annuellement depuis lors, sans impact constaté sur la prédation des nids de tortues ou sur l'état général de la population. Sur le long terme, les

campagnes de régulation de population par capture et mise à mort semblent donc difficilement soutenables (Engeman *et al.*, 2006). Elles ont un coût élevé, en temps humain et en matériel, et nécessitent un renouvellement régulier pour être efficace et, de plus, soulèvent des problèmes d'éthiques. Il est donc nécessaire de trouver de nouvelles méthodes pour la protection des nids de tortues contre la prédation, plus en accord avec la politique du PNA et plus durables.

1. Matériels et méthodes

1.1 Sites d'études

L'étude s'est déroulée en Guadeloupe, sur la commune de Port-Louis. Deux sites classés Forêts Domaniale du Littoral (FDL) ont été mobilisés : Port Louis Nord (PLN) et Port-Louis Sud (PLS). Ils appartiennent donc à l'Etat et leurs plans de gestion sont conduits par l'ONF.

Port-Louis Nord est un linéaire de 2,8 km. Le sentier reprend la trace d'Anse Lavolvaine, longeant la plage et traversant la forêt sèche de Pointe Plate à Pointe d'Antigue.

Port-Louis Sud est un linéaire de 3,7 km qui sillonne la forêt sèche et la mangrove sur un sentier semi-ombragé jusqu'à Pointe Sable, un haut site de ponte de tortue.

Pour cette étude, chaque site, en suivant le trait de côte, a été divisé en secteurs de 90x150m soit 32 secteurs pour PLN et 42 pour PLS. L'objectif de cette division est de faciliter le traitement et l'analyse des données et la mise en relief de zones d'intérêts.

A Marie-Galante, quatre sites ont été piégés : Anse de Mays, Folle Anse, Anse Ballet et Trois-Ilets.

1.2 Suivi des nidifications de tortues

Le suivi des nidifications de tortues s'effectue de façon protocolaire. Ce suivi peut se faire de jour, via des comptages-traces (CT) ou de nuit lors de suivi nocturne (SN). Un Comptage-Trace est la comptabilisation des traces de tortues sur la plage, associées ou non à un potentiel nid. Les comptages-traces (CT) sont réalisés durant toute la saison des pontes (de mars à novembre) par des bénévoles de différentes associations membres du Réseau Tortues Marines Guadeloupe (RTMG) en suivant un protocole établi en 2014 (Delcroix, 2014) et mis à jour en 2019 (ONF/RTMG, 2019). Dans le cadre de cette étude, seuls des comptages-traces ont été réalisés.

Lors de sa montée et de sa descente sur une plage de sable pour pondre, une tortue va laisser des traces. Durant de la réalisation des comptages traces, tout le linéaire de la plage doit être inspecté pour avoir une donnée complète de toutes les activités de pontes qui sont repérées durant les suivis. Il est nécessaire de réaliser un minimum de quatre sessions réparties durant la saison de ponte pour avoir une vision complète de l'activité des tortues marines sur les plages. De plus, chaque suivi doit-être espacé d'un maximum de deux jours.

En fonction de l'espèce, la forme de la trace va différer. Une tortue verte va laisser une trace profonde avec les pattes antérieures nettement visibles par rapport aux pattes postérieures

(Figure 1). Cette trace est symétrique avec une marque de la queue discontinue et une largeur de 80 à 130 centimètres (ONF/RTMG, 2019).



Figure 1 : Trace de tortue verte ©Le Gal, 2023

Pour la tortue imbriquée, seules les traces des pattes postérieures sont visibles, peu profondes (Figure 2). Les empreintes des pattes sont alternées par rapport à l'axe médian, avec une largeur allant de 70 à 85 centimètres (ONF/RTMG, 2019).



Figure 2 : Trace de tortue imbriquée ©Le Gal, 2023

Les traces de tortue luth sont profondes avec les pattes antérieures et postérieures largement visibles (Figure 3). Les empreintes des pattes sont parallèles et la trace de la queue fait un sillon au niveau de l'axe médian. Ces traces font de 150 à 230 centimètres (ONF/RTMG, 2019).



Figure 3 : Trace de tortue luth ©Totijon, 2019

Lorsque le substrat est dur (type roche) ou en présence de sargasses (*Sargassum sp.*), les traces ne sont pas visibles, l'observateur doit alors être vigilant à ce qui se passe sous la végétation basse (catalpa, raisinier bord-de-mer, etc.). Le type de suivi imposé par le protocole est basé sur le dénombrement des activités détectées via des indicateurs : ponte, ponte ?, pas ponte, etc.

Sur les sites de Port-Louis, les comptages-traces ont été réalisés sur cinq sessions de cinq jours minimums, à partir de mai. Les comptages-traces sont effectués sur des tracés prédéfinis et en binôme. Un des observateurs marche au bord de l'eau, vigilant aux traces laissées dans le sable et l'autre chemine sous la végétation, restant alerte aux indices de surfaces : sol retourné, zone de litière dégagée. Lorsqu'une trace ou un nid est repéré l'observateur enregistre les informations via Cybertracker ou sur un tableau papier selon les indicateurs. Les données compilées sur Cybertracker sont répertoriées automatiquement dans un tableau Excel afin de faciliter le traitement informatique.

Lors des comptages-traces, les données des prédatations de nids ont aussi été relevés via CyberTracker ou 123Survey afin d'estimer au mieux l'impact de la PMI sur les pontes cette saison. Un nid est considéré comme prédaté lorsque des œufs sont excavés et consommés (Figure 4).



Figure 4 : Œufs issus d'un nid prédaté

1.3 Campagne de régulation

- **Détermination des zones de piégeage**

Afin d'établir des zones de piégeage, un gradient de prédation a été réalisé. Pour se faire, les données de prédation relevés lors des six campagnes de comptage-trace précédentes (2015, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022) ont été compilées et mise en lien avec des secteurs préalablement établis. Le suivi de prédation n'a pas toujours été réalisé durant ces années, par conséquent les données sont incomplètes et peu nombreuses.

Pour pallier ce constat, une analyse spatiale du taux de prédation par secteur en prenant en compte le nombre de prédatons a été représenté cartographiquement à l'aide du logiciel ArcGis (Figure 5, Figure 6).

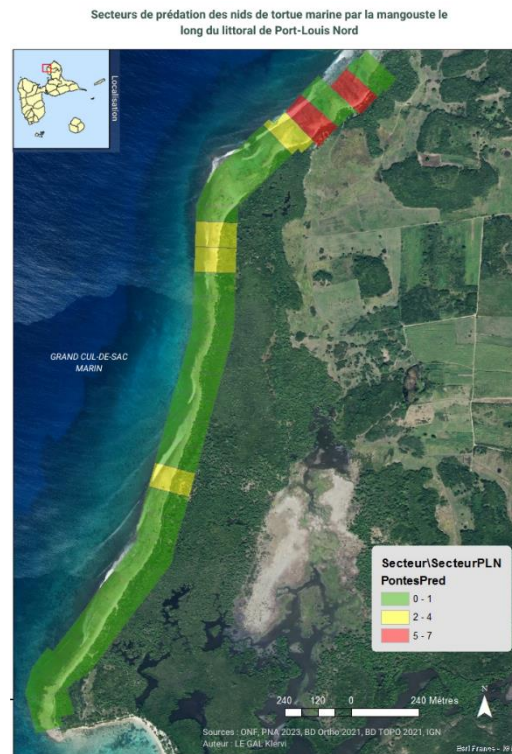


Figure 5 : Carte des secteurs de prédation à Port-Louis Nord (Le Gal, 2023)



Figure 6 : Carte des secteurs de prédation à Port-Louis Sud (Le Gal, 2023)

La représentation s’est faite via 3 classes de couleurs et selon les seuils naturels (algorithme de Jenks). Cette méthode permet de créer des classes homogènes en minimisant la variance intra-classe et en maximisant la variance inter-classe. Ainsi, des secteurs de plus forte prédation ont été mis en avant. Ce sont ces secteurs qui ont été sélectionnés afin d’accueillir les zones de piégeages.

- **Méthode de piégeage**

Le modèle de piège utilisé est le piège dit « ratière ». La ratière est un piège non-vulnérant, composé d’une ouverture à battant extérieur et d’un déclencheur à fil (Figure 7). Chaque piège est identifié par un numéro et dispose d’une affiche plastifiée, avec les logos de l’ONF et de la DEAL, informant qu’une campagne de régulation est en cours. Les pièges sont sécurisés avec un câble en acier et un cadenas pour éviter les vols.



Figure 7 : Type de piège utilisé ©Martin-Pigeonnier, 2019

L'appât utilisé est une saucisse knack pour son bon maintien sur le piège et son appétence pour les mangoustes (Marshall *et al.*, 2008 ; Owen, 2017 ; Pitt *et al.*, 2015).

Les pièges ont été placés à proximité de la végétation (forêt littorale) jusqu'à la limite de plage. Ils ont été positionnés de façon alternée entre la forêt littorale/bordure de mangrove et la limite de végétation entre plage et forêt, sur des zones bien ombragées. En effet, les mangoustes quittant rarement la végétation (Roy *et al.*, 2002; Leighton *et al.*, 2008) et les tortues imbriquées préférant pondre dans la lisière de la végétation, Leighton et ses collaborateurs ont défini en 2008 la zone de lisière comme la zone à plus forte probabilité de prédation.

La mangouste craignant la présence de l'homme (Guzmán-Colón *et al.*, 2019 ; Leighton *et al.*, 2010 ; Quinn *et al.*, 2006), les pièges sont écartés des sentiers.

Les pièges sont relevés quatre fois dans une journée de piégeage (7h, 9h30, 11h30, 13h30), en laissant plus d'une heure trente entre chaque lève pour permettre une capture efficace. Durant les sessions de piégeage, les pièges sont restés actifs pendant la nuit.

Une fois capturée, la mangouste est mise à mort à l'aide d'une carabine à air comprimé de 19.9 Joules et de plomb de calibre 4.5mm. Ce type d'armes ne nécessite pas de permis ou de licence particulière. La mise à mort nécessite en général un seul plomb mais peu en demander deux en cas de mauvais tir ou de mouvement soudain de l'individu.

La campagne s'effectue sous forme de session : une session dure deux semaines et se répartit entre deux sites minimums. Pour Port-Louis, elle se divise en une semaine à PLS et une semaine à PLN. Trois sessions ont été réalisées à Port-Louis et une à Marie-Galante.

Les pièges numérotés sont placés en cinq zones appelées « secteur », sur lesquels sont disposés cinq pièges. Ainsi, vingt-cinq pièges ont été placés à Port-Louis Nord et à Port-Louis Sud lors de chaque session.

