



## Rapport de stage

# Mise en place d'un suivi par photo-identification des tortues marines en alimentation sur l'île de Saint-Martin (Petites Antilles françaises)



*Chelonia mydas* en alimentation © Fabian Allo

### **PETIT Emma**

Master 2 Biodiversité Ecologie et Evolution parcours BEST-ALI

2024/2025

Maître de stage : CHALIFOUR Julien

Co-encadrante : BERGER Aude

Enseignant référent : PENIN Lucie

Organisme d'accueil : Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin

Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil.

# Résumé

Comprendre la dynamique des populations est essentiel pour définir des actions de conservation efficaces, notamment chez les espèces menacées. À Saint-Martin, ces connaissances restent limitées, en particulier sur les tortues marines en phase d'alimentation, une étape clé de leur cycle de vie. Cette étude met en place un suivi par photo-identification permettant l'amélioration des connaissances sur les populations fréquentant les eaux saint-martinoises. Quatre sites, répartis en six stations, ont été prospectés à l'aide de deux protocoles, dont celui en apnée s'est révélé le plus adapté pour un suivi à long terme. Les observations ont principalement concerné des tortues vertes juvéniles (*Chelonia mydas*), dont la fidélité au site a été estimée à un maximum de cinq ans à Baie Blanche, suggérant l'utilisation temporaire du site par ces individus avant de migrer vers des sites plus adaptés à leurs besoins. La taille des populations a été estimée à  $18 \pm 2,3$  individus à Baie Blanche et  $6,2 \pm 0,5$  individus au Rocher Créole. Leur répartition spatiale sur ces deux stations semble influencée par les besoins physiologiques propres aux tortues juvéniles qui consommeraient les espèces d'herbiers présentant une meilleure digestibilité. Ces premiers résultats posent les bases d'un suivi pérenne, indispensable pour mieux comprendre l'évolution des populations et adapter les mesures de conservation.

**Mots clés :** Photo-identification, Saint-Martin, Site d'alimentation, *Chelonia mydas*, Protocoles

# Abstract

Understanding population dynamics is essential for defining effective conservation measures, particularly for endangered species. In Saint-Martin, knowledge remains limited, especially regarding sea turtles during their feeding phase, a key stage in their life cycle. This study implements photo-identification monitoring to improve knowledge of the populations frequenting Saint-Martin's waters. Four sites, divided into six stations, were surveyed using two protocols, of which the free-diving protocol proved to be the most suitable for long-term monitoring. The observations mainly concerned juvenile green turtles (*Chelonia mydas*), whose site fidelity was estimated at a maximum of five years in Baie Blanche, suggesting that these individuals use the site temporarily before migrating to sites more suited to their needs. The population size was estimated at  $18 \pm 2.3$  individuals in Baie Blanche and  $6.2 \pm 0.5$  individuals in Rocher Créole. Their spatial distribution at these two stations appears to be influenced by the physiological needs of juvenile turtles, which consume seagrass species that are more easily digestible. These initial results lay the foundations for long-term monitoring, which is essential for better understanding population trends and adapting conservation measures.

**Keywords :** Photo-identification, Saint-Martin, Foraging site, *Chelonia mydas*, Protocols

# Remerciements

Je tiens, dans un premier temps, à remercier Aude BERGER, pour sa confiance, sa disponibilité et sa bienveillance. Merci pour ton aide et tes précieux conseils durant toute la durée de ce stage.

Un grand merci à Julien CHALIFOUR pour sa confiance et sa disponibilité. Merci aussi pour tes conseils avisés lors de la relecture de ce rapport.

Je tiens à remercier le reste de l'équipe, Ashley, Alexina, Vincent, Clément, Théo et Chris pour leur bienveillance et pour m'avoir gentiment accueillie et intégrée au sein de l'association. Merci à toutes et à tous pour le temps et l'engagement consacrés à m'aider tout au long de ce stage, que ce soit lors des plongées, du pilotage du bateau ou pour la fabrication du matériel. Merci encore !

Je remercie Anne-Karine FLEMING, présidente de l'association, pour m'avoir offert l'opportunité de mener ce stage au sein de sa structure, ainsi que l'AGRNSM pour le prêt du matériel nécessaire à sa réalisation.

Merci également à Mathieu LE CORRE pour ses commentaires et corrections apportés au rapport intermédiaire.

Un grand merci à Amandine BORDIN et Margaux VANHOUCKE de l'association EDEN-I pour leurs conseils sur la construction de ce rapport, ainsi que pour leur expertise dans la mise en place du protocole embarqué.

De même, je souhaite remercier le bureau d'études AQUASEARCH, et particulièrement Benjamin DE MONTGOLFIER pour sa coopération et sa réactivité pour la transmission des données archives.

Je tiens sincèrement à remercier mon compagnon, Paul, pour son aide et ses précieux conseils lors de l'écriture de ce rapport. Merci d'avoir pris le temps de m'écouter et de partager ton regard critique. Merci également pour ta patience et ton enthousiasme lors des sorties terrain. Et surtout, merci d'avoir été là pour moi et de m'avoir rejoints sur cette magnifique île, afin que nous puissions vivre cette belle expérience à deux.

Enfin, je tiens particulièrement à remercier ma maman, qui, même à distance, m'a aidée à obtenir certains résultats (et surtout merci à notre vieil ordinateur Windows ;)). Merci de m'avoir toujours soutenue dans mes projets et d'avoir cru en moi. Merci d'avoir rendu ce stage possible.

# Sigles

**AGRNSM** = Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin

**AIC** = Akaike Information Criterion

**ATE** = Agence Territoriale de l'Environnement

**CEDTM** = Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines

**CMR** = Capture-Marquage-Recapture

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

**GPS** = Global Positioning System

**IC95%** = Intervalle de Confiance à 95%

**IFREMER** = Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

**PNA** = Plan National d'Actions

**ReCorEA** = Résilience des récifs Coralliens et des Ecosystèmes Associés

**RNNSM** = Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin

**RTMG** = Réseau Tortues Marines Guadeloupe

**SCL** = Straight Carapace Length

**TORSOOI** = Tortues Marines du Sud-Ouest de l'Océan Indien

**UICN** = Union Internationale pour la Conservation de la Nature

## Sigles des sites et stations

**AMA** = Anse Marcel

**BBL** = Baie Blanche

**CVE** = Caye Verte

**GCA** = Ponton Grand Case

**NCO** = North Cove

**PIN** = Pinel

**RCR** = Rocher Créoile

# Sommaire

<b>Résumé .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>1</b>
<b>Remerciements .....</b>	<b>2</b>
<b>Sigles.....</b>	<b>3</b>
<b>Sommaire .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>6</b>
1.1 Généralités sur les tortues marines.....	6
1.2 Cycle de vie.....	7
1.3 Précisions sur la tortue verte ( <i>Chelonia mydas</i> ).....	9
1.4 Les tortues marines à Saint-Martin : état des populations et actions de conservation.....	9
1.5 Contexte de l'étude .....	10
1.6 Objectifs de l'étude .....	12
<b>2. Matériels et méthodes .....</b>	<b>13</b>
2.1 Zone d'étude .....	13
2.1.1 Contexte général de Saint-Martin .....	13
2.1.2 Localisation et caractéristiques des sites d'étude.....	13
2.2 Plan d'échantillonnage.....	14
2.2.1 Protocole apnée .....	15
2.2.2 Protocole embarqué.....	16
2.3 Traitement des photos et identification des individus.....	16
2.3.1 Classification des photos et estimation de la taille .....	16
2.3.2 Photo-identification via le logiciel TORSOOI.....	17
2.3.3 Photo-identification manuelle .....	18
2.4 Bancarisation des données .....	19
2.5 Sciences participatives .....	19
2.6 Exploration des données et analyses statistiques .....	19
2.6.1 Etude du comportement lors de l'approche .....	19
2.6.2 Répartition spatiale et utilisation de l'habitat .....	19
2.6.3 Estimation de la taille de population par la méthode CMR .....	20
2.6.4 Fidélité au site .....	20
<b>3. Résultats.....</b>	<b>21</b>
3.1 Bilan des sessions terrain .....	21
3.2 Comportement lors de l'approche .....	23
3.3 Impact du protocole apnée sur le comportement des tortues marines .....	24
3.4 Structure des populations des tortues marines observées .....	24
3.4.1 Classes de taille et sexe des individus.....	24

3.4.2 Etat de santé des individus .....	25
3.5 Répartition spatiale et utilisation de l'habitat .....	25
3.5.1 Répartition spatiale .....	25
3.5.2 Utilisation de l'habitat.....	25
3.6 Estimation de l'effectif des populations.....	27
3.7 Fidélité au site .....	27
<b>4. Discussion.....</b>	<b>28</b>
4.1 Faisabilité et pertinence des protocoles déployés .....	28
4.2 Utilisation de la plateforme TORSOOI : bilan et alternatives .....	29
4.3 Mise en place d'un programme de sciences participatives .....	31
4.4 Répartition spatiale et utilisation de l'habitat .....	32
4.5 Estimation de la taille des populations.....	33
4.6 Fidélité au site .....	34
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>35</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>36</b>
<b>Sommaire des annexes .....</b>	<b>45</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>46</b>

# 1. Introduction

Le changement climatique, associé à d'autres pressions anthropiques telles que la pollution, la surexploitation des ressources ou encore l'artificialisation des milieux, contribue fortement au déclin global de la biodiversité (Díaz et al. 2019, IPBES 2019). Face à cette dynamique préoccupante, il devient essentiel de développer des outils efficaces permettant d'évaluer l'état de santé des écosystèmes et de suivre leur évolution dans le temps. Parmi ces outils, l'utilisation d'espèces bio-indicatrices s'avère particulièrement précieuse (Siddig et al. 2016). Ces espèces, de par leur sensibilité aux perturbations environnementales, leur écologie ou leur rôle fonctionnel dans les réseaux trophiques, renseignent l'état de santé des milieux qu'elles occupent (Landres et al. 1988, Bartell 2006, Burger 2006).

Les tortues marines figurent parmi les espèces bio-indicatrices les plus pertinentes pour les milieux côtiers tropicaux (Hamann et al. 2010, Wallace et al. 2011). Espèces longévives, elles présentent la particularité d'occuper des aires de répartitions étendues et sont ainsi exposées à de nombreuses menaces d'origine anthropique. Les tortues marines parcourent également une grande diversité d'écosystèmes dans le temps, les rendant particulièrement vulnérables aux modifications de leur environnement (Miller 1997). Ainsi, l'étude des tortues marines révèle l'état de santé des océans tout en améliorant la compréhension sur les écosystèmes marins et les interactions qui les façonnent (Jeantet 2021). Leur déclin, de plus en plus marqué, souligne l'importance de leur suivi (Lescure 2001). C'est pourquoi, au-delà de leur statut d'espèces emblématiques et protégées, les gestionnaires d'espaces marins leur accordent une attention particulière.

## 1.1 Généralités sur les tortues marines

Les tortues marines sont des vertébrés tétrapodes anapsides (absence de fosse temporale) et amniotes (présence d'un sac amniotique protégeant l'embryon). Elles sont classées parmi les reptiles et présentent donc une ectothermie et une poïkilothermie, caractéristiques propres à ce groupe. Ces derniers ne constituent pas un groupe monophylétique mais le terme reste cependant d'usage courant (Russel et al. 2005).

Sept espèces de tortues marines sont actuellement recensées dans le monde, toutes regroupées dans la super-famille des Chelonioidea (Baur 1893). Parmi elles, six appartiennent à la famille des Cheloniidae (Oppel 1811), comprenant la tortue verte (*Chelonia mydas* (Linnaeus 1758)), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata* (Vandelli 1766)), la tortue caouanne (*Caretta caretta* (Linnaeus 1758)), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829)), la tortue de Kemp (*Lepidochelys kempii* (Garman 1880)) et la tortue à dos plat (*Natator depressus* (Garman 1880)). La

dernière espèce, la tortue luth (*Dermochelys coriacea* (Vandelli 1761)), est la seule représentante de la famille des Dermochelyidae (Fitzinger 1843) (WoRMS 2025).

A l'heure actuelle, six des sept espèces figurent sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), dont deux sont classées en danger critique d'extinction : la tortue imbriquée et la tortue de Kemp. Le statut de la tortue à dos plat demeure indéterminé compte tenu du manque de données disponibles (UICN 2025) (Annexe 1).

En raison de leur ectothermie, les tortues marines présentent une distribution inégale à travers les océans du monde, la majorité étant concentrée dans les régions tropicales et subtropicales (Annexe 2) (Pritchard 1996). Cependant, *D. coriacea* se distingue par des adaptations morphologiques remarquables, élargissant ainsi son aire de répartition (Frair et al. 1972, Greer et al. 1973). Sa carapace composée d'un épiderme cuirassé et d'os dermiques, dépourvue d'écailles kératinisées, lui confère la capacité de survivre dans les eaux froides et de migrer vers des régions tempérées et boréales (Pritchard 1980). En revanche, deux espèces présentent une aire de répartition relativement limitée : *N. depressus*, qui se trouve exclusivement dans le nord de l'Australie, et *L. kempii*, qui occupe principalement le golfe du Mexique et l'Atlantique Nord (Pritchard 1996).

## 1.2 Cycle de vie

Les différentes espèces de tortues marines partagent un cycle de vie similaire (Figure 1) (Musick & Limpus 1997, Heppell et al. 2002), s'étendant sur de larges échelles spatio-temporelles (Godley et al. 2008). Ce cycle couvre une grande diversité d'écosystèmes. Il combine le milieu terrestre, où ont lieu la ponte et le développement embryonnaire, et le milieu marin. Ce dernier inclut la zone néritique, utilisée pour l'alimentation et l'accouplement, ainsi que la zone océanique, où se déroulent les migrations (Bolten et al. 2003).

A l'issue de l'incubation, les nouveau-nés émergent du sable et regagnent l'océan. Ils entament ensuite une période de nage frénétique pour rejoindre le large (Frick 1976, Salmon & Wyneken 1987). Cette phase dont la durée varie entre 24 à 72h (Wyneken & Salmon 1992, Chung et al. 2009) serait un moyen de rejoindre rapidement les courants océaniques et de s'éloigner des côtes où le risque de préddation est plus important. Ils adoptent ensuite une vie pélagique durant plusieurs années, se laissant passivement transportés par les courants océaniques. Cette étape de leur cycle, encore mal documentée et étudiée, est désignée sous le terme des "années perdues" ("lost years") par la communauté scientifique (Carr 1952). Après ce premier stade de dérive, les juvéniles rejoignent des zones d'alimentation pour achever leur croissance et leur développement (Musick & Limpus 1997). Ces zones peuvent être néritiques et/ou océaniques et la nature du régime alimentaire varie selon l'espèce considérée (Annexe 3). Un changement radical d'habitat et de régime alimentaire

survient au moins une fois au cours du cycle de vie de la plupart des espèces de tortues marines juvéniles. Ce passage s'opère lorsque celles-ci quittent l'habitat océanique pélagique et leur alimentation épipélagique pour rejoindre un habitat néritique, où elles adoptent un régime alimentaire benthique (Heppell et al. 2002). *D. coriacea* conserve cependant un régime pélagique, passant à une alimentation principalement composée de méduses (Lescure 2001).

Lorsque les tortues marines atteignent la maturité sexuelle, elles rejoignent généralement, et de façon saisonnière, leur site de naissance afin de s'accoupler et pondre leurs œufs (philopatrie ; Carr 1975, Miller 1997). Elles entreprennent ainsi leur deuxième migration, ce site pouvant être situé à plusieurs milliers de kilomètres. L'accouplement se déroule généralement à proximité des plages de ponte mais peut également avoir lieu sur le site d'alimentation ou durant la migration (Miller 1997). Une femelle peut être fécondée par plusieurs mâles et inversement au cours d'une même saison de ponte (multiparenté) (Lescure 2001). Après l'accouplement, les mâles retournent vers les zones d'alimentation tandis que les femelles restent à proximité des plages de ponte en attendant la maturation des œufs. Une fois atteinte, les femelles montent sur la plage pour pondre plusieurs dizaines d'œufs (50 à 150 par nids selon les espèces) (Dalleau 2013). Les tortues marines pondent plusieurs fois au cours d'une même saison, avec un intervalle de 10 à 15 jours entre chaque événement (Van Buskirk & Crowder 1994). Après la ponte, la femelle couvre ses œufs dans le nid pour qu'ils restent en incubation sans fournir de soins parentaux. La période d'incubation des œufs dure environ deux mois. La profondeur du nid et la position des œufs dans celui-ci influencent les températures d'incubation, qui à leur tour déterminent le sexe des nouveau-nés. En effet, des températures élevées favorisent la naissance d'un plus grand nombre de femelles (Mrosovsky & Yntema 1980, Kaska et al. 1998). Le taux de survie est très faible, avec seulement un œuf sur mille donnant naissance à un adulte viable capable de se reproduire (Miller 1997)

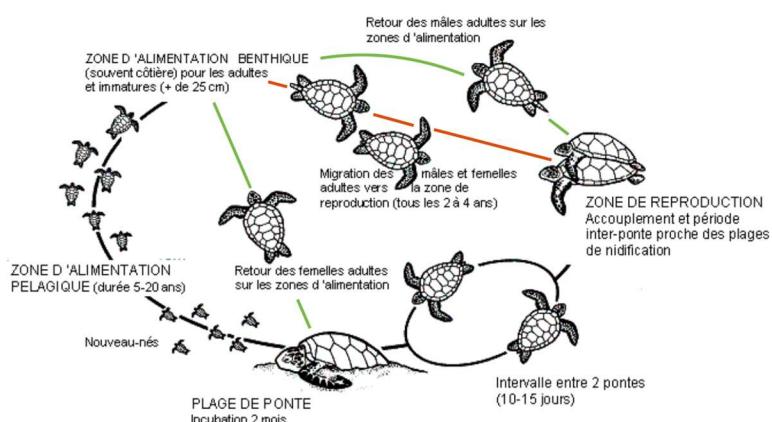


Figure 1 : Schéma du cycle de vie des tortues marines avec mise en évidence des migrations vers les zones d'alimentation (en vert) et les zones de reproduction (en rouge), modifié depuis Lutz & Musick, 1996.

### 1.3 Précisions sur la tortue verte (*Chelonia mydas*)

Cette espèce se caractérise par une carapace comportant quatre écailles costales ainsi qu'une tête composée d'une paire d'écailles préfrontales et de quatre écailles post-orbitales (Annexe 4) (Grouper et al. 1984).

Par ailleurs, *C. mydas* se différencie des autres espèces de tortues marines par son régime alimentaire majoritairement herbivore aux âges sub-adultes et adultes (Ballorain 2010). En effet, après avoir atteint une taille leur assurant une vulnérabilité moindre face aux prédateurs (Limpus et al. 1994), les tortues vertes se rapprochent des côtes et passent d'une alimentation omnivore opportuniste à une alimentation herbivore (Bjorndal et al. 1997). Par conséquent, les tortues vertes influencent grandement la structure, la biomasse et la dynamique des producteurs primaires (Heithaus 2013, Bjorndal et al. 1997) en limitant par exemple la croissance des macroalgues sur les récifs coralliens. De plus, lorsque les populations sont relativement abondantes, leur activité de pâturage peut favoriser la production primaire et inhiber l'étouffement sédimentaire et épiphytique (Jackson et al. 2001). Enfin, plusieurs études ont montré que les tortues vertes font preuve d'un certain degré de fidélité à leur site d'alimentation au cours de leur vie (Broderick et al. 2007, Shimada et al. 2020). À Saint-Martin, elles exploitent principalement les herbiers marins, contribuant ainsi à la dynamique et au maintien de ces écosystèmes côtiers (Vaslet & AGRNSM 2018).

### 1.4 Les tortues marines à Saint-Martin : état des populations et actions de conservation

Cinq des sept espèces de tortues marines sont présentes à Saint-Martin (*C. mydas*, *E. imbricata*, *C. caretta*, *L. olivacea* et *D. coriacea*), dont trois se reproduisent régulièrement sur les plages de l'île (*C. mydas*, *E. imbricata*, *D. coriacea*) (RNNSM 2010, Vaslet & AGRNSM 2018). Cependant, les populations de tortues marines des Caraïbes connaissent un fort déclin. Leurs effectifs actuels sont nettement inférieurs à ceux d'il y a 50 ans et largement diminués par rapport aux populations historiques d'il y a 500 ans (Chevalier & Lartigues 2001). L'intensification de leur surexploitation depuis le milieu du XXème siècle en tant que ressource alimentaire pour la population humaine (Pinchon 1967, Maylan 1983) semble avoir été l'élément majeur de la dynamique des populations de tortues marines aux Antilles (Chevalier & Lartigues 2001). Cependant, l'arrêté ministériel de 2005 instaurant une protection intégrale des tortues marines et de leurs habitats au niveau national a permis d'atténuer ce déclin. Les tortues marines font toutefois face à de nombreuses autres pressions (captures accidentelles, dégradation des milieux littoraux, préddation, etc.) (Crillon & Cuzange 2017). Par exemple, à Saint-Martin, les pressions sur l'environnement marin se sont intensifiées depuis les années 1980, renforçant ainsi les menaces anthropiques pesant sur les

populations de tortues marines. En 2023, les collisions avec des embarcations motorisées (bateaux à moteur, jet-skis, etc.), survenant lors de la remontée des tortues à la surface pour respirer, constituaient la principale cause de mortalité parmi les individus échoués observés (Berger & Chalifour 2024).

