



MASTER ECOTROP



# RAPPORT DE STAGE

Régulation de la population de la petite mangouste indienne pour la préservation des sites de pontes de tortues marines

Mise en œuvre de l'action N°36 du PNA en faveur des Tortues marines des Antilles françaises 2020-2027

**Constance LACCOURS**

Encadré par Julie PAUWELS

Durée du stage :

01 février – 26 Juin 2021

Université des Antilles  
Guadeloupe  
Master BEE – ECOTROP  
Master 2

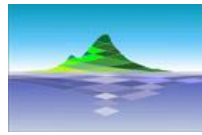
Faculté des Sciences, campus de  
Fouillole  
BP 592, 97159  
Pointe-à-Pitre Cedex  
Téléphone : +590 590 48 33 28



# UNIVERSITÉ DES ANTILLES

FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES

MASTER EN SCIENCES – TECHNOLOGIES – SANTÉ



MASTER ECOTROP



MENTION BIODIVERSITÉ, ÉCOLOGIE, ÉVOLUTION

## *Régulation de la population de la petite mangouste indienne (*Urva auropunctata*) pour la préservation des sites de pontes de tortues marines*

Par Constance LACCOURS



Petite mangouste indienne (*Urva auropunctata*) - Bushnell®



Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) – Aurélie BRUTE

Responsable de stage :

*Julie PAUWELS - Animatrice des Plans Nationaux d'Actions en faveur des tortues marines et de l'iguane des petites Antilles*

Mémoire soutenu le

26 Juin 2021

Université des Antilles/ UFR Sciences Exactes et Naturelles  
Campus de Fouille  
BP 592, 97110 Pointe-à-Pitre  
Guadeloupe



Office National des Forêts  
Route de St-Phy  
BP 648  
97109 Basse-Terre



# Résumé

Chaque année les plages de Port-Louis accueillent des pontes de tortues imbriquées (*Erectmochelys imbricata*). Les activités de pontes sont régulièrement suivies par des équipes de bénévoles du réseau Tortues Marines Guadeloupe. La destruction des nids par la petite mangouste indienne (*Urva auropuncata*) est constatée depuis 2010. L'impact de cette prédation menace le cycle de vie de cette espèce autochtone. Cette dernière est classée sur la liste rouge mondiale des espèces menacées (UICN). Dans le dernier Plan National d'Action (2018-2022) en faveur des tortues marines, une action de priorité n°1 a été établie pour lutter contre la mangouste. Depuis 2015, des campagnes de régulation sont effectuées et une diminution du nombre de captures a été observée. Cependant, sur le long terme la régulation de population n'est pas envisageable car cette méthode demande un temps humain considérable. L'objectif de cette étude est donc d'approfondir les connaissances sur la tactique de prédation de la petite mangouste indienne ainsi qu'expérimenter différentes solutions capables de substituer la régulation. Pour cela, un protocole expérimental d'aversion gustative conditionnée a été formulé. Ajoutée à ce protocole, une méthode de protection des nids *via* une grille a été appliquée en fin d'expérience. Les résultats obtenus ont permis d'estimer le temps de prédation des mangoustes sur un nid ainsi que d'introduire les premières pistes de l'aversion gustative à base de piment fort. L'efficacité de cette technique laisse dubitatif les expérimentateurs. Il faudrait probablement revoir l'aliment conditionné utilisé ou refaire une expérience sur un plus long temps d'exposition. Concernant la pose d'une grille, la protection est efficace et immédiate. Néanmoins elle peut représenter un risque pour les nouveau-nés ou les individus adultes venant pondre. L'ensemble de ces résultats seront exposés aux gestionnaires et acteurs du PNA dans le but de mettre en place des actions de conservation adéquates.

# Abstract

Every year the beaches of Port-Louis welcome hawksbill turtles (*Erectmochelys imbricata*) laying eggs. The nesting activities are regularly monitored by teams of volunteers from the Guadeloupe Marine Turtle Network. The destruction of nests by the small Indian mongoose (*Urva auropunctata*) has been observed since 2010. The impact of this predation threatens the life cycle of this native species which is classified in the red list of endangered species (IUCN). In the last National Action Plan (2018-2022) for marine turtles, a priority action #1 has been established to fight against the mongoose. Since 2015, regulation campaigns have been carried out and a decrease in the number of captures has been observed. However, in the long term the regulation of the population is not feasible because this method requires considerable human time. The objective of this study is therefore to deepen the knowledge on the predation tactics of the small Indian mongoose and to experiment different solutions capable of substituting regulation. For that, an experimental protocol of conditioned taste aversion was formulated. To add to this protocol, a method of protection of the nests via a grid was applied at the end of the experiment. The results obtained allowed to estimate the predation time of the mongoose on a nest as well as to introduce the first tracks of the taste aversion based on hot pepper. The effectiveness of this technique leaves the experimenters doubtful. It would probably be necessary to revise the conditioned food used or to repeat an experiment over a longer exposure time. Concerning the installation of a grid, the protection is effective and immediate. Nevertheless, it can represent a risk for the newborns turtles. All these results will be exposed to the managers and actors of the National Action Plan in order to set up adequate conservation actions.

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Julie PAUWELS (tutrice de stage, Animatrice des Plans nationaux d'Action en faveurs des tortues marines et des iguanes des petites Antilles) et Simon PIGEONNIER (VSC, Chargé de mission animation PNA) pour m'avoir permis de réaliser ce stage ainsi que pour leurs encadrements et leurs précieux conseils. Merci Julie pour m'avoir guidé, encadré et fait découvrir la réalité du travail dans l'environnement. Merci Simon pour ta joie et ta bonne humeur sur le terrain et nos petites escapades dans les supermarchés pour les devis. Merci à Coline CLAVEL et Mélanie LIBEAU pour leur aide sur le terrain, sans elles j'y serai sûrement encore. Merci Coline de m'avoir sortie du bureau pour m'emmener compter les escargots et toujours plus d'escargots.

Je tiens également à remercier l'association Tité et Eric DELCROIX pour m'avoir permis de partir dans la Reserve de Petite Terre pour m'enseigner la méthode et l'analyse des comptage-traces tortues.

Un très grand merci à Massyl LOUNAS pour toujours avoir été disponible et motivé pour m'accompagner sur le terrain même à la dernière minute et malgré les œufs pourris. Merci d'avoir toujours le mot pour rire !

Je tiens à remercier tous les Techniciens Forestiers Territoriaux et Hugo PALSCHOSKI pour m'avoir aidé dans la session de captures de mangoustes. Egalement un grand merci à Charlie LECLEROT, ce grand compteur d'histoires passionnées et passionnantes, pour avoir bravé la pluie et, sans être découragé, pour être parti sur le terrain en mode Ranger de l'Amazonie. Merci d'avoir partagé ta chance de Wales Watchers, je garderai en mémoire l'observation de cette baleine qui, comme nous, se détendait et s'amusait à Port-Louis, après cette longue journée.

Merci à Sandrine Malecot, Djéma huart et Thomas Roubio pour être venus avec moi effectuer les 14km de comptages-traces tortues.

Merci à ma grand-mère pour son œil d'expert et son avis pointue de la langue et de la littérature française.

# Table des matières

---

<b>TABLE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>8</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>11</b>
<b>I. CONTEXTE D'ETUDE .....</b>	<b>13</b>
<b>1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DES TORTUES MARINES .....</b>	<b>13</b>
• Histoire dans les Antilles.....	14
• Description de la tortue imbriquée .....	15
• Biologie et écologie de la tortue imbriquée.....	15
• Menaces et conservation .....	16
<b>2. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA PETITE MANGOUSTE INDIENNE .....</b>	<b>19</b>
• Biologie et écologie .....	19
• Présence et statut en milieu insulaire .....	20
• Menaces et actions.....	21
• Expérience de l'aversion gustative conditionnée (AGC) .....	22
<b>II. MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>23</b>
• Site d'étude .....	23
• Comptages traces et suivis des populations de tortues .....	24
• Partie expérimentale : aversion gustative et protection des nids par mise en place d'un grillage .....	26
<b>III. RESULTATS .....</b>	<b>30</b>
<b>1. COMPTAGES-TRACES ET SUIVIS DES POPULATIONS DE TORTUES.....</b>	<b>30</b>
<b>2. PARTIE EXPERIMENTALE : AVERSION GUSTATIVE ET PROTECTION DES NIDS PAR MISE EN PLACE D'UN GRILLAGE .....</b>	<b>32</b>
<b>IV. DISCUSSIONS .....</b>	<b>36</b>
<b>3. PARTIE EXPERIMENTALE : AVERSION GUSTATIVE .....</b>	<b>36</b>
<b>4. PARTIE EXPERIMENTALE / PROTECTION DES NIDS PAR MISE EN PLACE D'UNE GRILLE .....</b>	<b>37</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>40</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>44</b>

# Tables des Abréviations

AGC : Aversion Gustative Conditionnée

CT : Comptage-Traces

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

EEE : Espèce Exotique Envahissante

FDL : Forêt Domaniale du Littoral

OFB : Office Français de la Biodiversité

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

ONF : Office National des Forêts

PLN : Port-Louis Nord

PLS : Port-Louis Sud

PNA : Plan National d'Action

RTMG : Réseau Tortues Marines Guadeloupe

SIG : Système d'Information Géographique

SWOT : Strengths (Forces), Weaknesses (Faiblesses), Opportunities (Opportunités), Threats (Menaces)

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

# Tables des illustrations

Figure 1: planche explicative du cycle de vie des tortues marines. Chevalier et Lartiges, 2001. .....	12
Figure 2: Tortue imbriquée ( <i>Eretmochelys imbricata</i> ).....	14
Figure 3: planche explicative du cycle de vie des tortues marines. Chevalier et al, 2001.....	17
Figure 4: A gauche : Petite Mangouste Indienne ( <i>Urva auropunctata</i> ). A droite : empreinte de mangouste. ©Laccours, 2021. ....	18
Figure 5 : planche explicative des sites de pontes des tortues marines présentent en Guadeloupe. ©RTMG.....	23
Figure 6 : informations relevées lors des suivis de pontes de tortues marines. ©PNA. ....	24
Figure 7: Trace de tortue imbriquée partant sous la végétation. 02/06/2021. Port-Louis Nord. ©Roubio, 2021. ....	24
<i>Figure 7b : Trace de tortue imbriquée. Protocole de suivi des pontes de Tortues Marines en Guadeloupe (version 2014).</i> .....	24
Figure 8: Faux nids creuser à la pelle sur 40 cm de profondeur. © Laccours, 2021.....	25
Figure 9: Faux nids avec des œufs durs non pimentés (expérience A). © Laccours, 2021.. ...	25
Figure 10 : Faux nid rebouché. © Laccours, 2021.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 11 : Faux nid avec des oeufs durs, sains et protégés d'une grille. ©Laccours, 2021....	25
Figure 12: Faux nid rebouché avec un piège. Bushnell®, 2021.....	25
Figure 13: Mangouste près d'un faux nid. Bushnell®, 2021. ....	25
Figure 14: Caméra Core Bushnell® .....	26
Figure 15 : Caméra RECONYX® .....	26
Figure 16: Calendrier de terrain - chaque phase est exposée à la prédation de la mangouste sur une durée de 3 jours. ©Laccours, 2021.. ..	27

Figure 17: S Figure 17 : schéma chronologique de l'expérient d'AGC et de la grille de protection. ©Laccours, 2021.. .....	27
Figure 19: Tableau des relevés de terrain sur le suivi de ponte 2021, à Port-Louis. ©Laccours, 2021.....	29
Figure 20 : carte non effective de référence des activités de ponte et des prédatons sur le littoral de Port-Louis Nord. ArcGIS® 2021. ©Laccours, 2021. ....	30
Figure 21: carte non effective de référence des activités de pontes et des prédatons sur le littoral de Port-Louis Sud. ArcGIS® 2021. ©Laccours, 2021.....	30
Figure 22: Box plot des expériences d'AGC en fonction du nombre de visites effectives sur les nids. Test kruskal-Wallis w= ; p=0.0098. Test Wilcoxon p-value A/B = 0.1353 ; p-value B/C = 0.051, p-value A/C = 0.0093 ; p-value C/D = 0.01145. Analyse R. ©Laccours, 2021. ....	32
Figure 23: Box plot des expériences d'AGC en fonction du nombre de visites effectives sur les nids. Test kruskal-Wallis p=0.023. Test Wilcoxon p-value A/B = 0.2445 ; p-value B/C = 0.07973, p-value A/C = 0.02021 ; p-value C/D = 0.01118. Analyse R. ©Laccours, 2021. ....	32
Figure 25: Moyenne des taux de prédation des 8 nids correspond au nombre d'oeufs mangés et donc non retrouvé durant l'expérience. ©Laccours, 2021.....	33
Figure 26: tableau de synthèse du temps d'action sur l'ensemble des nids. Légende : "visite" (V), "visite et prédation" (V+P) et "visite + tentative de prédation" (V+ TenP). ©Laccours, 2021. .....	34
Figure 27: SWOT de l'expérience d'AGC sur la petite mangouste indienne ( <i>Herpestes auropunctata</i> ) dans le but de protéger les pontes de tortues imbriquées ( <i>Eretmochelys imbricata</i> ), Port-Louis. ©Laccours, 2021 .....	36
Figure 28: SWOT de l'expérience de protection des pontes de tortues imbriquées ( <i>Eretmochelys imbricata</i> ) par un grillage 1m <sup>2</sup> (1 :19mm) face à la prédation de la petite mangouste indienne ( <i>Herpestes auropunctata</i> ), Port-Louis.© Laccours, 2021 .....	37

# INTRODUCTION

En 1960, afin de limiter la forte diminution des populations de tortues marines en Guadeloupe, un arrêté préfectoral a été instauré pour interdire leur capture, ainsi que la vente de leurs œufs pendant la majeure partie de la saison des pontes – 5 mai au 15 septembre. C'est seulement en 1991, qu'un arrêté ministériel est pris pour protéger durablement les tortues marines en interdisant totalement leur capture et leur consommation sur l'ensemble des territoires français (L. 211-1, L.211-2 et R. 211-5). Cet arrêté a été abrogé et remplacé le 14 octobre 2005 pour désormais protéger les tortues marines ainsi que leurs habitats (JORF n°283, texte n°36) [27].