Pour cette étude, l'efficacité du piégeage est déterminée via l'indice de Capture par Unité d'Effort (CPUE). La formule de l'indice de Capture Par Unité d'Effort est la suivante :

$$CPUE = \frac{\text{Nombre de Capture}}{\text{Nombre de jours de capture} \times \text{Nombre de piège}}$$

1.4 Etude expérimentale : Aversion Gustative Conditionnée

Une étude expérimentale d'Aversion Gustative Conditionnée a été mise en place à petite échelle avec pour objectif d'observer la réaction de la petite mangouste indienne face à une perturbation lors de la consommation dans les nids. Pour ce faire, 4 faux-nids ont été définis, avec un espacement d'environ 5-10m. L'utilisation de nids artificiellement construits est couramment utilisée lors de la recherche sur la prédation de nids de tortues (Burke *et al.*, 2005; Dawson *et al.*, 2016; Hamilton *et al.*, 2002; Shipman, 2019)

Chaque faux-nid, d'une profondeur d'environ 40cm, contenait 5 œufs, était localisé par point GPS et marqué afin de retrouver son emplacement. L'expérimentation comportait 3 phases de 3 jours. Cette durée a été sélectionnée car la prédation sur les nids par la mangouste se réalise

principalement dans les 48 à 72h après ponte, les suivis de prédation perdent donc de leur pertinence après cette durée (Leighton, 2010).

Lors de la première phase, des œufs de poule sains ont été disposés dans un faux-nid (Figure 8). Les œufs ont été laissés durant trois jours et un suivi de prédation par piège photo a été réalisé durant ce temps. Lors de la deuxième phase, des œufs modifiés (contenant 5 ml d'huile de ricin et 5ml de liquide vaisselle), ont été mis en place dans le nid. Chaque faux-nid était, là encore, suivi via un piège photo afin d'identifier le comportement de la mangouste face à ce changement. Enfin, la troisième phase consistait à remettre des œufs témoins sains dans les faux-nids et de réaliser un suivi de prédation similaire à celui du premier témoin.



Figure 8 : Œufs sains dans un faux-nid avant ensablement ©Le Gal, 2023

L'expérimentation a été réalisée à Port-Louis Sud sur deux sessions : du 16/05 au 24/05 et du 16/08 au 24/08. Le choix du site est dû à la réalité terrain : PLS a un couvert végétal moins dense et le sol y est plus meuble, ce qui facilite le creusage de faux-nids. Ces caractéristiques rendent possible la réalisation d'un transect, contrairement à PLN.

Les faux-nids ont été placés dans un secteur de forte prédation des œufs de tortue afin d'augmenter la probabilité de prédation par les mangoustes.

Les caractères étudiés sont le « nombre de visites » et le « nombre de prédatons ». On comptabilise le « nombre de visites » comme étant toutes les fois où le piège-photo détecte le passage d'une mangouste. On dénombre le « nombre de prédation » qui correspond aux fois où le piège photo enregistre la mangouste en train de creuser, de manger ou vouloir manger un œuf. Ainsi on considère l'action d'excavation comme une volonté de prédation. Les pièges-photos utilisés sont des Bushnell, réglés en mode Long Range avec une prise de 5 images après un intervalle de 3 secondes. Le niveau sensoriel du piège photo est normal et la prise d'image se fait sur 24h.

1.5 Analyses statistiques

- **Données de piégeage**

Les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel R Studio.

Les analyses de la variance (ANOVA) et de la covariance (ANCOVA) sont réalisées avec le package R "ade4". Les conditions de normalité des résidus et d'homoscédasticité des variances ont été respectivement validées par un test de Shapiro-Wilk et un test de Levene. Une ANCOVA a été utilisée afin d'évaluer la relation entre le sexe, le poids et la taille des mangoustes.

Le test de la somme des rangs de Wilcoxon est réalisé via le package R « rstatix » et représenté via le package « ggpubr ». Ce test a été utilisé afin de comparer le positionnement des pièges.

La normalité des données est testée via un test de Shapiro-Wilk, package « rstatix ». Le test de Kruskal-Wallis est réalisé via le package R « rstatix » et représenté via le package « ggpubr ». Ce test a été utilisé afin de comparer les différents secteurs de pose des pièges.

- **Données d'expérimentation**

Les photos issus des pièges photos ont été traités via le logiciel Timelapse. Ce logiciel permet l'extraction des données désirées sous la forme d'un Excel ce qui facilite le traitement via le logiciel R par la suite.

2. Résultats

2.1 Suivi des nidifications de tortues et de la prédation

Les suivis de nidifications de tortues ont été réalisés de façon protocolaire. Vingt-et-un jours ont été consacrés aux comptages-traces répartis sur le mois de mai et le mois d'août. Le suivi de prédation a été réalisé au cours des comptages-traces mais aussi de façon hors-protocolaire, durant les périodes de piégeage. En ponte sur le littoral de Port-Louis, seuls deux des trois espèces ont été constatées : la tortue verte (*Chelonia mydas*) et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*).

Lors des comptages-traces, 110 traces d'activité de tortues ont été recensées. Sur ces traces, 9 correspondaient à des montées de tortues imbriquées, 3 à des montées de tortues vertes et l'espèce n'a pas pu être définie pour les 98 restantes. Sur ces 120 traces, 96 appartenaient à la catégorie « ponte » ou « ponte ? ». Ces pontes potentielles se répartissent en 48 sur le littoral de Port-Louis Nord et 62 sur le littoral de Port-Louis Sud (Figure 9 et 10).

Les prédatons par la petite mangouste indienne s'élèvent à hauteur de 7 pour le site de PLN et 13 pour le site de PLS, soit 21% des pontes potentielles pour l'ensemble des sites.

Potentielles pontes de tortues et prédatons de mangoustes sur le secteur de Port-Louis Nord en 2023

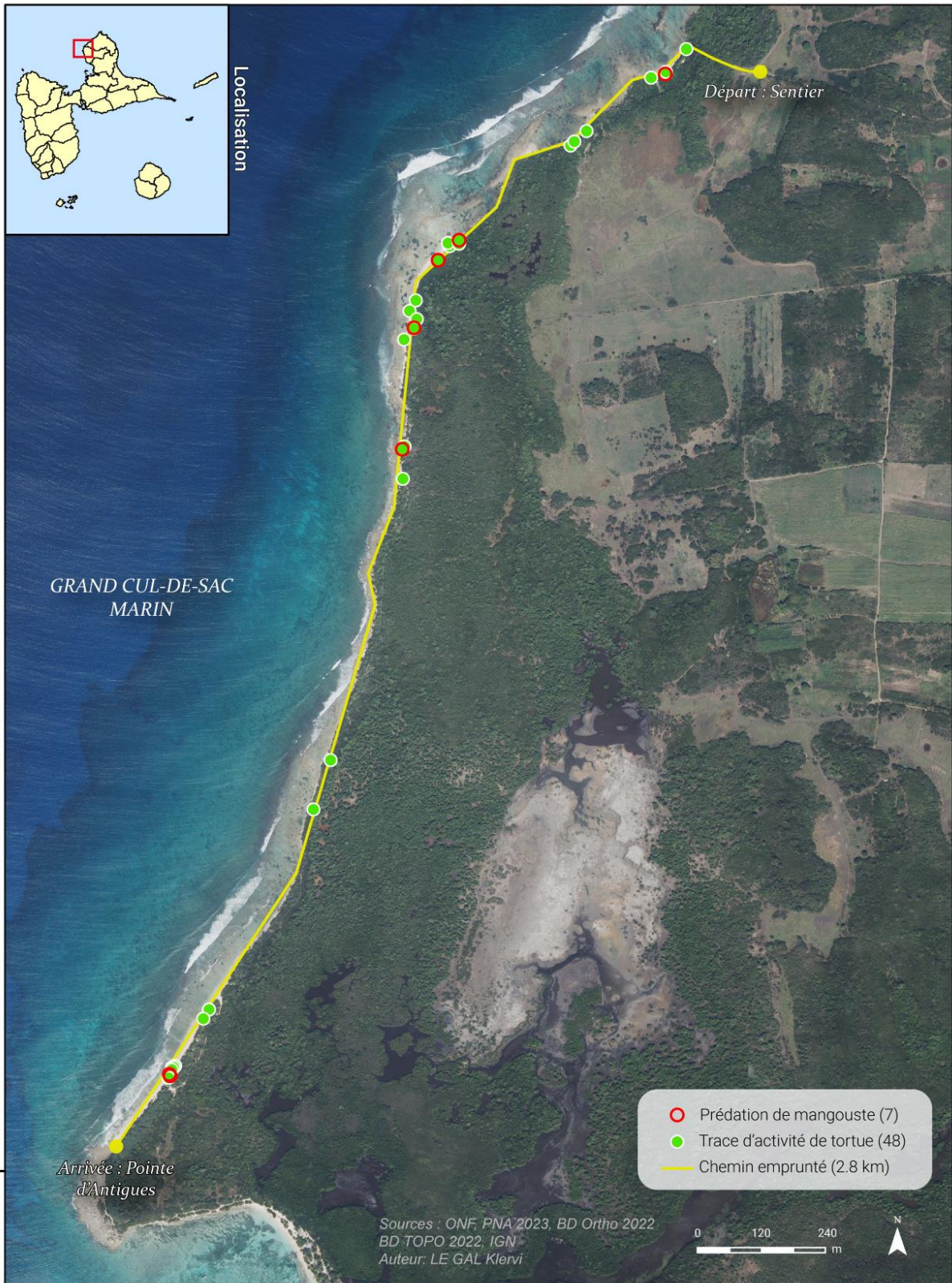


Figure 9 : Cartes des prédation et potentielles pontes à Port-Louis Nord en 2023 (Le Gal, 2023)

Potentielles pontes de tortues et prédateurs de mangoustes sur le secteur de Port-Louis Sud en 2023