Par conséquent, de nombreuses mesures de protection ont été mises en place à l'échelle internationale, nationale et régionale. Dans l'archipel guadeloupéen, dont Saint-Martin a fait partie administrativement jusqu'en 2007, la protection intégrale des tortues marines est assurée depuis l'Arrêté préfectoral de 1991. Par ailleurs, un Plan National d'Actions (PNA) en faveur de la conservation des tortues marines est mis en œuvre depuis 2006 à l'échelle des Antilles françaises. Ce PNA, actuellement coordonné par la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) de Guadeloupe, mobilise un réseau d'associations référentes à travers le Réseau Tortues Marines Guadeloupe (RTMG). L'Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin (AGRNSM) y assure le rôle de référent pour Saint-Martin. Dans ce contexte, et en accord avec le Plan de Gestion de la Réserve, l'AGRNSM mène chaque année un suivi des populations en reproduction. Ce suivi repose sur le comptage des traces de pontes sur les plages de la partie française de l'île, notamment grâce à la coordination d'un réseau d'éco-volontaires (Chalifour 2017). L'AGRNSM mène également d'autres actions en faveur des tortues marines, notamment le suivi des échouages (Berger & Chalifour 2024), la régulation des activités nautiques à proximité de leurs habitats et des actions de sensibilisation auprès du grand public et des professionnels.

## 1.5 Contexte de l'étude

À Saint-Martin, les études et efforts de conservation ont majoritairement porté sur les femelles nidifiantes, leurs œufs et les plages de ponte. Par conséquent, les phases de reproduction à terre, où les contraintes d'observation et de marquage sont réduites (Ballorain 2010, Jean et al. 2010), sont davantage documentées chez les tortues marines que la phase d'alimentation en mer. Bien que des méthodes telles que la télémétrie satellitaire, l'analyse d'isotopes stables ou l'allométrie ontogénétique aient, ces dernières années, permis d'améliorer la compréhension de l'écologie trophique des tortues marines (Ceriani et al. 2012, Seminoff et al. 2012, Figgener et al. 2019, Chatterji et al. 2022), celle-ci demeure largement incomplète à Saint-Martin (Safi et al. 2020). Pourtant, la phase d'alimentation constitue une étape déterminante, à la fois pour la survie des individus et pour le succès de leur reproduction (Miller 1997, Ballorain 2010). Améliorer les connaissances sur les populations de tortues marines en phase d'alimentation et les zones qu'elles fréquentent est essentiel pour garantir une conservation durable des individus et de leurs habitats (Seminoff et al. 2003). De plus, les femelles nidifiantes ne représentent qu'une infime fraction de la population, ce qui limite les connaissances sur la majorité des individus. Étudier les tortues en phase d'alimentation permet ainsi

de mieux comprendre les dynamiques de l'ensemble de la population, notamment celles des mâles et des subadultes, encore largement méconnues.

Initialement, les méthodes de suivi des populations reposaient sur des méthodes classiques de Capture-Marquage-Recapture (CMR) utilisant des bagues et nécessitant ainsi la capture des individus (Balazs 1999, Bellini et al. 2001, Reisser et al. 2008). Bien que largement employées, ces techniques restent coûteuses et induisent un stress chez l'animal. Elles peuvent également entraîner des complications telles que des déclarations de pathologies latentes, des infections localisées ou des nécroses (Leslie et al. 2016).

Face à ces contraintes, de nouvelles techniques ont vu le jour, plus respectueuses du bien-être animal et offrant une meilleure fiabilité dans le temps. Parmi elles, la méthode de CMR indirecte par photo-identification consiste à photographier et identifier les individus par le biais de marques naturelles ou de patterns colorés polymorphes. Chez les tortues marines, l'identification individuelle peut reposer sur les motifs des écailles faciales, propres à chaque individu et stables dans le temps (Carpentier et al. 2016). Cette méthode présente l'avantage d'être peu invasive, économique et fiable sur le long terme (Reisser et al. 2008, Schofield et al. 2008, Jean et al. 2010). En plus de permettre l'identification des individus, la photo-identification offre la possibilité de les suivre dans le temps, notamment pour observer l'évolution de leur état de santé. Elle peut ainsi être utilisée pour surveiller des individus blessés, identifier l'origine des blessures et documenter les étapes de dégradation ou de cicatrisation (Ciccione et al. 2015). La photo-identification permet également de suivre les individus atteints de fibropapillomatose, un Herpèsvirus provoquant des tumeurs cutanées et viscérales. À long terme, cette méthode contribue à mieux comprendre les effets de cette maladie sur la santé des tortues marines et la dynamique des populations (Hancock et al. 2023). La photo-identification est ainsi de plus en plus utilisée pour le suivi des tortues marines sur le long terme et constitue une alternative efficace pour étudier plus spécifiquement les individus en phase d'alimentation (Jean et al. 2010, Carpentier et al. 2016).

Le suivi par photo-identification des populations de tortues marines en phase d'alimentation est mené depuis une dizaine d'années dans les Antilles françaises (exemples en Martinique : Giraudou 2015, Liebart et al. 2021 ; en Guadeloupe : Higuero 2015, Lange 2016, Pauwels 2024 et à Saint-Barthélémy : Questel 2023). Cependant aucun suivi de ce type n'a encore été mené à Saint-Martin.

## 1.6 Objectifs de l'étude

Dans ce cadre, cette étude a pour objectif de mettre en place, pour la première fois, un suivi par photo-identification des tortues marines à Saint-Martin afin d'améliorer les connaissances des

populations s'alimentant dans les eaux saint-martinoises. Elle s'intègre au Plan de Gestion de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin (RNNSM) gérée par l'AGRNSM et répond à la fiche action CS15, dédiée au suivi des tortues marines fréquentant la Réserve. Par ailleurs, cette recherche bénéficie d'un soutien financier de la DEAL de Guadeloupe.

Pour répondre à cet objectif, une méthodologie et un protocole de terrain spécifiques sont, dans un premier temps, développés, en tenant compte des particularités environnementales de Saint-Martin ainsi que des contraintes techniques et humaines propres à l'AGRNSM. Ce protocole vise à encadrer de manière standardisée la réalisation et l'acquisition de données de photo-identification sur le terrain. Ces données permettent d'élaborer un premier catalogue de photo-identification visant à constituer une base de référence pour le suivi individuel des tortues marines dans le temps. Ce catalogue sert à centraliser les profils les plus exploitables afin de faciliter la reconnaissance des individus lors des observations futures, tout en constituant une base de référence pérenne. Les données recueillies permettront également, à terme, de réaliser un suivi temporel des tortues marines en phase d'alimentation et d'analyser les dynamiques démographiques de leurs populations.

Enfin, une analyse des données collectées lors des premières sessions de terrain est réalisée afin d'évaluer la faisabilité et la pertinence du protocole mis en place. Cette phase permet d'apporter des premiers éléments descriptifs sur les individus fréquentant les sites étudiés. Elle contribue également à améliorer les connaissances sur les populations de tortues en alimentation à Saint-Martin, en particulier à travers l'analyse de leur répartition spatiale, de l'utilisation de leur habitat, de leur fidélité au site et de l'estimation de leurs effectifs.

Bien que mis en place localement, ce travail s'inscrit dans une collaboration à l'échelle régionale. Les données collectées sont mutualisées afin d'alimenter un jeu de données commun, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des déplacements des tortues marines à une échelle plus large.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1 Zone d'étude

#### 2.1.1 Contexte général de Saint-Martin

Située au nord de l'arc des Petites Antilles, entre les îles d'Anguilla et de Saint-Barthélemy, l'île de Saint-Martin (18°5'N, 63°5'O) fait partie du Banc d'Anguilla, une plateforme insulaire peu profonde dont la profondeur des fonds côtiers ne dépasse pas 30 mètres (Annexe 5). Avec une superficie de 93 km<sup>2</sup> (15 km de long pour 13 km de large), elle se distingue par une division administrative entre la Collectivité française d'Outre-Mer de Saint-Martin au nord et le territoire néerlandais de Sint-Maarten au sud. L'île de Saint-Martin, au climat tropical chaud et sec, se caractérise par de faibles variations annuelles de température. Malgré sa petite superficie, elle abrite une grande diversité d'écosystèmes, allant des herbiers de magnoliophytes marines aux récifs coralliens, en passant par les mangroves, les forêts sèches littorales et les étangs (Vaslet & AGRNSM 2018). Cette mosaïque d'habitats favorise une biodiversité remarquable, avec plus de 1 300 espèces marines recensées au sein de la RNNSM (INPN 2025). Cependant, l'urbanisation s'est particulièrement accélérée dans les années 1980, due principalement à l'augmentation démographique en lien avec le développement touristique de l'île. Cette pression s'est traduite par une dégradation des milieux naturels et une diminution des terres inoccupées en particulier sur le linéaire côtier. Dans ce contexte, la RNNSM, gérée par l'AGRNSM a été créée suite au décret du 3 septembre 1998. Située au nord-est de l'île, elle s'étend sur plus de 3 000 hectares dont la partie maritime constitue près de 90% de la surface de l'espace protégé (Annexe 6) (Vaslet & AGRNSM 2018).

### **2.1.2 Localisation et caractéristiques des sites d'étude**

Le choix des sites d'étude a reposé sur plusieurs critères, notamment la présence d'herbiers ou de récifs coralliens, favorisant l'observation potentielle des tortues marines en alimentation. L'accessibilité en bateau et la possibilité de collecter des données sur le terrain ont également été prises en compte. Par ailleurs, ces sites sont soumis à des pressions différentes (fréquentation, pollution, zone en réserve/hors réserve, etc.).

Ainsi, quatre sites ont été choisis pour suivre les populations de tortues marines en alimentation. Le premier site (Tintamarre, Annexe 7) se trouve aux abords de l'île de Tintamarre, au nord-est de Saint-Martin. Les recherches ont été menées sur deux stations, dont Baie Blanche, qui présente une vaste étendue d'herbiers de magnoliophytes marines (i-Sea 2024). Cependant, cette station reste fréquentée par de nombreux touristes, locaux et opérateurs, certains proposant des activités de type "Turtle watching" dans leurs prestations (Safi et al. 2020). La station de North Cove, où l'ancre est interdit, est bien moins fréquentée. Elle se caractérise par la présence d'herbiers et de communautés corallientes. Le site Grand Case est également divisé en deux stations : Rocher Créole et Ponton Grand Case (Annexe 7), toutes deux caractérisées par la présence d'herbiers de magnoliophytes marines et de fonds sableux. Toutefois, la station de Ponton Grand Case (située hors

réserve) est fortement anthroposée et polluée en raison d'un réseau d'assainissement public insuffisant. Le site Anse Marcel (situé hors Réserve) (Annexe 7) est une zone moins fréquentée, où la pratique du snorkeling reste limitée malgré la présence d'une importante zone de mouillage et de quelques activités, comme le jet-ski. Il se caractérise par une étendue d'herbiers de magnoliophytes marines et des fonds sableux. Le dernier site, Baie Orientale (Annexe 7), est divisé en deux stations, dont la première (Pinel) est située près de l'îlet Pinel, au nord-est de Saint-Martin. Cette station est très fréquentée et fortement anthroposée, notamment en raison de la présence de restaurants sur la plage et d'une zone de mouillage protégée. Elle abrite également une vaste étendue d'herbiers de magnoliophytes marines. La deuxième station, Caye Verte (située hors réserve) est constituée d'un plateau corallien et calcaire fermant la partie sud de la Baie Orientale (i-Sea 2024).

## 2.2 Plan d'échantillonnage

Afin de s'adapter aux conditions météorologiques variables de Saint-Martin, deux approches de collecte de données ont été retenues pour permettre la mise en œuvre de la photo-identification des tortues marines. La première approche (protocole "apnée") implique la mise à l'eau d'agents scaphandriers pour procéder *in situ* à la collecte des données. Cette méthode est privilégiée lorsque les conditions environnementales et la visibilité permettent une observation optimale. Elle s'inspire du protocole développé à Saint-Barthélemy pour la photo-identification (Questel 2023). En cas de conditions météorologiques défavorables à l'observation sub-aquatique, une deuxième approche, dite "embarquée", a été adoptée. Ce protocole s'inspire de celui mis en place en Guyane (association Eden-I), où les conditions de visibilité et la qualité de l'eau ne permettent pas une immersion. Cette méthode consiste à photographier, depuis le bateau, les profils des tortues marines lorsqu'elles remontent à la surface pour respirer.

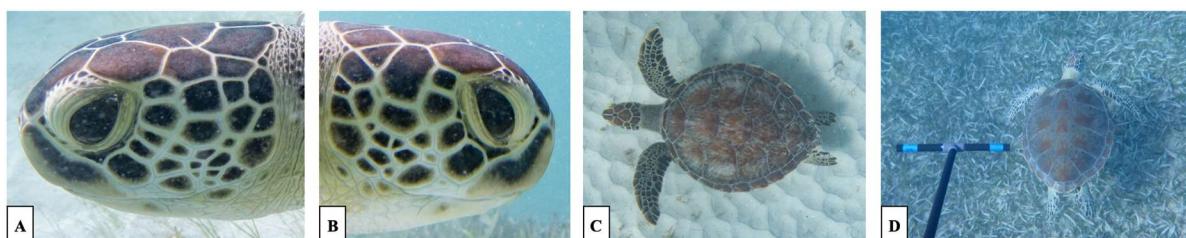
Compte tenu du manque actuel de connaissances sur la répartition spatiale des tortues marines autour de Saint-Martin, il a été décidé d'explorer une zone de prospection étendue sur chacun des sites/stations sélectionnés. Cette approche tend à maximiser les chances de détection des individus et obtenir une vision plus représentative de leur présence et de leur utilisation des habitats côtiers.

### 2.2.1 Protocole apnée

La collecte des données *in situ* a été réalisée en binôme par des plongeurs scaphandriers. L'un des plongeurs, appelé observateur, est chargé de prendre les clichés nécessaires à la photo-identification, tandis que l'autre, appelé script, assure la prise de note des métadonnées et la sécurité du plongeur. Sur chaque site, un parcours aléatoire a été effectué en palmes, masque et tuba, avec une tentative de photographier chaque tortue marine observée. L'approche a été réalisée de façon à réduire au maximum l'impact sur le comportement de l'animal, en évitant tout contact frontal et en

privilégiant une arrivée par l’arrière ou en biais. Lors de l’observation d’une tortue marine, plusieurs paramètres ont été relevés dès le premier contact visuel : son comportement, le type de substrat, la composition de l’herbier si elle se trouve sur un herbier, ainsi que le point GPS. Au même moment, les photos pour la photo-identification sont réalisées par l’observateur.

Les écailles des profils présentant une asymétrie, il est essentiel de capturer les deux profils afin d’assurer une identification complète de l’individu (Figure 2.A, B). Une photographie du corps entier vue du dessus est également capturée (Figure 2.C) Lorsque les conditions le permettent, une photographie supplémentaire est réalisée avec un étalon de taille connue, positionné à la même profondeur que l’animal (Figure 2.D), permettant l’estimation ultérieurement de la taille de l’individu.



**Figure 2** : Photographies à réaliser (protocole apnée) lors de l’observation de chaque tortue, comprenant le profil gauche (A), le profil droit (B), une vue générale dorsale de la tortue (C) et une vue entière de la carapace avec l’étalon de mesure (D) (© AGRNSM).

Une fois l’approche effectuée, le script renseigne les derniers paramètres, incluant l’espèce, le sexe, le comportement lors de l’approche, la distance de dérangement, l’estimation visuelle de la taille, ainsi que la présence de bagues, de fibropapillomatose ou de blessures, en précisant leur emplacement et leur nature. Le protocole complet et détaillé est disponible en Annexe 8.

La majorité des photos ont été capturées à l’aide d’un appareil Olympus Tough TG-5 étanche, dont le zoom permet de limiter les interactions intrusives avec les tortues marines. Afin de pallier la défaillance d’un des appareils photo, une GoPro HERO 11 équipée d’une poignée flottante a été utilisée ponctuellement pour la prise de certaines photos et vidéos. Les coordonnées GPS ont été enregistrées grâce à un GPS Garmin GPSMAP 64 dont la précision varie entre 3 et 5 mètres.

## 2.2.2 Protocole embarqué

La collecte des données depuis le bateau a été réalisée par le photographe, aidé de l'ensemble de l'équipage pour la détection afin d'optimiser la couverture visuelle autour du bateau. Pour couvrir efficacement la zone, le bateau doit stationner à plusieurs emplacements successifs sur le site, sans dépasser 45 minutes par point d'arrêt afin de limiter les risques de recapture du même individu.

Lors de l'observation d'une tortue marine, un maximum de photos de l'individu doit être réalisées. Le zoom et le mode rafale sont privilégiés afin d'augmenter les chances d'obtenir des images exploitables pour la photo-identification. Dans la mesure du possible, les deux profils (Figure 3.A, B, C), ainsi qu'une vue du dessus de la tête de la tortue sont réalisés (Figure 3.C, D). Le protocole complet et détaillé est disponible en Annexe 9.

Les photos ont été réalisées avec un appareil photo Olympus OM-D E-M10 Mark II (zoom 75-300 mm).

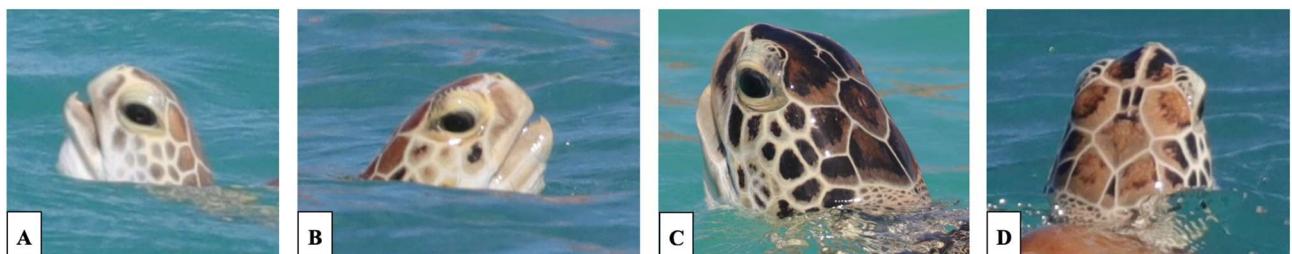


Figure 3 : Exemple de photographies à réaliser lors du protocole embarqué, avec le profil gauche (A), le profil droit (B), le profil gauche/vue du dessus (C) et une vue du dessus (D) (© AGRNSM).

## 2.3 Traitement des photos et identification des individus

### 2.3.1 Classification des photos et estimation de la taille

Les photos de chaque sortie ont été classées par individu. Chaque photo a ensuite été renommée selon la nomenclature suivante permettant de retracer son origine dans la base de données (Figure 4). Cette nomenclature comprend : l'espèce photographiée, le sexe, le code ISO 3166-1 de Saint-Martin, le site, la date de la sortie, le numéro de l'individu et le profil considéré. Cette notation s'inspire de celles utilisées dans les suivis de photo-identification à La Réunion et à Saint-Barthélemy.

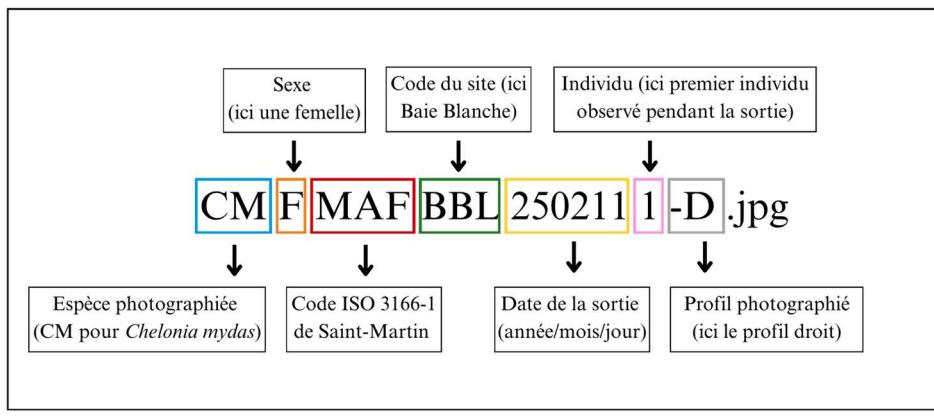


Figure 4 : Exemple illustré de la nomenclature appliquée à une photographie après traitement.

