

ÉVALUATION ET MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME DE SUIVI SCIENTIFIQUE POUR LA CONSERVATION
DES TORTUES MARINES À MAHAHUAL

par

Sarah Lecuyer

Rapport n*2 de projet présenté à

Mme Cassiopea Carrier Doneys

Mme Caroline Cloutier

Mr François Rousseu

dans le cadre du cours ECL 738 "Stage 2 en écologie internationale"

FACULTÉ DES SCIENCES

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, novembre 2019

Liste des acronymes

AGRRA	Évaluation Rapide des Récifs de l'Atlantique et du Golfe
CITES	Convention internationale sur le
CONANP	Commission Nationale pour les Aires Protégées
ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
SEMARNAT	Secrétariat à l'Environnement et aux Ressources Naturelles
SWOT	The state of the World's Sea Turtles
UICN	Union International pour la Conservation de la Nature
WWF	Fond Mondial pour la Nature

Table des matières

1 – Introduction.....	1
2 – Problématique.....	2
3 – Objectifs	4
4 – Méthodologie	5
4.1 Description de la zone d'étude.....	5
4.2 Bonification de la méthodologie de suivi	7
4.2 Planification et mise en place du suivi	9
4.2.1 Sélection des sites de suivis.....	9
4.2.2 Planification des suivis.....	10
4.2.3 Compilation des données.....	10
4.2.4 Méthode de suivi de plage	10
4.2.5 Évaluation des abondances dans les herbiers et le récif.....	15
4.3 Mise en place de l'analyse des données	16
4.3.1 Consignation des données	16
4.3.2 Analyse des données statistiques.....	16
4.3.3 Analyse des données géoréférencées	17
4.4 Mise en place de l'analyse critique	18
5 – Résultats	19
5.1 Sélection des méthodes de suivi	19
5.1.1 Analyse de la méthode préliminaire et recherche complémentaire.....	19
5.1.2 Analyse multicritères des méthodes de suivi	19
5.2 Suivis des plages.....	21
5.2.1 Abondance et densité	21
5.2.2 Succès de ponte.....	22

5.2.3	Succès d'éclosion.....	24
5.3	Suivi dans la lagune	27
	6 – Discussion	28
6.1	Diversité, abondance et densité des espèces de tortues sur les plages.....	28
6.2	Succès de ponte et d'éclosion des individus sur les plages.....	30
6.3	Diversité, abondance et densité des espèces de tortues dans la lagune	31
6.4	Zones d'importances et enjeux de conservations.....	33
6.4.1	Pulticup et Herradura, plages prometteuses de la région.....	33
6.4.2	Les herbiers et les récifs coralliens, habitats essentiels malgré le manque de données.....	34
6.4.3	Enjeux de conservation des tortues marines	34
6.5	Analyse critique du programme de suivi.....	35
6.6	Modification du protocole de suivi et recommandations pour la reconduite du programme	37
	7 – Conclusion	39
	Liste des références.....	40
	ANNEXE 1 CARTOGRAPHIE DU TERRITOIRE RÉALISÉE PAR TAKATA EXPERIENCE	Error! Bookmark not defined.
	ANNEXE 2 CARTES DES SUCCÈS D'ÉCLOSION PAR PLAGES ET PAR ESPÈCES	Error! Bookmark not defined.
	ANNEXE 3 CALENDRIER DES ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE DES PLAGES ET D'EXCAVATION DES NIDS...46	
	ANNEXE 4 RÉSULTAT DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE POUR LA BONIFICATION DE LA MÉTHODOLOGIE ...6	

1 – Introduction

Au niveau international, la communauté scientifique s'accorde à dire que la situation des tortues marines est critique : sur les sept espèces connues, six sont considérées comme vulnérable, en danger d'extinction ou en danger critique d'extinction. Le gouvernement mexicain, en accord avec ce constat, a proposé des plans d'action pour plusieurs espèces de tortues marines à l'échelle nationale. Dans ces plans, l'un des objectifs communs à ces rapports est d'obtenir plus d'informations sur les tortues, notamment sur la diversité, l'abondance et la densité des tortues dans diverses zones.

À Mahahual, le centre de plongée et de recherche *Takata Experience* mène depuis plusieurs années divers projets environnementaux et de conservations. L'envie d'agir auprès de la communauté locale a poussé ce centre à créer un programme de suivi scientifique, en collaboration avec les universités régionales et les associations locales. Dans le même temps, ceci a permis de répondre aux besoins de collecte d'information concernant les tortues marines au niveau local. Pendant plus d'un an, le projet a été modelé pour proposer un protocole de suivi standardisé, permettant d'obtenir des informations nécessaires à une meilleure compréhension des tortues marines venant dans la région, notamment par rapport aux sites de pontes et d'alimentations préférentiels, les menaces rencontrées, et qui soient échangeable à travers les institutions de recherche.

À travers ce rapport, est abordé le cheminement suivi durant le projet, explique les différentes étapes, les résultats obtenus ainsi que les problèmes rencontrés. Dans un premier temps, la problématique rencontrée à Mahahual ainsi que les objectifs associés au projet sont énoncés. Ensuite, la méthodologie et les résultats obtenus durant le projet sont décrits. Enfin, les résultats seront discutés et des recommandations pour la suite du projet seront proposées.