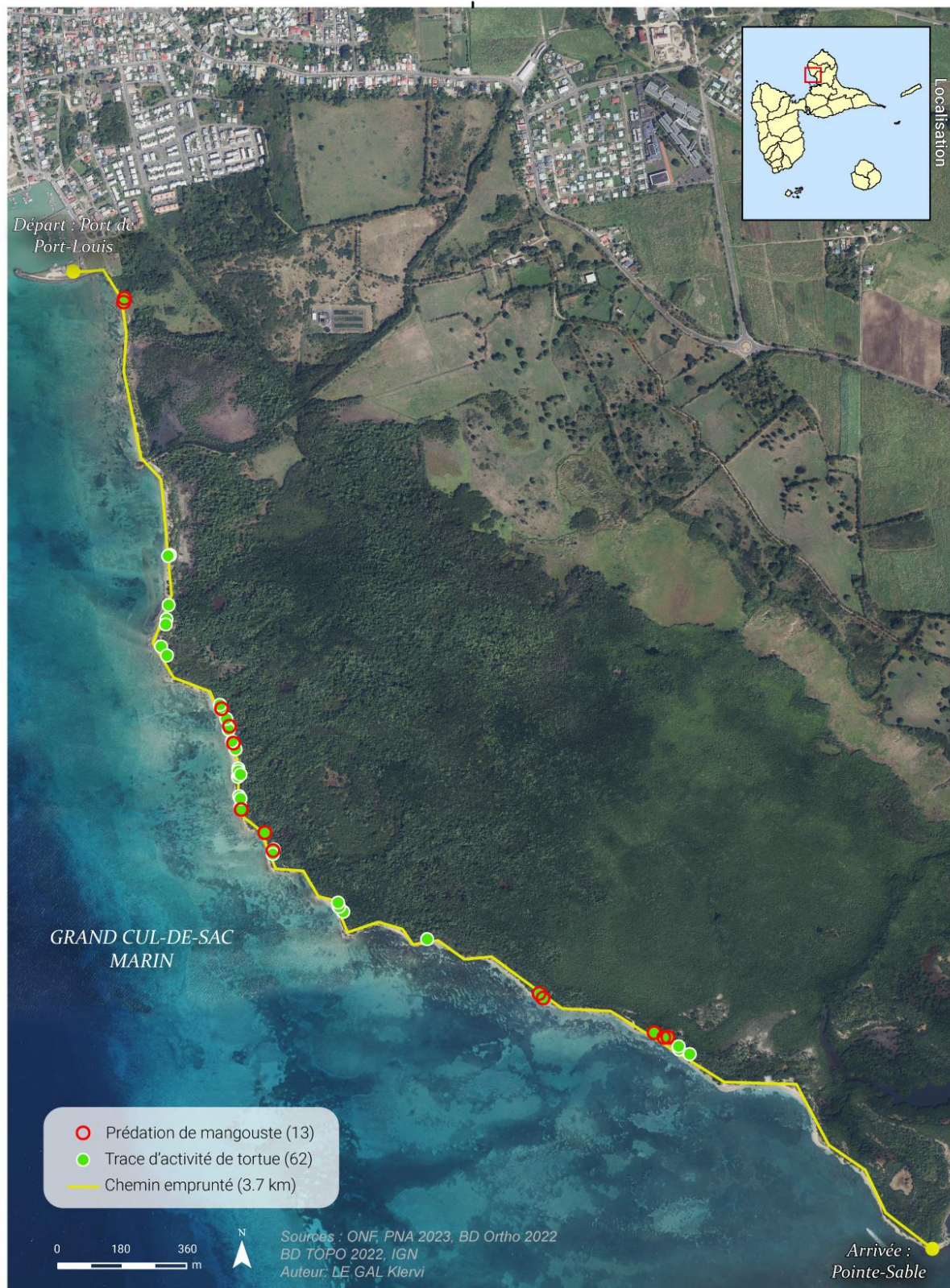


Figure 10 : Carte des prédateurs et potentielles pontes à Port-Louis Sud en 2023 (Le Gal, 2023)

2.2 Données de piégeage

• Individus capturés

La campagne de régulation a permis de capturer un total de 48 mangoustes sur les deux sites. A Port-Louis Nord, 20 individus ont été capturés et 28 à Port-Louis Sud. Le sex-ratio est de 73% de mâle capturé et 23% de femelle capturée. L'analyse statistique utilisée a permis de montrer que, qu'importe le sexe, le poids des mangoustes augmente en fonction de la taille ($R^2=0,6552$; $p < 0,001$) et les mâles sont plus grands et plus lourds (Figure 11).

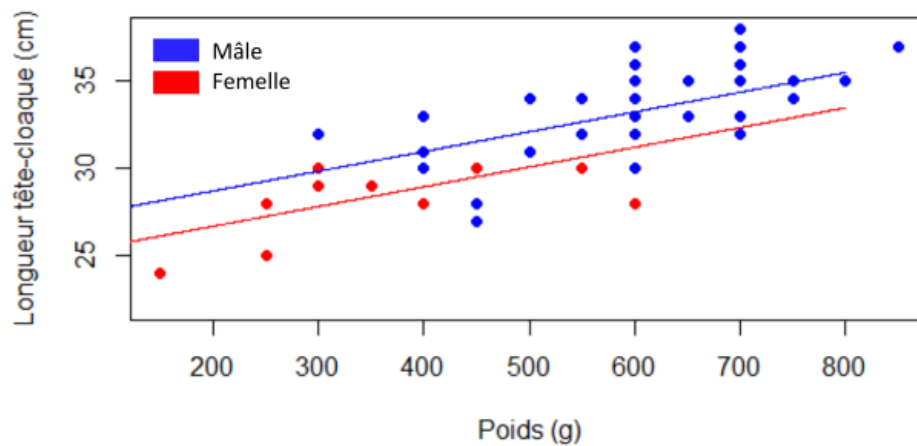


Figure 11 : Relation entre le poids, la taille et le sexe de la mangouste

Les mangoustes capturées étaient majoritairement des adultes (Tableau 1) et les juvéniles représentent la classe d'âge la moins capturée au cours des différentes sessions.

Tableau 1 : Proportion de mangouste par classe d'âge en fonction du site

	Adulte (%)	Sub-adulte (%)	Juvenile (%)
Tous sites confondus	68.8	20.8	10.4
Port-Louis Sud	71.4	21.5	7.1
Port-Louis Nord	65.0	20.0	15.0

Au cours de la semaine de régulation à Marie-Galante, treize mangoustes ont été capturés ainsi que deux rats. Les sites d'Anse Ballet et Trois-Ilets ont permis le plus grand nombre de capture.

- **Capture Par Unité d'Effort (CPUE)**

L'indice de CPUE a pu être calculé pour les cinq dernières années à l'exception de 2020 où un modèle de piège différent avait été testé (Tableau 2).

Tableau 2 : Résumé des dernières années de régulation et CPUE

	Nombre de mangoustes capturées	Nombre de jours de piégeage	Nombre de pièges mobilisés	Capture par unité d'effort
2018	52	30	10	0.17
2019	34	38	15	0.06
2020	34	30	X	X
2021	44	28	20	0.08
2022	45	26	20	0.09
2023	48	29	25	0.07

En 2018, lors de la première campagne de régulation après l'expérimentation en 2015, le CPUE était de 0.17 pour un faible nombre de pièges posés. Il y avait donc une très forte efficacité de piégeage à cette époque qui ne se retrouve plus dès l'année suivante.

Il est possible de constater que sur ces 3 dernières années, l'indice de CPUE et le nombre de capture reste assez similaire, et ce malgré l'augmentation du nombre de pièges. De plus, deux types de pièges ont été utilisés : les ratières et les cages à fauve. Ces deux formats de pièges sont tous deux non-létaux et fonctionnent par déclenchement par l'animal.

- **Nombre de capture par jour**

Dans un premier temps, pour comparer le nombre de capture par jour en fonction de la session, un test de Shapiro-Wilk a été réalisé. La p-value obtenue est de 0.00231, elle est donc inférieure au seuil de signification ($\alpha=0.05$). La distribution des données est significativement différente de la distribution normale. Ainsi, il faut donc s'orienter vers des tests non-paramétriques.

Dans un second temps, un test de Kruskal-Wallis a été réalisé pour comparer les captures tout site confondu (Figure 12). La p-value obtenue est de 0.261, l'hypothèse H0 est acceptée car le seuil de signification est supérieur à α ($\alpha=0.05$). Il n'y a donc pas de différence significative entre les sessions pour le nombre de capture par jour. Il est donc possible d'en déduire que le nombre de capture moyen par jour est d'un peu plus d'un individu par jour.

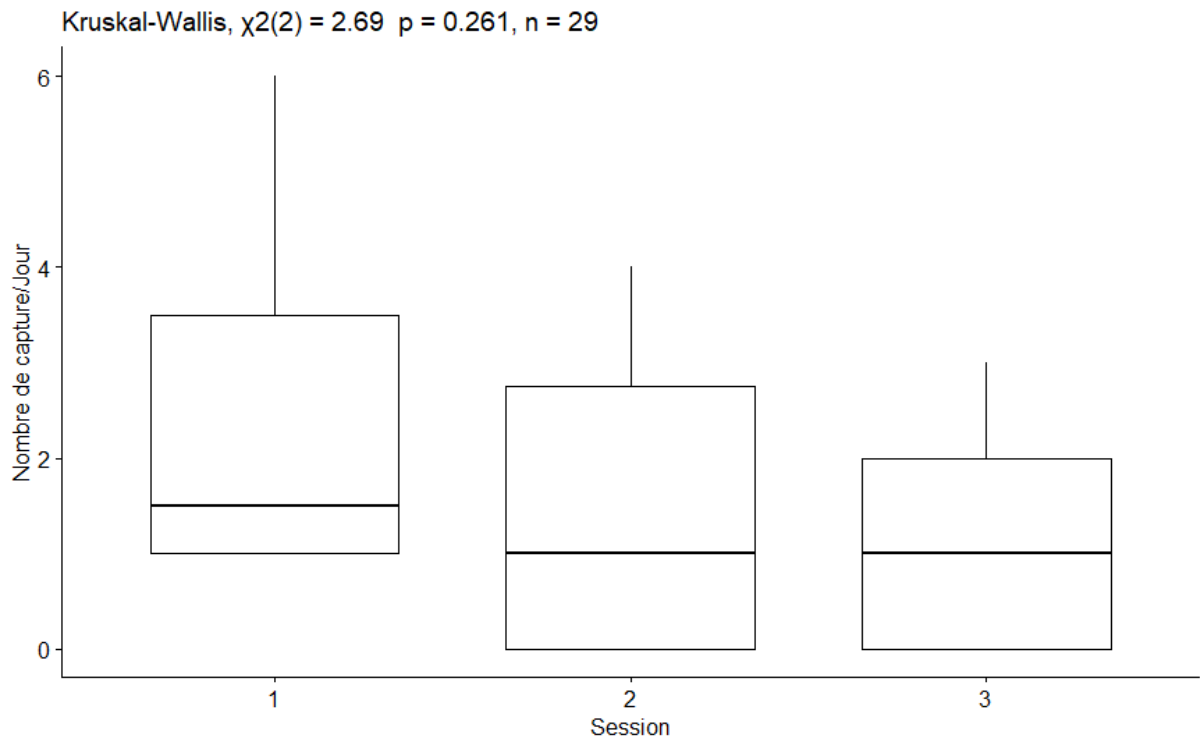


Figure 12: Boxplot du nombre de capture par jour en fonction de la session

Un test de Kruskal-Wallis a aussi été réalisé séparément pour les données de Port-Louis Sud et les données de Port-Louis Nord, avec des résultats similaires.

- **Probabilité de capture par secteur**

Sur chaque site, les pièges ont été répartis en fonction de cinq secteurs correspondant à des zones de fortes prédatons. Pour déterminer si le secteur exerce une influence sur la probabilité de capturer des mangoustes, différents tests ont été réalisés.