Enfin, les photos prises avec l'étalon de mesure ont été analysées à l'aide du logiciel ImageJ afin d'estimer la SCL (Straight Carapace Length : longueur de carapace droite) des tortues observées. Les individus ont été répartis en trois classes d'âge : les juvéniles (SCL comprise entre 0 et 65 cm), les subadultes (SCL entre 65 et 90 cm) et les adultes (SCL supérieure à 90 cm), selon les seuils définis par Bresette et al. (2010), Goshe et al. (2010) et Roche et al. (2021).

### 2.3.2 Photo-identification via le logiciel TORSOOI

L'identification des tortues marines a été faite sur la plateforme TORSOOI (Tortues Marines du Sud-Ouest de l'Océan Indien). Développée conjointement par Kélonia, le CEDTM et l'Ifremer, cette plateforme permet le traitement et la bancarisation des données de photo-identification des tortues marines. TORSOOI vise également à standardiser les données collectées dans le cadre de programmes d'étude et de suivi, et à faciliter ainsi les échanges à large échelle. La méthode d'identification utilisée par cette plateforme repose sur la configuration des écailles visibles sur les profils de chaque tortue photographiée (Jean et al. 2010). La couleur des écailles n'est pas utilisée comme critère d'identification, car la pigmentation peut varier dans le temps, contrairement à la disposition des écailles, qui reste stable (Carpentier et al. 2016).

Chaque photo a été recadrée avant son insertion sur la plateforme, de manière à faire apparaître l'ensemble du profil, depuis l'extrémité du bec jusqu'à la limite de la peau du cou. Un détourage manuel du contour des écailles a ensuite été effectué sur la plateforme permettant d'attribuer un code unique à chaque tortue (Figure 5). Le codage repose sur plusieurs critères, dont le numéro de la rangée d'écailles, la position de l'écaille au sein de cette rangée, ainsi que le nombre de ses côtés. Le processus de détourage débute systématiquement par la première rangée (écailles post-orbitales) en partant de l'écaille la plus basse vers la plus haute. Le codage se poursuit ensuite jusqu'à la peau du cou.

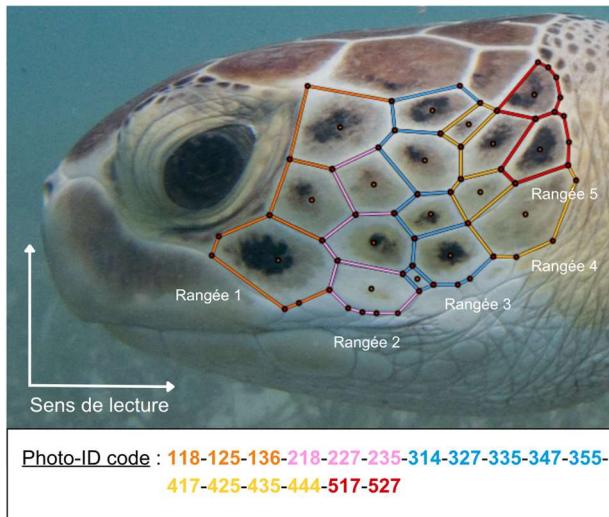


Figure 5 : Exemple de détourage des écailles sur un profil gauche réalisé via la plateforme TORSOOI, avec le code associé.

Le profil encodé est ensuite confronté à la base de données TORSOOI pour voir s'il s'agit d'un individu déjà enregistré ou non. L'algorithme de la plateforme propose alors une série de profils dont le code est identique ou semblable, par ordre croissant de similarité. La validation d'une correspondance ou non est réalisée manuellement.

### 2.3.3 Photo-identification manuelle

#### a) Via le catalogue

Parallèlement à la méthode précédente, un catalogue classant chaque individu par dossier a été mis en place (dossiers explorateurs). Ce catalogue a pour but de regrouper les meilleurs clichés de chaque individu (profil droit, gauche et vue générale du dessus). Il est organisé par le nombre d'écailles post-orbitales et par côté de profil. Les vues d'ensembles et les carapaces sont également référencées. En complément, des sous-dossiers contenant toutes les photos de chaque capture sont accessibles dans le dossier principal. Ils facilitent le suivi des individus et la comparaison entre les différentes sessions. Ce catalogue a été utilisé pour la réalisation d'une identification manuelle par simple comparaison visuelle lorsque celle-ci n'était pas possible avec la plateforme TORSOOI.

#### b) Via la méthode des marques spéciales

Lorsque seule une vue dorsale de la tortue a été capturée, l'identification via le logiciel TORSOOI n'est pas possible, celui-ci ne s'appuyant que sur les profils des individus. Toutefois, les motifs présents sur le dessus de la tête et sur la carapace peuvent également être utilisés comme éléments d'identification (Lloyd et al. 2012, Long & Azmi 2017). Ainsi, la méthode des "marques spéciales", développée à Saint-Barthélemy (Questel 2025), a été retenue en complément du catalogue.

Elle repose sur le codage des marques naturelles et des cicatrices situées sur la partie dorsale de la tortue, propres à chaque individu (Annexe 10). Ces codes sont ensuite intégrés à la base de données et permettent une reconnaissance rapide de l'individu.

## 2.4 Bancarisation des données

L'ensemble des données collectées lors des sorties terrain a été bancarisé dans une base de données sous le logiciel Microsoft Excel (Microsoft 2023). Celle-ci regroupe également les données obtenues après le traitement des photographies (SCL, marques spéciales, etc.), ainsi que celles extraites suite à la bancarisation sur la plateforme TORSOOI (nom, identité, etc.). Cette base de données a été conçue dans le but de réduire les erreurs de saisie et d'améliorer la lisibilité des données, afin de garantir un accès simple et rapide aux agents de l'AGRNSM. Les fiches terrain sont datées, numérotées et archivées une fois les données saisies.

## 2.5 Sciences participatives

Dans le cadre de cette étude, un programme de sciences participatives a également été instauré afin d'augmenter le nombre de données disponibles et de favoriser l'implication de la population locale. Les citoyens sont ainsi invités à transmettre des photos ou vidéos de tortues marines, susceptibles d'être utilisées pour la photo-identification (Annexe 11). Pour permettre leur traitement, chaque cliché doit être accompagné de la date, du lieu et du nom du photographe. Les clichés exploitables ont été traités et bancarisés selon la méthode présentée précédemment.

## 2.6 Exploration des données et analyses statistiques

### 2.6.1 Etude du comportement lors de l'approche

Afin de tester si le comportement des tortues lors de l'approche d'un plongeur dépend du site, un test exact de Fisher a été réalisé, les données ne suivant pas une distribution normale (tests de Shapiro-Wilk ;  $p = 0,0064^{**}$  ). Le seuil de significativité a été fixé à 5 %.

### 2.6.2 Répartition spatiale et utilisation de l'habitat

La répartition spatiale et l'utilisation de l'habitat ont été étudiées en analysant la position GPS des tortues observées durant la période de l'étude en fonction du substrat associé. Les cartographies des fonds marins associées à ces sites ont été réalisées et fournies via la société i-Sea dans le cadre du projet ReCorEA (Résilience des récifs Coralliens et des Ecosystèmes Associés) mené par l'AGRNSM (i-Sea 2024). Les résultats de la répartition spatiale des tortues marines sont présentés

uniquement pour les stations du Rocher Créole et de Baie Blanche, en raison du nombre insuffisant de données collectées sur les autres stations. Le système d'information géographique QGIS (QGIS Development Team 2024) a été utilisé pour la réalisation des cartes.

### **2.6.3 Estimation de la taille de population par la méthode CMR**

Les estimations de la taille des populations ont également été effectuées seulement pour les stations du Rocher Créole et de Baie Blanche, les données recueillies sur les autres stations étant insuffisantes. Les différentes sessions de terrain ont permis de définir plusieurs “occasions de capture”, rendant possible l’établissement d’“histoires de capture” pour chaque individu observé sur ces deux stations. Celles-ci se caractérisent par une suite binaire avec, pour chaque session, l’attribution d’un chiffre “0” si l’individu n’était pas observé et “1” s’il est observé. De ce fait, il a été supposé que tous les individus n’ont pas été systématiquement observés à chaque occasion de capture. En l’absence d’observation de migration entre les stations, et compte tenu de leur éloignement géographique, le Rocher Créole et Baie Blanche ont été considérés comme deux populations distinctes sur le temps de l’étude. Ainsi, la fermeture démographique de ces populations a été testée à l’aide du test de fermeture de Stanley & Burnham (1999), via le logiciel CloseTest (Stanley & Richards 2005). Les estimations de la taille des populations ont été réalisées via le logiciel R Studio (R Core Team 2024) avec les fonctions *openp* (population ouverte) et *close.dp* (population fermée) du package “Recapture”. Dans le cas des populations ouvertes, l’estimation de l’effectif repose sur le modèle de capture de Jolly-Seber (Jolly 1965, Seber 1965), qui intègre les changements démographiques de la population entre les différentes sessions d’échantillonnage. Dans le cas des populations fermées, douze modèles ont été testés pour estimer l’effectif en tenant compte de différents effets : M0 (détectio[n] homogène), Mh (détectio[n]s hétérogènes suivant des lois de distribution de Chao, Poisson, Gamma ou Darroch), Mt (détectio[n]s hétérogènes en fonction du temps), Mb (probabilité de capture varie après la première capture (“effet du piège”)), Mth (détectio[n]s hétérogènes suivant des lois de distribution de Chao, Poisson, Gamma ou Darroch en fonction du temps et entre individus) et Mbh (combinaison des modèles Mb et Mh).

### **2.6.4 Fidélité au site**

Dans le but d’étudier la fidélité des tortues observées, les individus photo-référencés lors d’une précédente étude (Safi et al. 2020) ont été comparés à ceux identifiés sur la station de Baie Blanche, seule station disposant de données antérieures. Ces clichés ont été triés et bancarisés selon la méthode précédemment établie.

# 3. Résultats

## 3.1 Bilan des sessions terrain

Au total, 26 sessions de terrain ont été menées entre décembre 2024 et avril 2025, dont 4 selon le protocole embarqué. Le temps de prospection, tous sites confondus, s'élève à 27h20 en décembre<sup>1</sup>, 5h04 en février, 3h43 en mars et 12h18 en avril (dont 2h29 en protocole embarqué pour ce mois) (Tableau 1).

Le taux moyen d'observations par heure d'échantillonnage s'élève à 3,99 à Baie Blanche, 2,19 à North Cove, 2,24 au Rocher Créole, 1,46 à Ponton Grand Case, 0,59 à Pinel, 0,19 à Caye Verte et 4,21 à Anse Marcel (Tableau 1).

Sur les 122 observations, tous sites confondus, 78 ont permis d'obtenir des photographies exploitables pour la photo-identification, dont 65 en protocole apnée et 13 en protocole embarqué (Tableau 1). Seuls 7 individus n'ont pu être identifiés, en raison de la qualité insuffisante des images.

Tableau 1 : Résumé des campagnes de terrain de photo-identification selon les deux protocoles testés en fonction des différents sites et stations prospectés (BBL correspondant à la station Baie Blanche, NCO à North Cove, RCR à Rocher Créole, GCA à Ponton Grand Case, PIN à Pinel et CVE à Caye Verte).

	Tintamarre		Grand Case		Baie Orientale		Anse Marcel	Total
	BBL	NCO	RCR	GCA	PIN	CVE		
Nombre de sessions protocole apnée	4	3	5	2	1	4	3	<b>22</b>
Nombre de sessions protocole embarqué	2	1	1	0	0	0	0	<b>4</b>
Temps de prospection en heures (protocole apnée)	12.20	4.48	9	4.10	3.40	5.41	6.17	<b>45.56</b>
Temps de prospection en heures (protocole embarqué)	1.45	0.09	0.36	0	0	0	0	<b>2.29</b>
Nombre total d'observations (protocole apnée + embarqué)	56	10	21	6	2	1	26	<b>122</b>
Nombre d'observations par heure d'échantillonnage	3,99	2,19	2,24	1,46	0,59	0,18	4,21	
Nombre de tortues photographiées (protocole apnée)	35	4	16	3	0	1	6	<b>65</b>
Nombre de tortues photographiées (protocole embarqué)	12	0	1	0	0	0	0	<b>13</b>

<sup>1</sup> Les sessions menées en décembre ont été réalisées en collaboration avec l'Agence Territoriale de l'Environnement (ATE) de Saint-Barthélemy, dans le but de former les agents de l'AGRNSM aux méthodes de photo-identification. Lors de ces sorties, seuls les profils des tortues observées ont été relevés, sans collecte de données complémentaires.

Sur la plupart des stations, la majorité des tortues ont pu être identifiées, en particulier à Baie Blanche et au Rocher Créole, où 86,8 % en moyenne des observations ont permis d'obtenir une photographie exploitable pour l'identification (Figure 6). À l'inverse, la station de North Cove et le site d'Anse Marcel présentent une faible proportion d'individus photographiés, avec seulement 27,5 % des observations en moyenne donnant lieu à des images exploitables pour l'identification.

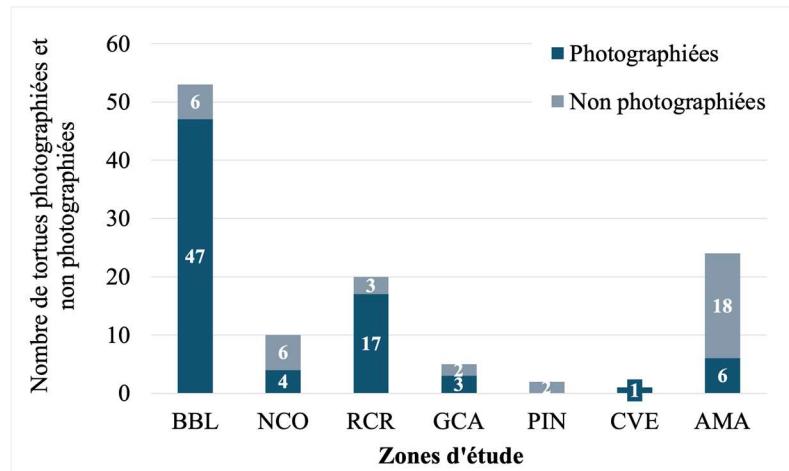


Figure 6 : Distribution des tortues photographiées<sup>2</sup> et non photographiées sur les stations et sites d'études prospectés (AMA correspondant au site d'Anse Marcel).

Parmi les 65 observations de tortues photo-référencées en apnée, tous sites confondus, 38 (58,5%) ont permis d'obtenir un profil complet de l'individu (profil gauche, profil droit et vue dorsale de la tortue) (Figure 7). Les 27 observations restantes (41,5%) présentent des profils incomplets, c'est-à-dire qu'au moins un des trois profils n'a pas été capturé. De même, les 13 observations réalisées en protocole embarqué ont toutes conduit à des profils incomplets.

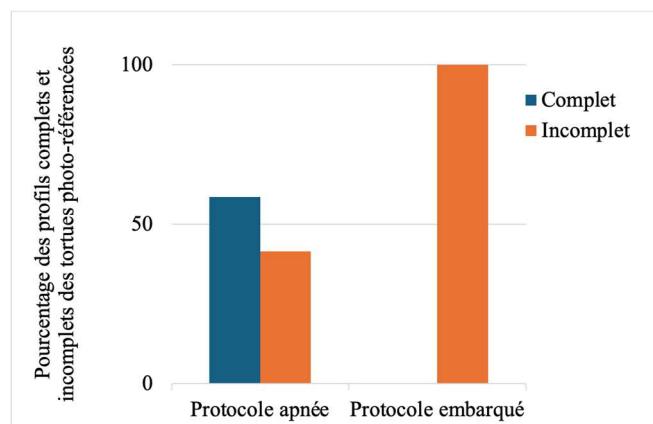


Figure 7 : Représentation du pourcentage total des tortues photo-référencées présentant une identification complète ou incomplète en fonction des protocoles testés.

<sup>2</sup> Seul le nombre de photographies exploitables est présenté dans cette figure.

Seule l'espèce *Chelonia mydas* (tortue verte) a été observée au cours des différentes missions de terrain. Les photographies collectées sur l'ensemble des sites ont permis d'identifier 35 individus distincts. Parmi eux, 16 ont été recensés à Baie Blanche, 3 à North Cove, 6 au Rocher Créole, 3 à Ponton Grand Case, 1 à Caye Verte et 8 à Anse Marcel.

### 3.2 Comportement lors de l'approche

La réaction lors de l'approche ne dépend pas significativement du site (test exact de Fisher ;  $n = 44$  ;  $p = 0,1961$ ). Bien qu'aucune différence significative n'ait été constatée statistiquement, les comportements de déplacement<sup>3</sup> restent les plus fréquemment observés lors de l'approche des tortues (79,5%) (Figure 8). Par ailleurs, les comportements de fuite tendent à être majoritaires sur les stations de Baie Blanche, du Rocher Créole et sur le site d'Anse Marcel, la fuite représentant plus de la moitié (66,6 %) des réactions observées. À ce jour, seules les stations de Baie Blanche et du Rocher Créole présentent également d'autres types de comportements<sup>4</sup> lors de l'approche, tels que l'alimentation ou le repos.

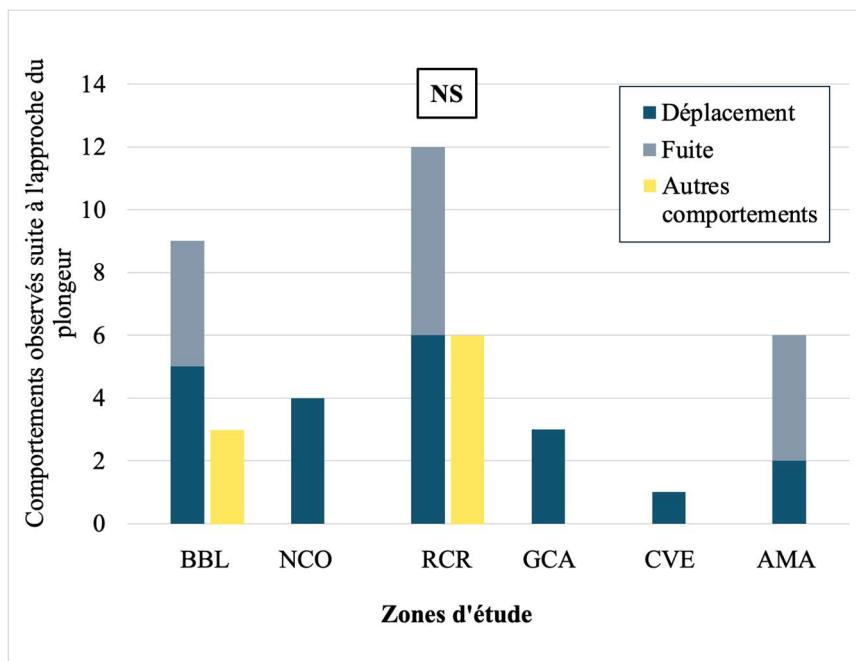


Figure 8 : Distribution des comportements observés suite à l'approche de la tortue en fonction des stations et sites d'études prospectés avec mise en évidence des comportements de fuite dans les comportements de déplacement (“NS” = non significatif).

<sup>3</sup> La catégorie “déplacement” regroupe les déplacements liés à la respiration, les déplacements simples, les fuites ainsi que les déplacements moyens suivis d'une reprise d'activité.

<sup>4</sup> La catégorie “autres comportements” inclut les comportements d’interaction, de repos et d’alimentation.

### 3.3 Impact du protocole apnée sur le comportement des tortues marines

Sur l'ensemble des stations et sites prospectés, les plongeurs ont estimé que 28 des 42 observations, soit 66,6 %, ont entraîné un dérangement<sup>5</sup> des individus dans leur activité lors des approches en apnée. Des approches estimées “sans dérangement” n'ont été observées que sur les stations de Baie Blanche et du Rocher Créole (Figure 9).