2 – Problématique

À l'heure actuelle, la communauté scientifique observe que de plus en plus d'espèces animales et végétales sont en danger ou disparaissent. On parle même d'une nouvelle extinction de masse (Barnosky et al., 2011; Ceballos et al., 2015; Ceballos et al. 2017). Selon un rapport publié en 2018 par la WWF, les populations d'espèces sauvages ont chuté de 60% en 40 ans (WWF, 2018). Les tortues marines ne sont pas en reste : sur les sept espèces connues à ce jour, six d'entre elles font partie des 3 classes les plus critiques de la classification UICN, c'est-à-dire vulnérables, en danger d'extinction ou en danger critique d'extinction (IUCN, 2011). Malgré les difficultés à obtenir des indicateurs précis pour évaluer les populations de tortues marines, leurs classements dans de telles catégories proviennent principalement de leurs vulnérabilités face à plusieurs menaces. On retrouve parmi celles-ci la perte, la fragmentation et la dégradation des habitats (Cu villier, 2016; Rizkalla et Savage, 2011), la pollution, notamment par le plastique (Gall et Thompson, 2015; White et al., 2018), le braconnage (Chacón-Chaverri et Eckert, 2007; Summers, Martin, Hapdei, Ruak et Jones, 2018), les changements climatiques (Jensen et al., 2018; Tomillo et al., 2017), entre autres. Le développement touristique contribue à l'augmentation des menaces pouvant altérer la qualité de l'environnement et être néfaste pour la biodiversité (Davenport et Davenport, 2006; Murray, 2007; Oliver de la Esperanza, Arenas Martínez, Tzeek Tuz et Pérez-collazos, 2017).

Le Mexique accueille beaucoup de touristes, notamment sur la côte caribéenne et l'état du Quintana Roo qui a accueilli 43% des visiteurs du Mexique soit plus de 16 millions de touristes (UNWTO, 2018). Le village de Mahahual se situant dans le sud du Quintana Roo, dans la région appelée « Costa Maya » n'est pas épargné de ce développement. Ce village a vu naître en 2001 un port pouvant accueillir les paquebots de croisiéristes. La ville accueille plus de 800 000 personnes chaque année (Fraga, Villalobos, Doyon et Garcia, 2008; Gobierno de Quintana Roo, 2019) grâce à de nombreux développements hôteliers. La construction de ces infrastructures et les activités effectuées par les touristes dégradent les habitats de tortues marines. Cela passe par la pollution de l'eau et la dégradation des récifs coralliens, la perte d'habitat, l'érosion du littoral dû à l'élimination de la végétation pour la construction des complexes hôteliers, la déforestation des mangroves ou la modification des régimes hydriques de celles-ci, entre autres (Murray, 2007). Toutes ces modifications environnementales risquent d'affecter négativement les tortues marines en fragmentant, modifiant et altérant leurs habitats : ce sont les principales causes de leurs déclin s au niveau mondial comme vu plus haut.

Dans le même temps, le Mexique est un pays très important pour les tortues marines, 6 des 7 espèces connues sont retrouvées au Mexique durant la saison de reproduction. Parmi les 6 espèces de tortues présentes au Mexique, trois d'entre elles sont présentes dans la péninsule du Yucatan et sur la côte du Quintana Roo : la tortue verte (*Chelonia mydas*), la tortue caouane (*Caretta caretta*) ainsi que la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). Ces trois espèces sont considérées en danger d'extinction par le gouvernement mexicain (SEMARNAT, 2010), mais également par la législation internationale avec la CITES (CITES, 1978).

Dans une optique de protection des écosystèmes, le *TAKATA Dive and Research Center* a développé plusieurs programmes de recherches. Le centre souhaite étendre ces compétences de recherche et propose un programme de suivi des tortues marines dans le cadre du programme de conservation les concernant. Des suivis sont effectués depuis 2017 en collaboration avec des chercheurs d'ECOSUR, de l'Université du Quintana Roo ainsi que du personnel de l'ONG Proyecto AAK Mahahual. Chacun ayant des protocoles spécifiques, l'analyse des résultats peut être difficile, l'organisation des suivis non optimaux et rendre la compréhension de la situation et la définition des menaces plus difficile. Pour permettre la mise en place de mesures de conservations, il est nécessaire d'évaluer l'état des populations de façon systématique et objective. Ce projet s'inscrit dans cette dynamique : il vise à évaluer et bonifier le protocole de suivi proposé par la stagiaire précédent, à le diffuser et à l'appliquer afin d'obtenir des résultats standardisés. Nous pourrons de ce fait estimer plus facilement les principaux paramètres populationnels des tortues marines présentes à Mahahual et déterminer les zones d'importances de celles-ci. Ce projet permettra d'instaurer un programme de suivi amenant à une meilleure compréhension de la sous-population de tortues venant sur la côte près de Mahahual, dans l'optique d'apporter des recommandations et d'améliorer continuellement le programme de conservation.

3 – Objectifs

L'objectif général du projet est de proposer une mise à jour du programme de suivi scientifique de tortues marines utilisant des habitats de reproduction dans la zone de Mahahual afin de répondre aux besoins des parties prenantes.