Pour le site de Port-Louis Nord, un test de Shapiro-Wilk a été réalisé dans un premier temps. La p-value obtenue est de 0.000635, elle est inférieure au seuil de signification ($\alpha=0.05$). La distribution des données est significativement différente de la distribution normale. Ainsi, il faut donc s'orienter vers des tests non-paramétriques.

Dans un second temps, un test de Kruskal-Wallis a donc été réalisé. La p-value obtenue est de 0.32, elle est supérieure au seuil de signification ($\alpha=0.05$). Il n'y a donc pas de différence significative entre les secteurs.

Pour le site de Port-Louis Sud, seules les données des deux dernières sessions ont été utilisées puisqu'il y a eu un changement dans les secteurs de piégeage entre la session 1 et 2. Au vu du faible nombre de données, il faut donc s'orienter vers des tests non-paramétriques.

Un test de Kruskal-Wallis a donc été réalisé. La p-value obtenue est de 0.371, elle est supérieure au seuil de signification ($\alpha=0.05$). Il n'y a donc pas de différence significative entre les secteurs.

- **Positionnement du piège**

Les pièges ont été placés de façon équivalente entre côté mer et côté terre afin de déterminer si le lieu de pose du piège a un impact sur la capture. Les données ont été analysées via un test de la somme des rangs de Wilcoxon.

La taille de l'effet de ce test est de 0.682 ce qui est supérieur au seuil de 0.5, l'effet est donc important.

La p-value obtenue pour ce test (p-value = 0.0225) est inférieure au seuil de signification ($\alpha=0.05$), l'hypothèse nulle est donc rejetée. Ainsi, il y a donc une différence statistiquement significative entre les deux groupes.

Il est donc possible d'affirmer que le lieu de pose du piège exerce bien une influence sur la capture des mangoustes.

Le graphique (Figure 13) met en avant que le nombre de capture est significativement plus élevé lorsque le piège est positionné côté terre, soit en bordure de mangrove ou en forêt littorale. Ce type de positionnement est donc à privilégier lors des prochaines campagnes.

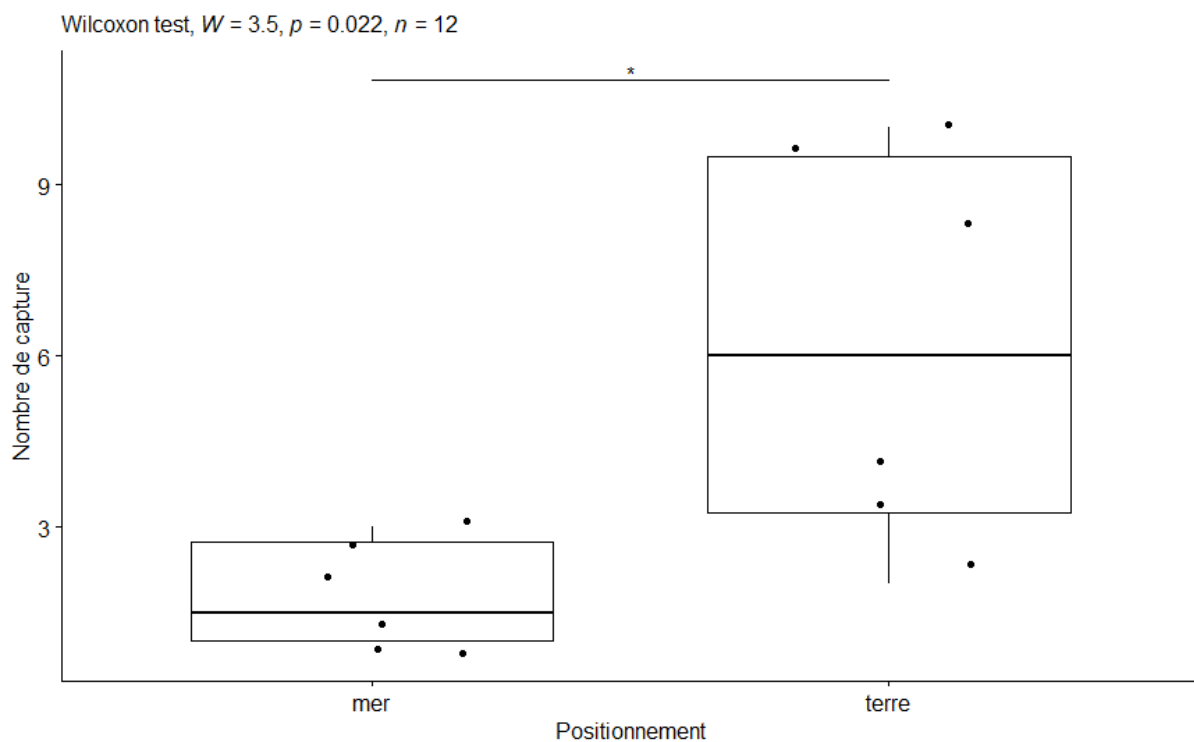


Figure 13 : Boxplot du nombre de capture en fonction du positionnement des pièges

- **Taux de capture par espèces**

L'espèce la plus capturée est le Bernard l'Hermitte (*Pagurus bernhardus*) avec 75% des captures dans les pièges. La mangouste représente seulement 25% des sessions et au cours des sessions, un merle s'est retrouvé prisonnier d'une ratière et a été relâché. Une augmentation du taux de capture de BH entre les sessions est constatable. Cette donnée est à mettre en relation avec le changement de saison (passage de la saison sèche à la saison des pluies) qui ferait sortir les Bernard l'Hermitte.

Entre les deux sites, Port-Louis Sud semble être plus sensible à la fermeture des pièges par des espèces non-cibles (Tableau 3).

Tableau 3 : Taux de capture par espèce en fonction du site et de la session

Site et Session	Bernard L'Hermitte	Mangouste	Quiscale Merle
Tout site/Toute Session	0.75	0.25	0.00
PLN/Toute Session	0.74	0.26	0.00
PLS/Toute Session	0.77	0.23	0.00
PLN/S1	0.59	0.41	0.00
PLN/S2	0.79	0.21	0.00
PLN/S3	0.84	0.16	0.00
PLS/S1	0.64	0.36	0.00
PLS/S2	0.73	0.27	0.00
PLS/S3	0.88	0.10	0.02

- **Taux d'ouverture des pièges à la première levée**

Un taux d'ouverture des pièges à la première levée a été calculé. L'objectif de ce taux est de déterminer l'état des pièges après une nuit. Il est représenté en pourcentages.

Entre la première et la deuxième session de piégeage, des secteurs de piégeage ont été déplacés pour le site Port-Louis Sud. De ce fait, le taux d'ouverture des pièges matinaux de cette première session ne peut être comparé avec les données des deux sessions suivantes (Tableau 4).

Tableau 4 : Ouverture des pièges en fonction du site et de la session

Session	Site	Ouvert avec appât (%)	Ouvert sans appât (%)	Fermé avec appât (%)	Fermé sans appât (%)	Fermé Mangouste (%)
2	PLS	37,0	19,6	19,6	19,6	4,3
	PLN	49,0	23,0	18,0	9,0	1,0
3	PLS	24,0	48,0	8,0	17,3	2,7
	PLN	36,0	28,0	18,0	15,0	3,0

Lors de la capture de mangouste, l'état dit « Ouvert avec appât » permet d'évaluer l'attractivité et l'efficacité des pièges. Ici, il est possible de constater que l'état « Ouvert avec appât » diminue entre les deux sessions, ce qui peut s'expliquer par la présence renforcée des Bernard-

l'hermite. Le site de Port-Louis Sud semble aussi être plus sensible à la fermeture des pièges et au vol des appâts que le site de Port-Louis Nord, toute session confondue.

2.3 Aversion Gustative Conditionnée

- **Résultats de l'expérimentation**

Lors de la première session d'expérimentation de l'AGC, il y a eu une baisse de 40% de prédation entre la première phase et la troisième (Tableau 5), laissant supposer que la consommation des œufs piégés a bien eu un effet aversif sur les mangoustes.

Lors de la seconde session d'expérimentation de l'AGC, il y a eu une très faible consommation des œufs sains de la première phase à hauteur de 25% et une augmentation de 50% de la prédation lors de la troisième phase. Ainsi, les œufs piégés consommés n'auraient pas eu d'effet aversif sur les mangoustes pour cette seconde session.

Tableau 5 : Pourcentage de prédation en fonction de la phase de test de l'AGC pour les deux sessions

	Pourcentage de prédation S1	Pourcentage de prédation S2
Phase 1 : Œufs sains	65	25
Phase 2 : Œufs piégés	75	100
Phase 3 : Œufs sains	25	75

- **Temps consacré à la prédation**

Lors du traitement des images issues des pièges photos, les mangoustes comptabilisées ont été numérotées afin de distinguer chaque individu. En effet, elles ne peuvent pas être identifiées par une spécificité physique. Ainsi, est considéré comme un individu différent, une mangouste apparaissant plus de cinq minutes après le départ de sa prédécesseuse.

Pour la première session de piégeage, seul un PP a détecté la présence de mangouste dans le champ de vision. Ce piège-photo a capturé 13 individus différents (Figure 14). Parmi ces 13 individus, 4 ont eu une action de prédation sur le faux-nid soit 30 pourcents des individus détectés. La durée moyenne consacrée à la prédation des 4 individus détectés est de 7 secondes. Quand il n'y a pas de prédation, les mangoustes restent en moyenne 18 secondes dans le champ de vision de la caméra. Lorsqu'il y a prédation par les mangoustes, la durée passée à proximité du faux nid par les 9 individus restant est alors de 93 secondes.

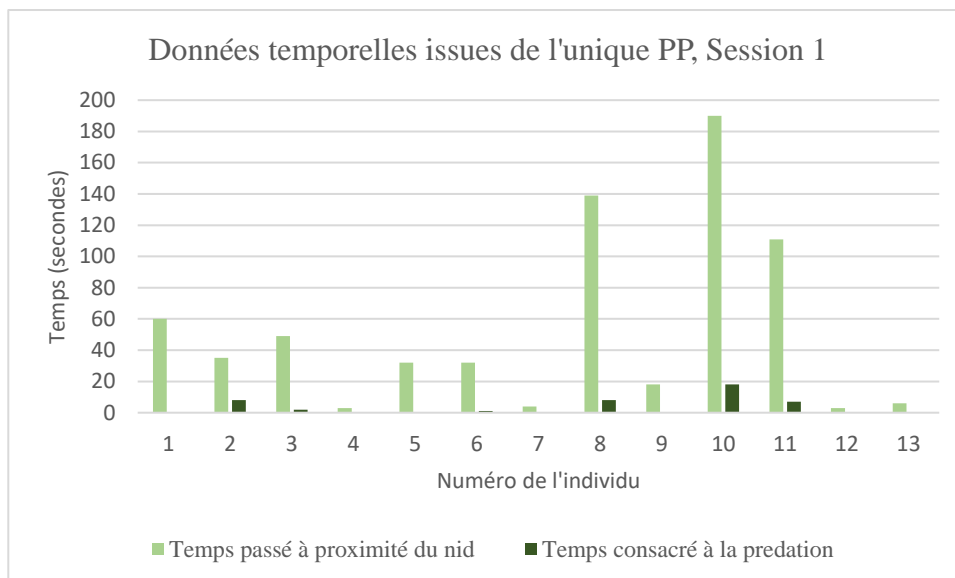


Figure 14 : Données temporelles issues du piège-photo lors de la première session de piégeage

Pour la première session de piégeage, deux PP ont détecté la présence de mangouste dans leur champ de vision. Le premier piège-photo a capturé 31 individus différents (Figure 15). Parmi ces 31 individus, 6 ont eu une action de prédation sur le faux-nid soit 19 pourcents des individus détectés. La durée moyenne consacrée à la prédation des 6 individus détectés est de 99 secondes. Quand il n'y a pas de prédation, les mangoustes restent en moyenne 5 secondes dans le champ de vision de la caméra. Lorsqu'il y a prédation par les mangoustes, la durée passée à proximité du faux nid par les 6 individus restant est alors de 426 secondes. Cependant, ce résultat de 426 secondes est tiré à la hausse par l'individu n°29.