Les principales menaces qui mettent en péril la survie des populations de chéloniens, sont le braconnage, la surexploitation, la modification des habitats et les captures accidentelles liées à la pêche [25]. Pour lutter contre ces menaces, un premier Plan National d'Action en faveur des tortues marines fut mis en œuvre de 2004 à 2008 en Guadeloupe et en Martinique. L'état des populations de tortues n'étant toujours pas satisfaisant à l'issue de ce premier PNA, il a été conclu que le plan de restauration des tortues marines aux Antilles françaises devait être poursuivi. Ainsi deux nouveaux PNA ont vu le jour de 2009 à 2016, pilotés par l'ONCFS [51 (4)]. Ces actions ont amené sur le long terme des résultats positifs sur les populations de tortues marines. Aujourd'hui, le troisième PNA est en cours (2018-2027) piloté par la DEAL et animé par l'ONF. Dans ses actions prioritaires, figure l'amélioration de l'état de conservation par la réduction de menaces anthropiques telle que la prédation par les espèces exotiques envahissantes ou domestiques [13]. Le sujet a été mis en évidence en 2015 grâce à l'évaluation de la prédation par la petite mangouste indienne sur les nids de tortues marines à Port-Louis [8]. En effet, sur certaines plages de Guadeloupe et Martinique, la mangouste a ajouté à son menu les œufs de tortues. Phénomène que l'on ne retrouve pas sur toutes les plages malgré la présence de mangoustes mais que l'on peut retrouver ailleurs dans les Caraïbes, à la Barbade par exemple [32].

*« Le maintien des écosystèmes insulaires, dont la singularité est aussi précieuse au niveau local que global, dépend de la conservation et de la restauration de leur biodiversité endémique. Les spécialistes, et les autorités qui ont pris conscience de ces enjeux, sont très mobilisés » Eric Vidal (IRD).*

La petite mangouste indienne est actuellement largement répandue dans les Antilles françaises. Introduite comme agent de lutte biologique contre le rat dans les champs de canne et le serpent trigonocéphale de Martinique à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, elle est devenue une menace sérieuse pour les espèces autochtones de reptiles et d'oiseaux [33]. Les campagnes de régulation de population de mangoustes ont seulement été instaurées en 2012 en Martinique et en 2015 en Guadeloupe [44]. La mise à mort d'animaux peut, dans notre société actuelle, poser des problèmes d'éthique animale même pour une espèce exotique envahissante. Ainsi ce stage a pour but d'élargir les possibilités de lutte et limiter le recours à la mise à mort d'animaux. Mes recherches bibliographiques sur l'éthologie et les méthodes de régulation de la petite mangouste indienne ont conduit à tester deux méthodes alternatives à la capture : une méthode d'aversion gustative conditionnée et la protection physique des nids de tortues *via* une grille. Ces solutions semblent être les plus en adéquation avec les objectifs du PNA : trouver des stratégies pérennes pour réduire les menaces qui pèsent sur les tortues marines. Ainsi, je présenterai dans un premier temps les revues bibliographiques des espèces clés et le contexte spécifique d'études. J'aborderai ensuite les méthodes et matériaux nécessaires à la phase expérimentale. Enfin les résultats et discussions de l'expérience seront développés avec une synthèse et une comparaison entre les pratiques antérieures et les pratiques envisagées.

## I. CONTEXTE D'ETUDE

Les tortues marines descendent des tortues terrestres. Elles ont regagné le milieu aquatique au Mésozoïque (-250 à -65 millions d'années) [24]. Malgré leur faible évolution, elles ont survécu à des nombreuses extinctions au cours du temps et sont à présent impactées par les activités anthropiques. Il est donc important de protéger leurs habitats tels que les plages, les récifs (...). Le littoral de Port-Louis offre aux tortues imbriquées un milieu favorable au bon développement des embryons sous la végétation de bord de mer.



Figure 1: Photo du littoral de Port-Louis Nord, Anse Lavolvaine. ©Laccours, 2021.

### 1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA TORTUE IMBRIQUEE (*Eretmochelys imbricata*)

Aujourd'hui, il n'existe plus que sept espèces de tortues marines, groupes qui autrefois étaient plus diversifiés. Elles appartiennent à l'ordre systématique des *Testudines*. Six espèces sont regroupées dans la famille des *Cheloniidae* et une dans la famille des *Dermochelyidae*. Les *Cheloniidae* ont pour caractéristiques d'avoir la colonne vertébrale et les côtes soudées à la carapace. Leur carapace est composée de plaques costales ossifiées recouvertes d'écailles cornées. Les *Dermochelyidae* ont la colonne vertébrale et les côtes séparées de la carapace par une épaisse couche de tissus adipeux. La carapace est formée de petits nodules osseux, juxtaposés, appelés ostéodermes et d'une couverture fine de tissu dermique [26].

Six de ces espèces recensées sont observables dans les Antilles : *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii*, *Eretmochelys imbricata* et *Dermochelys coriacea*. Elles sont facilement identifiables par les caractéristiques de leurs carapaces, les écailles préfrontales ou encore par la forme de leur tête. (Annexe 1).

- **Histoire dans les Antilles**

Selon les récits des chroniqueurs des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, les tortues marines et autres animaux marins étaient fréquemment rencontrés dans les Petites Antilles. Ce n'est qu'à la fin du XX<sup>e</sup> siècle que la sonnette d'alarme a été tirée, que la situation a été évaluée et que des solutions ont été proposées.

*« Comme la mer est extrêmement paisible dans les deux culs-de-sac, et que la mer n'y est pas profonde, on ne saurait croire combien de lamantins, de tortues et tous les autres poissons se plaisent autour des îlets. Il semble que la grande mer s'en épuise pour les remplir ; car je suis très certain que pendant les dix premières années que l'isle a été habitée, on a tiré chaque année plus de trois à quatre mille tortues, un très grand nombre de lamantins, et que l'on en tire encore tous les jours quantités, et il s'en tirera jusqu'à la fin du monde sans les épuiser. »*

Du Tertre, 1670.

*« Les chéloniens, ou tortues, subissent dans la zone caraïbe et sous nos yeux un véritable génocide. (...) Le danger de voir disparaître ces animaux est réel et proche à moins que des mesures conservatrices soient prises d'urgence. »*

Kermarrec, 1976.

Malheureusement, c'est uniquement quinze ans plus tard que des mesures de protection furent mises en place en Guadeloupe, Martinique et dans les autres départements d'Outre-Mer. Dans le cas de la Guadeloupe, le premier arrêté énumérant les tortues marines protégées date du 2 octobre 1991 (L. 211-1, L.211-2 et R. 211-5). Ce dernier est, depuis, abrogé par l'arrêté ministériel du 14 octobre 2015 (JORF n°283, texte n°36) [27] qui protège à la fois les individus et leurs habitats.

*« Sont interdits dans le département de la Guadeloupe et en tout temps la destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la naturalisation ou, qu'ils soient vivants ou morts, le transport, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de spécimens des espèces de tortues marines (...) »*

Journal officiel de la République française. Lois et décrets n°0269 du 19/11/1991

- **Description de la tortue imbriquée**

Un individu adulte pèse environ 60 à 70kg, sa carapace mesure approximativement 80 cm de longueur droite (LD). Chez les jeunes tortues, les plaques « imbriquées » de la carapace sont facilement observables, elles sont de couleurs rouge et brun-orangé avec



Figure 2 : Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)

des motifs noirs et jaunes. Ce critère physique s'estompe au cours du temps. La tortue imbriquée est également identifiable grâce à ses 4 écailles préfrontales. Ce caractère permet de la différencier de la tortue verte (*Chelonia mydas*) qui n'en possède que 2. La tortue imbriquée a une tête fine, pourvue d'un bec pointu, en analogie avec son nom anglais *hawksbill turtles* qui signifie « tortue à bec de faucon » (Annexe 1).

- **Biologie et écologie de la tortue imbriquée**

Les tortues sont des espèces ovipares et strictement aquatiques en dehors de la reproduction. Seules les femelles montent sur les plages pour pondre durant une saison bien précise en fonction des espèces. La tortue imbriquée pond 3 à 6 fois à intervalle régulier de 14 à 16 jours [51 (1)]. Elle est généralement fidèle à son lieu de ponte [36]. Les tortues ont tendance à préférer les plages courtes et protégées par de la végétation de type raisinier bord de mer, catalpa, herbe bord de mer (...). En Guadeloupe, d'importants effectifs de ponte de tortues imbriquées ont été recensés à Petite Terre, Marie-Galante, l'Îlet Fajou, la Pointe des Châteaux et Port-Louis. Le pic de ponte s'établit entre Juin et Septembre [25, 51 (2)].

Au stade « Œuf », l'embryon se développe sur une durée moyenne de 2 mois. Il est sensible aux variations de température, d'humidité et des échanges gazeux qui se font à travers une paroi souple. Ces facteurs sont essentiels au bon développement des individus. Le microclimat, qui se développe dans le nid, impacte le sexage des jeunes. Ainsi, les températures élevées donnent des femelles et les températures basses des mâles. Au stade « émergence », les nouveau-nés remontent à la surface et rejoignent la mer pour entamer une phase de nage active dans le but de s'éloigner des courants côtiers. Ce trajet dure en moyenne 3 à 10 jours. Enfin, ils se laissent porter par les gyres océaniques [25]. Certaines

études semblent montrer des observations de nouveaux-nés et juvéniles en phase pélagique dans des îlots de radeaux flottants de *Sargassum* [5].

De plus, les tortues imbriquées ont un corps entièrement brun ou gris-noir soit une coloration adaptée au camouflage dans les radeaux de végétation [26]. A l'inverse, les organismes pélagiques, tels que les requins, raies ou mêmes des tortues luth et vertes, ont généralement la face ventrale claire et la face dorsale foncée. Une fois la taille de 20-25 cm atteinte, les tortues juvéniles migrent vers une zone littorale favorable à leur régime alimentaire. On les retrouve principalement dans les zones coralliennes de moins de 20 mètres de profondeur, les estuaires bordés de mangroves et les zones rocheuses où se concentrent d'importantes quantités d'éponges [57]. D'après de nombreuses études, la masse sèche totale du contenu digestif des tortues imbriquées serait composée de plus de 90% de *Desmospongia* [1, 2, 17, 35]. Selon des études réalisées sur les tortues imbriquées des Caraïbes, une tortue juvénile de 20 cm (début de la phase benthique) arrive à maturité sexuelle après 15 à 20 ans d'alimentation [4, 9]. Une fois adulte, une tortue pond tous les 2 à 5 ans [22].

- **Menaces et conservation**

Dans les Antilles, les tortues subissent la « surexploitation » humaine depuis plus de 500 ans, c'est la cause principale de leur place sur la liste rouge mondiale des espèces menacées de l'UICN [25]. Augmentation des populations humaines, amélioration des engins et techniques de pêche, fort attrait commercial des écailles et carapaces de tortues [...], toutes ces causes ont amené les populations de tortues à presque disparaître.

Afin de construire un plan de conservation adapté à ces espèces, beaucoup de chercheurs se sont penchés sur l'évolution, le cycle de vie, les habitats et les menaces qui pèsent sur ces espèces. Les tortues marines sont longévives, c'est-à-dire qu'elles peuvent vivre longtemps. L'objectif de tout être vivant étant de transmettre son patrimoine génétique à sa descendance, la reproduction fait partie des étapes de vie les plus gourmandes en énergie [11, 54]. Chez les tortues marines les occasions de reproduction sont multiples, on dit alors que ces organismes sont itéropares [7]. L'effort de reproduction est supérieur en termes de coût énergétique chez les tortues femelles que chez les mâles. En effet, elles doivent monter sur la plage à plusieurs reprises pour pondre. Les ressources allouées à cet effort sont considérables. Une tortue peut pondre jusqu'à 150 œufs lors d'une montée, tous les œufs ne sont pas

obligatoirement fécondés ; environ 74% d'œufs sont fertiles par ponte [19]. Aucune énergie n'est ensuite fournie dans des soins parentaux. Le succès reproducteur repose donc entièrement dans la survie des individus à partir de l'émergence [48]. Malgré un nombre élevé d'œufs pondus, seulement 1 individu sur 1000 atteindra la majorité sexuelle [51 (2)]. Ainsi, sauver une tortue femelle adulte permet de sauver plusieurs centaines de juvéniles sur les milliers d'œufs pondus [40].

Autrefois légal, l'exploitation des tortues est aujourd'hui interdite et considéré comme du braconnage. Au regard du passé Antillais, certaines activités persistent. Les individus sont aussi bien chassés sur les plages lorsqu'elles viennent pondre, qu'en mer dans leur zone d'alimentation. Les œufs sont également braconnés par l'homme ou prédatés par des espèces exotiques envahissantes [51 (3)]. Avec autant d'atteintes sur l'ensemble des stades de développement, il est évident qu'une espèce avec une stratégie de maturité sexuelle tardive ne peut maintenir sa population à l'état stable. La lutte contre le braconnage est une des actions du le Plan National d'Action en faveur des Tortues Marines des Antilles françaises [13].