Pour arriver à cet objectif, nous devons atteindre les objectifs spécifiques suivant :

- Valider la méthodologie du programme de suivi.
- Effectuer la collecte de données durant la période de reproduction.
- Estimer l'abondance des différentes espèces de tortues marines et leurs paramètres populationnels tels que le taux de succès de reproduction et le recrutement.
- Déterminer les zones d'importances pour les tortues marines présentes à Mahahual et identifier les enjeux de conservation.
- Proposer des modifications au programme de suivi en fonction des résultats obtenus et des besoins des parties prenantes.

4 – Méthodologie

Cette section présente la méthode pour la bonification et la mise en place du suivi, l'analyse des données ainsi que celle de l'analyse critique de l'efficacité des méthodes utilisées durant le stage.

4.1 Description de la zone d'étude

Mahahual se situe dans l'État du Quintana Roo, état le plus à l'est du Mexique. C'est un ancien village de pêcheur à présent tourné vers un tourisme dit « de masse », développé au début des années 2000 par la construction d'un port de bateau de croisière.

Il est possible de définir deux zones d'études : la première sur les plages pour le suivi des pontes, la seconde au niveau de la lagune et du récif pour l'évaluation de l'abondance en tortues marines.

Quatre plages ont été suivies aux alentours de Mahahual, ces plages ont été sélectionnées préalablement par Víctor Rosales, président de Proyecto AAK Mahahual A.C, à la suite d'entrevues avec les communautés locales (figure 4.1). Ces plages se situent pour la plupart dans des zones reculées accessibles en véhicules motorisés. Des familles de pêcheurs sont retrouvées sur les plages de Pulticup et de Chacchi.

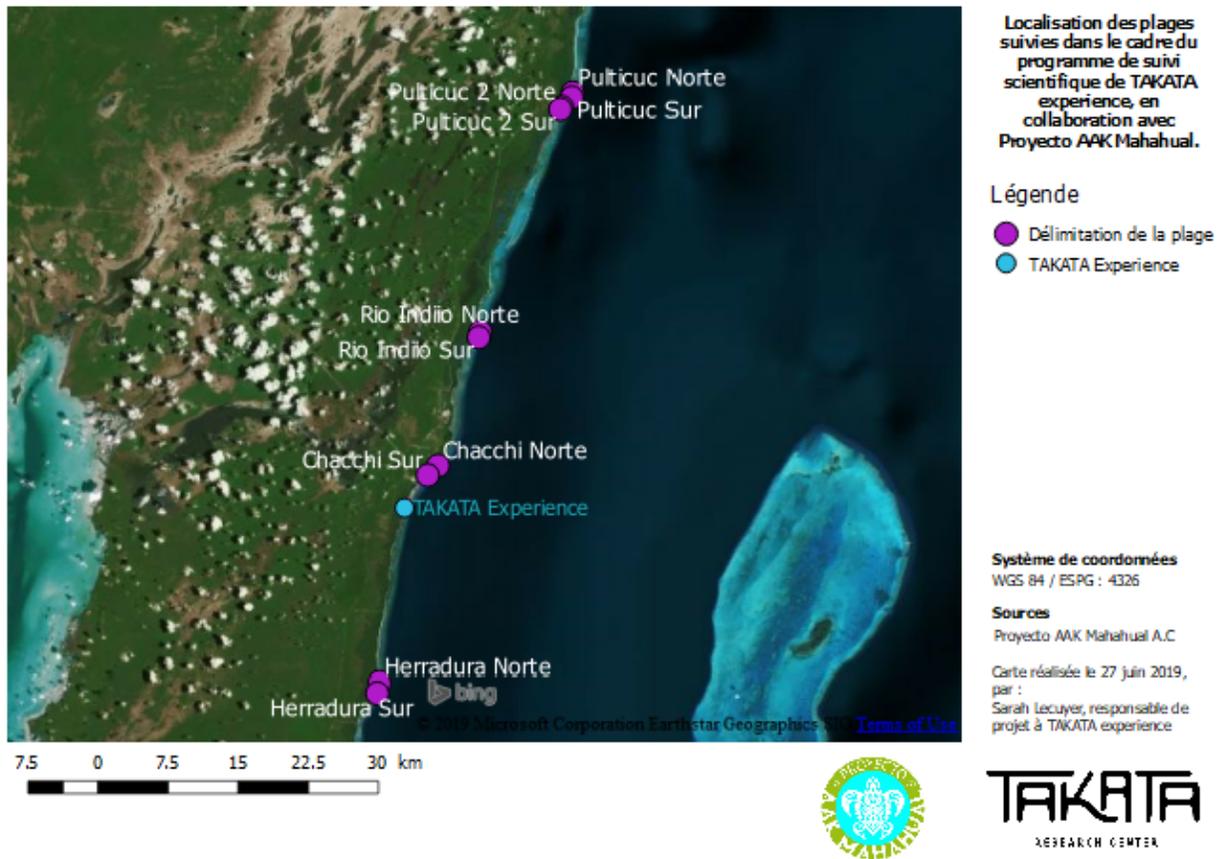


Figure 4.1 - Carte de la localisation des plages suivies dans le cadre du programme de suivi scientifique de TAKATA Experience, en collaboration avec Proyecto AAK Mahahual A.C

La lagune et le récif bordant le village de Mahahual forment un ensemble composé de zones d’herbiers marins, de récifs submergés et émergés (figure 4.2).