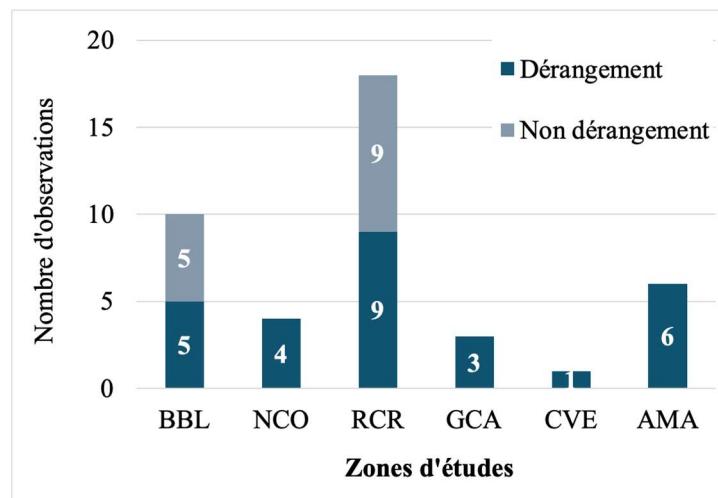


Figure 9 : Distribution des cas de dérangement et de non dérangement suite à l'approche du plongeur en fonction des stations et sites d'études prospectés.

### 3.4 Structure des populations des tortues marines observées

#### 3.4.1 Classes de taille et sexe des individus

En l'absence de données collectées lors des sessions de décembre, seules 42 observations, tous sites confondus, ont pu être réalisées avec la présence de l'étaillon de mesure. Parmi elles, 19 ont permis une mesure précise de la SCL de la carapace des tortues, tandis que 20 n'ont pu être estimées que visuellement.

Les trois classes de taille ont été observées au cours des sessions de terrain, cependant la majorité des observations ont porté sur des individus juvéniles : 36 individus de la classe [0-65[ (juvéniles), 1 individu de la classe [65-90[ (subadultes) et 2 individus de la classe +90 (adultes). Les deux individus adultes ont été observés sur le site d'Anse Marcel.

L'identification du sexe n'a été possible que pour les individus adultes, les juvéniles et subadultes ne présentant pas encore de caractères sexuels externes suffisamment développés pour permettre une distinction visuelle. Les deux adultes observés ont été identifiés comme étant des femelles.

<sup>5</sup> Un dérangement a été considéré lorsqu'une tortue modifiait son activité suite à l'approche du plongeur.

### 3.4.2 Etat de santé des individus

Sur l'ensemble des sites échantillonnés, aucune tortue marine observées ne présentait de tumeurs cutanées, signes caractéristiques d'une infection par la fibropapillomatose. Par ailleurs, une seule tortue blessée a été recensée à ce jour. Observée sur la station de Ponton Grand Case, elle présentait une morsure au niveau de la carapace.

## 3.5 Répartition spatiale et utilisation de l'habitat

### 3.5.1 Répartition spatiale

#### a) Baie blanche

Sur les 39 observations réalisées à Baie Blanche en protocole apnée, seules 10 ont permis de relever la position GPS des tortues observées. Tous les individus concernés étaient des juvéniles de petite taille (SCL < 50 cm). L'analyse des points GPS (Figure 10) montre que ces individus semblent se répartir le long de la frange séparant l'herbier de la zone sableuse, principalement en avant du site, à proximité de la plage et à de faibles profondeurs.

#### b) Rocher Créole

Sur les 19 observations réalisées en apnée au Rocher Créole, 18 ont permis de relever la position GPS des tortues. L'analyse spatiale (Figure 10) montre que la quasi-totalité de ces individus se regroupe dans une zone précise, au milieu de l'herbier et des zones sableuses, au sud-ouest du site. Un seul individu a été observé plus au nord, sur un substrat rocheux.

### 3.5.2 Utilisation de l'habitat

#### a) Baie blanche

À Baie Blanche, 70 % des individus localisés se trouvaient au niveau d'un herbier lors du premier contact visuel. Les tortues observées fréquentent une diversité de types d'herbiers : des herbiers monospécifiques ou mixtes à espèces indigènes telles que *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* (20%), mais aussi des herbiers dominés par l'espèce invasive *Halophila stipulacea* (10%) (Figure 10). Certaines se répartissent également sur des zones d'herbiers en recolonisation, majoritairement composées de *Halodule wrightii* (40%). En revanche, les individus observés en alimentation dès le premier contact visuel se distribuent principalement sur les fonds sableux.

## b) Rocher Créole

Au Rocher Créole, 66,6 % des individus localisés ont été observés au niveau d'un herbier lors du premier contact visuel. Les tortues fréquentent exclusivement des herbiers mixtes composés d'espèces indigènes telles que *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* (Figure 10). Environ 22,2 % des individus se répartissent sur des fonds sableux à sablo-vaseux. Par ailleurs, les comportements d'alimentation observés dès le premier contact visuel concernent majoritairement des individus présents sur les herbiers mixtes (87,5 %), tandis qu'une minorité se nourrit sur les substrats sableux à sablo-vaseux (12,5 %).

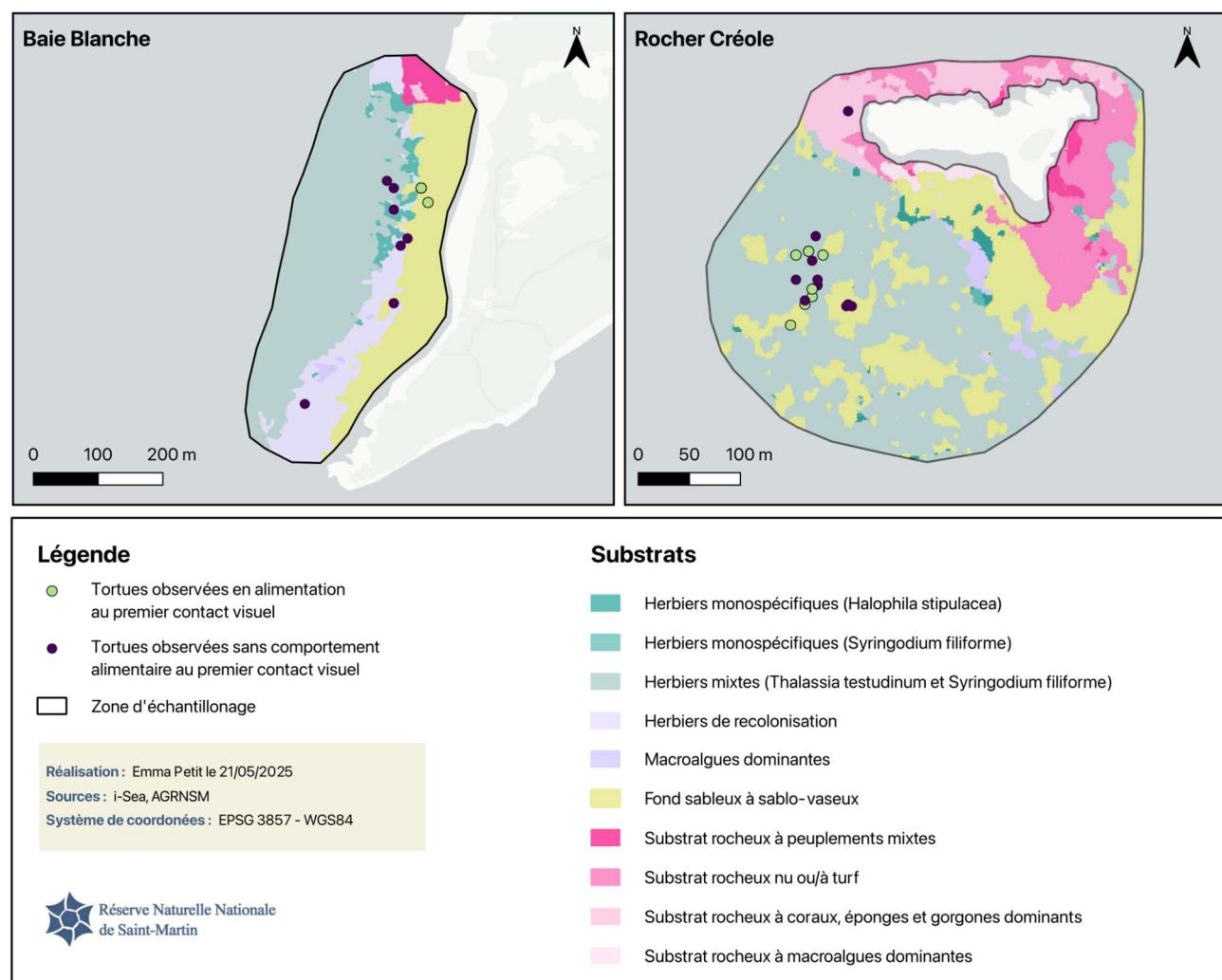


Figure 10 : Carte de la répartition des tortues marines et des substrats dominants observés sur les stations de Baie Blanche et Rocher Créole, avec mise en évidence des individus en alimentation au premier contact visuel (en vert).

## 3.6 Estimation de l'effectif des populations

### a) Baie blanche

Le test de fermeture de Stanley & Burnham (1999), effectué à l'aide du logiciel CloseTest, indique que la population de tortues marines de Baie Blanche n'est pas fermée ( $\chi^2_c = 18,3471$  ;  $ddl = 7$  ;  $p = 0,0105$  \*). Cette population est donc ouverte sur l'échelle temporelle considérée.

L'effectif total de cette population a ainsi été estimé, sur la période d'étude, à **18 ± 2,3 individus** ; IC95% [13,49 ; 22,51].

#### **b) Rocher Créole**

Le test de fermeture de Stanley & Burnham (1999), effectué à l'aide du logiciel CloseTest, indique que la population de tortues marines du Rocher Créole est fermée à l'échelle temporelle considérée ( $\chi^2_c = 1,0196$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,6006$ ).

Sur les douze modèles testés, le modèle Mt a été sélectionné pour l'estimation de l'effectif de la population, en raison de sa plus faible valeur d'AIC, inférieure d'au moins 2 unités à celles des autres modèles. Ce modèle suppose que tous les individus ont une probabilité de capture identique au sein d'une session, mais que cette probabilité peut varier d'une session à l'autre. L'effectif de la population, sur la période étudiée, est ainsi estimé à **6,2 ± 0,5 individus** ; IC95% [5,22 ; 7,18].

### **3.7 Fidélité au site**

Les données fournies par le bureau d'étude Aquasearch ont permis d'identifier 11 individus distincts sur le site de Baie Blanche, entre novembre 2019 et janvier 2020 (Safi et al. 2020). Toutefois, aucune correspondance n'a été relevée après la comparaison avec les individus échantillonnés en 2025. Les tortues observées en 2019-2020 sont donc différentes de celles recensées dans le cadre de la présente étude. Ces résultats suggèrent que la fidélité au site d'alimentation à Baie Blanche ne dépasse pas cinq ans.

Par ailleurs, aucune correspondance n'a été identifiée lors de l'intégration des individus dans la base de données TORSOOI. Les tortues observées durant cette étude n'ont donc, pour l'instant, pas été recensées sur d'autres sites de l'île, ni par d'autres structures dans la Caraïbe.

## 4. Discussion

### 4.1 Faisabilité et pertinence des protocoles déployés

Les mauvaises conditions météorologiques en février et mars, ainsi que l'indisponibilité des agents scaphandriers sur cette période, n'ont pas permis de réaliser davantage de sessions de terrain. Cependant, malgré un manque de données, quelques tendances peuvent déjà être observées. À ce jour, certaines stations semblent peu propices à l'observation de tortues marines, malgré la présence d'herbiers marins. C'est notamment le cas de Caye Verte et Pinel, où le nombre d'observations par heure d'échantillonnage est inférieur à 1. Si ces tendances sont observées à l'avenir, le choix des sites pourrait être reconcidéré. Par ailleurs, certaines stations et certains sites ne semblent pas permettre la prise de photos exploitables pour l'identification, notamment à North Cove et Anse Marcel, où seulement 27,5 % des observations en moyenne permettent d'obtenir des images exploitables. En effet, bien que la réaction lors de l'approche ne dépende pas significativement du site, les comportements de déplacement et de fuite restent les plus fréquemment observés lors de l'approche, notamment à Anse Marcel, ce qui complique la prise de photos exploitables. A l'inverse, les stations de Baie Blanche et du Rocher Créole semblent plus favorables à la photo-identification, où 86,8 % en moyenne des observations ont permis d'obtenir une photographie exploitable. Par ailleurs, des comportements autres que des déplacements lors de l'approche, ainsi que des cas de non-dérangement, n'ont été observés que sur ces deux stations. Cela pourrait suggérer que certains individus présentent une certaine habituation à la présence humaine, un phénomène déjà rapporté en Guadeloupe (Pauwels 2024). Ce constat peut notamment s'expliquer par le fait que ces deux stations figurent parmi les plus fréquentées par les touristes et les opérateurs (Safi et al. 2020).

Parmi les choix méthodologiques adoptés pour ce suivi, le protocole apnée se distingue par plusieurs avantages notables. Il permet en effet de collecter de nombreux paramètres tels que les coordonnées GPS, la taille ou encore le comportement des individus, éléments essentiels pour assurer un suivi efficace des populations. De plus, il facilite l'acquisition de profils complets, contrairement au protocole embarqué. Cependant, cette méthode présente quelques limites qu'il est important de prendre en compte. En effet, sur l'ensemble des observations réalisées, 66,6 % ont donné lieu à un dérangement lié à l'approche des plongeurs. Bien que ce type de perturbation n'entraîne pas de mortalité directe, la fréquence élevée de ces comportements perturbateurs pourrait avoir un impact négatif important sur les tortues marines. Associée aux autres perturbations déjà existantes, elle peut provoquer du stress, engendrer un coût énergétique et à terme, la désertion des zones d'alimentation (Hunt et al. 2016, Hayes et al. 2017).

Le protocole embarqué constitue une alternative intéressante, car il permet de réaliser la photo-identification en cas de conditions météorologiques défavorables à l'observation subaquatique. Il présente également l'avantage de mobiliser moins d'agents et ne nécessite pas la présence d'un plongeur scaphandrier. Par ailleurs, sa mise en place demande peu de matériel et de temps, ce qui le rend facilement intégrable aux déplacements effectués pour d'autres missions, un atout non négligeable dans un contexte où les effectifs et les moyens de l'AGRNSM sont limités. Cependant, la méthode embarquée ne permet de photographier que les profils des individus, ce qui limite l'acquisition de certaines données collectées via le protocole en apnée. Cette contrainte empêche ainsi d'avoir une vision complète de la structure des populations. De plus, il est très difficile d'obtenir un profil complet de l'individu, 100 % des observations ayant abouti à des profils incomplets. Le profil d'une même tortue présentant une asymétrie, l'acquisition d'un seul côté peut introduire un biais dans l'identification si seul l'autre profil est enregistré, rendant toute comparaison impossible. Par ailleurs, les photos obtenues via le protocole embarqué ne permettent, dans la majorité des cas, qu'une vue partielle des écailles du profil, ce qui les rend inexploitables par la plateforme TORSOOI.

Ainsi, bien que certaines tendances commencent à se dessiner, il reste essentiel de poursuivre le suivi sur l'ensemble des stations et sites prospectés, le nombre de données collectées étant encore insuffisant pour les confirmer. Par ailleurs, si le protocole embarqué constitue une alternative pertinente, il convient de privilégier autant que possible le protocole apnée, qui permet d'obtenir des données clés pour le suivi et la caractérisation des populations de tortues marines à Saint-Martin.

## 4.2 Utilisation de la plateforme TORSOOI : bilan et alternatives

La méthode développée par Kélonia sur la plateforme TORSOOI est une méthode semi-assistée qui nécessite la validation de l'homme dans l'identification des individus (Jean et al. 2010). Suite à la réalisation d'un premier tri automatique, ce logiciel présente l'avantage de faciliter la comparaison simultanée de plusieurs individus en fonction de la similarité de leur profil, ce qui s'avère particulièrement utile en présence d'un grand volume de données (Papafitsoros et al. 2024). En effet, cet avantage fait défaut au catalogue, qui, bien qu'il propose déjà un certain tri, ne présente pas les clichés les plus ressemblants en priorité. À ce jour, peu de tortues ont été identifiées dans le cadre de cette étude, mais ce nombre est susceptible d'augmenter au cours des prochains suivis. La plateforme TORSOOI permet ainsi de réduire considérablement le temps consacré à la comparaison des clichés pour l'identification des individus. L'un des atouts majeurs de ce logiciel réside également dans sa capacité à standardiser les données collectées dans le cadre de différents programmes de suivi et à en faciliter le partage et le traitement à large échelle, un aspect particulièrement pertinent pour

l'étude d'espèces migratrices. La plateforme TORSOOI favorise ainsi le travail collaboratif à distance entre différentes structures.

Cependant, l'utilisation de ce logiciel présente certaines limites qu'il est important de prendre en compte. Si la comparaison des clichés y est globalement plus rapide que via le catalogue, la plateforme TORSOOI nécessite un prétraitement systématique de chaque photographie avant toute comparaison à la base de données, un travail qui peut s'avérer long et répétitif (Jean et al. 2010). À cela s'ajoute la dimension subjective du détourage pouvant affecter la fiabilité de l'identification. De plus, l'appariement automatique est limité lorsque les photographies sont de mauvaise qualité. En effet, certaines images sont inexploitables par le logiciel, les contours des écailles étant trop flous pour être correctement détournés. Certains individus et correspondances n'ont donc pas pu être intégrés à la plateforme. Une mauvaise qualité d'image peut également biaiser le détourage manuel des écailles, entraînant l'attribution d'un code erroné à la base de données, et donc la proposition de profils dont le code s'écarte de la réalité. Un autre inconvénient réside dans la nécessité d'utiliser des photographies prises selon un angle spécifique, perpendiculaire aux écailles, afin de visualiser l'intégralité du profil. Sans cela, le détourage des écailles est incomplet. De plus, le logiciel ne permet pas d'attribuer un code lorsque moins de sept écailles sont visibles. La méthode d'identification via TORSOOI n'est donc pas adaptée au protocole embarqué, dans lequel l'acquisition d'un profil complet est rarement possible (Figure 3.B). Par ailleurs, le logiciel se base uniquement sur la configuration des écailles visibles sur les profils droit et gauche (Jean et al. 2010), sans prendre en compte celles situées sur le dessus de la tête ou sur la carapace. Cette contrainte limite son utilisation dans le cadre du suivi mené à Saint-Martin, où la majorité des tortues sont en déplacement, rendant difficile la prise des profils en photo. Enfin, il est probable que la mise en place du programme de sciences participatives génère des clichés non exploitables pour TORSOOI, en raison d'une qualité insuffisante, d'un mauvais cadrage ou d'une prise de vue uniquement dorsale.

Le logiciel TORSOOI reposant sur un système de codage unique (Annexe 12.a), constitue l'une des méthodes utilisées pour la photo-identification des tortues marines, mais d'autres alternatives existent palliant aux limites de ce logiciel. Parmi les approches semi-automatiques, la méthode de comparaison par points caractéristiques (Annexe 12.b), mise en œuvre notamment via le logiciel I3S (Van Tienhoven et al. 2007, Dunbar et al. 2014), permet d'analyser non seulement les profils, mais aussi les écailles des nageoires pectorales et dorsales. Toutefois, cette méthode reste elle aussi sensible à la qualité et à l'angle des photographies (Papafitsoros et al. 2024). D'autres méthodes, dites automatiques, reposent sur l'analyse de points clés (points SIFT : zones caractéristiques du corps de l'animal et qui ne varie pas avec l'angle de vue) et nécessitent peu ou pas de prétraitement. Ces

approches sont largement utilisées par le logiciel HotSpotter, qui offre la possibilité de traiter des photographies floues ainsi que des vues dorsales (Crall et al. 2013, Dunbar et al. 2021) (Annexe 12.c). Récemment, l'intelligence artificielle a été introduite comme nouvel outil dans la photo-identification des tortues marines (Cermak et al. 2024, Otarashvili et al. 2024, Adam et al. 2025) (Annexe 12.d). Basée sur des “réseaux de neurones”, elle s’entraîne sur de grands ensembles de données pour apprendre à reconnaître automatiquement les motifs distinctifs présents sur les profils des individus. Il a notamment été démontré qu’elle peut détecter des similarités entre les deux profils d’une même tortue, améliorant ainsi l’identification même lorsqu’un seul côté est disponible (Adam et al. 2025). Ces avancées marquent une étape importante, en dépassant les limites des méthodes classiques qui se limitaient à comparer les photos d’un même côté.

### 4.3 Mise en place d’un programme de sciences participatives

Par ailleurs, cette étude a constitué une première étape dans la mise en place et la diffusion d’un programme de sciences participatives. L’AGRNSM souhaite désormais étendre ce dispositif à une plus large échelle, en impliquant la population locale, à l’instar du programme de Kelonia à La Réunion, dont l’efficacité est démontrée depuis plusieurs années (Carpentier et al. 2016). Ce programme vise également à renforcer les collaborations avec les clubs de plongée de Saint-Martin, l’intégration des données issues de la plongée récréative ayant montré son intérêt pour le suivi des tortues marines dans de nombreuses études (Bell et al. 2008, Williams et al. 2015, Carpentier et al. 2016). Ce programme contribuera également à la collecte de données quasi continues sur un large éventail de sites, tout en renforçant la sensibilisation et l’implication du grand public dans l’étude et la conservation de ces espèces menacées (Jean et al. 2010, Hudgins et al. 2017), notamment dans un contexte où les effectifs et les moyens de l’AGRNSM sont limités.