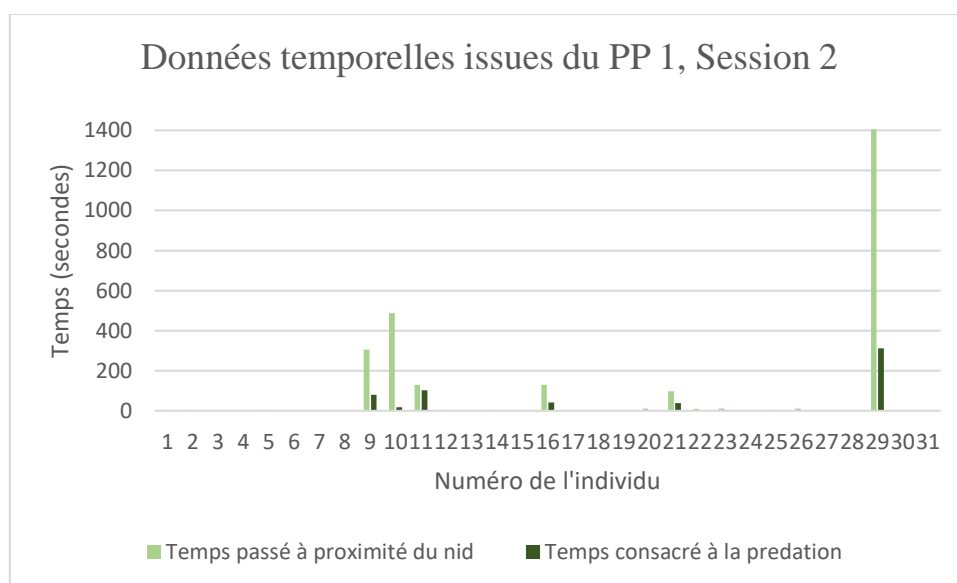


Figure 15 : Données temporelles issues du premier piège-photo lors de la seconde session de piégeage

Pour la seconde session de piégeage, le second PP a capturé 33 individus différents (Figure 16). Parmi ces 33 individus, 13 ont eu une action de prédation sur le faux-nid soit 39 pourcents des individus détectés. La durée moyenne consacrée à la prédation des 13 individus détectés est de 10 secondes. Quand il n'y a pas de prédation, les mangoustes restent en moyenne 10 secondes dans le champ de vision de la caméra. Lorsqu'il y a prédation par les mangoustes, la durée passée à proximité du faux nid par les 13 individus restant est alors de 65 secondes.

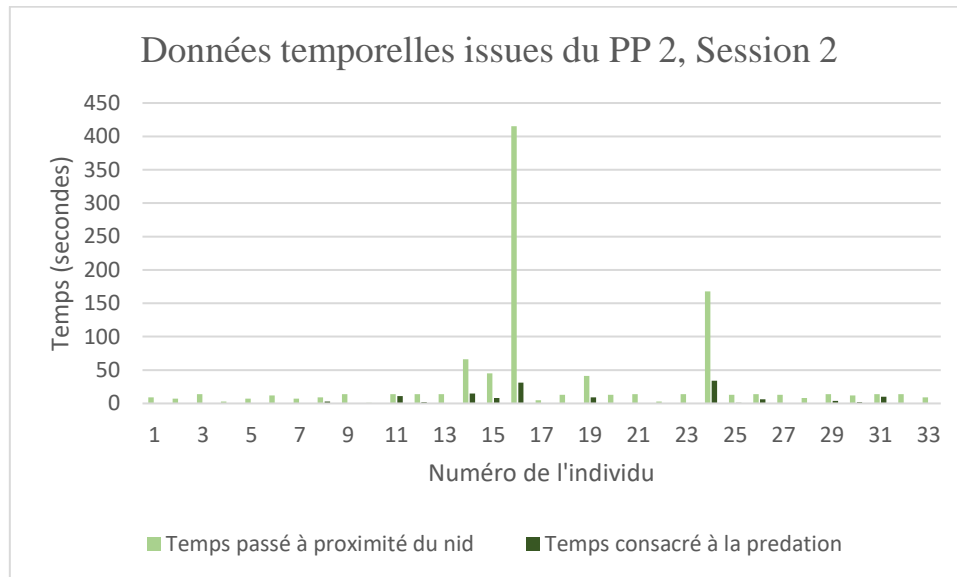


Figure 16 : Données temporelles issues du second piège-photo lors de la seconde session de piégeage

Ainsi, il est possible de constater que l'activité principale lors de la seconde session d'expérimentation est une activité dite de « passage » avec un faible intérêt pour les faux-nids. Les individus ayant une activité de prédation étant ceux restant le plus longtemps.

- **Adulte accompagné**

Parmi les photos prises par les PP lors de la première session, de nombreuses images de petits accompagnants leur mère ont été constatées. En effet, 9.6 % des photographies montraient une mère et un ou plusieurs petits (Figure 17). Ces images mettent en relief un phénomène d'apprentissage acquis de la prédation des nids qui n'avaient jusque-là pas été prouvé même si supposé. Cependant, lors de la seconde session d'AGC, aucune mangouste n'étaient accompagnées de petits malgré un plus grand nombre d'individus recensés sur les lieux.



Figure 17 : Adulte prédatant un faux-nid pendant qu'un petit observe (Le Gal via PP Bushnell, 2023)

3. Discussion

3.1 Suivi des nidifications de tortue et de la prédation

- **Comptage-trace**

Les comptages-traces ont été réalisés en mai et en août puis les nidifications ont été recensées de façon hors-protocolaire, lors de trouvailles fortuites. Cette mauvaise répartition des sessions a eu pour conséquence une détermination très faible de l'espèce. En effet, il a été impossible de déterminer l'espèce pour beaucoup de pontes potentielles car les traces étaient trop peu visibles. Un passage plus régulier aurait permis de mieux identifier les traces et aurait donc été plus pertinent dans l'acquisition de données pour la connaissance.

Une meilleure organisation des sessions de terrain aurait pu permettre de mieux répartir les comptages-traces sur l'ensemble de la période plutôt que leur réalisation par bloc. De plus, le protocole de Comptage-Traces impose un nombre réglementaire de CT pour que le suivi soit considéré comme complet. Or, dans le cadre de cette étude, avec la campagne de régulation à mener en parallèle, il a été impossible de réaliser ce nombre de suivis, les données seront donc jugées comme incomplètes pour les deux sites de ponte.

Les années précédentes, 131 traces d'activités de tortues avaient été recensées en 2022 et 115 en 2021. Les tortues marines semblent donc toujours privilégier ce lieu même si des perturbations peuvent avoir lieu.

Ainsi, plusieurs phénomènes environnementaux influent aussi sur l'activité des tortues marines :

- Sur le site de Port-Louis Nord, la présence et la prolifération d'une espèce considérée comme EEE en Guadeloupe (DEAL, 2021), la langue de belle-mère (*Sansevieria trifasciata*), a été constaté. Cette plante colonise le milieu en recouvrant de façon très dense l'espace au sol ce qui rend impossible la ponte pour les tortues. Des espaces importants ont déjà été gagnés par la langue de belle-mère, recouvrant notamment des zones qui ont servi à la nidification lors des saisons précédentes. Cette problématique est commune à plusieurs sites de ponte de Marie-Galante. Là-bas, l'ONF a mis en place deux méthodes d'arrachement (manuel et mécanique) dans le but de lutter contre cette menace. Il serait intéressant d'envisager des actions similaires à Port-Louis pour enrayer la propagation de cette espèce qui devient gênante pour la ponte.
- Les échouages de sargasses, comme ceux survenus en mars et en avril sur les deux sites, peuvent poser des problèmes d'accès aux zones de ponte. En raison de sa situation géographique, Port-Louis est normalement épargné par les arrivages de sargasses mais des bouleversements des courants océaniques ont entraîné ces dépôts. Ces arrivages

pourraient être amenés à se reproduire dans le futur comme conséquence du changement climatique. A Antigua, dans la Caraïbe, il a été relevé que la présence de sargasses en forte quantité diminue drastiquement la ponte des tortues imbriquées (Maurer *et al.*, 2015). En plus de cela, la dégradation de ces algues pourrait impacter les conditions thermiques au sol et donc induire un bouleversement du sex-ratio des tortues en faveur des mâles. La présence de sargasses sur la plage et en banc le long du littoral pourrait aussi impacter les tortues à l'émergence qui serait freiner dans leur progression (Maurer *et al.*, 2015).

- L'érosion du littoral et le déplacement des zones sableuses est aussi à prendre en compte. En effet, le littoral guadeloupéen est en constante évolution, avec un recul très marqué sur certaines zones. Plusieurs études ont prouvé que les tortues marines sont sensibles à l'érosion du littoral et n'iront pas nidifier dans des zones fortement touchées par l'érosion puis qu'elles n'offrent pas de zones d'accueil convenables (Maison *et al.*, 2010 ; Siquiera *et al.*, 2021). Cependant, par leur ponte, les tortues marines vont aussi avoir un impact sur l'évolution de la plage. En effet, lors de la conception et lors du camouflage du nid, le sable va être remobilisé et réorganisé par les tortues ce qui va impacter directement la morphologie de la plage, comme cela a été étudié en Guyane française (Péron *et al.*, 2013).

Ces phénomènes cumulés pourraient mener à un abandon de ce site de ponte au profit d'un autre, moins perturbé par ces éléments.

En plus de ces phénomènes, le braconnage de tortue a été signalé sur la zone de Port-Louis Sud, sans qu'aucune action concrète ne soit menée par l'OFB malgré un signalement. Cette menace supplémentaire pèse aussi sur les populations et nécessiterait une lutte adaptée.