De plus, au sein de leur aire de répartition, la législation varie d'un pays à l'autre. Bien que les tortues et leurs habitats bénéficient d'un statut de haute protection en France, leur comportement migrateur les rendent vulnérable dans les pays où elles ne le sont pas. Par exemple, Haïti ne dispose d'aucune réglementation de protection concernant les tortues marines. En revanche, à Antigua il y a une protection partielle de ces animaux, sous forme de régulation de la chasse [25].

Les captures accidentelles sont liées aux activités de pêche, c'est un acte involontaire des pêcheurs qui attrapent des espèces non ciblées dans leurs filets (*Exemples : filet maillant de fond, sennes, filets de surface, pêche à l'hameçon*). Dans ces cas, les tortues peuvent être attrapées et involontairement tuées ou blessées en fonction de la technique de pêche utilisée [25]. Ceux sont des centaines de tortues tuées chaque année par les engins de pêche locaux [30]. Aujourd'hui, le PNA comprend des actions de priorité n°1 visant à réduire l'impact de la pêche sur les tortues marines (N°ACTION 10, 11, 12 et 13 ; [14]).

Pour le reste des menaces, il y a aussi de la prédation naturelle telle que les crabes, les oiseaux, les requins, les orques [...] ; et celles des espèces exotiques envahissantes (chiens, mangoustes ...). Les populations de tortues inféodées à la prédation d'une EEE n'ont aucune possibilité d'apprentissage et d'adaptation. La seconde cause d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale, qui est la première cause à l'échelle insulaire, est l'invasion biologique des espèces allochtones. La première cause au niveau mondial est donc la modification des habitats [37, 57]. Les sites de ponte et d'alimentation sont détruits par l'urbanisation, le vol de sable, les cyclones, les modifications de la végétation, les pollutions physiques (lumière, bruit, vibration...) et chimiques des milieux, notamment l'eutrophisation.



Figure 3 : planche explicative du cycle de vie des tortues marines. Chevalier et al., 2001.

Les maladies bactériennes, fongiques, virales et parasites n'épargnent pas les animaux marins. Dans leur habitat naturel, les tortues peuvent souffrir d'une maladie virale appelée *fibropapillomatose*. Actuellement, ce sujet fait l'objet de recherches vétérinaire. Elle apparaît sous forme de tumeur et affecte principalement la longévité des tortues vertes [28]. Il n'est pas exclu que le taux d'infection soit lié à l'activité humaine. Cependant, les informations sont encore peu nombreuses [49].

Les premiers plans d'actions nationaux en faveur des tortues marines des Antilles ont été mis en œuvre en 2006 et en 2009. Le troisième a vu le jour en 2020 et prendra fin en 2027.

Les actions sont décomposées en trois volets : conservation, connaissance et sensibilisation. Chaque volet comprend un enjeu et des objectifs opérationnels en faveur des espèces cibles et/ou bénéficiaires des actions. Ces actions sont classées par ordre de priorité. (Annexe 2). Au total, 36 actions sont inscrites au PNA 2020-2027. L'action n°17 concerne la régulation de population de mangoustes (EEE), suite aux prédatons constatées sur les nids de tortues marines. Cette espèce non-native crée de nouvelles interactions dans l'écosystème ce qui déséquilibre le schéma écologique autochtone [21].

## 2. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA PETITE MANGOUSTE INDIENNE

- **Biologie et écologie**

La petite mangouste indienne (*Urva auropunctatus*, Hodgson 1836) est un mammifère de l'ordre des *Carnivora* et de la famille des *Herpestidae*. A ne pas confondre avec les petits mustélidés dont l'apparence est similaire. Son corps, long et fin, est couvert d'un pelage aux poils courts de couleurs gris-brun jaunâtre. Sa tête est allongée avec un museau pointu et des petites oreilles rondes.



Figure 4:  
A gauche : Petite Mangouste Indienne (*Urva auropunctata*).  
A droite : empreinte de mangouste. ©Laccours, 2021.



Elle mesure entre 25 et 37cm (*tête-anus*) et pèse de 305 à 662g. Il a été relaté que les mâles seraient plus gros que les femelles [38, 52]. La mangouste est relativement courte sur pattes et possède des griffes non rétractiles [38, 52]. On peut ainsi différencier les traces d'une mangouste de celles du raton-laveur qui possède des griffes plus longues et celles du chat qui a des griffes rétractables (observations personnelles).

Son alimentation est omnivore à tendance carnivore, elle se nourrit aussi bien de petits vertébrés (amphibiens, reptiles, oiseaux, rongeurs, chauve-souris, ...) que d'invertébrés, de plantes et de fruits [12, 38, 58]. Son comportement opportuniste lui permet, comme beaucoup d'autres espèces exotiques envahissantes, de s'adapter facilement à de nouvelles sources de nourriture. La littérature affirme que son activité est strictement diurne [6, 12, 29, 53], active dès le lever du soleil jusqu'à son coucher (de 5H30 à 19H30 environ, observations personnelles)

en Guadeloupe). Elle peut potentiellement grimper aux arbres cependant les observations sont rares ([38] ; deux observations personnelles sur des troncs d'arbres inclinés).

La fréquence de naissances a été estimée à trois pics par an : février-mars, mai-juin et août-septembre. Plusieurs auteurs mettent en avant une période creuse sur les jours plus courts de l'année, d'octobre à janvier [23, 38, 47].

- **Présence et statut en milieu insulaire**

Originaire de l'Est du Moyen-Orient au Sud-Ouest de l'Asie [52], les premiers individus ont été introduits en 1872 par M.ESPEUT en Jamaïque dans une démarche de lutte biologique contre le rat, considéré comme un fléau dans les champs de canne à sucre [38]. Six mois après l'introduction, M.ESPEUT aurait constaté une diminution considérable des dégâts causés par les rongeurs sur la canne. Suite à cette première introduction et durant trois décennies, la petite mangouste indienne fut importée sur trente autres îles des Antilles ainsi qu'au Suriname, en Guyane et Guyane Française [38]. A l'inverse de son mode de vie dans son habitat naturel, dans les milieux insulaires la petite mangouste indienne évolue à proximité de ses congénères [52].

D'après l'OFB et l'UICN France, la petite mangouste indienne est inscrite sur la liste des 100 espèces exotiques envahissantes (EEE) les plus préoccupantes de l'Union Européenne, en application du règlement européen n°1143/2014. Pour le même motif qu'en Jamaïque, elle a été introduite en Guadeloupe en 1888, à Saint-Martin en 1885. En Martinique, la raison de son introduction était la lutte contre le rat et le serpent trigonocéphale [33, 34]. Aujourd'hui, l'espèce est largement présente sur l'ensemble de ces territoires.

- **Menaces et actions**

De par son régime alimentaire très diversifié, la mangouste menace et participe à la disparition de plusieurs espèces animales indigènes des îles telles que le lézard *Ameiva cinera*, le scinque mabouya (*Mabuya mabouya*), la chouette des terriers (*Speotyto cunicularia*) et les tortues marines au stade *pré* et *post* émergence [31, 33, 38].

Des tentatives d'éradication massive de la petite mangouste indienne ont été faites mais aucune n'a pu aboutir à un succès total. Par exemple au Japon, sur les îles d'Amami-Oshima et Okinawa, un projet avait pour but d'éradiquer la mangouste du territoire insulaire.

Sur une population de mangouste estimée à 100 000 individus, les trappeurs n'ont pu éliminer que 9 960 individus sur 3 ans de campagne, soit moins de 10% de la population [58]. En 2001-2002, une campagne d'éradication des plusieurs espèces introduites et nuisibles a été entreprise à l'îlet Fajou, dans la réserve naturelle du Grand Cul-De-Sac marin de Guadeloupe [33]. Ces trois espèces nuisibles mettaient en danger les populations de Râle gris (*Rallus longirostris*), de Crabe blanc (*Cardisoma guanhumi*), ainsi que les œufs de tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*). L'éradication s'est soldée par un échec pour le rat (*Rattus rattus*) et la souris domestique (*Mus musculus*). Cependant, la forte réduction de leurs effectifs a été bénéfique pour l'écosystème car une augmentation de l'indice d'abondance de râles et de crabes a directement été observée lors du suivi écologique post-opératoire. Les quelques mangoustes présentes ont toutes pu être attrapées, soustrayant ainsi les nids de tortues marines à leur prédation [33].

Malgré la présence de mangoustes sur l'ensemble de l'archipel guadeloupéen, la prédation sur les nids de tortues n'est constatée que sur certains sites, par exemple à l'îlet Fajou ou encore à Port-Louis en 2010 (bénévoles RTMG). A Port-Louis, les suivis de pontes sont régulièrement effectués par les bénévoles du réseau Tortues Marines (Kap Natirel). Il a été relevé que les actes de prédation étaient de plus en plus fréquents au fil des années. En 2015, un état des lieux a été mené sur le littoral de Port-Louis et 78% des nids de tortues imbriquées furent prédatés par la petite mangouste indienne [8]. En 2018, la première campagne de régulation de population fut mise en place dans le cadre des PNA en faveur des Tortues Marines. Depuis, une régulation est programmée chaque année. En Martinique, la même problématique est présente dans des proportions plus importantes. En effet, en 2012 sur certaines plages 100% des nids de tortues furent prédatés [43].

Sur le long terme, les régulations de population par capture et mise à mort ne sont pas soutenables. Elles ont un coût élevé en temps humain et en matériel et doivent être renouvelé tous les ans pour limiter la croissance de la population. Il est donc nécessaire de développer un protocole de protection plus efficace et moins coûteux en temps et moyens humains.

- **Expérience de l'aversion gustative conditionnée (AGC)**

En 1987, une équipe de recherche a réalisé pour la première fois des tests sur l'aversion gustative conditionnée (AGC) pour contrôler la prédation des mangoustes sur des œufs de

tortues [39]. L'expérience s'est déroulée sur les Iles Vierges Américaines où, comme en Guadeloupe, la petite mangouste indienne a été introduite pour lutter contre les populations de rats. Au cours du temps et par opportunisme, elle est aussi devenue une consommatrice d'œufs de tortues imbriquées [54]. Les résultats de cette étude ont été concluants. Les chercheurs ont démontré que, lorsque la mangouste mangeait un œuf de poule « piégé » au *Carbochol* ou au *Trimethacarb*, elle se méfiait de tous les œufs ayant ou non été piégés. Les produits testés provoquent des symptômes de toxicité modérée en fonction de la dose ingérée et du poids de l'animal. Par exemple, les effets du médicament peuvent se manifester par augmentation de salivation, de lactation et/ou par des symptômes de diarrhée voire de tremblements musculaires. L'animal retrouve sa santé au bout de 24 heures.

Sur le site de traitement « œufs piégés », les mangoustes ont prédaté très peu de nid de tortues l'année de l'expérience. A l'inverse, sur le site sans traitement, les mangoustes n'ont montré aucune méfiance visuelle et/ou olfactive envers les œufs de tortues. L'article émet l'hypothèse que les mangoustes peuvent modifier leurs habitudes alimentaires si elles consomment un aliment qui les rend suffisamment malades pour éveiller leur cognition d'apprentissage. Néanmoins, cette expérience ne fut jamais reproduite. Il n'est donc pas possible de généraliser ce comportement à l'ensemble de l'espèce.

Une autre étude sur le comportement prédateur de la mangouste sur les nids de tortues indique que la petite mangouste indienne détecterait les nids de tortues grâce aux informations visuelles laissées par les tortues lorsqu'elles pondent : à savoir les perturbations faites au sol en creusant et retournant la litière et le sable [32]. Une fois le nid repéré, la mangouste creuse avec plus ou moins de persévérance en fonction des signaux olfactifs qu'elle perçoit. Dans les solutions de protection des nids de tortues possibles, l'auteur préconise la pose de grilles de protection et le camouflage des traces fraîches des nids [31, 32].

Il est important de réagir face à la menace qui pèse sur les nids de tortues imbriquées avant qu'un stade critique soit atteint et se traduise par une diminution des pontes sur le long terme. En s'appuyant sur des études d'aversion gustative déjà réalisées dans les Caraïbes, j'ai mené une phase expérimentale préliminaire. Les résultats de cette phase ont pour objectifs d'estimer la technique d'aversion gustative sur le site de Port-Louis afin de l'étendre sur du moyen-long terme. A défaut de pouvoir employer des médicaments pharmaceutiques, le choix de l'aliment s'est porté sur du piment extra fort et des œufs de poule, durs et écaillés

ayant ainsi une ressemblance proche à des œufs de tortues. On espère que cette expérimentation permettra d'ouvrir sur de nouvelles opportunités plus durables de conservation, sans altérer l'environnement et les espèces natives représentées.

## II. MATERIELS ET METHODES

### 1. SITE D'ETUDE

Mon étude s'est déroulée en Guadeloupe, dans la commune de Port-Louis le long du littoral de Pointe Sable (16°23'06"N ; 61°30'29"W ; *Google Earth*©) à Ravine Vidange (16°31'43" N ; 61°31'43" W ; *Google Earth*©) et de Pointe d'Antigue (16°26'16" N ; 61°32'18" W ; *Google Earth*) à Pointe Plate (16°27'16' N ; 61°32'05"W ; *Google Earth*). Le secteur de Pointe Sable à Ravine Vidange sera appelé Port-Louis Sud ou PLS, le linéaire de 4,5km sillonne la forêt sèche et la mangrove sur un sentier semi-ombragé. Sur le chemin de mangrove de Port-Louis à Anse-Bertrand, seuls les 2 km de Pointe d'Antigue à Pointe Plate sont étudiés. Ce secteur sera appelé dans notre étude Port-Louis Nord ou PLN. Le chemin longe le beach rock et traverse la forêt sèche. A l'arrière du littoral s'étend la forêt sèche puis une mangrove, des étangs, des vasières et des prairies humides. Sur environ 81 mètres, ces zones côtières sont des espaces de Forêt Domaniale du Littoral (FDL). Ils appartiennent à l'Etat et leurs plans de gestion sont conduits par l'ONF.