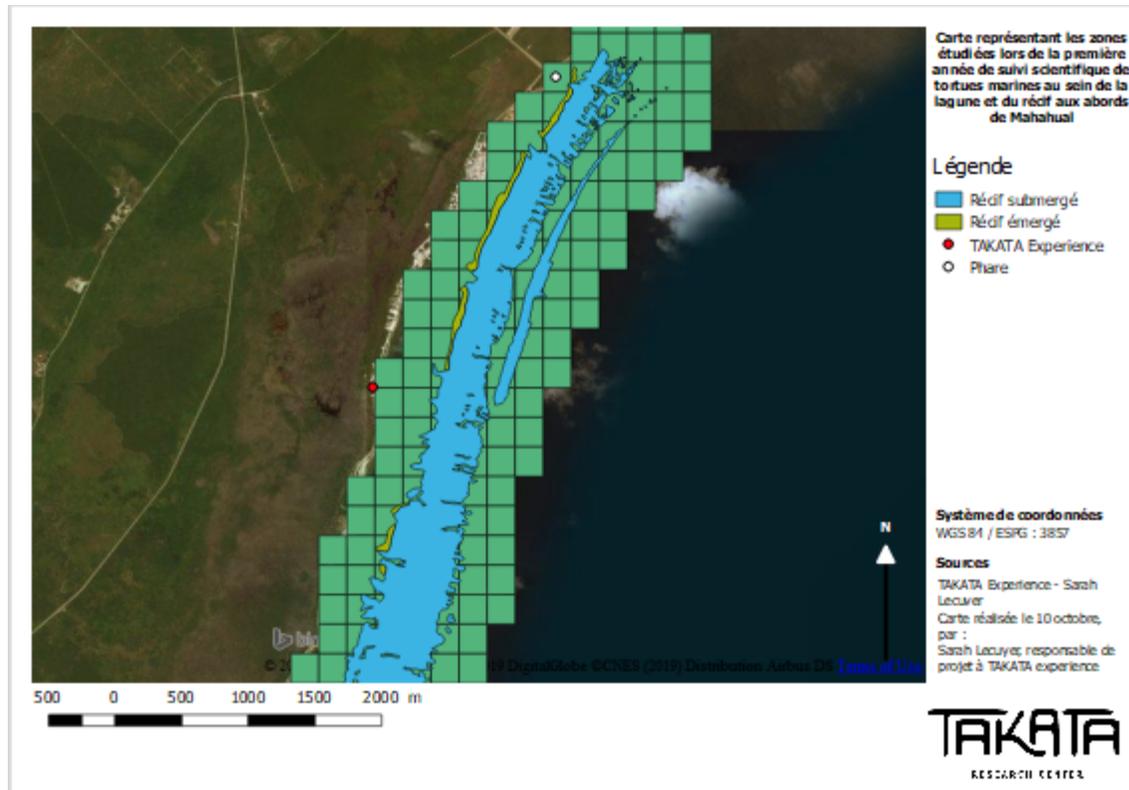


Figure 4.2 - Carte de l'aire d'étude suivie aux abords de Mahahual dans le cadre du programme de suivi scientifique de TAKATA Experience

4.2 Bonification de la méthodologie de suivi

Une méthodologie de suivi des tortues marines a été proposée à TAKATA durant l'année 2018 par Mlle Cusson dans le cadre du programme de suivi scientifique. La bonification de celle-ci a été effectuée, afin de mettre en place une méthodologie adaptée aux attentes en termes de données et d'informations exploitables à des fins de conservation, ainsi que répondant aux contraintes diverses.

La bonification s'est déroulée en plusieurs étapes. Tout d'abord, il y a eu une réunion avec Mme Carrier Doney, superviseure du stage : le but était de revoir ensemble les objectifs et résultats attendus du projet, ainsi que de discuter des méthodes utilisées sur les autres sites suivis par les partenaires.

Ensuite, l'analyse du travail de Mlle Cusson, qui a été de rassembler les différentes méthodes utilisées dans la région et de proposer une méthodologie préliminaire, a été effectuée en évaluant la faisabilité des méthodes sélectionnées sur le long terme ainsi que la pertinence de ses méthodes quant à l'atteinte des objectifs à court et à long terme au sein de TAKATA.

Une revue de littérature permettant de recenser les méthodes couramment utilisées pour les suivis a été effectuée. Les moteurs de recherche "Scopus" et "Google scholar" ont été utilisés avec les mots-clés "sea", "turtle", "monitoring", "guideline". De plus, nous avons participé à un atelier de capacitation portant sur la conservation des tortues marines. Ceci a permis d'obtenir des informations importantes sur les méthodes de suivi implantées sur la côte du Quintana Roo, de rencontrer les différents acteurs locaux, scientifiques de la région et comprendre les recherches qui y sont menées. Au cours de ces deux journées, des présentations ont été tenues, abordant l'historique de la protection des tortues marines dans le Quintana Roo, la gestion intégrée participative, les suivis permettant d'évaluer la santé des populations de tortues, les techniques de capture, la caractérisation des habitats de tortues marines, l'éducation à l'environnement. Cela a aidé à la compréhension des programmes de recherches entrepris dans la région par les universitaires ainsi que le rôle de TAKATA au sein de la région sud du Quintana Roo. La participation à des activités de suivi sur le terrain a également permis d'évaluer les temps de déplacements et de déterminer le matériel nécessaire pour la prise de données sur le terrain.