- **Prédation**

Aujourd'hui, la prédation est encore mal-évaluée à l'échelle de l'île. Il pourrait être intéressant de mettre en place un protocole pour acquérir des données de prédation de façon plus rigoureuse. Les bénévoles du réseau devraient aussi être incités à réaliser à leur tour des suivis de prédation afin d'améliorer la connaissance à ce sujet à une échelle plus globale.

Afin d'ajuster au mieux le choix des secteurs de piégeage, il aurait été intéressant de se baser sur un plus grand nombre de données de prédation. Or, en fonction des années, le suivi de prédation n'a pas toujours été réalisé car aucun protocole ne l'impose. Les secteurs de prédation ont donc été établis avec des données anciennes, sans tenir compte de l'évolution du littoral. Ainsi, il est possible de constater la différence entre les prédatons notifiées cette année et les secteurs de prédation qui ont été établis avant le début de la saison (Figure 18 et 19).

Anciens secteurs de prédations des nids de tortue marine
par la mangouste et prédictions recensées en 2023
sur le site de Port-Louis Nord

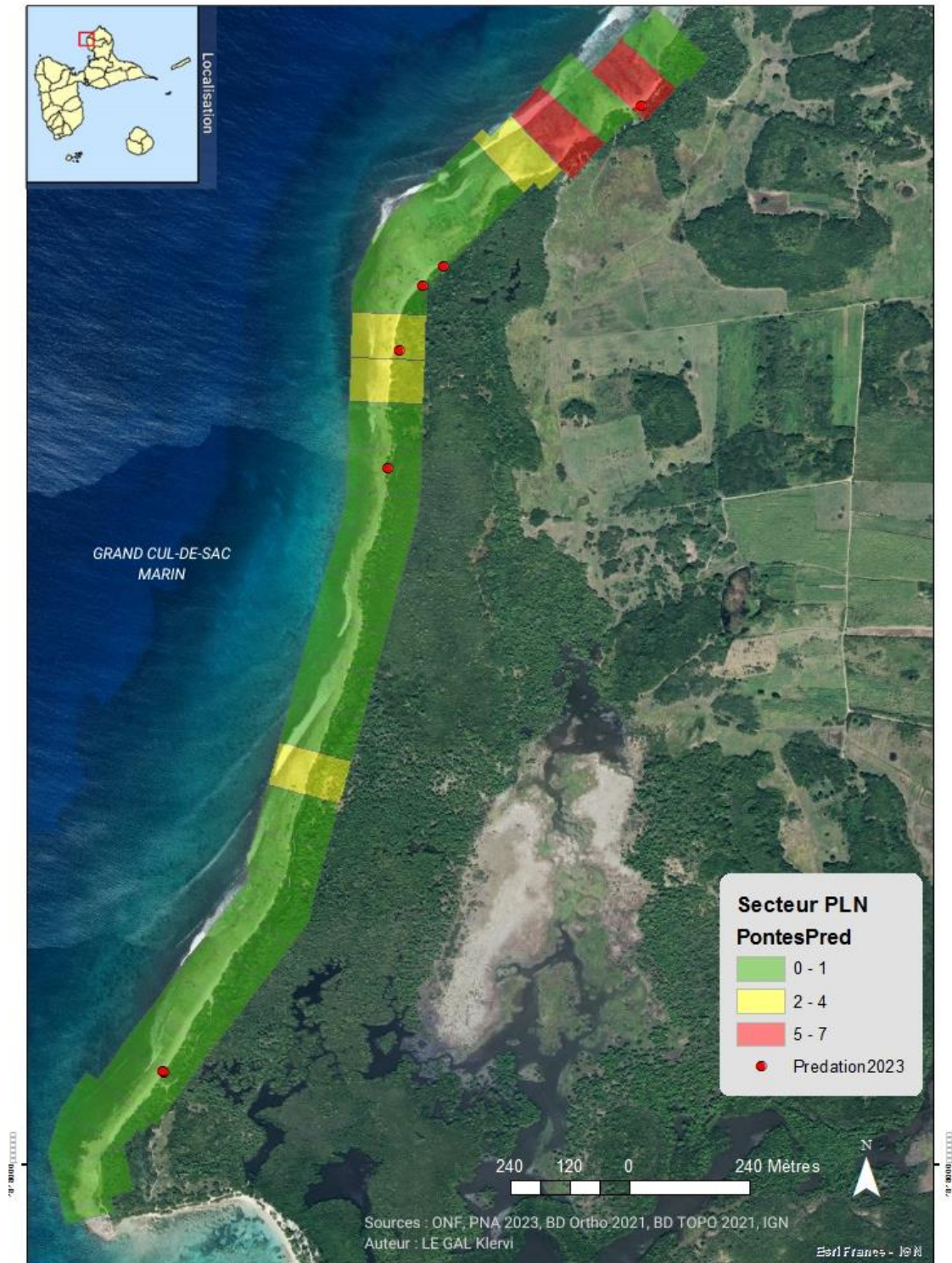


Figure 18 : Carte des prédictions constatées en 2023 à Port-Louis Nord en comparaison des secteurs établis pré-recensement

Anciens secteurs de prédations des nids de tortue marine
par la mangouste et prédictions recensées en 2023
sur le site de Port-Louis Sud

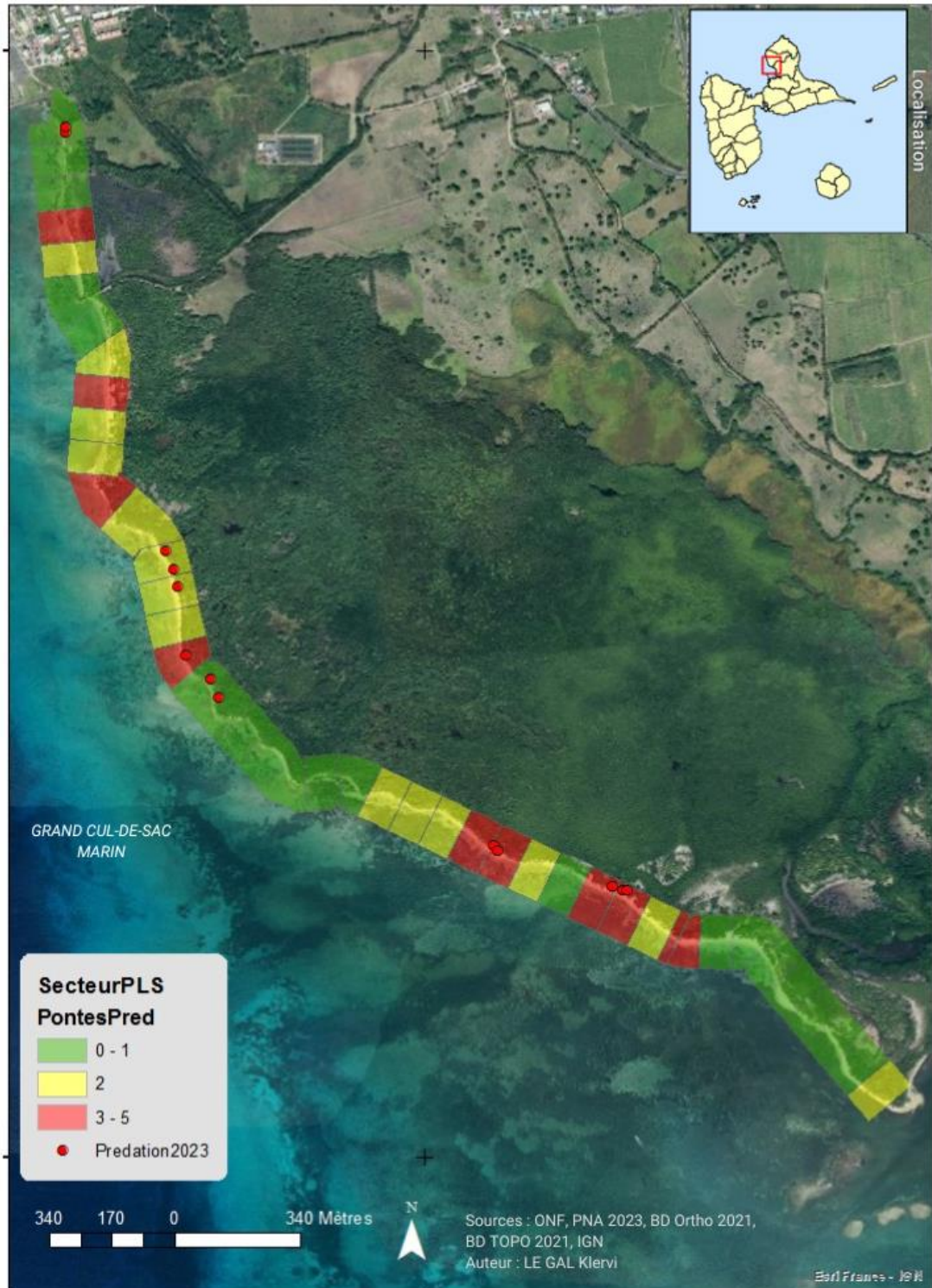


Figure 19 : Carte des prédictions constatées en 2023 à Port-Louis Sud en comparaison des secteurs établis pré-recensement

En 2015, lors de l'étude préliminaire autour de la prédation des nids de tortues, la prédation était alors de 78% des nids. La prédation a donc diminué d'environ 57% depuis la mise en place des campagnes de régulation.

En 2022, 131 traces d'activités de tortus ont été recensées avec un nombre de prédation indéterminé. En 2021, 115 traces d'activité avaient été recensées dont 16 prédatations. Les résultats de cette année ne semble donc pas beaucoup différer des résultats constatés les années précédentes.

3.2 Données de piégeage

Les sessions de piégeage ont permis de déterminer que la meilleure zone où placer les pièges sur le terrain est en bordure de mangrove ou en forêt littorale. En raison du peu de données disponible et exploitable le choix des secteurs reste encore à être amélioré.

Le sex-ratio montre une prédominance de mâle à la capture. Cela est peu étonnant car ce résultat est en accord avec de nombreuses autres études menées dans plusieurs types de milieux (Nellis & Evrard, 1983 ; Owen, 2017 ; Roy *et al.*, 2002 ; Tomich, 1969). Johnson *et al.* (2016) suggèrent que ces différences de sex-ratio sont imputables aux différences spécifiques au sexe, comme les comportements reproducteurs et maternels. Roy *et al.* (2002) complètent en affirmant que cela est dû à la tendance des mâles à plus se disperser que les femelles. Ces différences biologiques vont impacter la taille du domaine vital et donc les déplacements ce qui va influencer sur le taux de capture de mâle et femelle.

Sur le site de Port-Louis Nord, trois pièges ont été volés lors de la première session de régulation ce qui a pu impacter la capture puisqu'il y a eu quelques jours avec des pièges manquants, qui ont été remplacés par la suite. Au cours de la deuxième session, un quatrième piège a été dégradé, le rendant inutilisable. Cette problématique de dégradation et de vol des ratières est à prendre en compte lors de la pose des pièges en choisissant des zones reculées et le plus éloignées possibles du passage de l'homme.