### 2. COMPTAGES-TRACES ET SUIVIS DES POPULATIONS DE TORTUES

*« Le suivi des pontes est un indicateur, il évalue l'état de santé des populations de tortues marines et donc des actions de conservation mises en œuvres dans le cadre du programme ».*

- RTMG, 2014 -

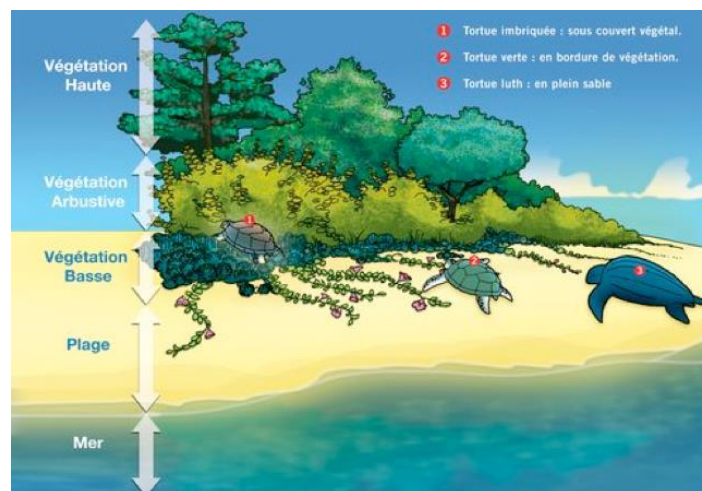


Figure 5: planche explicative des sites de pontes des tortues marines présent en Guadeloupe. ©RTMG.

Les « comptages-traces » sont réalisés durant toute la saison des pontes de mars à novembre par des bénévoles de différentes associations et autres membres du Réseau Tortues Marines Guadeloupe (RTMG).

Seulement deux espèces de tortues ont été recensées sur le littoral de Port-Louis, la tortue verte (*Chelonia mydas*), plutôt rare, et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). Les plages de Port-Louis sont des sites de pontes adéquats pour cette espèce qui pond principalement sous la végétation. Lors de la montée et de la descente sur une plage de sable, une tortue laisse des traces. Ces traces sont différentes en fonction des espèces, celles de la tortue verte sont profondes avec les traces des pattes antérieures nettement visibles par rapport aux traces des pattes postérieures qui le sont moins, l'ensemble est symétrique à l'axe médian. Pour la tortue imbriquée, seules les traces des pattes postérieures sont visibles, peu profondes et alternées par rapport à l'axe médian (ANNEXE 3) [15, 18]. Lorsque le substrat est dur (roche), les traces ne sont pas visibles, l'observateur doit être vigilant à ce qui se passe sous la végétation basse (catalpa, raisinier bord-de-mer...). Le type de suivi choisi pour ce stage est basé sur le dénombrement des activités (montée, ponte, pontes ?, pas ponte ...).

PONTE						
Espece	Activite de ponte	Estimation nuit	Coordonnees GPS		Largeur de la trace	Milieu de ponte
<i>Cm, Dc, Ei, ?</i>	<i>RAS / ? / ponte / pas ponte / ponte? / pas ponte?</i>	<i>nuit / pas nuit</i>	<i>Long (x)</i>	<i>Lat (y)</i>	<i>cm</i>	<i>S (sable nu), S/V (limite sable-végétation), V (végétation)</i>

				EMERGENCY
Heure d'observation	Bague gauche	Bague droite	CCL	Espèce
<i>hh:mm</i>	<i>FWXXXX / sans</i>	<i>FWXXXX / sans</i>	<i>cm</i>	<i>Ei / Cm / Dc / ? / RAS</i>

INFORMATIONS GENERALES								
Date	Commune	Plage	Structure référente	Nom	Prenom	Type de suivi	Heure début	Heure fin
<i>jj/mm/aaa</i>				<i>Entier, sans accent</i>	<i>Entier, sans accent</i>	<i>CT, SN ou DP</i>	<i>hh:mm</i>	<i>hh:mm</i>

MENACES						Commentaire
Sargasses	Chien	Mangouste	Véhicule à moteur	Campeurs	Feux	
<i>négligeable / modéré / important / majeur</i>	<i>oui/non</i>	<i>oui/non</i>	<i>oui/non</i>	<i>oui/non</i>	<i>oui/non</i>	<i>libre</i>

Figure 6: informations relevées lors des suivis de pontes de tortues marines. PNA.

Dans le cadre de ce stage, j'ai effectué les comptages-traces (CT) tous les mercredis à partir d'Avril. Les comptages-traces se font 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 en alerte aux indices de surfaces : sol et litière retourné/dégagé. Lorsqu'une trace ou un nid est repéré l'observateur enregistre les informations suivantes sur un tableau papier ou sur un lien *Google Forms*®. L'ensemble des informations collectées sont remontées à l'équipe d'animation PNA qui compile les données.

Dans le cadre de ce stage, j'ai dû faire une synthèse des données SIG prises par mes prédécesseurs sur les pontes et les prédatons en compilant les données historiques. Ces derniers ont réalisé des cartes *via* le logiciel *QGIS*® ; dans le but d'uniformiser les données j'ai refait ce travail sur le logiciel *ArcGIS*® du PNA. Ainsi, le fichier pourra être complété chaque année afin de visualiser les évolutions de pontes et de prédatons sur la commune de Port-Louis.



Figure 7a: Trace de tortue imbriquée partant sous la végétation. 02/06/2021. Port-Louis Nord. ©Roubio, 2021.

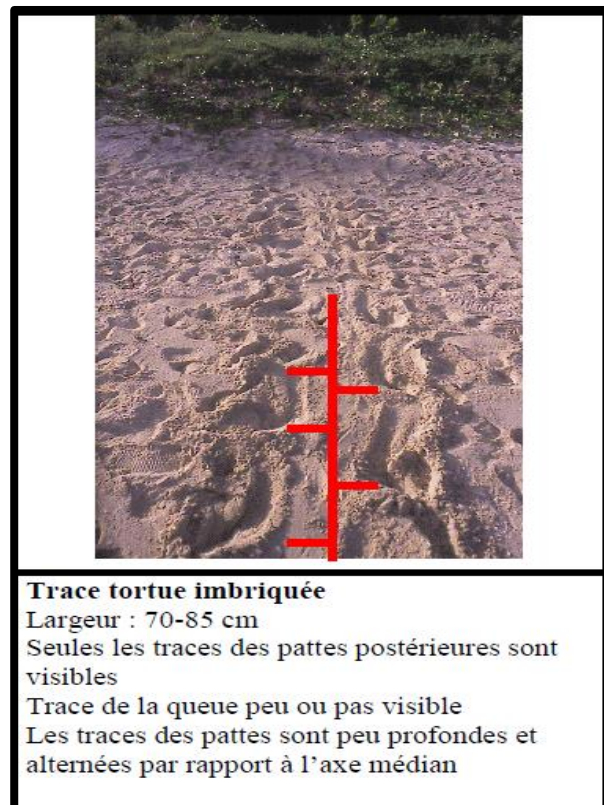


Figure 7b : Trace de tortue imbriquée. Protocole de suivi des pontes de Tortues Marines en Guadeloupe (version 2014).

### 3. PARTIE EXPERIMENTALE : AVERSION GUSTATIVE ET PROTECTION DES NIDS PAR MISE EN PLACE D'UN GRILLAGE

Nous voulons réaliser une étude combinant les informations précédemment développées : aversion gustative conditionnée, camouflage des traces et protection des nids de tortues marines. Le but de cette expérience à petite échelle est d'observer le comportement de la petite mangouste indienne sur des nids artificiels face à des œufs piégés au piment extra fort (AGC) et face à des nids artificiels protégés par un grillage.



Figure 8: Faux nids creuser à la pelle sur 40 cm de profondeur. © Laccours, 2021.



Figure 9: Faux nids avec des œufs durs non pimentés (expérience A). © Laccours, 2021.



Figure 10: Faux nid rebouché. © Laccours, 2021.

Le littoral de Port-Louis Sud a été choisi pour réaliser l'expérience car le site est plus long que Port-Louis Nord, ce qui permet d'espacer les 10 nids artificiels d'une distance d'environ 250m. De plus, le terrain est plus facile d'accès avec du matériel et moins fréquenté par les promeneurs. L'expérience s'est déroulée en 4 phases de 3 jours. En effet, d'après la littérature, la plupart des prédateurs s'opèrent durant les 24 à 72 heures suivant la ponte ou 5 jours avant l'émergence [31].

Figure 11 : Faux nid avec des œufs durs, sains et protégés d'une grille damier. ©Laccours, 2021



Figure 12: Faux nid rebouché avec un piège photo Bushnell®, 2021.



Figure 13 : Mangouste près d'un faux nid. Photo : Bushnell®, 2021.



Le choix de 10 nids a été fait pour obtenir une analyse statistique robuste basée sur 10 répliques. Les caractères étudiés sont le « nombres de visites » et le « nombre de prédatons » étant donné que la mangouste peut prédater un nid en plusieurs fois comme un garde-manger. On comptabilise le « nombre de visites » toutes les fois où l'appareil photo détecte le passage d'une mangouste. On dénombre le « nombre de prédation » toutes les fois où l'appareil photo enregistre la mangouste en train de creuser et/ou de manger ou vouloir manger un œuf. Ainsi on considère l'action d'excavation comme une volonté de prédation. Cependant, le nid artificiel peut avoir été vidé par une autre mangouste ou alors il est protégé d'un grillage ce qui rend les œufs inaccessibles (phase D). Les outils de mesure sont des pièges photos, sensibles aux mouvements et calibrés en mode hybride. C'est-à-dire qu'ils se déclenchent, en fonction du modèle, quatre photos puis une vidéo de dix secondes.



Figure 14 : Caméra Core Bushnell®



Figure 15 : caméra RECONYX®

Ci-après est présenté le planning du temps d'exposition de chaque phase, environ 72 heures. A chaque changement de phase, j'allais avec un collègue au port de Port-Louis, le rendez-vous était donné à 7 heures. Le temps moyen de changement de phase était d'environ 1 heure 30. Une fois arrivé sur un nid, j'arrêtais la caméra et je notais les informations : heure d'arrivée, nombre de photos, trace apparente de prédation, nombre d'œufs retrouvés. Les œufs retrouvés étaient enlevés puis jetés à la poubelle. 12 œufs de la phase suivante étaient ensuite placés dans le nid que l'on rebouchait en laissant des indices apparents de sable récemment remué et de cette façon simuler le nid de tortue. D'après la littérature, les mangoustes repèrent les nids de tortues *via* des indices de perturbations de litière et de sol [32].

Mar 6	Mer 7	Jeu 8	Ven 9	Sam 10	Dim 11	Lun 12	Mar 13
Phase A	Phase A	Phase A	Phase B	Phase B	Phase B	Phase C	Phase C
Mer 14	Jeu 15	Ven 16	Sam 17	Dim 18	Lun 19	Mar 20	Mer 21
Phase C	Phase D	Phase D	Phase D	Début de la campagne de régulation de mangouste			

Tableau 16: Calendrier de terrain - chaque phase est exposée à la prédation de la mangouste sur une durée de 3 jours.

Phase 1 : Les nids sont composés d'œufs non truqués et non protégés (témoins_1)	Phase 2 : Les nids sont composés d'œufs truqués au piment extra fort sans protection	Phase 3 : Les nids sont composés d'œufs non truqués et non protégés (témoins_2)	Phase 4 : Les nids sont composés d'œufs non truqués et protégés d'un grillage (maille damier 19x19x1.0)
---	--	---	---

Figure 17 : schéma chronologique de l'expérience d'AGC et de la grille de protection. Laccours, 2021.

Pour placer les faux nids, je me suis appuyée sur la carte des activités de ponte prédatées par la petite mangouste indienne à Port-Louis Sud de 2015 (ANNEXE 4) [8].

Les tests statistiques sélectionnés sont celui de Wilcoxon et de Kruskal-Walli car les données sont non-paramétriques, appareillées avec des ex-aequo. Ceux sont des tests de rang permettant de comparer les médianes de deux groupes de données ou plus entre eux et ainsi définir s'ils sont proches ou non.

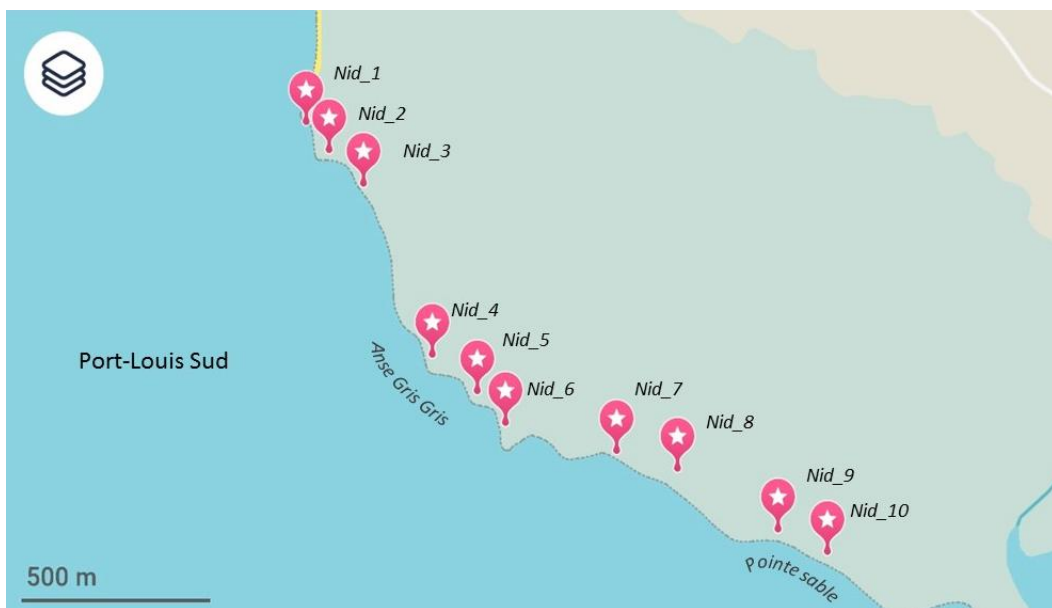


Figure18: Carte des faux nids placés à Port-louis Sud pour l'expérience de l'aversion gustative. MAPS.ME. laccours, 2021.