Finalement, l'inventaire du matériel disponible à TAKATA a été fait pour compléter les faisabilités techniques, financières du suivi et préparer les suivis.

À partir de toutes les informations récoltées, nous avons fait une analyse multicritère permettant d'évaluer les méthodes entre celles proposées dans le programme de suivi antérieur, des méthodes trouvées dans la littérature, et celles apprises auprès des scientifiques et techniciens durant l'atelier pour sélectionner la plus adaptée à notre situation.

Nous avons utilisé plusieurs critères pour effectuer la bonification du programme de suivi antérieur :

- Est-ce que la méthode est en accord avec la standardisation des données récoltées à travers la région ? : on souhaite vérifier avec ce premier critère si la méthode est utilisée dans la région du Quintana Roo et permettra la comparaison des résultats entre sites suivis par diverses associations ou universités.
- Est-ce que la méthode est réalisable ? : on souhaite évaluer la faisabilité technique, organisationnelle et financière de la méthode, en s'assurant que les multiples ressources nécessaires soient disponibles pour cette année mais également pour les années à venir.
- Est-ce que la méthode permet de récolter les données minimales pour atteindre les objectifs à court et à long terme du projet ? : ici, on souhaite évaluer si la méthode permet de récolter et d'obtenir les informations nécessaires pour atteindre les objectifs à court et à long terme du projet. Divers organismes comme le SWOT et les Nations Unies (Conseil scientifique de SWOT,

2011a; Nations Unies, 2017) ont proposé une liste d'informations à recueillir variant selon les besoins et des capacités de chaque projet : estimation du succès de nidification, estimation du nombre de femelles venant pondre, estimation de la distribution des tortues à travers les habitats, par exemple.

- Est-ce que la méthode permet d'optimiser la détectabilité des individus ? : on souhaite évaluer pour chaque méthode de suivi dans l'eau employée, la capacité de celle-ci à faciliter la détection des tortues. Par exemple, est-ce que la méthode employée risque d'effrayer les tortues et de limiter leur détection ou bien est-ce que cela va permettre d'augmenter leur détection ?
- Est-ce que la méthode permet de limiter l'application d'hypothèses fortes concernant la détectabilité des nids ou des individus dans l'eau ? : avec ce dernier critère, on souhaite évaluer le besoin d'utiliser des hypothèses quant à la détectabilité des individus dans l'eau et favoriser les méthodes d'inventaires faisant le moins de suppositions possibles. L'utilisation d'hypothèses et de supposition quant à la détection des individus trop importante pourrait avoir des impacts négatifs sur l'estimation de la population de tortues.

À la suite de cette analyse, les méthodes sélectionnées et leurs protocoles ont été développés.

4.2 Planification et mise en place du suivi

La planification d'un suivi est une étape cruciale qui permet de l'organiser avec les différents intervenants, ici avec Proyecto AAK Mahahual principalement.

4.2.1 Sélection des sites de suivis

La sélection des sites pour le suivi de ponte a été effectuée préalablement par Víctor Rosales, président de Proyecto AAK Mahahual grâce à des entrevues avec les communautés locales. Cette sélection a été suivie, car les autorisations gouvernementales acquises par Mr Rosales couvrent uniquement celles-ci.

Concernant la lagune, la sélection a été réalisé grâce au logiciel QGIS. TAKATA a effectué une cartographie, présentée dans l'annexe 1, basée sur un quadrillage AGRRA¹, créant des zones de 200 m sur 200 m ayant chacun son propre ID. Il existe des fichiers shapefiles associés à cette carte, dont un représentant le quadrillage AGRRA et d'autres représentant les récifs coralliens émergés et submergés. À partir de cette carte et du shapefile AGRRA, des points aléatoires ont été distribués sur la grille afin de positionner les extrémités des quatre transects au nord et au sud de la zone d'étude. Ensuite, les transects

¹ Le système AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment) est un système utilisé dans les Caraïbes pour faciliter la prise de données concernant les récifs coralliens

ont été tracés en reliant les points entre eux, parallèles à la côte. Par la suite, nous avons vérifié avec le capitaine si les transects proposés à la suite de la sélection aléatoire étaient utilisables, dû à la profondeur variable au niveau de la lagune et du récif.

4.2.2 Planification des suivis

Une étude approfondie du rapport SWOT a été réalisée afin de comprendre et de déterminer la fréquence de sortie nécessaire dans notre programme pour obtenir des résultats significatifs selon cet organisme (Conseil scientifique de SWOT, 2011a, 2011b). En plus de cette étude, une discussion a dû être menée avec Proyecto AAK Mahahual A.C pour s'entendre sur les fréquences de visites des plages. En effet, TAKATA est dépendant de Proyecto AAK Mahahual A.C, car c'est cette association qui détient les autorisations gouvernementales permettant de manipuler les nids et œufs dans la région de Mahahual. Pour le suivi dans la lagune, la période de suivi devait correspondre idéalement à la période de forte abondance connue des tortues marines dans la région, c'est-à-dire dans les mois de mai à juillet (Carrier Doney, 2019).

Durant les suivis de plages et de la lagune, des personnes supplémentaires ont été nécessaires. Pour les suivis de plage, en plus de Víctor Rosales et moi-même, quatre personnes supplémentaires ont été nécessaires à chaque sortie pour assurer une meilleure efficacité des prises de données tandis que pour les suivis dans la lagune, une personne supplémentaire m'a accompagné pour faciliter la prise de données mais aussi pour assurer la sécurité.