Entre la première et la deuxième session, deux secteurs de piégeage ont été déplacés à Port-Louis Sud car leur placement était inexact à la suite d'un souci de GPS. Ce changement est préjudiciable puisque les données de cette première session ne sont donc pas comparables avec les données des deux suivantes.

A Port-Louis Nord, où les secteurs de piégeage n'ont pas évolué entre les différentes sessions, la baisse de capture de 25 % entre la première session et la deuxième est questionnable. En effet, cette baisse pourrait avoir plusieurs causes, comme l'augmentation de capture des Bernard l'Hermite ou une diminution de la fréquentation du site par les mangoustes.

Entre la première et la deuxième session, le taux de capture de Bernard l'Hermite augmente de 0.2 ce qui laisse à supposer une plus grande fréquentation du site par ces crustacés ou tout du moins un plus grand intérêt pour les pièges.

Le déclenchement des pièges par les Bernard l'Hermite diminue l'efficacité de capture des pièges car ils ont tendance à consommer les appâts et ainsi entraîner une inactivité du piège. Si la présence des Bernard l'Hermite reste gérable durant la saison sèche, le taux de capture de BH augmente durant la saison des pluies ce qui complique la capture de mangoustes. A ce jour, aucune solution n'a été trouvée pour parer à ce problème. En Martinique, la surélévation des pièges a été testé sans amélioration particulière (Grelot-Valade, 2023).

Une autre explication serait la baisse de fréquentation du site par les mangoustes. A cette période, aucune prédation n'a été constaté et moins d'individus étaient rencontrés lors des passages. Cela serait probable puisque selon une étude américaine, la densité de mangouste serait plus faible à la saison sèche qu'en saison humide (Johnson *et al.*, 2015). Plusieurs facteurs pourraient expliquer une baisse de fréquentation :

- Une importante sécheresse a impacté la flore et très probablement la faune à proximité ce qui a pu faire baisser la ressource alimentaire naturellement présente sur ce site. La PMI étant une espèce opportuniste, elle va profiter des ressources alimentaires anthropogènes (Coblentz & Coblentz, 1985, Quinn & Whisson, 2005). Le public fréquentant le site de PLN est un public de passage, avec des randonneurs, des coureurs ou encore des cyclistes qui ne vont pas manger sur place et donc ne fourniront pas de nourriture aux mangoustes. Le site de Port-Louis Sud, lui, a lui aussi été impacté par cette sécheresse mais il est à proximité d'une zone urbaine, le port de Port-Louis. Or, durant la saison sèche, les mangoustes vont étendre leur domaine vital de 200 à 300% (Berentsen *et al.*, 2020), elles vont donc ici probablement accéder à la zone urbaine de Port-Louis Sud. De plus, Port-Louis Sud est fréquenté par un public qui va y passer la journée, comme lors de boat party ou de pique-niques, et qui va donc laisser des déchets alimentaires qui favorisent le nourrissage des mangoustes (Observations de terrain).
- La canne à sucre a été récolté durant la seconde session de piégeage. Or les champs de canne sont situés à l'arrière du littoral de Port-Louis Nord et seraient des abris privilégiés par la PMI (observation sur le terrain). La récolte de la canne par des engins mécaniques aurait pu effrayer et éloigner les mangoustes durant cette période.
- L'accoutumance aux pièges et de l'apprentissage pourraient aussi en être la cause. En effet, il y a une diminution globale des captures, sans considération de sites entre la première et la dernière session. Cependant, entre ces mêmes sessions, la prédation augmente de façon drastique, passant de 0 prédation lors du comptage-trace de mai à minimum une nouvelle découverte chaque jour de suivi en août. Cela prouve une présence des mangoustes sur les deux sites (Observations sur le terrain). Ainsi, il est possible de se demander si un phénomène d'évitement n'est pas mis à l'œuvre ou tout du moins, si l'appât utilisé n'est pas moins attractif que les œufs de tortues. Il pourrait être intéressant de placer des pièges photos à proximité des ratières au cours des différentes sessions afin de faire le constat d'un évitement ou non.

3.3 Méthodes de piégeage

Dans le cadre de cette étude, des pièges non-létaux de type ratière ont été utilisés. Ces pièges sont utilisés depuis des années lors des campagnes de régulation de l'ONF mais tendent à montrer leurs limites. En effet, ces pièges n'ont aucun moyen de cibler l'espèce souhaité et sont sensibles à la capture d'autres espèces non-ciblées. En raison de leur sensibilité de déclenchement, les pièges peuvent aussi se refermer seuls et donc rester inactifs jusqu'à réactivation.

En 2020, des pièges létaux de type GoodNature A24 ont été testés sur les sites de Port-Louis. Ces pièges, normalement conçus pour les rats, sont composés d'une cartouche de gaz, d'un déclencheur sur lequel repose l'appât et d'un piston servant à la mise à mort de l'animal. Attiré par l'appât, le rongeur pénètre dans le conduit d'exécution et va toucher le déclencheur. Le piston vient alors impacter la nuque de ce dernier lui assénant alors un coup mortel. Une fois mis en place, ce piège fonctionne de manière autonome et peut délivrer 24 coups avant de devoir être réactivé. Cependant ces pièges se sont avérés inefficaces puisqu'aucune mangouste n'a été mise à mort lors de leur utilisation.

Depuis, la marque GoodNature a développé le modèle A18 qui serait plus adapté pour les mangoustes. Ce modèle est d'ailleurs actuellement en test contre cette espèce à Hawaï et à l'île Maurice (Informations personnelles) et en fonction des résultats obtenus, il pourrait être intéressant de tester ce nouveau modèle en Guadeloupe.

D'autres pièges létaux, les pièges de type DOC ont été testés dans la lutte contre la petite mangouste indienne. Ces pièges mortels sont des pièges à ressort à réactivation manuelle placés dans un tunnel de piégeage en bois comprenant deux grilles avec des ouvertures, une vis pour maintenir l'appât et une grille pour fermer le piège. Les deux grilles à trous décalés minimisent le risque que des espèces non-cibles pénètrent dans le piège et vont guider la mangouste jusqu'à la plate-forme. Le poids de l'animal sur la plate-forme va déclencher le mécanisme et le piège se refermera sur l'animal, provoquant ainsi sa mort immédiate par écrasement. Ces pièges ont l'avantage d'être calibrable en fonction du poids de l'espèce cible et permet donc de minimiser la capture d'espèce non-cible. Il existe trois types de pièges DOC : les DOC150 et les DOC200 qui sont conçus pour le piégeage de rats, hermines et hérissons et les DOC250, modèle similaire mais de plus grande taille, conçus pour les furets.

Ainsi, Roerk *et al.* publient en 2022 une étude comparant l'utilisation de pièges DOC200 et l'utilisation de pièges type ratière (Tomahawk Traps). Si les taux de captures ne sont pas significativement différents entre les deux types de pièges, le fait de ne devoir réactiver les pièges qu'une fois par semaine pour les DOC tend à prouver une plus grande efficacité dans la lutte contre la PMI.

Cette année, en Martinique, l'utilisation de pièges létaux de type DOC250 a été faite en complément des ratières. Avec ce type de pièges, la CPUE est de 0.09 (Grelot-Valade, 2023) qui se rajoute au CPUE de la capture avec ratière qui est de 0.08, donnant donc un CPUE total de 0.17. Ces pièges létaux semblent donc être un bon complément aux ratières et pourraient permettre d'accentuer la pression de piégeage sur les mangoustes. Cependant, ils ont pour désavantages d'être lourds et donc difficiles à transporter. De plus, un bon calibrage du poids est nécessaire. Ainsi, avec un calibrage à 100g en Martinique, ces pièges continuaient d'être déclenchés par les plus gros Bernard l'Hermitte (Grelot-Valade, 2023). Il serait donc nécessaire de trouver le juste compromis pour le calibrage mais aussi de mettre en place un protocole précis pour l'utilisation de ces pièges.

Cette accentuation pourrait être utile puisqu'au vu du CPUE de ces trois dernières années, un effet seuil semble avoir été atteint. En effet, si au début de la campagne, la capture est maximisée, il est possible de constater une baisse du nombre de capture entre la première et la dernière session de régulation, tous sites confondus. Cette baisse est commune aux zones qui connaissent un piégeage répété où l'efficacité de piégeage moyenne va diminuer à mesure des sessions (Coblentz & Coblentz, 1985). Ainsi, un renforcement du piégeage avec un nouveau matériel pourrait casser cet effet seuil.

3.4 Aversion Gustative Conditionnée

L'expérimentation d'AGC a été conduite avec un nombre de répliques limités (8) et gagnerait à être reproduite avec un plus grand nombre de répliques, avec des faux-nids répartis sur une zone plus vaste et avec un suivi de prédation des nids de tortues plus importants. En comparaison, dans la thèse de Shipman (2019), 80 répliques ont été mis en place, répartis en dix transects de huit faux-nids. Une poursuite de cet essai à Port-Louis permettrait ainsi de constater si l'utilisation de cette technique a un véritable impact sur la prédation par les PMI.

En effet, avec le seul test réalisé dans cette étude, conclure sur l'efficacité de cette méthode semble aventureux, puisqu'il s'agissait seulement d'un essai pilote. Il est dur de déterminer si la réussite du premier test de terrain était dû à un hasard, à la période de test ou à une réelle efficacité de cette méthode. Le plus grand passage des mangoustes lors de la seconde session d'expérimentation pourrait aussi expliquer l'échec de cette session. En effet, les mangoustes ayant consommés les œufs piégés pourraient ne pas être les mêmes que celles ayant consommés les œufs de la troisième phase.

Une grande attention doit aussi être portée sur les pièges-photos utilisés puisque le faible nombre utilisé et des dysfonctionnements ont parasités la collecte des données. Il est aussi possible que la profondeur d'enterrement des œufs est une influence sur leur prédation et ce paramètre pourrait être intéressant à tester.

Pour les images montrant des petits accompagnants un adulte sur les faux-nids, l'absence lors de la seconde session questionne. Y aurait-il une saisonnalité des naissances qui impliquerait que les juvéniles soient déjà indépendants à cette période ? Il serait intéressant de récolter de nouvelles images à différentes périodes afin de faire ce constat ou non, mais aussi d'améliorer la connaissance de manière générale sur cette espèce.

3.5 Adaptation et perspectives

Aujourd'hui, la connaissance sur la petite mangouste indienne est limitée. Les études qui sont portées sur cette espèce à l'internationale sont centrées sur une volonté d'éradication. Or, il

pourrait être intéressant d'étudier de façon plus approfondie le comportement de la mangouste. Le réel manque de connaissance éthologique actuel ne facilite pas la mise en place de solution adaptée. Ainsi, il pourrait, par exemple, être intéressant de réaliser des analyses du contenu stomacale, notamment pour estimer la proportion d'œufs de tortues dans le bol alimentaire de la mangouste.