Différentes hypothèses ont été émises dans le but d'anticiper le comportement des mangoustes grâce aux informations acquises dans la bibliographie :

On note :  $x_1$  la prédation observée sur les nids témoins\_1 ;  $x_2$  la prédation observée sur les nids truqués et  $x_3$  la prédation observée sur les nids témoins\_2

**Cas 1** :  $x_1 \geq x_2 \geq x_3$

*Les mangoustes prédatent en phase 1, peu méfiantes elles prédatent les œufs truqués lors de la phase 2, écœurées ou malades elles ne recommencent pas lors de la phase 3. On observe une diminution de l'acte de prédation.*

**Cas 2** :  $x_1 \leq x_2 \leq x_3$

*L'aversion gustative à base de piment ne fonctionne pas, la mangouste prédate autant voire plus à chaque nouvelle phase.*

**Cas 3** :  $x_1$  et  $x_3 > x_2$

*Les œufs aux piments ne sont pas consommés par la mangouste écœurée ou malade mais l'expérience n'est pas assez longue dans le temps pour observer un changement de comportement chez l'animal : temps d'apprentissage.*

**Cas 4** :

*Les mangoustes ne sont pas intéressées par les nids artificiels, aucun résultat exploitable*

**Cas 5** :

*Concernant la phase 4, soit les mangoustes réussissent à retirer le grillage et prédate les œufs, soit elles échouent dans leur tentative de prédation et les œufs restent intacts. On démontre ainsi qu'un nid peut être protégé d'un grillage durant une partie de l'incubation. Cela permettrait de diminuer le facteur de prédation.*

Remarque : une mangouste utilise un nid de tortue comme un garde-manger car elle ne peut pas consommer tous les œufs en une seule fois. Ainsi, elle revient par habitude sur les lieux où elle s'est déjà nourrie [38]. Dans notre expérience on ne peut pas individualiser les mangoustes.

### III. RESULTATS

#### 1. COMPTAGES-TRACES ET SUIVIS DES POPULATIONS DE TORTUES

Cette année la première activité de tortue imbriquée à Port-Louis a été comptabilisée le 20 avril (PLS). Depuis, 15 autres activités ont été relevées et une prédation de mangouste a été observée. Lors de mes relevés, je prends soin d’effacer les traces évidentes du passage d’une tortue en aplatissant le sable remué et en le recouvrant de litière et de feuilles mortes. La saison des pontes ne commençant qu’à peine, il n’est pas pertinent de présenter les graphiques évolutifs des années passées à aujourd’hui.

INFORMATIONS GENERALES									PONTE						
Date	Commune	Plage	Structure référente	Nom	Prenom	Type de suivi	Heure début	Heure fin	Espece	Activite de ponte	Estimation nuit	Coordonnees GPS		Largeur de la trace	Milieu de ponte
jj/mm/aaa				Entier, sans accent	Entier, sans accent	CT, SN ou DP	hh:mm	hh:mm	Cm, Dc, Ei, ?	RAS / ? / ponte / pas ponte / ponte? / pas ponte?	nuit / pas nuit	Long (x)	Lat (y)	cm	S (sable nu), S/V (limite sable-végétation), V (végétation)
20/04/2021	Port_Louis	Port-Louis Sud	ONF	Laccours	Constance	DP			Ei	ponte?	nuit	16,39819	-61,5267		V
12/05/2021	Port_Louis	Port-Louis Sud	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	pas ponte?	pas nuit	16,40595	-61,5292	100,0	V
12/05/2021	Port_Louis	Port-Louis Sud	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	pas ponte?	pas nuit	16,3952	-61,5222	78,0	V
26/05/2021	Port_Louis	Port-Louis Sud	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	ponte?	pas nuit	16,39728	-61,5266		V
26/05/2021	Port_Louis	Port-Louis Sud	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	pas ponte?	pas nuit	16,39654	-61,5264	65,0	V
26/05/2021	Port_Louis	Pointe d'Antigu	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	ponte?	pas nuit	16,45672	-61,532	70,0	V
02/05/2021	Port_Louis	Pointe d'Antigu	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	ponte?	pas nuit	16,44067	-61,5395	67,0	V
02/05/2021	Port_Louis	Pointe d'Antigu	ONF	Laccours	Constance	CT			Ei	ponte?	pas nuit	16,45404	-61,5352	69,0	V

Figure 19: Tableau des relevés de terrain sur le suivi de ponte 2021, à Port-Louis. ©Laccours, 2021.

Concernant la bancarisation et le traitement des données SIG des années précédentes, seules les coordonnées GPS de 2018 ont, pour le moment, pu être exploitées sur le serveur PNA ArcGIS®. L’objectif est d’harmoniser les années 2014, 2015 ; 2016 ; 2017, 2019 et 2020 sur le modèle de 2018 pour le suivi de ponte.

Cependant, certaines données demandent beaucoup de temps de travail supplémentaire et de tri. Un fichier similaire sera créé pour chaque campagne de piégeage 2018, 2019, 2020 après homogénéisation des données exploitables. Ces cartes seront sur le serveur SIG du PNA, elles permettront d’appuyer dans le temps le suivi des actions. La visualisation de la localisation des pontes et des prédatons au cours du temps permettra de détecter une évolution ou non de la situation sur les deux sites.

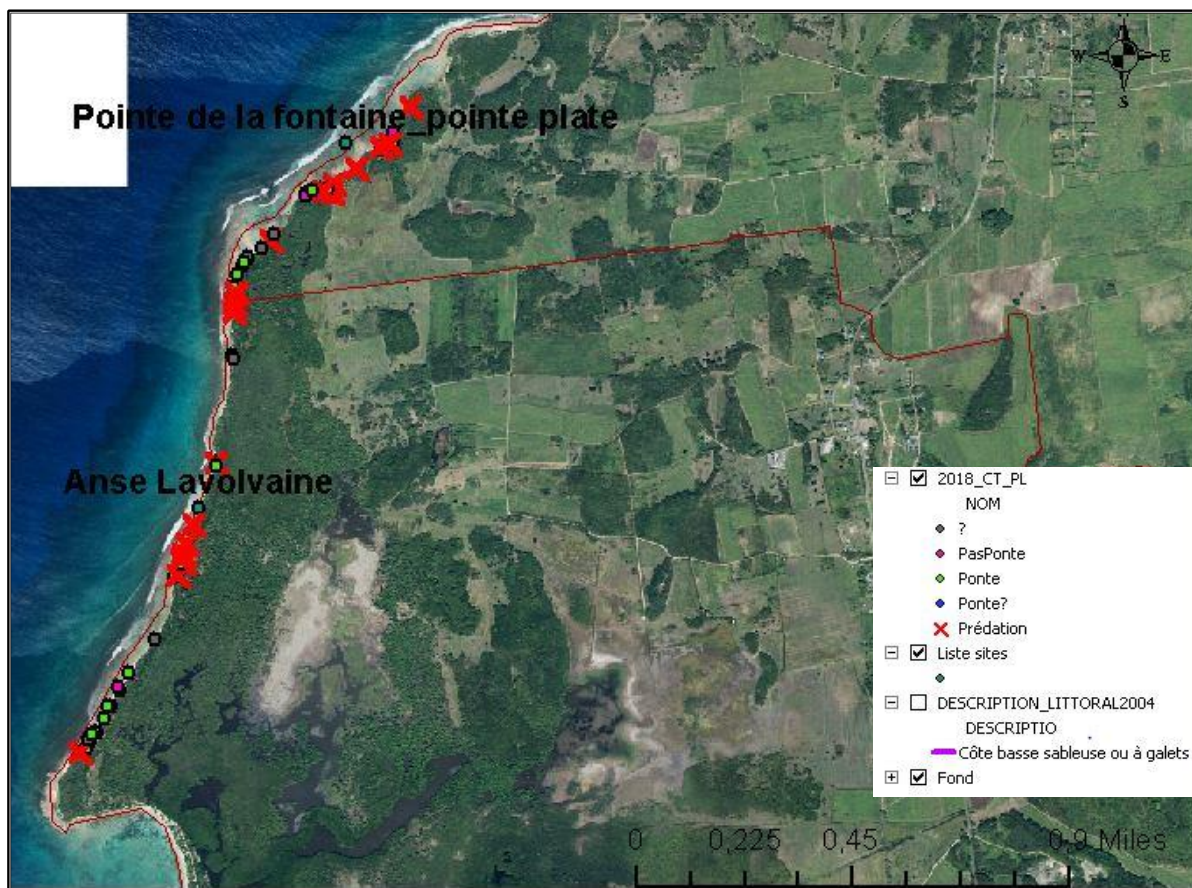


Figure 20 : carte non effective de référence des activités de ponte et des prédations sur le littoral de Port-Louis Nord. ArcGIS® 2021. ©Laccours, 2021.



Figure 21: carte non effective de référence des activités de pontes et des prédations sur le littoral de Port-Louis Sud. ArcGIS® 2021. ©Laccours,2021.

## 2. PARTIE EXPERIMENTALE : AVERSION GUSTATIVE ET PROTECTION DES NIDS PAR MISE EN PLACE D'UN GRILLAGE

Les tests statistiques de Wilcoxon et Kruskal-Wallis s'appuient sur les 10 réplicas expérimentaux des nids. Cependant, certains nids n'ont reçu aucune ou très peu de visites de mangouste. Ainsi les nids 4 et 8 n'ont fourni aucune donnée exploitable. Les aléas du terrain ont fait que certains pièges photo ont eu leurs cartes SD pleines juste avant les 3 derniers jours d'expérience. Ainsi les nids 6 et 9 n'ont apporté aucune photo du nombre de visites et de tentatives de prédatons lors de l'expérience D. Lors du ramassage du matériel à la fin du test expérimental (Phase D), les œufs étaient restés, sous la grille, intacts.

Les réplicas de tests sont donc passés de 10 à 8 réplicas livrant des résultats exploitables pour l'expérience A, B et C. L'expérience D est passée de 10 à 6 réplicas, gardons en tête que les nids 6 et 9 sont restés sans prédation aboutie. Nous allons laisser l'expérience D de côté pour le moment.

Lorsque l'on compare le nombre de visites et le nombre de prédation des expériences A+B+C, on peut voir que le nombre de visites est en moyenne 1.7 fois plus élevé que le nombre de prédation (Figure 22,23). Cette différence peut être expliquée de deux façons non-exclusives : (i) soit les mangoustes ne prédatent pas à chaque passage (ii) soit une fois le nid pillé à 100% elles continuent de fréquenter le site sur lequel elles se sont nourries.

Le test de Kruskal-Wallis est une méthode non paramétrique utilisée pour tester l'origine de différents échantillons indépendants de taille similaire ou non dans la même distribution. En comparant l'ensemble des expériences entre elles, le résultat du test indique une forte significativité ( $p=0.0098^{**}$ ) pour le nombre de visites en fonction des expériences. La significativité du test pour le nombre de prédatons en fonction des expériences est quant à elle plus faible ( $p=0.023^{*}$ ). L'hypothèse alternative du test de Kruskal-Wallis explique qu'au moins une médiane des groupes de données, est différente de la médiane d'un autre groupe.

Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney ou test de la somme des rangs de Wilcoxon permet de tester l'hypothèse selon laquelle les médianes de chacun des deux groupes de données sont proches. Il nous permet de détailler, groupe par groupe, les résultats du test de Kruskal-Wallis. L'hypothèse initiale suppose que les mangoustes exercent une prédation  $X$  lors de l'expérience A, elles reviennent ensuite lors de l'expérience B mais consomment moins

d'œufs, ces derniers étant « piégés ». Ainsi, si l'AGC était efficace, les mangoustes prédatraient moins les nids lors de l'expérience C en observant des résultats en baisse après la consommation d'œufs pimentés.