À ce jour, peu de photos ont été reçues, malgré la présentation du projet à la télévision locale, dans la presse, auprès des clubs de plongée et lors des réunions d’information organisées par l’AGRNSM. Une diffusion supplémentaire via les réseaux sociaux et les entreprises partenaires est prévue afin de toucher un public plus large.

Cependant, lancer une campagne de sciences participatives peut aussi s’avérer néfaste sur le comportement naturel des tortues marines. La recherche de photos exploitables peut favoriser les citoyens à transgresser les précautions habituellement prises pour protéger les espèces menacées et entraîner des comportements de dérangements (Read & Jean 2021). En effet, plusieurs études ont mis en évidence les effets négatifs que peut entraîner la participation de personnes non-formées sur les espèces marines suivies (Schaffar et al. 2013, Hayes et al. 2017). Il est donc essentiel d’associer

chaque action de communication à des messages de prévention et de sensibilisation, afin de rappeler la réglementation en vigueur et de garantir une approche non invasive.

#### 4.4 Répartition spatiale et utilisation de l'habitat

La disponibilité, la densité, la distribution et la qualité nutritionnelle des ressources peut définir la taille des sites d'alimentation sélectionnés par les tortues en fonction de leur stade de développement et de leurs besoins énergétiques (Seminoff et al. 2002, Van de Merwe et al. 2009, Christiansen et al. 2017). Ainsi, les individus exploitant des habitats de qualité nutritionnelle et de densité d'herbier marins plus importants occupent de plus petites zones (Mendonça 1983, Renaud et al. 1995, Whiting & Miller 1998, Seminoff et al. 2002)

On sait par ailleurs que *C. mydas* se nourrit de manière sélective, entretenant des "parcelles de pâturages" de jeunes brins de *T. testudinum*, composante principale du régime alimentaire des tortues vertes dans les Caraïbes (Bjorndal 1980, Bjorndal 1997). En effet, les herbiers pâturés présentent des niveaux de lignine beaucoup plus faibles et des taux de protéines plus élevés que dans les parcelles non pâturées. De faibles niveaux de lignine sont associés à une meilleure digestibilité. Ainsi, l'efficacité digestive des tortues vertes est améliorée par leur comportement alimentaire spécialisé (Bjorndal 1980). De plus, une alimentation plus riche en protéines favoriserait le taux de croissance entraînant une maturité sexuelle plus précoce (Caldwell 1962).

Ainsi, la zone restreinte occupée par les tortues vertes au sud-ouest du Rocher Créolet pourrait refléter la présence de ressources plus riches et plus rentables qu'ailleurs. Composée majoritairement d'herbiers mixtes dominés par *T. testudinum*, cette zone pourrait correspondre à une parcelle de pâturage où l'activité de broutage des tortues favorise le développement de jeunes pousses riches en protéines, contribuant ainsi à leur croissance et à l'accumulation de réserves nécessaires à leur première migration.

Par ailleurs, les résultats de la répartition spatiale des tortues marines à Baie Blanche semblent confirmer ceux mis en évidence dans l'étude de Safi et al. (2020) sur cette même station. Les tortues vertes dont la SCL ne dépasse pas 50 cm sont réparties en avant de l'herbier, plus proche de la plage, à de faibles profondeurs. En raison du manque de données sur le comportement alimentaire des tortues vertes sur cette station, l'interprétation des résultats reste délicate. Cependant, Safi et al. (2020) avaient déjà observé une répartition des individus en fonction de leur taille, les plus petites tortues (SCL < 50 cm) se concentrant près du rivage, où elles consommaient principalement de jeunes pousses de *S. filiforme*, riches en protéines et pauvres en lignine. A l'inverse, les tortues de plus de 50 cm de SCL se nourrissent en arrière de l'herbier, sur des parcelles mixtes de *T. testudinum*.

Cette répartition pourrait aussi être liée à la température, un facteur déterminant pour les ectothermes comme les tortues marines, car elle influence leurs fonctions physiologiques (Mrosovsky 1980, Spotila et al. 1997, Seebacher & Franklin 2005), en particulier la digestion, dont l'efficacité augmente avec la température (Parmenter 1980, Wikelski & Hau 1995). Chez les tortues marines, les capacités digestives sont plus importantes chez les adultes que chez les juvéniles en raison de la flore intestinale incomplète de ces derniers (Bjorndal 1997). Comme démontré par Ballorain (2010) à Mayotte, les tortues juvéniles observées à Baie Blanche pourraient ainsi passer une importante partie de leur temps dans des eaux moins profondes, plus chaudes et près du rivage pour améliorer leur taux de digestion.

De plus, il a été montré que l'espèce envahissante *H. stipulacea* est plus facilement digestible que les espèces indigènes, malgré une valeur nutritionnelle plus faible (Siegwalt 2021, Siegwalt et al. 2022). À Baie Blanche, les herbiers natifs, affaiblis par le cyclone Irma (2017) et une pression d'ancrage constante, sont envahis par cette espèce invasive, notamment à l'avant de la plage (Lelong et al. 2024). Bien qu'aucun comportement d'alimentation sur *H. stipulacea* n'ait été observé, sa digestibilité pourrait expliquer la présence préférentielle des juvéniles en avant du site.

#### 4.5 Estimation de la taille des populations

La population du Rocher Créole a été considérée comme fermée sur l'échelle de temps choisie. Aucun changement démographique (naissance, mortalité, immigration ou émigration) n'a donc été supposé pendant la durée de l'étude, à l'inverse de la population de Baie Blanche. Avec des estimations de  $18 \pm 2,3$  individus à Baie Blanche et de  $6,2 \pm 0,5$  individus au Rocher Créole, les effectifs peuvent sembler relativement faibles comparés à ceux rapportés sur d'autres sites aux surfaces similaires dans les Caraïbes, tels que la Baie de Malendure en Guadeloupe, avec  $84,8 \pm 2,8$  individus recensés (Higuero 2015). Il est maintenant établi que les tortues marines ont connu un fort déclin dans les Caraïbes depuis le milieu du XXème siècle. Cependant, ces différences pourraient aussi s'expliquer par des facteurs locaux, tels que la fréquentation humaine, la qualité des habitats ou les conditions écologiques propres à chaque site.

Il serait ainsi pertinent de poursuivre ce suivi sur le long terme afin de mieux comprendre l'évolution de ces populations au cours du temps. En répétant les sessions de recapture, il serait possible de détecter des tendances démographiques (augmentation, déclin, stabilité), mais aussi d'estimer d'autres paramètres clés comme les taux de survie, de mortalité ou de croissance individuelle, offrant une vision plus complète de la dynamique des populations et permettant ainsi de mieux évaluer leur état de conservation. De plus, l'importance du suivi des stades juvéniles, principal stade observé durant cette étude, en plus des femelles adultes, est reconnue depuis de nombreuses

années (Bacon et al. 1984, Bjorndal & Bolten 2000, Bjorndal et al. 2005). En effet, la survie des juvéniles conditionne directement le recrutement futur des individus reproducteurs et donc le renouvellement des populations (Heppell et al. 2000, Bjorndal et al. 2005).

## 4.6 Fidélité au site

Il est connu que les tortues vertes adultes présentent un certain degré de fidélité à leur site d'alimentation, cette fidélité se produisant sur de longues périodes pouvant aller jusqu'à 29 ans (Broderick et al. 2007, Shimada et al. 2020). En effet, elles se nourrissent principalement de ressources benthiques (herbiers marins et macro-algues), dont l'abondance est souvent relativement stable dans certaines zones (Duarte & Chiscano 1999), contrairement aux espèces se nourrissant de proies pélagiques dont la disponibilité est plus variable et éphémère. Ainsi, les sites d'alimentation déjà connus et précédemment utilisés seraient plus avantageux à long terme. Par ailleurs, les coûts métaboliques liés à une autre migration vers un site d'alimentation inconnu représentent un risque pour la survie des individus, surtout si les ressources disponibles sur cette nouvelle zone sont instables. Les tortues marines semblent donc adopter une stratégie à faible risque, assurant leur survie à long terme en restant dans des environnements familiers (Schofield et al. 2010, Shimada et al. 2020).

Dans cette étude, seuls des individus juvéniles ont été observés sur la station de Baie Blanche, et l'absence de concordance avec les sites et îles voisines renforce l'hypothèse d'une fidélité marquée à cette zone d'alimentation. Cependant, l'absence de correspondance entre les individus observés en 2019-2020 indique que cette fidélité ne dépasse pas cinq ans.

Plusieurs études ont montré que les tortues vertes juvéniles utilisent des sites d'alimentation différents de ceux fréquentés par les adultes (Pilcher 2010, Chambault et al. 2018, Siegwalt et al. 2020). Ainsi, elles exploiteraient une zone d'alimentation temporaire pendant plusieurs années avant de migrer vers d'autres sites. L'étude menée par Siegwalt et ses collaborateurs (2020) met en évidence ce phénomène dans les Petites Antilles et notamment en Martinique. Elle suggère que les tortues vertes juvéniles font preuve d'une forte fidélité à leur site d'alimentation jusqu'à l'approche de la maturité sexuelle, moment où elles quittent la région pour rejoindre des zones d'alimentation et de reproduction utilisées par les adultes (Siegwalt et al. 2020). Cependant, la maturité sexuelle des tortues vertes est généralement atteinte aux alentours de vingt ans (Frazer & Ehrhart 1985, Frazer & Ladner 1986), suggérant que les individus observés à Baie Blanche pourraient quitter la zone bien avant d'y parvenir. Comme montré par Lelong et al. (2024) en Martinique, l'invasion d'*H. stipulacea* sur cette station pourrait favoriser l'installation des petits juvéniles qui privilégieraient cette espèce en raison de sa meilleure digestibilité. En revanche, la dégradation des herbiers indigènes pourrait

limiter l'installation des juvéniles plus âgés et intensifier la compétition avec les adultes déjà présents, entraînant ainsi une émigration plus précoce.

Le site d'alimentation de Baie Blanche pourrait ainsi constituer une zone temporaire d'alimentation pour les tortues vertes juvéniles avant de migrer vers des sites d'alimentation où les ressources sont plus accessibles. Comme les tortues vertes juvéniles de la Martinique, elles pourraient rejoindre les Caraïbes orientales en particulier les plages du Suriname et de Guyane française, ou d'autres sites au nord-ouest des Caraïbes, ainsi que le sud-ouest et sud-est de l'Atlantique (Chambault et al. 2018, Van der Zee et al. 2019).

## 5. Conclusion

Pour conclure, cette étude a permis d'initier un suivi des tortues marines en phase d'alimentation à Saint-Martin. L'approche développée, reposant sur la photo-identification, a permis d'évaluer l'efficacité de deux protocoles de prospection et de permettre la réalisation d'un suivi reproductible à long terme. Bien que l'utilisation de la plateforme TORSOOI pour l'identification des individus puisse soulever certaines critiques, elle présente l'avantage non négligeable de permettre la comparaison des profils avec d'autres bases de données, ouvrant ainsi la possibilité d'identifier des migrations, une fonctionnalité absente des autres outils actuellement disponibles. Ainsi, l'utilisation de cette plateforme reste pertinente, tout en gardant à l'esprit que d'autres alternatives existent. Toutefois, en fonction du type de données collectées ou reçues, un changement d'outil pourrait être envisagé à l'avenir, notamment si les photographies dorsales deviennent majoritaires. De plus, malgré un nombre restreint de données collectées, les résultats obtenus offrent un premier aperçu de la structure des populations observées, de leur répartition spatiale, de leur utilisation de l'habitat, ainsi que de leur fidélité au site. Bien que certaines tendances commencent à se dessiner, il demeure essentiel de poursuivre ce suivi sur le long terme afin d'améliorer progressivement le protocole et d'affiner la sélection des sites. Cette continuité permettra d'obtenir une vision plus complète de la structure et de la dynamique des populations qui, à terme, contribuera à mieux orienter les stratégies de conservation ciblant ces espèces menacées.

Compte tenu des effectifs réduits et des moyens limités de l'AGRNSM, il est recommandé de réaliser le suivi des sites au moins quatre fois par an afin de mieux couvrir les différentes étapes du cycle de vie des tortues marines. De plus, la mise en place d'un programme de sciences participatives constitue une initiative prometteuse, qui pourrait, si elle s'avère efficace, permettre de renforcer la collecte de données et d'améliorer le suivi à long terme.

## Références bibliographiques

Adam L, Papafitsoros K, Jean C, Rees Alf, Čermák V (2025) Exploiting facial side similarities to improve AI-driven sea turtle photo-identification systems. Ecological Informatics:103158

Bacon P, Berry F, Bjorndal K, Hirth H, Ogren L, Weber M (1984) Proceedings of the Western Atlantic Turtle Symposium: Symposium on Sea Turtle Research of the Western Atlantic (Populations and Socioeconomics) 17-22 July 1983, San Jose, Costa Rica. Vol. 2 Appendix 6

Balazs GH (1999) Factors to consider in the tagging of sea turtles. Research and management techniques for the conservation of sea turtles IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication 4:101–114

Ballorain K (2010) Écologie trophique de la tortue verte *Chelonia mydas* dans les herbiers marins et algueraines du sud-ouest de l'océan Indien. Phdthesis, Université de La Réunion, La Réunion

Bartell SM (2006) Biomarkers, Bioindicators, and Ecological Risk Assessment—A Brief Review and Evaluation. Environmental Bioindicators 1:60–73

Bell CD, Blumenthal JM, Austin TJ, Ebanks-Petrie G, Broderick AC, Godley BJ (2008) Harnessing recreational divers for the collection of sea turtle data around the Cayman Islands. Tourism in Marine Environments 5:245–257

Bellini C, Godfrey MH, Sanches TM (2001) Metal tag loss in wild juvenile hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*). Herpetological review 32:172–173

Berger A, Chalifour J (2024) Tortues marines de Saint-Martin : Suivi des échouages et individus en détresse, Année 2023, AGRNSM

Bjorndal KA (1980) Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. Marine Biology 56:147–154

Bjorndal KA (1997) Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles, Volume I*. CRC press, p 199–231

Bjorndal KA, Bolten AB (2000) Proceedings of a workshop on Assessing Abundance and Trends for In-Water Sea Turtle Populations, held at the Archie Carr Center for Sea Turtle Research University of florida, Gainesville, Florida, 83p

Bjorndal KA, Bolten AB, Chaloupka MY (2005) Evaluating Trends in Abundance of Immature Green Turtles, *Chelonia Mydas*, in the Greater Caribbean. Ecological Applications 15:304–314

Bolten AB, Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (2003) Variation in sea turtle life history patterns : neritic vs oceanic developmental stages. In : *The biology of sea turtles*. p 243–257

Bresette MJ, Witherington BE, Herren RM, Bagley DA, Gorham JC, Traxler SL, Crady CK, Hardy R (2010) Size-class partitioning and herding in a foraging group of green turtles *Chelonia mydas*. Endangered Species Research 9:105–116

Broderick AC, Coyne MS, Fuller WJ, Glen F, Godley BJ (2007) Fidelity and over-wintering of sea turtles. Proc R Soc B 274:1533–1539

Burger J (2006) Bioindicators: Types, Development, and Use in Ecological Assessment and Research. Environmental Bioindicators 1:22–39

Caldwell DK (1962) Growth measurements of young captive Atlantic sea turtles in temperate waters. Los Angeles County Museum

Carpentier AS, Jean C, Barret M, Chassagneux A, Cicciione S (2016) Stability of facial scale patterns on green sea turtles *Chelonia mydas* over time: A validation for the use of a photo-identification method. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 476:15–21

Carr A (1952) *Handbook of turtles: the turtles of the United States, Canada, and Baja California*. Cornell University Press

Carr A (1975) The Ascension Island Green Turtle Colony. *Copeia* 1975:547–555

Ceriani SA, Roth JD, Evans DR, Weishampel JF, Ehrhart LM (2012) Inferring foraging areas of nesting loggerhead turtles using satellite telemetry and stable isotopes

Cermak V, Picek L, Adam L, Neumann L, Matas J (2024) WildFusion: Individual Animal Identification with Calibrated Similarity Fusion

Chalifour J (2017) Suivi des pontes de tortues marines à Saint-Martin : Saison 2017, RNN Saint-Martin

Chambault P, De Thoisy B, Huguin M, Martin J, Bonola M, Etienne D, Gresser J, Hiélard G, Mailles J, Védie F, Barnerias C, Sutter E, Guillemot B, Dumont-Dayot É, Régis S, Lecerf N, Lefebvre F, Frouin C, Aubert N, Guimera C, Bordes R, Thieulle L, Duru M, Bouaziz M, Pinson A, Flora F, Queneherve P, Woignier T, Allenou J, Cimiterra N, Benhalilou A, Murgale C, Maillet T, Rangon L, Chanteux N, Chanteur B, Béranger C, Le Maho Y, Petit O, Chevallier D (2018) Connecting paths between juvenile and adult habitats in the Atlantic green turtle using genetics and satellite tracking. *Ecology and Evolution* 8:12790–12802

Chatterji RM, Hipsley CA, Sherratt E, Hutchinson MN, Jones MEH (2022) Ontogenetic allometry underlies trophic diversity in sea turtles (Cheloniidae). *Evol Ecol* 36:511–540

Chevalier J, Lartiges A (2001) *Les tortues marines des Antilles*. Office National de La Chasse et de la Faune Sauvage CNERA Faune d’Outre Mer, Paris 59p

Christiansen F, Esteban N, Mortimer JA, Dujon AM, Hays GC (2017) Diel and seasonal patterns in activity and home range size of green turtles on their foraging grounds revealed by extended Fastloc-GPS tracking. *Marine biology* 164:10

Chung FC, Pilcher NJ, Salmon M, Wyneken J (2009) Offshore migratory activity of hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) hatchlings, I. Quantitative analysis of activity, with comparisons to green turtles (*Chelonia mydas*). *Chelonian Conservation and Biology* 8:28–34

Cicciione S, Jean C, Carpentier A, Barret M (2015) Cause and healing of a sea turtle injury revealed by photo-identification. *Indian Ocean Turtle Newsletter* 21:10–12

Crall JP, Stewart CV, Berger-Wolf TY, Rubenstein DI, Sundaresan SR (2013) Hotspotter—patterned species instance recognition. In: *2013 IEEE workshop on applications of computer vision (WACV)*. IEEE, p 230–237

Crillon J, Cuzange P-A (2017) Plan national d'actions en faveur des tortues marines des Antilles françaises (2020-2029)

Dalleau M (2013) Écologie spatiale des tortues marines dans le Sud-ouest de l'océan Indien : apport de la géomatique et de la modélisation pour la conservation. Phdthesis, Université de La Réunion, La Réunion

Díaz S, Settele J, Brondízio ES, Ngo HT, Agard J, Arneth A, Balvanera P, Brauman KA, Butchart SHM, Chan KMA, Garibaldi LA, Ichii K, Liu J, Subramanian SM, Midgley GF, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razzaque J, Reyers B, Chowdhury RR, Shin Y-J, Visseren-Hamakers I, Willis KJ, Zayas CN (2019) Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366:eaax3100

Duarte CM, Chiscano CL (1999) Seagrass biomass and production : a reassessment. *Aquatic botany* 65:159–174

Dunbar SG, Ito HE, Bahjri K, Dehom S, Salinas L (2014) Recognition of juvenile hawksbills *Eretmochelys imbricata* through face scale digitization and automated searching. *Endangered Species Research* 26:137–146

Dunbar SG, Anger EC, Parham JR, Kingen C, Wright MK, Hayes CT, Safi S, Holmberg J, Salinas L, Baumbach DS (2021) HotSpotter : Using a computer-driven photo-id application to identify sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 535:151490

Figgener C, Bernardo J, Plotkin PT (2019) Beyond trophic morphology: stable isotopes reveal ubiquitous versatility in marine turtle trophic ecology. *Biological Reviews* 94:1947–1973

Frair W, Ackman RG, Mrosovsky N (1972) Body Temperature of *Dermochelys coriacea* : Warm Turtle from Cold Water. *Science* 177:791–793

Frazer NB, Ehrhart LM (1985) Preliminary growth models for green, *Chelonia mydas*, and loggerhead, *Caretta caretta*, turtles in the wild. *Copeia*:73–79