4.2.3 Compilation des données

L'application SWmaps a été utilisée pour faciliter la prise de données. Les données sont récoltées directement à partir de l'application, sont compilées à un même endroit

Il est possible de prendre des photos géolocalisées et d'ajouter une description : toutes les informations sont centralisées, il est facile de faire des vérifications par la suite s'il y a des hésitations sur l'identification de l'espèce, d'envoyer le fichier à une tierce personne pour demander conseil. Avant chaque prise de données, il faut penser à recalibrer le téléphone en lui faisant faire des 8. Pour toutes ces raisons, nous avons sélectionnés cette application pour le suivi à long terme.

4.2.4 Méthode de suivi de plage

Le suivi sur les plages vise à récolter des données afin de connaître l'activité des tortues à chaque plage, d'évaluer le succès de ponte, c'est-à-dire si la tortue a pondue ou non, le succès d'éclosion, c'est-à-dire

évaluer la proportion d'œufs éclos et non éclos, et ultimement de définir des zones importantes pour la reproduction des tortues.

Les visites de plage vont s'effectuer de nuit ainsi que de jour : les suivis de nuit permettront de surveiller la présence de tortue sur les plages ainsi que les éclosions, de faire un décompte des nids et des traces. Les suivis de jour permettront de vérifier la présence d'œufs dans les nids et d'estimer la date de ponte.

À chaque sortie de nuit, 2 équipes de 3 personnes seront formées afin que chaque équipe parcoure la plage, au centre de la plage, les lampes frontales allumées avec leur lumière blanche. Pendant le parcours de la plage, il faut être attentif à trois choses : les tortues qui peuvent monter, descendre sur la plage ou être en train de pondre, les nids et les traces.

Si l'on observe une tortue sortant de l'eau, il faut rester silencieux, s'éloigner d'elle d'environ 10m et changer la lumière utilisée pour la lumière rouge. Une fois qu'une tortue est en train de pondre, les mesures précises concernant le nid peuvent être prises en restant en arrière d'elle et en évitant la lumière vers sa tête. À ce moment-là, il faut :

- Effectuer l'identification de l'espèce ou la confirmer
- Prendre en note l'identification du pit-tag provenant d'autres études s'il y en a au niveau des pattes avant ainsi que la présence de tumeur
- Prendre en note la localisation du nid
- Prendre en note le substrat autour du nid
- Évaluer et prendre en note si des menaces sont présentes

Lorsque la tortue commence à recouvrir ces œufs, il faut s'éloigner et la laisser retourner à la mer.

Chaque nid rencontré sera identifié et un point GPS sera enregistré pour chacun d'eux. Les patrons, la localisation des nids sur la plage varient pour chaque espèce. Les tortues vertes préfèrent nidifier proche de la végétation arbustive, le nid est large et la cavité où sont situées les œufs est profonde (figure 4.3). Les nids de tortue caouanne et imbriqués sont moins larges et la cavité où se situent les œufs se situe à environ 30/40 cm. Leur différenciation pour ces deux dernières espèces peut être difficile : il sera important de contacter Mr Roberto Herrera, soutien technique dans le projet, dans les plus brefs délais par Whatsapp en cas de doute.

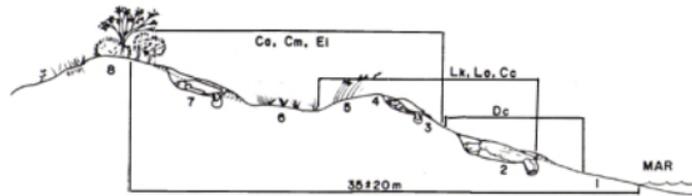


Figure 4.3 - Schéma de la localisation des sites de nidification préférentiels sur les plages selon les espèces de tortues marines. Ca, Cm : Chelonia ; Cc : Caretta ; Ei : Eretmochelys ; Lk, Lo : Lepidochelys ; Dc : Dermochelys.

Sources : R.Màrquez (1996)

Traduction libre

Il est possible qu'une tortue ait commencé à creuser mais qu'elle n'ait pas pondu d'œufs. Pour vérifier cela, à chaque fois qu'un nid sera observé, on sondera le sol avec un pic en métal : on cherche à sentir une différence entre le sable environnant (plutôt dur) et l'endroit où a été creusé un nid (plus mou). Lorsque le sable est mou et que la cavité est proche, le pic va s'enfoncer de plusieurs centimètres d'un coup, alors que dans le sable dur, le pic ne va pas beaucoup s'enfoncer. Lorsque le résultat n'est pas sûr à 100 %, c'est-à-dire que le pic ne s'est pas enfoncé de plusieurs centimètres, on peut creuser avec les mains munies de gants en latex en direction du nid. À la suite de 10 minutes de recherche, si on ne sent pas la cavité, on peut considérer qu'il n'y a pas d'œufs dans ce nid. Quel que soit le résultat, il faut :

- Prendre en note l'identification de l'espèce
- Prendre en note la localisation du nid
- Évaluer le succès ou l'échec de ponte
- Prendre en note le substrat autour du nid
- Évaluer si des menaces sont présentes

Les nids potentiels seront également repérés à partir des traces de tortues sur la plage. Dans ce cas, il faut déterminer le sens des traces. Les traces de chaque espèce sont reconnaissables : les traces de la tortue verte sont dites symétriques, alors que les traces de tortue caouanne et imbriquée sont dites asymétriques (photo du bas dans la figure) (figure 4.4).