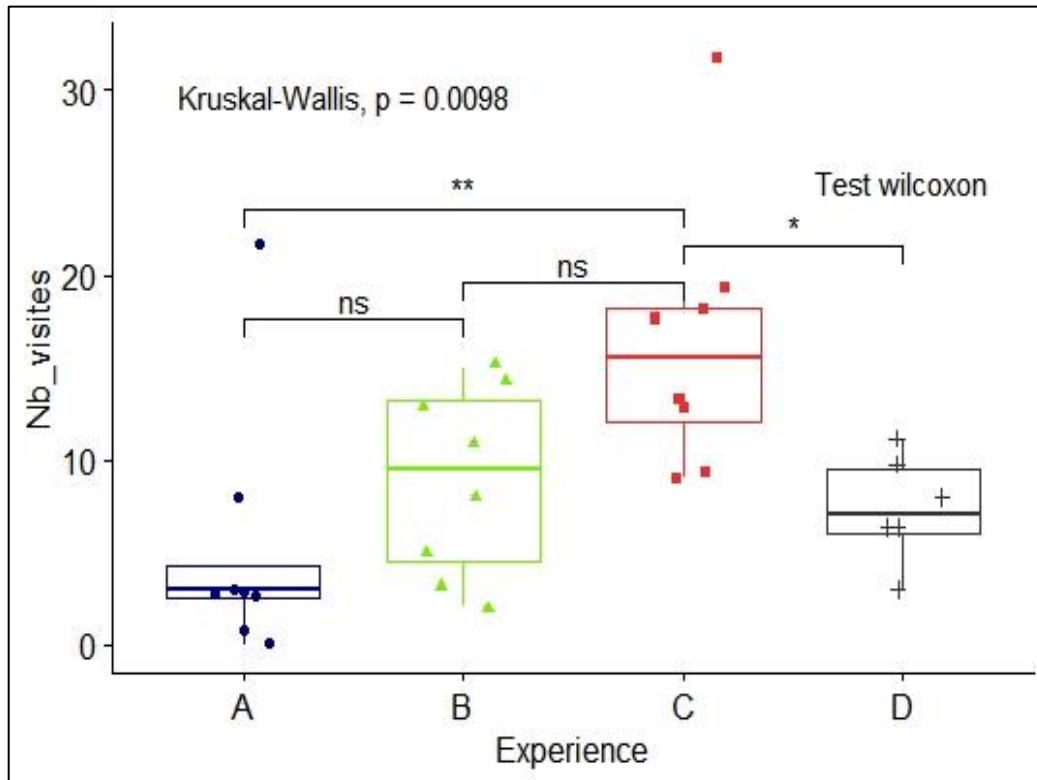


Figure 22: Box plot des expériences d'AGC en fonction du nombre de visites effectives sur les nids. Test kruskal-Wallis  $w=$ ;  $p=0.0098$ . Test Wilcoxon  $p$ -value A/B = 0.1353 ;  $p$ -value B/C = 0.051,  $p$ -value A/C = 0.0093 ;  $p$ -value C/D = 0.01145. Analyse R.

©Laccours, 2021.

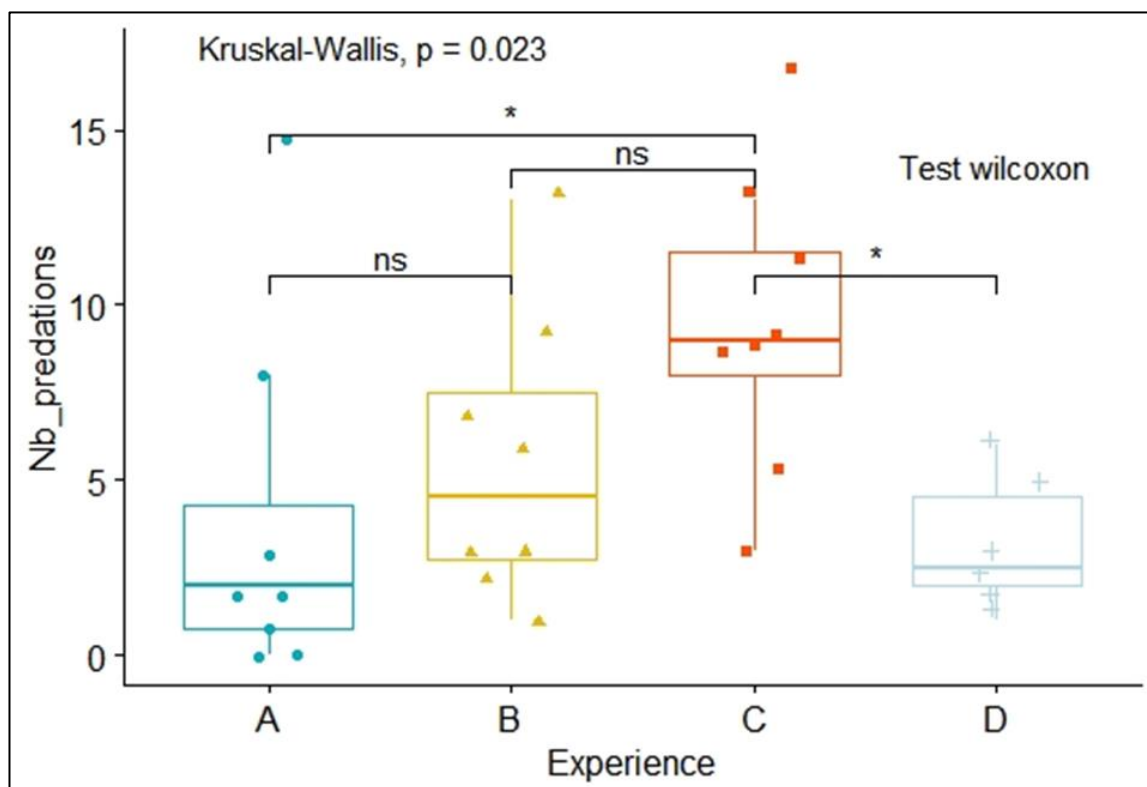


Figure 23: Box plot des expériences d'AGC en fonction du nombre de visites effectives sur les nids. Test kruskal-Wallis  $p=0.023$ . Test Wilcoxon  $p$ -value A/B = 0.2445 ;  $p$ -value B/C = 0.07973,  $p$ -value A/C = 0.02021 ;  $p$ -value C/D = 0.01118. Analyse R.

©Laccours, 2021.

D'après les figures 22 et 23, le nombre de visites et de prédatons des nids de l'expérience [A et B] et [B et C] ne sont significativement pas différentes. Selon les tests de Wilcoxon, les groupes de données sont trop proches pour être différenciés (figure 22 : data A and B.  $W = 17.5$  ;  $p\text{-value} = 0.1353$  et data A and B.  $W = 13$  ;  $p\text{-value} = 0.051$ ). En revanche, une légère significativité est mise en avant entre [A et C] sur ces mêmes figures (figure 22 : data A and C.  $W = 7$  ;  $p\text{-value} = 0.009378^{**}$  ; figure 23 : data A and C.  $W = 9.5$  ;  $p\text{-value} = 0.02021^*$ ). Or, les conditions d'expérience étaient les mêmes, c'est-à-dire : 12 œufs durs sains ont été placés dans les faux nids et laissés pendant 3 jours.

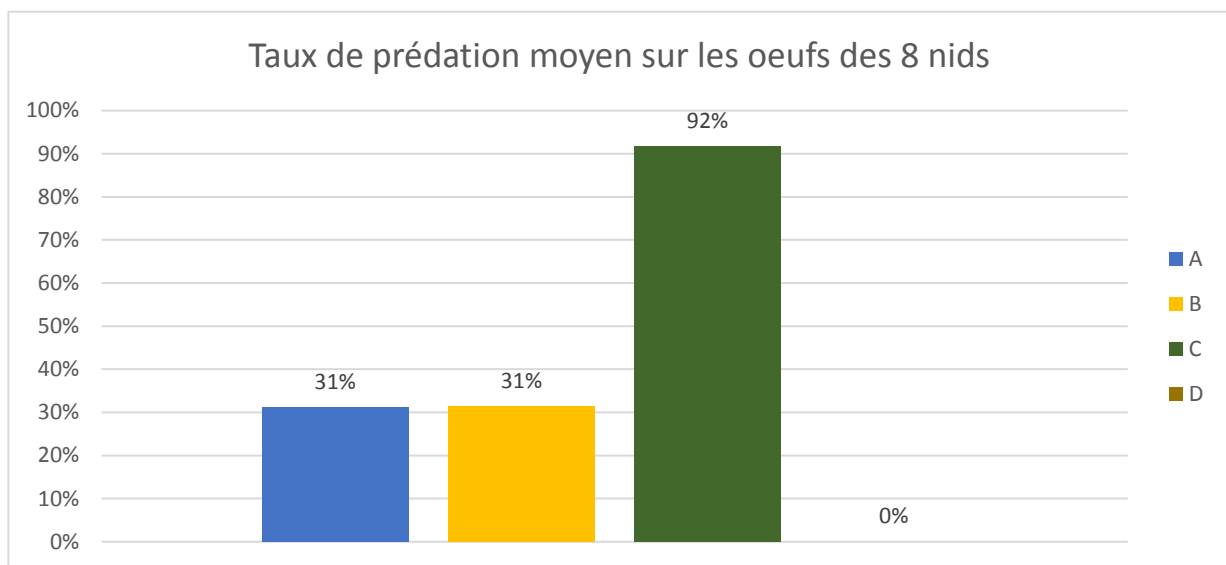


Figure 25: Moyenne des taux de prédation des 8 nids correspond au nombre d'œufs mangés et donc non retrouvé durant l'expérience. ©Laccours, 2021

Cet histogramme montre un taux de prédation égal entre la phase A, œufs sains, et la phase B, œufs pimentés. En effet, lors des analyses vidéo il a fallu un certain temps, en fonction des nids placés sur le littoral, pour que les mangoustes commencent à prédat. Ensuite, durant la phase B, certains individus semblaient montrer une certaine gêne lors de la consommation d'œufs pimentés. Cette gêne a dû les pousser à consommer moins d'œufs. Ces deux résultats identiques, pendant des phases différentes, s'expliquent par une variabilité comportementale des individus : (i) le temps de trouver le nid et (ii) les œufs pimentés.

Concernant l'expérience D, on peut voir sur les figures 22 et 23 que les tests de Wilcoxon sont significativement différents de l'expérience C. Dans l'analyse « nombre de prédation », le critère pris en compte était les « tentatives de prédation » c'est-à-dire la volonté de la mangouste à prédater en creusant et le choix fait en rencontrant un obstacle : « la grille ».

Action de la mangouste	Nombre de passage sur l'ensemble des nids	Moyenne du temps d'action (mm:ss)	Maximum du temps d'action (mm:ss)	Minimum du temps d'action (mm:ss)
V	119	05:49	32:32	00:01
V+P	152	09:41	47:43	00:10
V+ TenP	19	05:52	43:37	00:03

Figure 26: tableau de synthèse du temps d'action sur l'ensemble des nids. Légende : "visite" (V), "visite et prédation" (V+P) et "visite + tentative de prédation" (V+ TenP). ©Laccours, 2021.

Grâce à cette étude on a pu estimer le temps de prédation d'une mangouste sur un nid une fois détecté. La mangouste passe en moyenne 5 minutes 49 lorsqu'elle « visite » un nid. Dans l'action « visite » on a pu observer les comportements suivants :

- passage simple en reniflant le sol ;
- début d'excavation, dérangement et fuite ;
- passage et marquage de territoire.

Dans l'action « visite et prédation », le temps moyen est de 9 minutes 41. Effectivement, creuser pour accéder aux œufs demande plus de temps. De plus, l'animal reste en alerte d'une potentielle perturbation telle que des promeneurs ou une autre mangouste à qui appartient le territoire. Il est arrivé que des binômes mâle/femelle prédatent en même temps un nid. Il a aussi été observé un comportement récurrent d'enlèvement ou de déplacement de l'aliment.

## IV. DISCUSSIONS

### 1. PARTIE EXPERIMENTALE : AVERSION GUSTATIVE

Contrairement à l'expérience de Nicolaus et Nellis faites en 1987, l'AGC n'a pas été réellement concluante. Les moyens scientifiques étant différents peuvent jouer dans l'équation des résultats divergents.

Cependant, la légère significativité entre [A et C] sur les deux *boxplot* peut s'expliquer par le comportement des mangoustes à revenir régulièrement là où elles trouvent de quoi se nourrir. Ainsi, entre le début et la fin de l'expérience, elles se seraient habituées à venir sur les faux nids. On peut relier ce comportement de façon plus large à l'histoire de la prédation sur le site de Port-Louis. Une première population de mangoustes aurait trouvé cette nouvelle source alimentaire et l'aurait transmise de génération en génération. Sur les plages sans prédation, les populations n'auraient pour le moment pas encore recouru cette source alimentaire.

Nous avons remarqué les différents le taux de prédation entre la phase B (31%) et la phase C (92%). Cette observation ne concorde pas avec le test statistique de Wilcoxon, celui dernier n'étant pas significatif. Cette dissemblance pourrait s'expliquer par le comportement de la mangouste à venir autant de fois prédater en B qu'en C sans pour autant consommer les œufs pimentés.

La méthode employée ici, à savoir des œufs durs marinés pendant 24H dans du piment extra fort, n'est probablement pas la solution la plus adéquate pour de l'AGC sur des mangoustes. Un temps plus long d'exposition aux œufs pimentés, soit plus de 72h, pourrait faire partie d'une nouvelle étude plus approfondie. Les chercheurs américains avaient par exemple exposés les œufs conditionnés sur une période de 15 jours. Ils avaient ensuite constaté une réelle baisse des prédatations l'année suivante. Cependant, la substance utilisée était un médicament aux propriétés parasymphomimétique (*substances dont les propriétés imitent la stimulation du système nerveux parasymphomimétique ; tremblement*) et la durée d'exposition était de 15 jours. Ils avaient recommandé la poursuite de recherches dans le domaine de l'AGC chez les mangoustes, mais aucune étude similaire n'a été pratiquée.

<b>SWOT de l'expérience d'Aversion Gustative Conditionnée sur la petite mangouste indienne (<i>Herpestes auropunctata</i>) dans le but de protéger les pontes de tortues imbriquée (<i>Eretmochelys imbricata</i>)</b>	
<b>Forces</b>	<b>Faiblesse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gain d'information sur le comportement et l'écologie de la petite mangouste indienne</li> <li>• Expérimentation sans pollution chimique négative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le piment n'est probablement pas l'aliment adapté à de l'AGC, ne rendant pas suffisamment malade les individus</li> <li>• Temps d'expérimentation court pour de l'apprentissage qui se joue sur plusieurs générations</li> <li>• Temps de préparation des œufs durs considérable</li> </ul>
<b>Opportunités</b>	<b>Menaces</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de la technique dans le contexte local pour l'adapter</li> <li>• Ouverture sur une solution de protection des nids plus durable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation du taux de prédation des nids cette année sur le site de PLS par habitude à la prédation des nids artificiels</li> </ul>

Figure 27: SWOT de l'expérience d'AGC sur la petite mangouste indienne (*Herpestes auropunctata*) dans le but de protéger les pontes de tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*), Port-Louis. ©Laccours, 2021.