Frazer NB, Ladner RC (1986) A growth curve for green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the US Virgin Islands, 1913-14. *Copeia* 1986:798–802

Fretey J (2005) Les tortues marines en Guyane, Plume verte. Cayenne

Frick J (1976) Orientation and behaviour of hatchling green turtles (*Chelonia mydas*) in the sea. *Animal Behaviour* 24:849–857

Giraudou L (2015) Photo-identification des tortues vertes et son application dans l'indice d'abondance ou de fidélité aux sites d'alimentation. Rapport de stage, Université Jean Monnet Saint Etienne, Martinique

Godley BJ, Blumenthal JM, Broderick AC, Coyne MS, Godfrey MH, Hawkes LA, Witt MJ (2008) Satellite tracking of sea turtles : where have we been and where do we go next ? *Endangered species research* 4:3–22

Goshe LR, Avens L, Scharf FS, Southwood AL (2010) Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. *Mar Biol* 157:1725–1740

- Greer AE, Lazell JD, Wright RM (1973) Anatomical Evidence for a Counter-current Heat Exchanger in the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*). *Nature* 244:181–181
- Grouper R, Hinf CG, Date KT (1984) FAO species catalogue. FAO Fisheries Synopsis No 125
- Hamann M, Godfrey MH, Seminoff JA, Arthur K, Barata PCR, Bjorndal KA, Bolten AB, Broderick AC, Campbell LM, Carreras C (2010) Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered species research* 11:245–269
- Hancock JM, Choma J, Mainye L, Wambi P, Stelfox MR, Polyak MM, Wambua S, Köhnk S (2023) Using Photo-ID to document and monitor the prevalence of fibropapilloma tumours in a foraging aggregation of green turtles. *Frontiers in Marine Science* 10:1217683
- Hayes CT, Baumbach DS, Juma D, Dunbar SG (2017) Impacts of recreational diving on hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) behaviour in a marine protected area. *Journal of Sustainable Tourism* 25:79–95
- Heithaus MR (2013) 10 Predators, Prey, and the Ecological Roles of Sea Turtles. In : *The biology of sea turtles*. p 249
- Heppell SS, Caswell H, Crowder LB (2000) Life histories and elasticity patterns: perturbation analysis for species with minimal demographic data. *Ecology* 81:654–665
- Heppell SS, Snover ML, Crowder LB (2002) Sea Turtle Population Ecology. In : *The Biology of Sea Turtles, Volume II*. CRC Press, p 275
- Higuero E (2015) Application de la photo-identification comme méthode alternative de suivi des populations de tortues vertes, *Chelonia mydas*, en alimentation. Rapport de stage, Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe
- Hudgins JA, Hudgins EJ, Ali K, Mancini A (2017) Citizen science surveys elucidate key foraging and nesting habitat for two endangered marine turtle species within the Republic of Maldives. *Herpetology Notes* 10:473–475
- Hunt KE, Innis CJ, Merigo C, Rolland RM (2016) Endocrine responses to diverse stressors of capture, entanglement and stranding in leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*). *Conservation Physiology* 4:cow022
- Ifremer (2013) Distribution mondiale de chaque espèce de tortues marines. <https://sextant.ifremer.fr/geonetwork/srv/api/records/98628b51-0042-4279-b8db-bd691ec95d0a> (accessed January 27, 2025)
- INPN (2025) INPN - Les chiffres clés de la diversité des espèces référencées dans l'INPN. <https://inpn.mnhn.fr/espece/indicateur> (accessed February 8, 2025)
- IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany
- i-Sea (2024) Projet de cartographie multi-thématique de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin. Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin

Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR (2001) Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science* 293:629–637

Jean C, Ciccone S, Talma E, Ballorain K, Bourjea J (2010) Photo-identification method for green and hawksbill turtles - First results from Reunion. *Indian Ocean Turtle Newsletter*:8–13

Jeantet L (2021) Identification automatique des comportements à partir de bio-loggers : une solution pour améliorer les connaissances sur l'écologie des tortues marines ? PhD Thesis, Université de Strasbourg, Strasbourg

Jolly GM (1965) Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika* 52:225–247

Kaska Y, Downie R, Tippett R, Furness RW (1998) Natural temperature regimes for loggerhead and green turtle nests in the eastern Mediterranean. *Can J Zool* 76:723–729

Landres PB, Verner J, Thomas JW (1988) Ecological Uses of Vertebrate Indicator Species: A Critique. *Conservation Biology* 2:316–328

Lange L (2016) Suivi « Photo-Capture-Recapture » et comportemental d'une population de tortues marines *Chelonia mydas* en alimentation sur la Réserve Naturelle des îlets de Petite Terre. Rapport de stage, Université de Rennes, Rennes

Lelong P, Besnard A, Girondot M, Habold C, Priam F, Giraudeau M, Le Loc'h G, Le Loc'H A, Fournier P, Fournier-Chambrillon C (2024) Demography of endangered juvenile green turtles in face of environmental changes : 10 years of capture-mark-recapture efforts in Martinique. *Biological Conservation* 291:110471

Lescure J (2001) Les tortues marines: Biologie et statut. In: *First Mediterranean Conference on Marine Turtles*. p 37

Leslie A, Hof C, Amorocho D, Berger-Wolf T, Holmberg J, Stewart C, Dunbar SG, Jea C (2016) The Internet of Turtles. *State World's Sea Turtles*:13

Liebart M, Blot L, Boudy C, Feunteun A, Duporge N, Safi M, de Montgolfier B (2021) Estimation de la population de Tortues vertes (*Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758)) par photo-identification le long de la côte Caraïbe en Martinique. *Naturae* 2021:147–162

Limpus CJ, Walker TA, West J (1994) Post-hatchling sea turtle specimens and records from the Australian region. In: James R (comp) *Proceedings of the Australian Marine Turtle Conservation Workshop*. Queensland Department of Environment and Heritage, and Australian Nature Conservation Agency, Canberra. p 95–100

Lloyd JR, Maldonado MÁ, Stafford R (2012) Methods of Developing User-Friendly Keys to Identify Green Sea Turtles (*Chelonia mydas* L.) from Photographs. *International Journal of Zoology* 2012:1–7

Long S-L, Azmi NA (2017) Using photographic identification to monitor sea turtle populations at Perhentian Islands Marine Park in Malaysia. *Herpetological Conservation and Biology* 12:350–366

- Lutz PL, Musick JA (1996) The Biology of Sea Turtles, Volume I. CRC Press, Boca Raton
- Maylan AB (1983) Marine turtles of the Leeward Islands, Lesser Antilles. Atoll Research Bulletin
- Mendonca MT (1983) Movements and feeding ecology of immature green turtles (*Chelonia mydas*) in a Florida lagoon. Copeia:1013–1023
- Miller JD (1997) Reproduction in sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*. CRC press, p 51–81
- Mrosovsky N (1980) Thermal biology of sea turtles. American Zoologist 20:531–547
- Mrosovsky N, Yntema CL (1980) Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. Biological Conservation 18:271–280
- Musick JA, Limpus CJ (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, p 137–163
- Otarashvili L, Subramanian T, Holmberg J, Levenson JJ, Stewart CV (2024) Multispecies Animal Re-ID Using a Large Community-Curated Dataset
- Papafitsoros K, Hoh D, Köhnk S, Montagna M, Witzmann J (2024) Sea turtle photo identification : A practical guide. Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles, IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group (to appear)
- Parmenter RR (1980) Effects of food availability and water temperature on the feeding ecology of pond sliders (*Chrysemys s. scripta*). Copeia:503–514
- Pauwels J (2024) Bancarisation dans TORSOOI et exploration de données de photo-identification de tortues marines de Petite Terre. p 13
- Pilcher N (2010) Population structure and growth of immature green turtles at Mantanani, Sabah, Malaysia. Journal of Herpetology 44:168–171
- Pinchon R (1967) Quelques aspects de la nature aux Antilles. Fort-de-France
- Pritchard PCH (1980) Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) Catalog American amphibians and reptiles. Soc Study Amph Rept 238:1–4
- Pritchard PCH (1996) Evolution, phylogeny, and current status. In : *The Biology of Sea Turtles, Volume I*. crc Press, p 1–28
- QGIS Development Team (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL <<http://qgis.org>>
- Questel K (2023) Suivi par photo-identification TORTUES VERTES (*Chelonia mydas*) de Saint-Barthélemy - 2020, 2021, 2022. Saint-Barthélemy
- Questel K (2025) Suivi par photo-identification des tortues vertes (*Chelonia mydas*) en alimentation à Saint-Barthélemy (Petites Antilles). Données du suivi. Alsophis & ATE. p 33
- R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing . R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>

Read T, Jean C (2021) Using social media and photo-identification for sea turtles of New Caledonia. *Marine Turtle Newsletter* 162:25–29

Reisser J, Proietti M, Kinas P, Sazima I (2008) Photographic identification of sea turtles : method description and validation, with an estimation of tag loss. *Endangered Species Research* 5:73–82

Renaud ML, Carpenter JA, Williams JA (1995) Activities of juvenile green turtles, *Chelonia mydas*, at a jettied pass in south Texas. *Fish Bull* 93:586–593

RNNSM (2010) Rapport 2009 Suivis des pontes de tortues marines et des tortues marines en alimentation

Roche DC, Cherkiss MS, Smith BJ, Burkholder DA, Hart KM (2021) Stable isotopes used to infer trophic position of green turtles (*Chelonia mydas*) from Dry Tortugas National Park, Gulf of Mexico, United States. *Regional studies in marine science* 48:102011

Russell AP, Bauer AM, Johnson MK (2005) Migration in amphibians and reptiles: An overview of patterns and orientation mechanisms in relation to life history strategies. In : *Migration of Organisms: Climate Geography Ecology*. Elewa AMT (ed) Springer, Berlin, Heidelberg, p 151–203

Safi M, Duporge N, Feunteun A, de Montgolfier B (2020) Evaluation de l'impact touristique sur les tortues vertes (*Chelonia mydas*) en alimentation sur l'herbier de Baie Blanche de l'îlet Tintamarre (Saint-Martin). p 66

Salmon M, Wyneken J (1987) Orientation and swimming behavior of hatchling loggerhead turtles *Caretta caretta* L. during their offshore migration. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 109:137–153

Schaffar A, Madon B, Garrigue C, Constantine R (2013) Behavioural effects of whale-watching activities on an Endangered population of humpback whales wintering in New Caledonia. *Endangered Species Research* 19:245–254

Schofield G, Katselidis KA, Dimopoulos P, Pantis JD (2008) Investigating the viability of photo-identification as an objective tool to study endangered sea turtle populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 360:103–108

Schofield G, Hobson VJ, Fossette S, Lilley MKS, Katselidis KA, Hays GC (2010) BIODIVERSITY RESEARCH : Fidelity to foraging sites, consistency of migration routes and habitat modulation of home range by sea turtles. *Diversity and Distributions* 16:840–853

Seber GA (1965) A note on the multiple-recapture census. *Biometrika* 52:249–25.

Seebacher F, Franklin CE (2005) Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles : a review. *Journal of Comparative Physiology B* 175:533–541

Seminoff JA, Jones TT, Resendiz A, Nichols WJ, Chaloupka MY (2003) Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico : multiple indices to describe population status. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83:1355–1362

Seminoff JA, Resendiz A, Nichols WJ (2002) Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a coastal foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 242:253–265

Seminoff JA, Benson SR, Arthur KE, Eguchi T, Dutton PH, Tapilatu RF, Popp BN (2012) Stable isotope tracking of endangered sea turtles: validation with satellite telemetry and  $\delta^{15}\text{N}$  analysis of amino acids. *PloS one* 7:e37403

Shimada T, Limpus CJ, Hamann M, Bell I, Esteban N, Groom R, Hays GC (2020) Fidelity to foraging sites after long migrations. *Journal of Animal Ecology* 89:1008–1016

Siegwalt F (2021) Écologie trophique de la tortue verte *Chelonia mydas* dans les herbiers marins des Antilles françaises : rôles et conséquences dans la dynamique des écosystèmes dans un contexte de colonisation par *Halophila stipulacea*. PhD Thesis, Université de Strasbourg, Strasbourg

Siegwalt F, Benhamou S, Girondot M, Jeantet L, Martin J, Bonola M, Lelong P, Grand C, Chambault P, Benhalilou A (2020) High fidelity of sea turtles to their foraging grounds revealed by satellite tracking and capture-mark-recapture : New insights for the establishment of key marine conservation areas. *Biological Conservation* 250:108742

Siegwalt F, Jeantet L, Lelong P, Martin J, Girondot M, Bustamante P, Benhalilou A, Murgale C, Andreani L, Jacaria F (2022) Food selection and habitat use patterns of immature green turtles (*Chelonia mydas*) on Caribbean seagrass beds dominated by the alien species *Halophila stipulacea*. *Global Ecology and Conservation* 37:e02169

Siddig AA, Ellison AM, Ochs A, Villar-Leeman C, Lau MK (2016) How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change ? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators. *Ecological Indicators* 60:223–230

Smith JS, Limpus CJ, Shimada T, Booth L, Hinchliffe EC, Fuentes MM, Loban F, Preston S, Hamann M (2024) Foraging habitat locations of flatback (*Natator depressus*) and olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) in northern Australia. *Wildlife Research* 51

Spotila JR, O'Connor MP, Paladino FV (1997) Thermal biology. In: *The Biology of Sea Turtles, Volume I*. CRC Press, p 297–314

Stanley TR, Burnham KP (1999) A closure test for time-specific capture-recapture data. *Environmental and Ecological Statistics* 6:197–209

Stanley TR, Richards JD (2005) Software Review : A program for testing capture–recapture data for closure. *Wildlife Society Bulletin* 33:782–785

IUCN (2025) The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/en> (accessed January 24, 2025)

Van Buskirk J, Crowder LB (1994) Life-history variation in marine turtles. *Copeia*:66–81

Van de Merwe JP, Ibrahim K, Lee SY, Whittier JM (2009) Habitat use by green turtles (*Chelonia mydas*) nesting in Peninsular Malaysia : local and regional conservation implications. *Wildlife Research* 36:637–645

Van der Zee JP, Christianen MJ, Nava M, Velez-Zuazo X, Hao W, Bérubé M, van Lavieren H, Hiwat M, Berzins R, Chevalier J (2019) Population recovery changes population composition at a

major southern Caribbean juvenile developmental habitat for the green turtle, *Chelonia mydas*.  
Scientific Reports 9:14392

Van Tienhoven AM, Den Hartog JE, Reijns RA, Peddemors VM (2007) A computer-aided program for pattern-matching of natural marks on the spotted raggedtooth shark *Carcharias taurus*. Journal of Applied Ecology 44:273–280

Vaslet A, AGRNSM (2018) Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de St-Martin : 2018-2027. Partie A – Diagnostic de la Réserve Naturelle

Wallace BP, DiMatteo AD, Bolten AB, Chaloupka MY, Hutchinson BJ, Abreu-Grobois FA, Mortimer JA, Seminoff JA, Amoroch D, Bjorndal KA (2011) Global conservation priorities for marine turtles. PloS one 6:e24510

Whiting SD, Miller JD (1998) Short term foraging ranges of adult green turtles (*Chelonia mydas*). Journal of Herpetology:330–337

Wikelski M, Hau M (1995) Is There an Endogenous Tidal Foraging Rhythm in Marine Iguanas ? J Biol Rhythms 10:335–350

Williams JL, Pierce SJ, Fuentes MM, Hamann M (2015) Effectiveness of recreational divers for monitoring sea turtle populations. Endangered Species Research 26:209–219

WoRMS (2025) WoRMS - World Register of Marine Species - Chelonioidea Baur, 1893. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=987094> (accessed January 24, 2025)

Wyneken J, Salmon M (1992) Frenzy and postfrenzy swimming activity in loggerhead, green, and leatherback hatchling sea turtles. Copeia:478–484

## Sommaire des annexes

Annexe 1 : Statuts de conservation des sept espèces de tortues marines (IUCN 2025)..... 45

Annexe 2 : Répartition géographique des sept espèces de tortues marines dans le monde. Modifié depuis Ifremer, 2013. .... 46

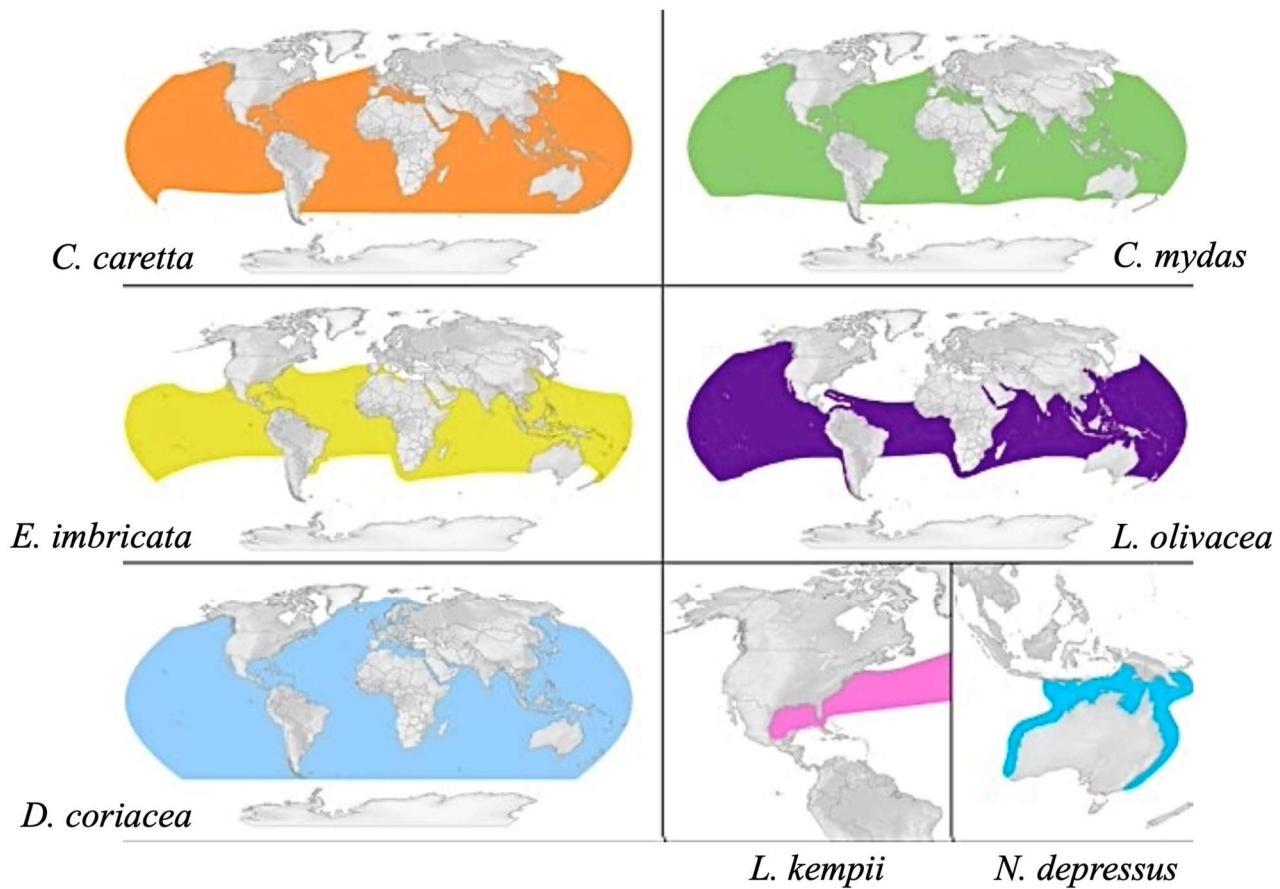
<b><u>Annexe 3</u></b> : Habitats préférentiel d'alimentation et régime alimentaire des sept espèces de tortues marines adultes. Modifié depuis Fretey, 2005 ; Smith et al., 2024.....	47
<b><u>Annexe 4</u></b> : Caractéristiques morphologiques utilisées pour l'identification de <i>C. mydas</i> . Traduit depuis Grouper et al., 1984. ....	48
<b><u>Annexe 5</u></b> : Localisation de l'île de Saint-Martin dans la mer des Caraïbes (© Universalis, Peter Hermes Furian). ....	48
<b><u>Annexe 6</u></b> : Délimitation de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin (Vaslet & AGRNSM 2018). ....	49
<b><u>Annexe 7</u></b> : Localisation des sites et stations d'étude. ....	50
<b><u>Annexe 8</u></b> : Protocole apnée utilisé pour le suivi <i>in situ</i> des tortues marines par photo-identification (AGRNSM).....	51
<b><u>Annexe 9</u></b> : Protocole embarqué utilisé pour le suivi des tortues marines par photo-identification (AGRNSM). ....	62
<b><u>Annexe 10</u></b> : Codes des marques spéciales selon les critères de Saint-Barthélemy (Questel 2025)..	65
<b><u>Annexe 11</u></b> : Affiche diffusée dans le cadre du programme de sciences participatives de photo-identification à Saint-Martin (AGRNSM). ....	67
<b><u>Annexe 12</u></b> : Illustration des principales méthodes de photo-identification des tortues marines (Papafitsoros et al. 2024). ....	68

## Annexes

**Annexe 1** : Statuts de conservation des sept espèces de tortues marines (IUCN 2025).

Tortue imbriquée ( <i>Eretmochelys imbricata</i> )	En danger critique d'extinction (CR)
Tortue de Kemp ( <i>Lepidochelys kempii</i> )	En danger critique d'extinction (CR)
Tortue verte ( <i>Chelonia mydas</i> )	En danger (EN)
Tortue caouanne ( <i>Caretta caretta</i> )	Vulnérable (VU)
Tortue luth ( <i>Dermochelys coriacea</i> )	Vulnérable (VU)
Tortue olivâtre ( <i>Lepidochelys olivacea</i> )	Vulnérable (VU)
Tortue à dos plat ( <i>Natator depressus</i> )	Données insuffisantes (DD)

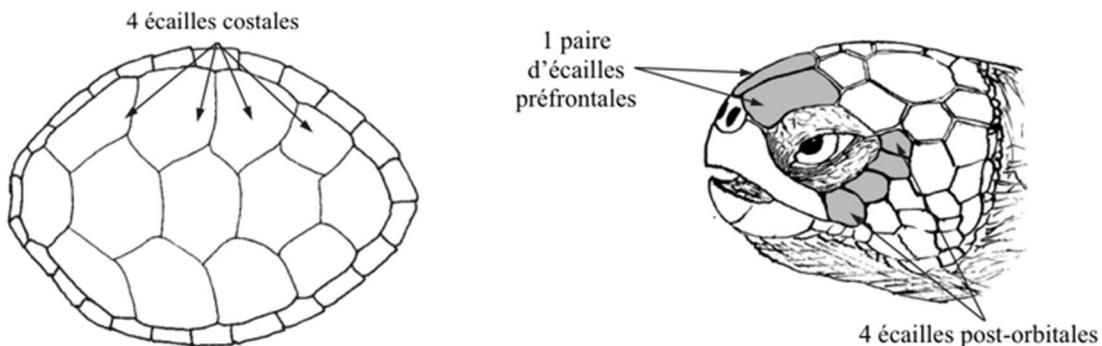
**Annexe 2 :** Répartition géographique des sept espèces de tortues marines dans le monde. Modifié depuis Ifremer, 2013.