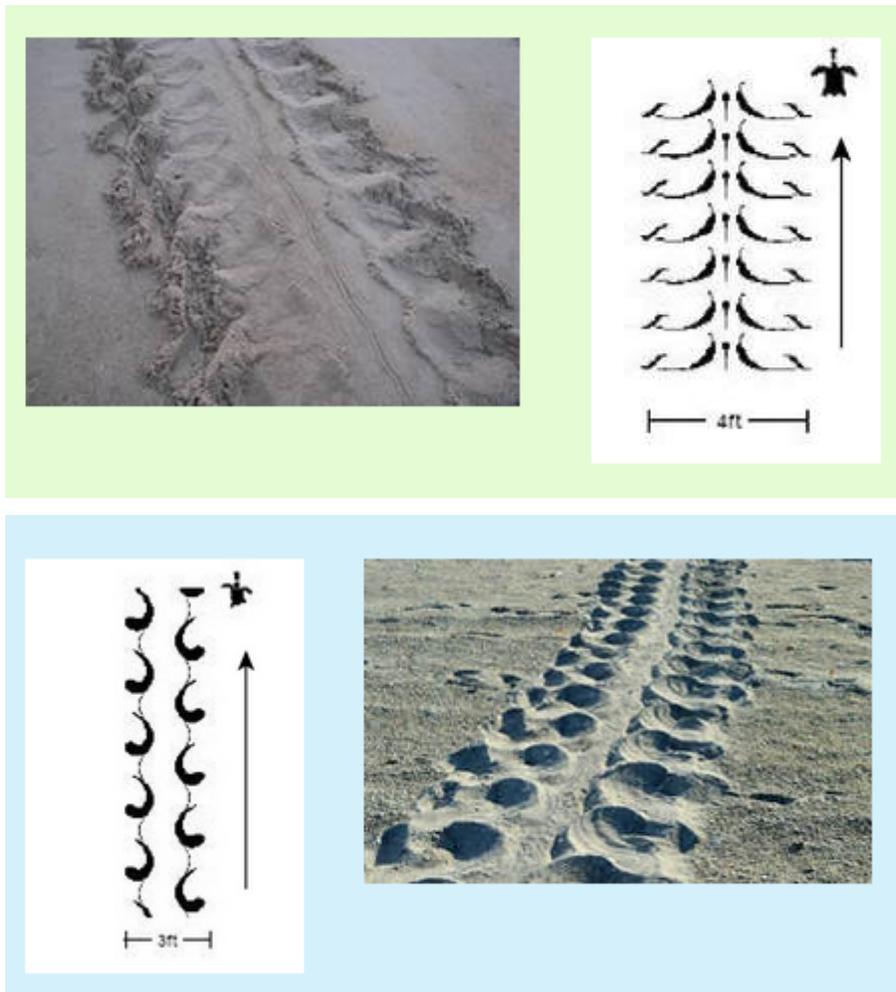


Figure 4.4 – Photos illustrant les types symétrique et asymétrique de traces de tortues marines. En haut, traces de tortue verte ; en bas, traces de tortue caouanne.
Sources : Conservation Tales (2018)

Les traces de tortue caouanne et imbriquée sont toutes deux asymétriques, mais malgré des tailles semblables (variant de 70 à 130 cm), il est possible de les différencier en observant un sillon sinueux creusé par la queue sur les traces de tortues imbriquées.

Si la trace mène à un nid, il faut suivre le protocole d'observation du nid.

Si la trace retourne à l'eau, il faut :

- Prendre en note l'identification de l'espèce
- Prendre en note la localisation de la trace
- Prendre en note l'échec de ponte
- Prendre en note le substrat autour de la trace

- Évaluer et prendre en note si des perturbations sont présentes

À chaque sortie, il est important de noter la date, le nom de l'observateur, le numéro de la plage.

Afin d'évaluer le succès d'éclosion, les nids seront excavés pour compter les œufs éclos et non éclos. Le moment opportun pour effectuer cette excavation sera défini à l'observation d'indices démontrant que l'éclosion des œufs contenus dans le nid a eu lieu : il est possible d'observer les traces des bébés sortant du nid ou encore de voir du sable plus humide (figure 4.5).

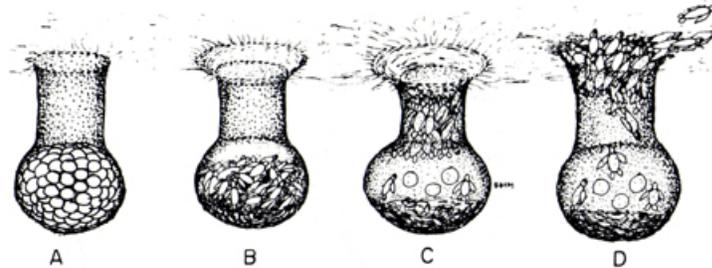


Figure 4.5 - Étapes de la sortie des bébés tortues du nid. A) œufs en incubation ; B) éclosion des œufs, on peut noter l'humidité à l'entrée du nid ; C) bébés qui sortent en groupe et d'autres sont coincés ; D) sortie du nid.