## 2. PARTIE EXPERIMENTALE : PROTECTION DES NIDS PAR MISE EN PLACE D'UN GRILLAGE

A propos de la protection des nids avec une grille, l'idée n'est certes pas nouvelle mais s'est révélée efficace contre la prédation de la mangouste. Face à l'obstacle, les mangoustes ont toutes abandonnées la prédation, en laissant les œufs intacts. D'après mes observations vidéo, certains individus semblaient perplexes en arrivant sur leur ressource alimentaire qu'elles fréquentaient depuis une dizaine de jours. Elles sentaient que quelque chose avait changé. Le nombre de visites étant significativement plus faible que la phase précédentes (C,  $p=0.01145^*$ ), on peut appuyer l'idée de « garde-manger ». Ainsi, en prenant conscience qu'elles n'ont plus accès à cette ressource alimentaire, elles arrêtent de visiter le nid. De plus, il est justifié d'avoir un taux de prédation équivalent à 0% sur la figure 25 car aucune n'a persisté dans l'acte de prédation.

Toutefois, cette méthode est susceptible de menacer l'émergence des nouveaux-nés si la grille est laissée trop longtemps. D'après les références bibliographiques nous avons vu que les mangoustes prédatent entièrement un nid dans les 72 heures après la ponte [32]. C'est donc cette courte période qu'il faut intervenir. Si les suivis d'activité sont correctement

accomplis par les acteurs du réseau tortues marines, il se pourrait alors, qu'une protection avec une grille sur quelques jours soit suffisante (temps à définir). Cela réduirait considérablement les risques de mortalité chez les pré-nouveaux-nés. Il est probable que sur le long temps les mangoustes arrêtent de convoiter les œufs de tortues, si l'accès à cette alimentation est bloqué. Il est possible qu'elles se tournent vers une autre source d'alimentation qui, espérons-le, ne nuira pas aussi à l'état des populations des espèces autochtones.

<b>SWOT de l'expérience de protection des pontes de tortues imbriquées (<i>Eretmochelys imbricata</i>) par un grillage 1m<sup>2</sup> (1 :19mm) face à la prédation de la petite mangouste indienne (<i>Herpestes auropunctata</i>)</b>	
<b>Forces</b>	<b>Faiblesse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultat concluant, 100% d'efficacité sur la prédation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nécessite sur le long terme l'investissement de bénévoles qui assurent les suivis réguliers de pontes pour poser les grilles dès qu'une prédation est observée</li> </ul>
<b>Opportunités</b>	<b>Menaces</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminuer la prédation sur les premières 72H</li> <li>Partager une nouvelle solution sur le réseau tortue marine</li> <li>Créer une formation pour les bénévoles sur la méthodologie de la protection des nids</li> <li>Sur le long terme, les œufs pourraient ne plus être considérés comme une ressource par les mangoustes car non-accessibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La grille peut menacer l'émergence si le temps de protection est mal maîtrisé</li> <li>La grille, protégeant un nid, peut déranger une autre tortue venant pondre au même endroit</li> </ul>

Figure 28: SWOT de l'expérience de protection des pontes de tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) par un grillage 1m<sup>2</sup> (1 :19mm) face à la prédation de la petite mangouste indienne (*Herpestes auropunctata*), Port-Louis. ©Laccours, 2021.

# CONCLUSION & PERSPECTIVES

Les tortues imbriquées sont classées en danger critique d'extinction par l'IUCN. Comme toutes les espèces de tortues marines, elles atteignent leur maturité sexuelle tardivement. De plus, la survie d'un individu est de l'ordre de 1 sur 1000 juste après l'éclosion. La prédation de la petite mangouste indienne sur les nids de tortues imbriquées à Port-Louis est un impact non négligeable au regard du statut de cette espèce. Actuellement, le moyen de lutte contre cette prédation est la régulation de population de mangoustes par capture et mise à mort. Ce moyen implique un coût humain élevé et doit être renouvelé tous les ans. Malgré le faible nombre d'individus capturés chaque année, l'action limite la prédation.

L'objectif de ce stage était de rechercher dans les expériences passées, une solution capable de substituer la régulation sur le long terme. Nous nous sommes donc basé sur la modification du comportement des mangoustes face à (i) un aliment pouvant des écœurés ou les rendre malades et (ii) la protection des nids par une barrière physique. L'AGC est une méthode de conditionnement du comportement qui serait transmis de génération en génération. Le test n'a pas fonctionné mais nous avons identifiés deux faiblesses possibles : le timing et le produit. Il est envisageable de refaire une expérience en prenant compte de ces faiblesses, c'est-à-dire en (i) allongeant le temps d'exposition de l'aliment conditionné et (ii) sélectionner un aliment plus adéquat. La grille avait pour but de confronter les mangoustes à une barrière physique et ainsi étudier leur comportement. Nous avons montrés que sur du court terme, la grille est efficace. Pour mettre en place un tel protocole, il est nécessaire de faire appel aux acteurs du Réseau Tortues Marines Guadeloupe qui sont en charge des suivis des activités de tortues. Cette méthode pourrait, sur du long terme, tout aussi bien désapprendre la prédation des œufs de tortues en rendant cette ressource inaccessible. Cependant, il est important de prendre en compte les menaces de cette pratique sur l'émergence des juvéniles ainsi que sur les autres tortues venant pondre. Pour cela, les suivis doivent être réguliers et peu espacés dans le temps.

L'ensemble reste à discuter avec les différents acteurs et gestionnaires impliqués dans la Plan National d'Action en faveur des tortues marines. Cette année, continueront les sessions de piégeages de mangoustes sur les sites de Port-Louis Sud et Nord. De plus pour faciliter l'accès aux informations SIG au cours du temps, des cartes d'activités de ponte, de prédation et de campagne de piégeages sont en cours de réalisation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Acevedo, M., Gomez, O. & Berovides, V., 1984. « Alimentacion de tres especies de quelonios marinos en la plataforma surccidental de Cuba ». *Rev. Invest. Mar.*, 5, 29.
- [2] Anderes Alvarez, B. L. & Uchida, I., 1994. « Study of hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) stomach content in Cuban waters ». In : Study of the Hawksbill turtle in Cuba (I), Ministry of Fishing Industry, Cuba, 27.
- [3] Blackburn, T.M., P. Pysek, S. Bacher, J.T. Carlton, R.P. Duncan, V. Jarosik, J.R.U. Wilson, & D.M. Richardson. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol.* 26:333-339.
- [4] Boulon, R. H., 1994. « Growth rates of wild juvenile hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* in St Thomas, United States, Virgin Islands. *Copeia*, 811.
- [5] Carr, A., 1987. « New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development ». *Conservation and biology*, 1, 103, 1987.
- [6] Coblenz, Bruce E., et Brenda A. Coblenz. « Control of the Indian Mongoose *Herpestes Auro-punctatus* on St John, US Virgin Islands ». *Biological Conservation* 33, no 3 (1985): 281-88. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(85\)90018-7](https://doi.org/10.1016/0006-3207(85)90018-7).
- [7] Cole LC (1954) The population consequences of life history phenomena. *Quarterly review of Biology*, 29: 103-137.
- [8] Cottaz, C., 2015. « Analyse de la prédation de la petite mangouste indienne *Urva auropunctata* sur les pontes de tortues marines », Port-Louis, Guadeloupe. Rapport de stage.
- [9] Crouse, D. T., 1999. « Population modeling and implications for Caribbean hawksbill sea turtle management ». *Chelonian Conservation & Biology*, 3 (2), 185.
- [10] CRTF, 2015. « Projet d'actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes – Piègeage des rats et des mangoustes », Po FEDER 2007/2013, Action 4-4 : Protection et valorisation du patrimoine naturel et de la biodiversité.
- [11] Clutton-Brock TH (1998) Introduction : studying reproductive cost. *Oikos* 83: 421-423.
- [12] Dabholkar, Yash, et Ranjitsinh V Devkar. « Diurnal Activity and Diet of Small Indian Mongoose *Urva Auro-punctata* on the Outskirts of Vadodara, Gujarat, India » 58 (2020): 11.
- [13] DEAL, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, 2012. [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA\\_Tortues-marines\\_Antilles-Guadeloupe\\_2006-2012.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA_Tortues-marines_Antilles-Guadeloupe_2006-2012.pdf)
- [14] DEAL, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, 2020. Ecologie-solidaire. Ministère de la transition Ecologique et Solidaire. [https://92d3995a-d489-402e-9b41-f6f1c4ce003d.filesusr.com/ugd/891b35\\_e436202271914d63b44484830cb30975.pdf](https://92d3995a-d489-402e-9b41-f6f1c4ce003d.filesusr.com/ugd/891b35_e436202271914d63b44484830cb30975.pdf)

- [15] Delcroix, E., 2014. « Protocole de suivi de pontes de Tortues Marines sur l'archipel guadeloupéen ». Coordinateur Programme Tortues Marines Guadeloupe – ONCFS/RTMG.
- [16] Delcroix, E., 2003. « Etude des captures accidentelles de tortues marines par la pêche maritime dans les eaux de l'archipel guadeloupéen. », s. d., 84.  
<http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2015/01/Etude-des-captures-accidentelles-de-tortues-marines-par-la-p%C3%Aache-maritime-dans-les-eaux-de-l-archipel-guadeloup%C3%A9en.-Rapport-de-Stage-2003-Ma%C3%A9trise-Delcroix-E.-.pdf>
- [17] Diez, C. E. & Van Dam, R., 1992. « Foraging ecology of juvenile and subadults hawksbills (*Eretmochelys imbricata*) ». Preliminary Research Report.
- [18] Equipe animation PNA, ONF RTMG, 2018. Tortues Marines Guadeloupe. PDF.  
[http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2018/03/Carnet\\_SuiviPonte\\_2018\\_VF.pdf](http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2018/03/Carnet_SuiviPonte_2018_VF.pdf)
- [19] Fretey J., 1980. « Les pontes de la tortue luth *Dermochelys coriacea* en Guyane française ». *Revolutions Ecologique (Terre Vie)*, vol.34.  
[http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/55016/LATERRETLAVIE\\_1980\\_34\\_4\\_6\\_49.pdf?sequence=1](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/55016/LATERRETLAVIE_1980_34_4_6_49.pdf?sequence=1)
- [20] Fretey J. et al., 2014. Tortues Marines Guadeloupe. PDF.  
<http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2014/12/Cl%C3%A9-de-determination.pdf>
- [21] Gérard A., Vidal E., 2015. « naïveté, nouveauté et indignation : vers une meilleure compréhension de l'impact des espèces animales invasives sur les faunes natives. Thèse soutenue le 4 septembre 2015. Science de l'environnement (ED251).
- [22] Girondot M., Rinaldi C., Fretey J., 2019. « analyse et mise en valeur de données sur le marquage des tortues marines en Guadeloupe ». Tortues Marines Guadeloupe. PDF.  
[http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2019/07/Rapport-final\\_Ch%C3%A9lon%C3%A9e\\_25072019.pdf](http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2019/07/Rapport-final_Ch%C3%A9lon%C3%A9e_25072019.pdf)
- [23] Gorman M.L. 1976. A mechanism for individual recognition by odor in *Herpestes auropunctatus* (Carnivora: Viverridae). *Anim. Behav.* 24: 141–145.
- [24] Hirayama, Ren, et Haiyan Tong. « Osteophygis (Testudines: Cheloniidae) from the Lower Tertiary of the Ouled Abdoun Phosphate Basin, Morocco ». *Palaeontology* 46, no 5 (septembre 2003): 845-56.  
<https://doi.org/10.1111/1475-4983.00322>
- [25] J. Chevalier et A. Lartiges. « Les tortues marines des Antilles ». Etude bibliographique, 2001. ONCFS et CNERA Faune d'outre-mer.  
<http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2014/12/Les-tortues-marines-des-Antilles-Johan-Chevalier-Andr%C3%A9-Lartiges-.pdf>
- [26] J. Chevalier, ONCFS. Plan de Restauration des Tortues Marines des Antilles Françaises (PRTMAF) [en ligne]. Publié en janvier 2006 [Consulter le 02 juin 2021]. Disponible à l'adresse :  
[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA\\_Tortues-marines\\_Antilles-fran%C3%A7aises\\_2006-2012.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA_Tortues-marines_Antilles-fran%C3%A7aises_2006-2012.pdf)
- [27] JORF n°283 du 6 décembre 2005. Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection [en ligne]. Publié le 14 octobre 2005 [Consulter le 02 juin 2021]. Disponible à l'adresse :  
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2005/10/14/DEVN0540395A/jo/texte>
- [28] Kane, Yaghoub. « La fibropapillomatose des tortues marines : Etat des lieux et perspectives ». *RASPAS 10* (1 janvier 2012): 3-10.
- [29] Kavanau, J. L. 1975. Influences of light on activity and phasing of carnivores. *Am. Nat.* 109 :391-417.