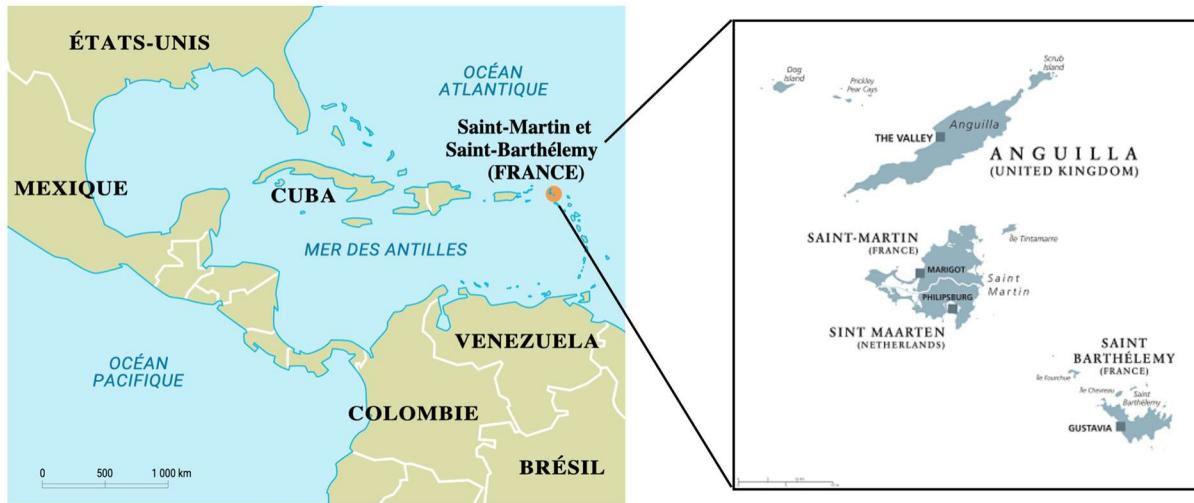
**Annexe 3 :** Habitats préférentiel d'alimentation et régime alimentaire des sept espèces de tortues marines adultes. Modifié depuis Fretey, 2005 ; Smith et al., 2024.

Espèces	Habitat préférentiel d'alimentation	Régime alimentaire
Tortue verte ( <i>C. mydas</i> )	Herbier	Phanérogames marines et algues rouges
Tortue imbriquée ( <i>E. imbricata</i> )	Récifs coralliens	Eponges
Tortue caouanne ( <i>C. caretta</i> )	Sur les fonds > 50 m de profondeur	Crustacés, oursins, huîtres, gastéropodes et poissons
Tortue olivâtre ( <i>L. olivacea</i> )	Sur les fonds > 30 m de profondeur en moyenne	Crustacés, gastéropodes, poissons, méduses ...
Tortue luth ( <i>D. coriacea</i> )	Dans la colonne d'eau (pélagique à des profondeurs > à 50 m)	Méduses et proies gélatineuses
Tortue de Kemp ( <i>L. kempii</i> )	Sur les fonds > 50 m de profondeur	Crustacés, poissons, coquillages et céphalopodes
Tortue à dos plat ( <i>N. depressus</i> )	Sur les fonds > 30 m de profondeur en moyenne	Crustacés, céphalopodes, holothuries, poissons ...

**Annexe 4 :** Caractéristiques morphologiques utilisées pour l'identification de *C. mydas*. Traduit depuis Grouper et al., 1984.



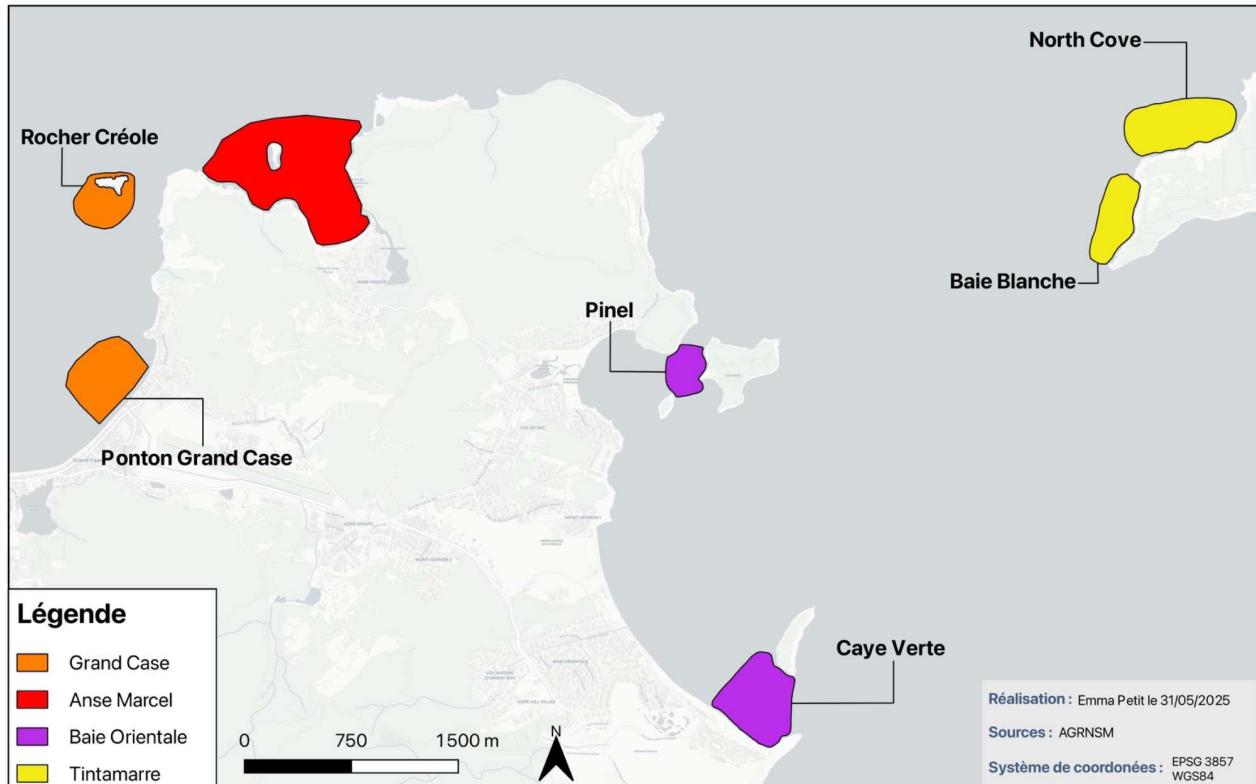
**Annexe 5 :** Localisation de l'île de Saint-Martin dans la mer des Caraïbes (© Universalis, Peter Hermes Furian).



**Annexe 6 : Délimitation de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin (Vaslet & AGRNSM 2018).**



**Annexe 7 :** Localisation des sites et stations d'étude avec le site de Tintamarre (en jaune), subdivisé en deux stations : Baie Blanche et North Cove ; le site de Grand Case (en orange), comprenant les stations Rocher Créole et Ponton Grand Case ; le site de l'Anse Marcel (en rouge) et le site de la Baie Orientale (en violet), divisé en deux stations : Pinel et Caye Verte.



**Annexe 8 :** Protocole apnée utilisé pour le suivi *in situ* des tortues marines par photo-identification (AGRNSM).



Réserve Naturelle Nationale  
de Saint-Martin

## Protocole apnée de suivi des tortues marines par photo-identification

### ❖ Matériel

- Appareil photo sans flash + batterie + carte SD
- GPS + piles + pochette étanche GPS
- Règle de mesure de la taille
- Support de surface
- Disque de Secchi
- Décamètre
- Équipement individuel de plongée en apnée = palmes + masque + tuba + plomb si combinaison
- Fiche terrain + plaquette de support + crayon

### ❖ Méthode

#### 1. Avant l'immersion, noter sur la fiche terrain (Annexe 1) :

- Date
- Observateur
- Scripte
- Site
- Visibilité

Ne pas porter de lunettes de soleil. Descendre le disque Secchi à l'horizontal jusqu'à ce l'alternance des bandes noires et blanches ne soient plus visibles, puis marquer cette profondeur. Remonter le disque et mesurer la distance précédemment marquée. Répétée l'opération deux fois. Noter les valeurs des trois mesures.

- Numéro du GPS
- Heure de début de la collecte de données

## 2. S'immerger

### 3. Repérer une tortue

Au premier contact visuel, **noter** le comportement, le substrat, la composition de l'herbier si la tortue est présente sur un herbier et le numéro du marquage GPS. Noter ces informations seulement lorsque cela est possible sans perdre de vue la tortue à photographier.

⚠ Les photos pour la photo-ID sont à réaliser en priorité

### 4. Prendre les photos :

- Avant d'arriver à proximité de la tortue, **trouver un angle d'approche sans** dérangement : jamais de face, arriver par l'arrière ou de biais.
- **Se placer** de manière à être perpendiculaire à l'axe du profil. S'assurer que la **totalité du profil** soit visible : il faut que le cou soit étiré pour voir le profil entier. Pas de sable ou autre élément entre l'œil et le cou.
- **Photographier les deux profils** (face droite et face gauche de la tête, de la pointe du bec à la fin du cou).
- Photographier également la tortue en entière, **vue du dessus**. Si possible, placer l'étaillon au même niveau de profondeur que la tortue et à une faible distance de celle-ci, puis le photographier en entier, vue du dessus, avec l'étaillon.

**Signaler** la fin d'une série de photos pour le même individu : faire une **photo « neutre »** entre chaque individu photographié, comme le fond sableux, sa main, ou autre, afin de distinguer les profils de chacun.

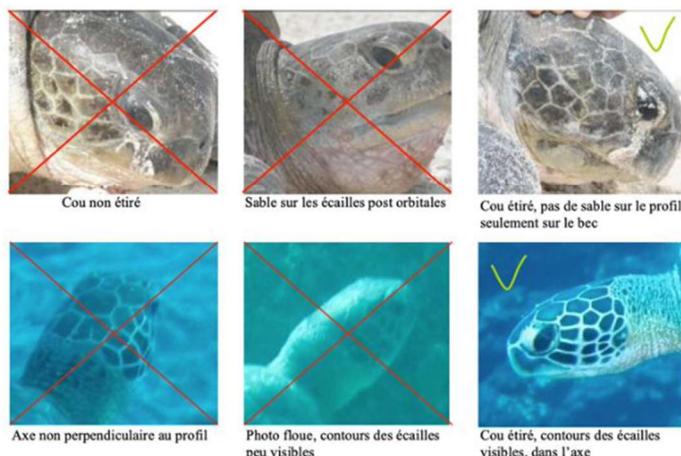


Figure 1 : Exemples de photos pour la photo-identification © Kelonia/Ifremer 2010

#### ATTENTION :

Photographie à faire de jour si possible. Si faite de nuit, utiliser la lumière rouge. Ne pas utiliser le flash ou autre lumière dérangeante.

Règles de bonne conduite :

- Ne **jamais poursuivre** une tortue méfiante.
- Ne **jamais toucher** une tortue.



**5.** Pour chaque tortue photographiée et **après avoir pris les photos en priorité, noter les informations** nécessaires sur la fiche terrain :

- **ID** : numéro d'observation par ordre croissant en partant de 1, par jour et par site
- **Comportement de la tortue lors du premier contact visuel ET comportement de la tortue lors de l'approche**

Noter **R** pour repos ;

**A** pour alimentation ;

**I** pour interaction ;

**E** pour échouée/morte ;

**D\_S** pour déplacement simple ;

**D\_R** pour déplacement respiration ;

**D\_M** pour déplacement moyen puis reprise d'activité ;

**D\_F** pour déplacement rapide (fuite) ;

**Au** pour autre.

- **Substrat** : Substrat au premier contact visuel.

Noter **H** pour herbier ;

**C** pour récifs ;

**S** pour sable ;

**R** pour roche ;

**T** pour à terre ;

**A** pour Autre.

- **Composition Herbier** (Voir Schéma d'identification en annexe, Annexe 2) : Lorsque la tortue est présente sur un herbier, noter la composition de l'herbier :

Si herbier monospécifique, noter **Tt** pour *Thalassia testudinum* ;

**Sf** pour *Syringodium filiforme* ;

**Hw** pour *Halodule wrightii* ;

**Hs** pour *Halophila stipulacea*.

Si herbier mixte, noter **M**\_ devant l'espèce dominante. Exemple : M\_Tt

- **Numéro marquage GPS** : Lorsque cela est possible, marquer sur le GPS la position de la tortue lors du premier contact visuel puis noter le numéro du point marqué.

- **Espèce** (voir Clé de détermination en annexe, Annexe 3) :

Noter **Cm** pour *Chelonia mydas* / Tortue verte ;

**Ei** pour *Eretmochelys imbricata* / Tortue imbriquée ;

**Dc** pour *Dermochelys coriacea* / Tortue luth ;

**Cc** pour *Caretta caretta* / Tortue caouanne ;

**Lo** pour *Lepidochelys olivacea* / Tortue olivâtre.

- **Sexe** (Voir Guide de détermination en annexe, Annexe 4) :

Lorsque cela est possible, regarder la longueur de la queue et des griffes au niveau des nageoires antérieures. Si les griffes sont grandes et recourbées et la queue épaisse dépassant les pattes postérieures, c'est un mâle. Si les griffes sont courtes voire invisibles, et que la queue est courte, fine et ne dépasse pas les pattes postérieures, c'est une femelle. S'il est impossible de déterminer le sexe car immature, noter J (pour juvénile).

Noter **M** pour Mâle ;

**F** pour Femelle ;

**J** pour Juvénile.

- **Distance de dérangement** : Distance à partir de laquelle la présence du plongeur dérange la tortue :

Noter **1** pour une distance entre 0 et 5 mètres ;

**2** pour une distance entre 5 et 10 mètres ;

**3** pour une distance de plus de 10 mètres.

- **Estimation taille** : Estimation de la taille de la carapace en centimètre

- **Bague** : Présence de bague(s) (oui/non) au niveau des nageoires antérieures. Si une bague est présente, fournir une photographie lisible du numéro.

- **Fibro** (Voir Annexe 5 pour exemple) : Présence de la fibropapillomatose

Noter **0** pour aucune infection ;

**1** pour infection - de 50% du corps ;

**2** pour infection + de 50% du corps.

- **Blessure** : Présence de blessure (oui/non).

- **Positionnement de la blessure** (sur le corps) :

Noter **C** pour carapace ;

**P** pour plastron ;

**N** pour nageoire ;

**T** pour tête.

- **Type de blessure** (Voir Annexe 6 pour exemple) :

Noter **M** pour amputation/morsure ;

**C** pour cisaillement ;

**E** pour perte d'écaillles ;

**P** pour hameçon/filet de pêche ;

**A** pour autre.

- **Photo** : Photos réalisées pour la photo ID par individu :

Cocher **P\_D** pour le profil droit ;

**P\_G** pour le profil gauche ;

**P\_D** pour la vue d'en haut ;

**P\_T** pour la vue d'en haut avec l'étaillon de mesure de la taille.

- **Remarque**

**Pour toute information manquante, noter NA**

**A la fin de l'immersion, noter**

- Heure de fin de la collecte de données
- Nombre de tortues photographiées pour la photo ID
- Nombre total de tortues observées pendant la sortie

**Pour le traitement des photos et la saisie des données, voir « Protocole de traitement des photos et de saisie des données »**

## Annexe 1 : Fiche terra

Suivi Photo-ID TM AGRNSM									
A remplir avant de s'immerger									
Date	Observateur	Scripte	Site	Visibilité	Numéro du GPS	Heure de début	Heure de fin	Nombre tortues photographiées photo ID	Nombre total de tortues observées

**Légende :**

Repos	R	Dépl. respiratoire	Dépl. repri	Date	Observateur	Scripte	Site	Visibilité	Numéro du GPS
Alimentation	A	moy	rapide						Heure de début
Interaction	I								Heure de fin
Échouée/ Mortie	E	Dépl. simple							
Autre	Au								

**Légende :**

Repos	R	Déplacement	D_R	Herbier	H	Thalassia testudinum	T1	Entre 0-5m	1	Pas d'infection	0	Carapace	M
Alimentation	A	Déplacement	D_M	Récifs	C	Syringodium filiforme	S1	Entre 5-10m	2	Infection - de 50%	1	Plastron	P
Interaction	I	moyen puis reprise d'activité	D_F	Sable	S	Halodule wrightii	Hw	Plus de 10m	3	Infection + de 50%	2	Nageoire	N
Échouée/ Mortie	E	Déplacement rapide (fuite)	D_S	Rocher	R	Halophila stipulacea	Hs					Tête	T
Autre	Au	Déplacement simple		Autre	A	Si herbier mixte, rajouter M_ devant l'espèce dominante						Autre	A

**Légende :**

Comportement au premier contact	Id	Sub stratum	Composition herbier	Numéro marquage GPS	Spécie	Sexe	Comportement lors de l'approche	Distance de dérangement	Estimation taille (cm)	Bague (O/N)	Fibro	Blessure (O/N)	Positionnement de la blessure	PHOTO (profil droit et gauche, vue d'en haut et vue d'en haut avec échalon de mesure de la taille)	Remarque

**A remplir au premier contact visuel**

Comportement au premier contact visuel	Id	Sub stratum	Composition herbier	Numéro marquage GPS	Spécie	Sexe	Comportement lors de l'approche	Distance de dérangement	Estimation taille (cm)	Bague (O/N)	Fibro	Blessure (O/N)	Positionnement de la blessure	PHOTO (profil droit et gauche, vue d'en haut et vue d'en haut avec échalon de mesure de la taille)	Remarque

**A remplir à la fin du relevé**

Nombre tortues photographiées photo ID	Nombre total de tortues observées
--	-----------------------------------

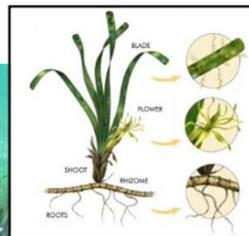
**△ Les photos pour la photo-ID sont à réaliser en priorité**

**△ Les photos pour la photo-ID sont à réaliser en priorité**

**Pour toute information manquante, noter **NA****

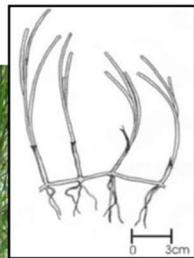
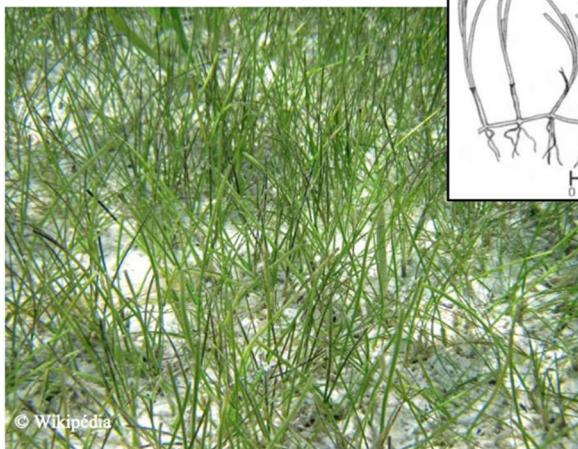
Annexe 2 : Identification des espèces d'herbiers présentes à Saint-Martin.