La régulation de la mangouste réalisée par l'ONF est faite sur une durée limitée et à trop petite échelle pour avoir un impact réel sur la population de mangoustes. La classification de la PMI comme EEE de niveau 2 rend aujourd'hui cette espèce non-chassable. Une déclassification afin de rendre cette espèce chassable permettrait d'avoir un réel impact sur la population à l'échelle guadeloupéenne, au vu du nombre de chasseurs sur l'île. Une prime à la tête ou à la queue comme cela était pratiqué dans les années 1930 (Lorvelec, 2021) pourrait aussi être rétablie afin d'inciter à lutter contre la mangouste.

Dans une autre mesure, de nombreuses alternatives au piégeage, pour lutter contre les prédateurs des tortues, ont été testées :

- L'utilisation de drapeaux comme marqueur des nids de tortues, qu'elle soit caouanne (*Caretta caretta*), imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) ou olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) montrait une diminution significative de la prédation sur les nids munis d'un drapeau (Longo *et al.*, 2009). Cependant l'utilisation de drapeau a été reconduite en 2017 en Australie et le test n'a pas été concluant puisqu'il n'y a pas eu de différence significative sur la prédation par ce varan. Aucune autre étude n'a été conduite depuis sur le lien entre drapeaux, prédateurs et tortues marines. Cependant, le lien entre drapeaux, prédateurs et tortues terrestres a été étudié, notamment par Edmunds *et al.* en 2018 ou encore Strickland *et al.*, 2010. Ces études ont démontré que la présence d'un drapeau n'affecte pas la prédation par les ratons-laveurs (*Procyon lotor*). Si cette technique pourrait être mise en place en Guadeloupe, les différentes études laissent à douter de son efficacité réelle.
- Le camouflage olfactif est une autre méthode de lutte contre la prédation. En effet, la majeure partie des prédateurs (et particulièrement des mammifères) utilisent l'odorat comme indice dans le repérage de sources alimentaires. Des études ont donc été menées afin de vérifier si l'utilisation de techniques masquant les odeurs pouvaient être efficaces contre la prédation des nids de tortues.
 - Ainsi, de l'essence de girofle aqueuse a été utilisée mais n'a pas donné de résultats significatifs malgré une baisse de 14% de la prédation. Cela peut s'expliquer par le faible taux de prédation initial (30%) mais aussi par l'utilisation par les varans d'autres indices pour la détection des nids (Sampaio *et al.*, 2022). Toutefois, de part la récence de cet article, cette

technique n'a pas encore été reproduite et gagnerait à être testée dans le cas de prédation par des mammifères.

- L'utilisation de piment fort a aussi été testé. En effet, la poudre de piment fort contient de la capsaïcine, qui est responsable de la sensation immédiate de brûlure ressentie par les mammifères lors de l'ingestion et qui dissuade donc activement les mammifères de l'ingérer (Baylis *et al.*, 2012 ; Jordt & Julius, 2002 ; Levey *et al.*, 2006). Son utilisation a donc été étudiée pour lutter contre les prédateurs, notamment les mammifères invasifs, par Baylis *et al.*, en 2012 en utilisant des faux-nids d'oiseaux traités avec différentes poudres épicées. Le traitement avec de la poudre contenant de la capsaïcine a mis en évidence une baisse significative sur ces nids par rapport au témoin. En 2013, à la suite de cette étude, Lamarre-DeJesus et Griffin ont mis en place un protocole pour tester l'efficacité de la poudre de piment Habanero sur la prédation de nids de tortues marines par des coyotes. Avec l'utilisation de piment en surface, le taux de survie des nids de tortue était de 80% contre 30% pour les nids témoins ce qui prouve donc une nette efficacité de cette méthode pour cette espèce. Aux Etats-Unis, Burke *et al.*, ont conduit en 2015 une étude pour évaluer l'effet de la poudre de piment sur la prédation de nids de *Malaclemys terrapin* par le raton-laveur (*Procyon lotor*). L'utilisation de piment n'a pas permis une baisse significative de la prédation sur les nids. Selon Lamarre-DeJesus et Griffin, qui ont répondu à cette étude en 2015, cette inefficacité est probablement dû au fait que les ratons-laveurs utilisent d'autres indices (visuels, tactiles etc.) pour détecter les pontes, la méthode n'étant donc pas adaptée pour cette espèce. De plus, Burke *et al.* ont déterré les nids pour collecter des œufs et mélangé le piment au sable, baissant ainsi sa concentration et son effet irritant. Ces différences de protocole, en plus de la différence d'espèces, pourraient donc être à l'origine de ces résultats divergents. Si l'utilisation de piment semble être une technique prometteuse, son impact sur le développement des tortues n'a pas encore été testé ce qui freine donc sa mise en place en Guadeloupe.

- Une troisième technique testée est celle de l'utilisation de grillage de protection sur les nids. En 1997, Ratnaswamy *et al.*, ont mené une étude en Floride (USA) testant diverses

méthodes pour réduire la prédation des ratons-laveurs (*Procyon lotor*) sur les nids de tortues marines. L'utilisation d'un grillage de protection d'un maillage de 5x10 cm a notamment été testé. Cette méthode a permis de réduire de 20 à 50% le taux de prédation en comparaison des autres méthodes. Des études similaires, sur l'utilisation de grilles de protection, ont été menées à différentes périodes et différentes localisations, toutes concluant à une efficacité de cette technique pour lutter contre la prédation (Hof *et al.*, 2020 ; Korein *et al.*, 2019 ; Kurz *et al.*, 2012 ; Nordberg *et al.*, 2019 ; O'Connor *et al.*, 2017 ; Yerli *et al.*, 1997 etc.) Le choix du matériel le plus efficace a été recherché et parmi les nombreuses études, l'une d'entre elles s'est intéressée à l'impact de l'utilisation de métal sur le phénomène d'orientation des tortues. Il a été prouvé que le métal était à bannir pour ce type de grilles de protection. (Irwin & Lohmann, 2003) En Australie, les recommandations se portent plutôt sur les grillages en plastiques pour leur facilité de transport et efficacité (Nordberg *et al.*, 2019) mais des matières plus durables comme le bambou (Korein *et al.*, 2019) ont été aussi testés. En 2021, Constance Laccours, stagiaire ONF, a appliqué de façon expérimentale la mise en place d'une grille damier (1 : 19mm) afin d'empêcher la prédation des nids de tortues par les mangoustes sur le site de Port-Louis Sud. Lors de la phase de présence de la grille, la prédation s'est complètement arrêtée sur les faux-nids. Cependant, si le maillage le plus adapté à l'émergence des tortillons est de 5x10cm (Philott, 2020 ; Ratnaswamy *et al.*, 1987), ce maillage est toutefois trop grand pour protéger les nids d'un prédateur de taille réduite comme la petite mangouste indienne. Ainsi, pour une protection efficace, il est nécessaire d'utiliser une grille à faible maillage qui doit être retirée avant l'émergence. Cela demande du temps et de la main d'œuvre, point qui a contraint la mise en place durable de cette technique de management.

A l'avenir, l'utilisation de drapeaux et le camouflage olfactif pourraient être expérimentés sur le terrain afin d'évaluer l'efficacité de ces méthodes sur la PMI en Guadeloupe. En effet, ces méthodes ont pour avantage d'être facile à mettre en place puis qu'elle nécessite peu de matériel et sont donc peu coûteuses. Toutefois, pour les drapeaux, leur utilisation par les mangoustes comme repère pour la prédation serait un risque à encourir. De même, l'impact des produits utilisés pour le camouflage olfactif n'a pas encore été évalué et cela pourrait donc être une problématique.

Quant à l'utilisation de grille de protection, cette solution semble être la plus prometteuse. En effet, son efficacité expérimentale a été prouvé en 2021 par Constance Laccours et sa mise en place a déjà été faite à l'international dans de nombreuses zones où les nids de tortues marines sont prédatés. Ainsi, il faudrait une mise en place des grilles lors de la découverte d'un nouveau

nid potentiel puis la retirer après 3 jours de poses. Pour se faire, des maillages en plastique pouvant être enroulés et déplacés facilement pourraient être utilisés, même si cela demanderait une grande organisation et la mise en place d'un nouveau protocole.

Conclusion

S'intégrant dans l'objectif du PNA de lutte contre la prédation des nids de tortues marines par les espèces exotiques et domestiques, cette étude avait pour objectif d'améliorer les méthodes actuelles et d'élargir le champ d'action. En effet, la petite mangouste indienne est reconnue dans l'ensemble de la Caraïbe comme étant l'un des prédateurs les plus destructeurs et actuellement sa prédation des nids de tortues marines est l'une des menaces principales sur les sites de Port-Louis.

Au travers d'un suivi des nidifications et des prédatons, d'une campagne de régulation de la petite mangouste indienne et d'un essai pilote d'Aversion Gustative Conditionnée, de nouvelles possibilités ont été mises en évidence.

La création de secteurs à piéger en priorité ainsi que la mise en évidence d'un meilleur taux de capture par un positionnement des ratières côté terre sont des indicateurs importants qui pourront être utilisés lors des prochaines campagnes de régulation. De plus, l'essai pilote d'Aversion Gustative Conditionnée semble avoir porté ses fruits lors du premier test et même s'il n'est pas concluant au deuxième, il pourrait se révéler pertinent dans le futur. Une étude à plus vaste échelle permettait de vérifier son efficacité.

Le nombre de nidifications relevés semble prouver que les tortues continuent de façon stable à venir pondre sur les plages de Port-Louis, ce qui est une nouvelle rassurante. La prédation, elle, semble se maintenir en comparaison avec les années précédentes et c'est pourquoi la recherche de solutions pérennes doit se poursuivre.

Ainsi, il pourrait être pertinent de renforcer le piégeage en mettant en place des pièges létaux comme les DOC250, qui ont fait leur preuve en Martinique.

En considérant les limites méthodologiques de ce travail, pour diminuer la prédation des nids de tortues, il semblerait intéressant à l'avenir de se tourner vers de nouvelles méthodes de lutte autre que le piégeage. Ainsi, la protection des nids par une grille, qui a déjà fait ses preuves, pourrait être la solution la plus adaptée, en attendant d'avoir un retour réel sur l'efficacité de l'AGC. Cette solution pourrait être mise en œuvre d'abord à l'échelle de Port-Louis avant d'être étendue au reste de l'archipel guadeloupéen.

L'espoir persiste dans la lutte contre la prédation des nids. Entre 2015 et 2023, les taux de prédation ont fortement diminués et même s'il existe aujourd'hui un effet de seuil, la mise en pratique d'autres méthodes de protection des nids et de répulsion des mangoustes pourraient conduire à un plus grand nombre d'éclosion de tortues marines dans le futur et donc participer à pérenniser ces espèces phares des écosystèmes guadeloupéens.