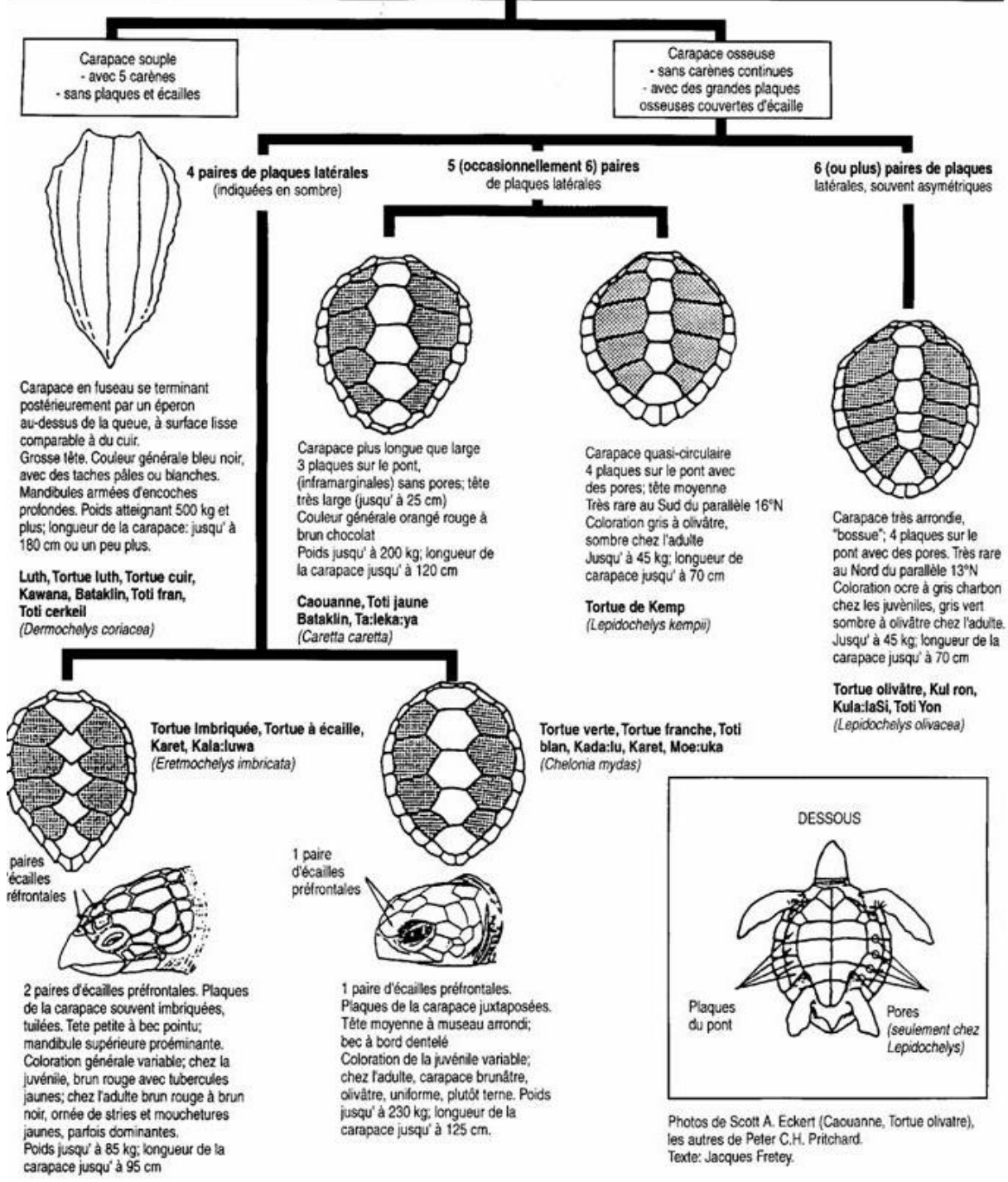
- [30] Laurent Louis-Jean. Étude de la pêche artisanale côtière aux filets de fond aux Antilles françaises afin de réduire les captures accidentelles de tortues marines et obtenir une activité plus durable. Sciences et techniques des pêches. École pratique des hautes études - EPHE PARIS, 2015. Français. ffNNT : 2015EPHE3028ff. fftel-02099616f
- [31] Leighton, Patrick A, Julia A Horrocks, Barry H Krueger, Jennifer A Beggs, et Donald L Kramer. « Predicting Species Interactions from Edge Responses: Mongoose Predation on Hawksbill Sea Turtle Nests in Fragmented Beach Habitat ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275, no 1650 (7 novembre 2008): 2465-72. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0667>.
- [32] Leighton, Patrick A., Julia A. Horrocks, et Donald L. Kramer. « How Depth Alters Detection and Capture of Buried Prey: Exploitation of Sea Turtle Eggs by Mongooses ». *Behavioral Ecology* 20, no 6 (2009): 1299-1306. <https://doi.org/10.1093/beheco/arp139>.
- [33] Lorvelec, Olivier, Xavier Delloue, Michel Pascal, et Simone Mège. « 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 », 2004, 15.
- [34] Lorvelec, Olivier, Michel Pascal, Xavier Delloue, et Jean-Louis Chapuis. « Les mammifères terrestres non volants des Antilles françaises et l'introduction récente d'un écureuil », 2007, 20.
- [35] Meylan, A ;, 1988. « Spongivory in hawksbill turtles : a diet of glass ». *Science*, 239, 393.
- [36] Meylan, Anne B. « International movements of immature and adult hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) ». In *in the Caribbean Region. Chelonian Conservation and Biology*, 189194, 1999.
- [37] Mooney, H.A., & E.E. Cleland. (2001). The evolutionary impact of invasive species. *P Natl Acad Sci USA*. 98:5446-5451.
- [38] Nellis, David W., et C. O. R. Everard. « The Biology of the Mongoose in the Caribbean ». *Studies on the Fauna of Curaçao and Other Caribbean Islands* 64, no 1 (1 janvier 1983): 1-162.
- [39] Nicolaus, L.K. and Nellis, D.W., 1987. « The first evaluation of the use of conditioned taste aversion to control predation by mongoose upon eggs ». Publication 30 october 1986. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 17 :329-346.
- [40] OFB, Office de la biodiversité Française - CNRS, Centre National de Recherche Scientifique - MNHN, Museum National d'Histoire Naturelle, 2021. <http://gtmf.mnhn.fr/cycle-de-vie/>
- [41] ONCF, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. Tortues Marines Guadeloupe. Article du 1 octobre 2015. <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/intimidation-de-benevoles-a-marie-galante/>
- [42] ONCFS, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, 2006. Plan de restauration des tortues marines des Antilles françaises. [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA\\_Tortues-marines\\_Antilles-fran%C3%A7aises\\_2006-2012.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA_Tortues-marines_Antilles-fran%C3%A7aises_2006-2012.pdf)
- [43] ONF, Office National des Forêts – DRM, Direction régionale de la Martinique. Projet d'actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes. Piégeage des rats et des mangoustes. Po FEDER 2007/2013 Action 4-4 : Protection et valorisation du patrimoine naturel et de la biodiversité. Compte-rendu technico-financier. Sylvain Léonard. Janvier 2015. 9 p.
- [44] ONF, Office National des Forêt. Rapport Technique 2019. « Subvention pour la mise en œuvre d'une opération de contrôle des populations de Petite mangouste indienne en Guadeloupe ». Publié en novembre 2019. Source interne : PNF, PNA en faveur des tortues marines des Antilles françaises.
- [45] ONF, Office National des Forêts – DEAL, Direction des l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Guadeloupe. Rapport technique, 2018. « Contrôle des populations de petites mangouste indienne (*urva auropunctata*), espèce exotique envahissante dans le cadre de la protection des nids de tortues marines ». Plan national d'actions en faveur des tortues marines.

- [46] Parker, L. G., 1995. « Encounter with a juvenile hawksbill turtle offshore Sapelo Island, Georgia ». *Mar. Turtle newsl.*, 71,119.
- [47] Pearson, O.P., Baldwin P.H.. « reproduction and age structure of a Mongoose Population in Hawaiï ». *Journal of Mammalogy*, 1953, Vol.34,No.4, pp.436-447. American Society of Mammalogists. DOI : <https://doi.org/10.2307/1375859>
- [48] Plot, V (2012). « Caractéristiques maternelles, performances et stratégies de reproduction des tortues marines de Guyane », 2. D., 227. *Ecologie, Environnement*. Université de Strasbourg, 2012. Français. ffNNT : 2012STRAJ100ff. fftel-00867096
- [49] Renvier, Amandine . Évaluation de la contamination des tortues vertes (*Chelonia Mydas*) par le virus de la fibropapillomatose dans les eaux côtières de la Martinique. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2020, 117 p.
- [50] « RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2016/ 1141 DE LA COMMISSION - du 13 juillet 2016 - adoptant une liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour l'Union conformément au règlement (UE) n°1143/ 2014 du Parlement européen et du Conseil », s. d., 5.
- [51] Réseau Tortues Marines de Guadeloupe. [en ligne]  
 (1) [http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2019/07/Rapport-final\\_Ch%C3%A9lon%C3%A9e\\_25072019.pdf](http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp-content/uploads/2019/07/Rapport-final_Ch%C3%A9lon%C3%A9e_25072019.pdf)  
 (2) <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/les-tortues-marines/cycle-de-vie/>  
 (3) <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/les-tortues-marines/les-menaces/>  
 (4) <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/conservation-et-recherche/programme-de-conservation/>
- [52] Savouré-Soubelet A. (UMS 2006 Patrimoine Naturel (AFB / CNRS / MNHN)), 2017. Inventaire National du Patrimoine Naturel. « *Urva auropunctata* (Hodgson, 1836) - Petite mangouste indienne ». Consulté le 11 mai 2021. [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/850071](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/850071).
- [53] Stone, C. P., M. Dusek, and M. Aeder. 1994. Use of an anticoagulant to control mongooses in nene breeding habitat. *Elepaio* 54 :73 -78.
- [54] Westermann, J.H.I, 1953. Nature preservation in the Caribbean. *Publ. Foundation Sci. Res. in Surinam and Neth. Ant.* 9, 106 pp.
- [55] Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips, & E. Losos. (1998). Quantifying threats to 38 imperiled species in the United States. *Bioscience*. 48:607-615.
- [56] Williams GC (1966) Natural selection, the costs of reproduction, and a refinement of Lack's principle. *American Naturalist*, 100: 687-690.
- [57] Witzell, W. N., 1983. « Synopsis of the biological data on the Hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) ». *FAO Fish. Synop.*, 137, 78.
- [58] Yamada, F. « Impacts and Control of Introduced Small Indian Mongoose on Amami Island, Japan », 2001, 4.

# ANNEXE

## Annexe 1 : clé de détermination des tortues marines des Antilles

### CLÉ DE DÉTERMINATION








PNA DES TORTUES MARINES DES ANTILLES FRANÇAISES – PLAN D’ACTIONS

**Volet conservation**

**Enjeu :** Rétablissement des populations de tortues marines du territoire

**Objectif :** Lutter contre la prédation par les espèces exotiques et domestiques

<b>ACTIONS 17</b>	<b>Limiter la présence des prédateurs exotiques et domestiques à proximité des sites de ponte</b>				
<b>PRIORITE : 1</b>					
<b>ESPECES CONCERNEES</b>					
					
Tortue Imbriquée (population en ponte)	Tortue Luth (population en ponte)	Tortue Verte (population en ponte)	Tortue Olivâtre	Tortue Caouanne	
<b>TERRITOIRES CIBLES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Guadeloupe</li> <li>■ Martinique</li> <li>■ Saint-Martin</li> </ul>				




<b>CONTEXTE</b>	Les espèces exotiques (mangoustes, rats, iguanes commun...) ou domestiques (chiens, chats...) peuvent s’attaquer aux nids, aux émergences et plus rarement aux adultes. Ces animaux représentent une menace pour les populations de tortues marines sur les plages et il est nécessaire de limiter leur impact sur l’ensemble des populations en ponte.	
<b>DESCRIPTION</b>	<p>L’action consiste à :</p> <p><b>A - Mettre en place un groupe de travail sur la thématique espèces exotiques et domestiques</b></p> <p><b>B – Pour les animaux domestiques errants et divagants (chiens principalement et chats dans une moindre mesure), il s’agira :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• d’enregistrer les signalements pour une remontée d’informations aux services en charge des opérations de capture</li> <li>• d’inciter les services communaux à effectuer des patrouilles régulières sur leur territoire (capture + stérilisation)</li> </ul> <p><b>C - Pour les animaux exotiques (mangoustes, rats, iguanes communs), il s’agira :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• d’identi</li> <li>• de défi</li> <li>• d’obten</li> <li>• d’organ</li> </ul> <p><b>D - Sensibilise</b></p>	
<b>CONTRAINTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen:</li> <li>• Adhési</li> <li>• Réglen</li> </ul>	
<b>INDICATEURS DE LA RÉALISATION DE L’ACTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe</li> <li>• Nombn</li> <li>• Nombn</li> <li>• Nombn</li> </ul>	

<b>FRÉQUENCE PERIODE ET</b>	ANNÉE DE RÉALISATION DE L’ACTION										
<b>CALENDRIER</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028

<b>RÉSULTAT INDICATEURS DE</b>	•
--------------------------------	---

Annexe 3 : Document comptages-traces tortues. E. Delcroix, 2014.

Protocole de suivi des pontes de Tortues Marines en Guadeloupe (version février 2014)  
Eric Delcroix – Coordinateur Programme Tortues Marines Guadeloupe – ONCFS/RTMG

		
<p><b>Trace tortue luth</b>            Largeur 150 à 230cm (la plus large)            Trace profonde            Trace de la queue continue faisant un sillon au niveau de l'axe médian            Traces des pattes antérieures et postérieures nettement visibles et symétriques par rapport à l'axe médian</p>	<p><b>Trace tortue imbriquée</b>            Largeur : 70-85 cm            Seules les traces des pattes postérieures sont visibles            Trace de la queue peu ou pas visible            Les traces des pattes sont peu profondes et alternées par rapport à l'axe médian</p>	<p><b>Trace tortue verte</b>            Largeur : 80 à 130cm (&lt; à la luth)            Trace profonde            Trace de la queue discontinue            Traces des pattes antérieures nettement visibles et traces des pattes postérieures moins visibles            Traces symétriques par rapport à l'axe médian</p>

### Localisation des activités de ponte prédâtées ou non par la petite mangouste indienne sur le secteur de Port-Louis Sud, Guadeloupe (été 2015)