***Thalassia testudinum***



Présents entre 1 et 12m de profondeur. Son substrat préférentiel est composé de sédiments variant des sables grossiers envasés à la vase meuble

***Syringodium filiforme***



Sont plus profonds, en général entre 12 à 20 m de profondeur. Leurs racines sont enfouies que de quelques centimètres dans le sédiment et cette espèce forme des pelouses clairsemées

***Halodule wrightii***



© Wikipédia

Observée en limite de rivage dans des zones peu profondes

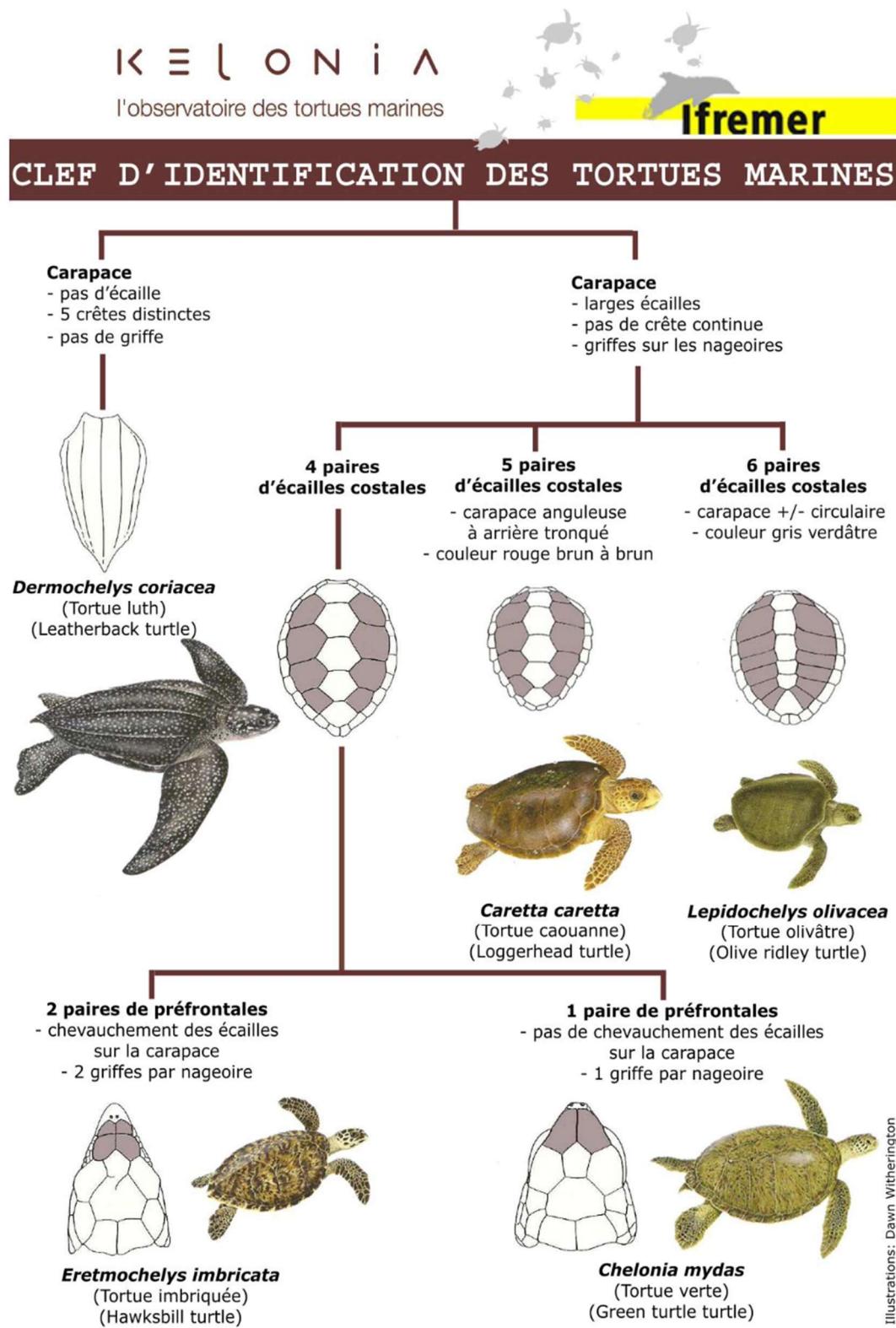
***Halophila stipulacea***



© Andrea Toso

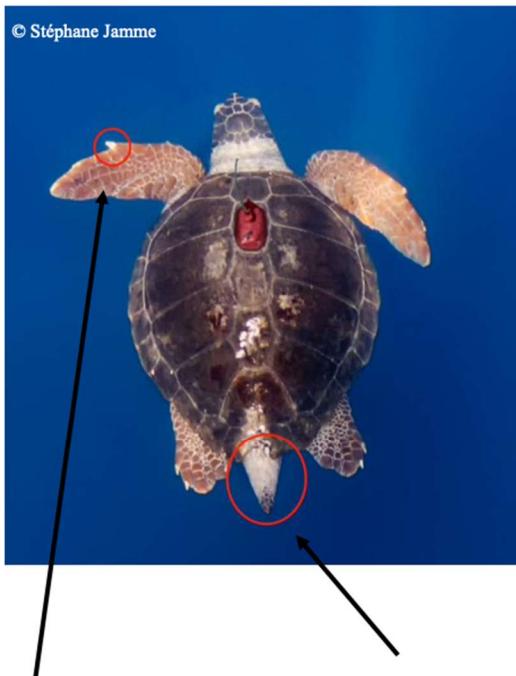
Invasive, est présente à des profondeurs très variables (de -5 à -22 m)

Annexe 3 : Clef d'identification des tortues marines (Kelonie & Ifremer 2010).



Annexe 4 : Guide d'identification du sexe des tortues marines (exemple chez *Caretta caretta*).

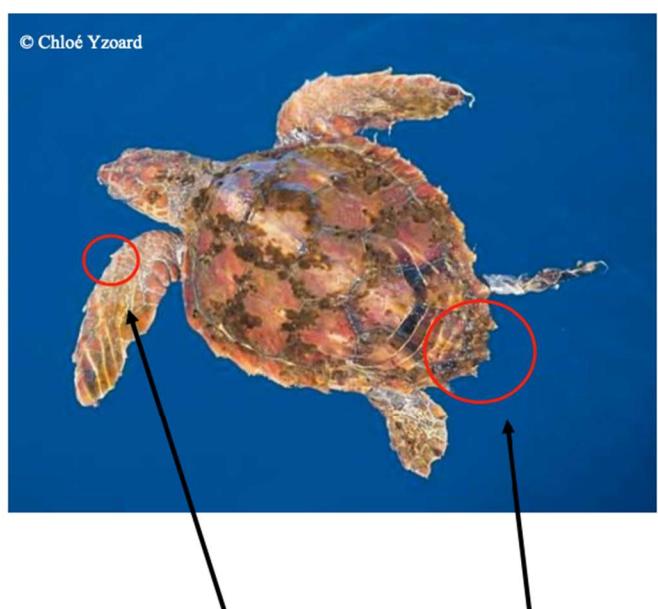
**Mâle**



Grandes griffes recourbées

Queue épaisse dépassant les pattes postérieures

**Femelle**



Griffes courtes  
voire inexistantes

Queue fine et courte, ne  
dépassant pas les pattes  
postérieures

Annexe 5 : Exemple de tortues infectées par la fibropapillomatose.



© Faxinfo



© Allen Foley

Annexe 6 : Type des blessures observables sur les tortues marines.



© FranceInfo

Cisaillement (C)



© SeaTurtle

Hameçon (P)



© Turtlejournal

Amputation/Morsure (M)



Perte d'écaillles (E)

© RNNSM

**Annexe 9** : Protocole embarqué utilisé pour le suivi des tortues marines par photo-identification (AGRNSM).



Réserve Naturelle Nationale  
de Saint-Martin

## Protocole embarqué de suivi des tortues marines par photo-identification

Ce protocole est à privilégier lorsque les conditions météo (visibilité, houle) **sont défavorables** à la mise en place du protocole apnée. Dans le cas contraire, le protocole apnée doit être favorisé.

### ❖ Matériel

- Appareil photo Olympus (zoom 75-300 mm) + Batterie + Carte SD
- Fiche terrain + plaquette de support + crayon

### ❖ Méthode

#### 1. A l'arrivée sur site, noter sur la fiche terrain (Annexe 1) :

- Date
- Site
- Photographe
- Scripte
- Couverture nuageuse (en %)
- État de la mer :

**Mauvaise**

**Moyenne**

**Bonne**

- Heure de début

#### 2. Commencer le suivi

Le photographe doit se placer à **l'avant ou à l'arrière** du bateau. Il est nécessaire qu'il soit libre de ses mouvements et puisse se déplacer aisément de chaque côté du bateau.

Dans la mesure du possible, l'ensemble de l'équipage participe à la détection des tortues afin d'optimiser la couverture visuelle autour du bateau.

Pour couvrir efficacement la zone, il est recommandé de stationner le bateau à plusieurs emplacements successifs sur le site, **sans dépasser 45 minutes** par point d'arrêt afin de limiter les risques de recapture du même individu. Le bateau ne doit donc pas rester en déplacement continu.

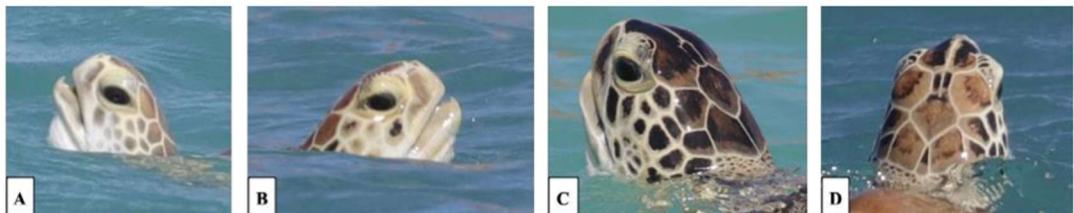
### 3. Repérer une tortue

### 4. Prendre les photos

Lorsqu'une tortue est repérée, faire un maximum de photos de l'individu. Il est nécessaire d'utiliser le **zoom** et le mode **rafale** afin d'augmenter les chances d'obtenir des images exploitables pour la photo-ID.

Dans la mesure du possible, **photographier les deux profils** (face droite (Figure 1.A) et face gauche de la tête (Figure 1.B)), lorsque la tortue vient respirer à la surface.

Photographier également si possible la tête de la tortue **vue du dessus** (Figure 1.C et 1.D)



**Figure 1 :** Exemple de photos à réaliser pour la photo-identification, avec le profil gauche (A), le profil droit (B), le profil gauche + vue du dessus (C) et une vue du dessus (D) (© AGRNSM)

**Signaler** la fin d'une série de photos pour le même individu : faire une photo « neutre » entre chaque individu photographié, comme le ciel, sa main, ou autre, afin de distinguer les profils de chacun.

### 5. Fin du suivi, noter :

- Heure de fin de la collecte des données
- Nombre de tortues photographiées pour la photo-ID
- Nombre total de tortues observées/estimées sur le site

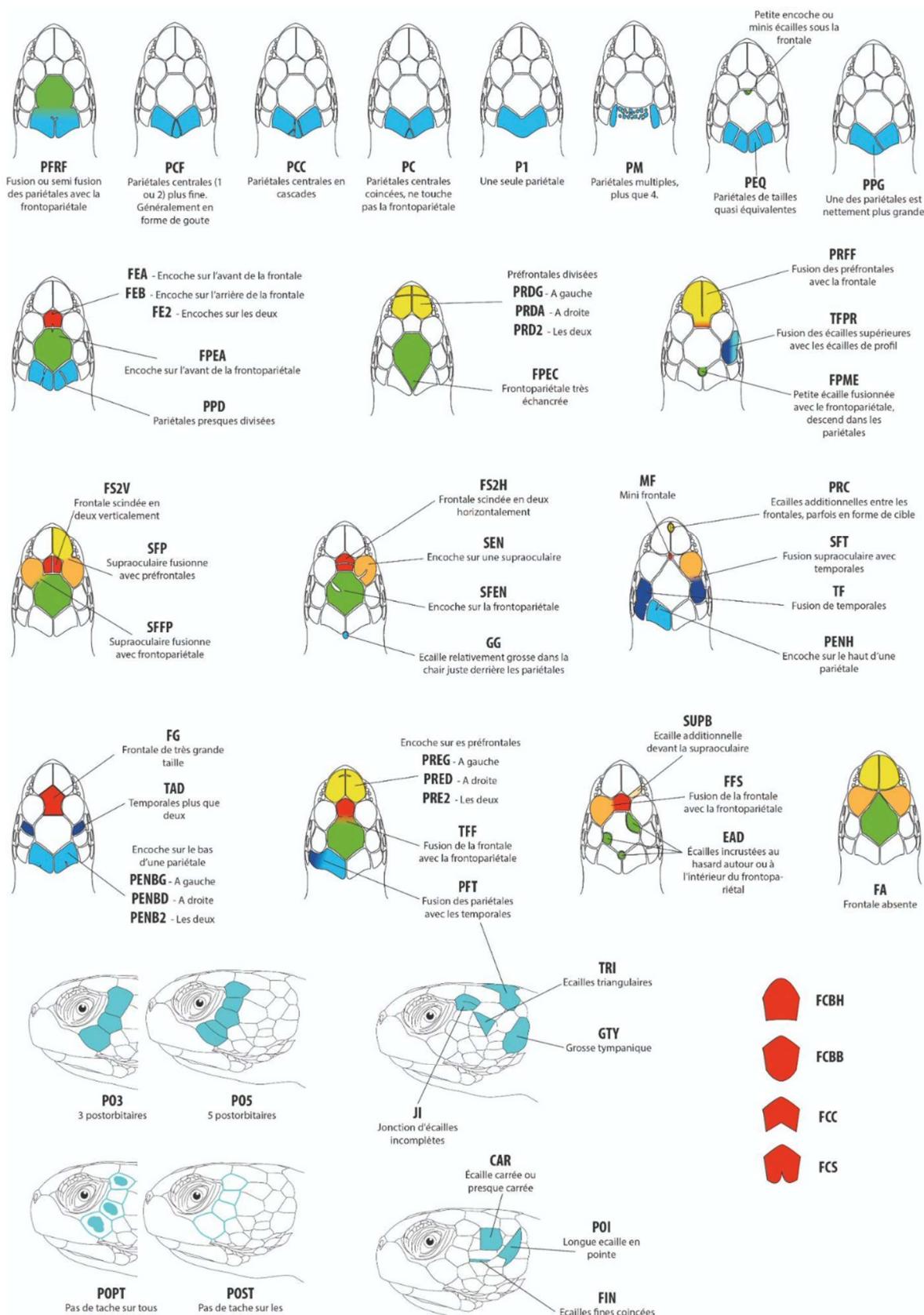
## ANNEXE

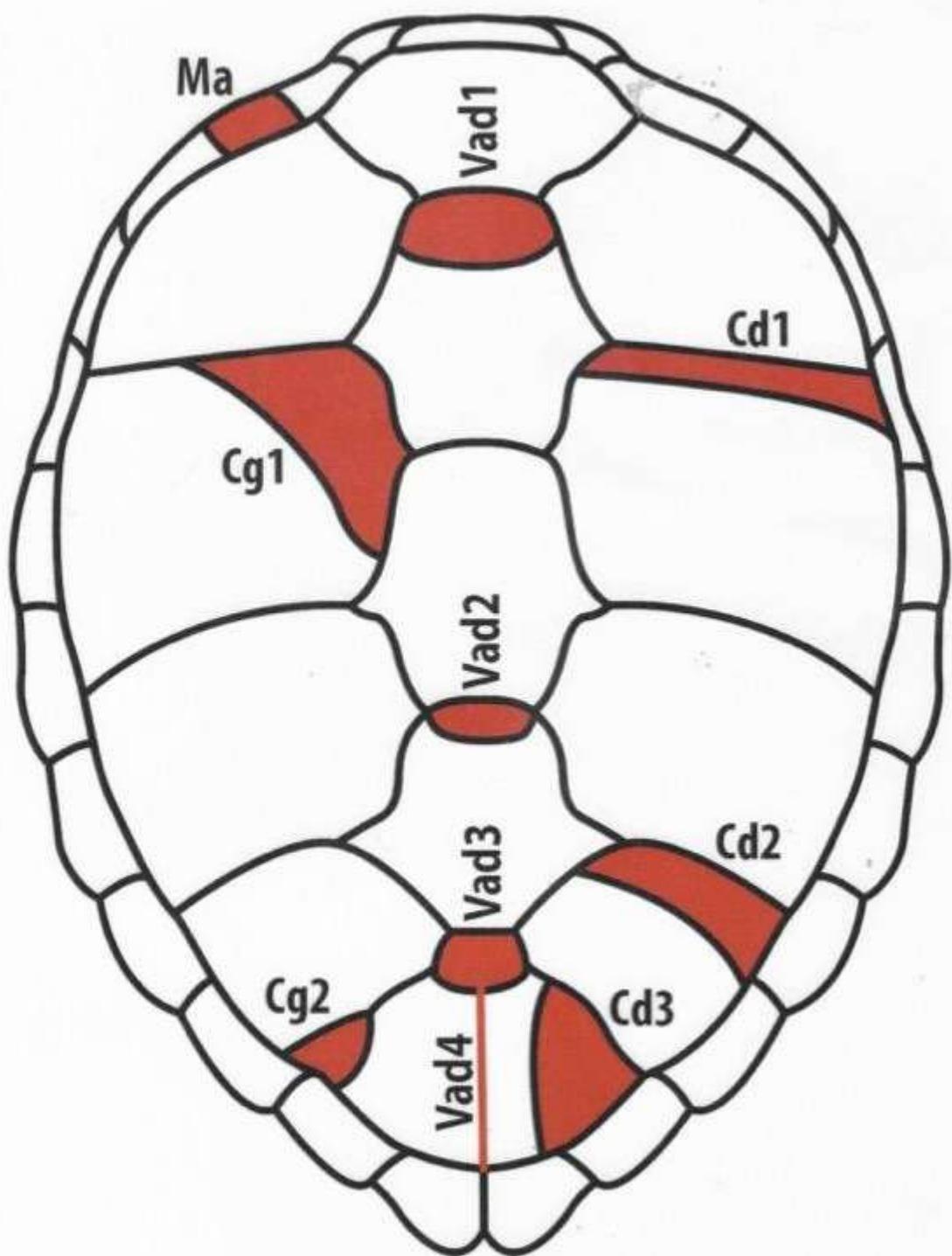
## Annexe 1 : Fiche terrain



Suivi embarqué Photo-ID TM AGRNSM

## Annexe 10 : Codes des marques spéciales selon les critères de Saint-Barthélemy (Questel 2025).





Annexe 11 : Affiche diffusée dans le cadre du programme de sciences participatives de photo-identification à Saint-Martin (AGRNSM).

## Photo-IDentification des tortues marines

### Votre contribution compte !



## Participez

au suivi des tortues marines  
en alimentation à Saint-Martin



**Envoyez**  
vos photos et vidéos de  
tortues (Avec **Date** et **Site** de plongée)

Les photos qui nous **intéressent**



**reservenat.aude@yahoo.com**



Réserve Naturelle Nationale  
de Saint-Martin

**Annexe 12 :** Illustration des principales méthodes de photo-identification des tortues marines, incluant la méthode TORSOOI avec comparaison de codes uniques (a), de points caractéristiques aux profils (b), de points clés SIFT (c) et l'utilisation d'un “réseau de neurones” basé sur l'intelligence artificielle (d) (Papafitsoros et al. 2024).