Source : R.Márquez (1996)

Traduction libre

Durant l'excavation, il est important de porter des gants, pour limiter les risques de contaminations avec des bactéries. Ensuite, sortir tous les œufs et séparer les œufs éclos des œufs non éclos. Les œufs éclos seront ouverts, la plupart du temps seulement d'un seul côté, et seront de couleur claire ou jaune-orange. Les œufs non éclos seront complets et de couleur sombre (comme si l'intérieur avait moisi). Également, seront comptés comme non éclos ouvert contenant les restes d'un bébé n'étant pas sorti de son œuf.

À chaque excavation de nid, il faut :

- Prendre en note le nombre d'œufs éclos et non éclos
- Reboucher le nid avec les œufs à l'intérieur

Il est possible lors des sorties sur les plages d'observer des bébés tortues. Selon si l'observation s'effectue de jour ou de nuit, les protocoles à suivre seront différents.

Lors d'une observation de nuit, il faut identifier le nid d'où proviennent les bébés. Afin de les aider à sortir du nid, il est conseillé de creuser un sillon allant du nid jusqu'à l'eau et d'éclairer le chemin à la lumière rouge : ceci leur permettra de se diriger plus facilement vers l'eau. Si des individus s'éparpillent, il est possible de les réorienter en les prenant et en les déplaçant, en étant muni de gants pour éviter tous risques de transmission de maladie.

Lors d'une observation de jour, il faut recueillir les tortues juvéniles et les garder dans une boîte à l'abri de la lumière afin de les relâcher en fin de journée, afin de limiter la prédation par les oiseaux ou les poissons. Également, il faut identifier le nid d'où proviennent les bébés. Il est conseillé d'excaver le nid afin d'effectuer le décompte des œufs éclos et non éclos. Si lors de l'excavation, on observe beaucoup d'œufs non éclos qui devraient éclore prochainement (œufs blancs), il est préférable de recouvrir le nid et de revenir un autre jour. Si on retrouve majoritairement des œufs éclos et des œufs non éclos qui n'éclore pas (œufs de couleur sombre, tachetés), il faut effectuer l'excavation complète du nid.

4.2.5 Évaluation des abondances dans les herbiers et le récif

Le suivi dans les herbiers et le récif vise à récolter des données permettant d'évaluer l'abondance et la densité de la population. La lagune et le récif seront visités en allant du nord au sud, parallèlement à la plage afin de visiter l'ensemble des zones possiblement visitées par les tortues, ceci permettant d'optimiser les coûts et le temps. Il s'effectuera avec une personne accompagnatrice afin d'aider à la prise de données.

La méthode du manta-tow sera utilisée : elle consiste à être tiré à l'arrière d'un bateau à l'aide d'une bouée en étant muni du matériel de snorkelling afin de pouvoir regarder sous l'eau constamment. À partir du point de départ, traverser les zones AGRRA et commencer à chercher des tortues. Lorsqu'une tortue est observée, il faut :

- Prendre en note l'identification de l'espèce
- Relever la localisation de l'individu en faisant signe au matelot resté sur le bateau de relever le point GPS
- Évaluer et prendre en note la distance à partir de l'observateur
- Prendre en note le substrat où elle se trouvait (herbier, corail, sable)
- Prendre en note l'activité de l'individu (nage, alimentation, reproduction, repos)
- Prendre une photo de l'individu

À la fin de la visite, noter le temps passé dans l'eau ainsi que les distances parcourues afin d'évaluer par la suite le nombre d'observations par unité d'effort.

4.3 Mise en place de l'analyse des données

L'implantation d'analyses statistiques et cartographiques permettra année après année d'interpréter les résultats des suivis et d'orienter le futur programme de conservation selon les besoins.

4.3.1 Consignation des données

À la suite de chaque sortie de terrain, les données récoltées seront consignées dans la base de données en format MS Excel.

Dans un premier fichier, les données pour les suivis de plage seront insérées, avec une colonne pour chaque variable qui aura été relevée : le numéro de la ligne de données, le nom de la plage, le code de l'espèce (CM pour tortue verte ; CC pour tortue caouanne ; EI pour tortue imbriquée), le type d'observation (tortue, nid ou trace), la date de ponte lorsque connue, les coordonnées en x, les coordonnées en y, l'état de ponte (succès s'il y a des œufs, échec s'il n'y a pas d'œufs ou si la trace n'aboutit pas à un nid avec des œufs), le pourcentage d'éclosion (proportion d'œufs ayant éclos), le nombre d'œufs ayant éclos, le nombre d'œufs n'ayant pas éclos, le nombre d'œufs total, le substrat, les menaces si présentes et les commentaires.

Dans le second fichier, les données pour les suivis en mer seront insérées, avec une colonne pour chaque variable qui aura été relevée : le numéro de la ligne de données, le numéro de la zone AGRRA, la présence ou l'absence de tortue dans la zone, l'espèce (CM pour tortue verte ; CC pour tortue caouanne ; EI pour tortue imbriquée), la coordonnée x de l'individu, la coordonnée y de l'individu, le substrat (herbier, corail, sable), l'activité (nage, alimentation, reproduction, repos), les menaces si présentes, la date de la visite, les commentaires.

4.3.2 Analyse des données statistiques

Nous allons nous intéresser à l'abondance des nids sur les différentes plages suivies, au succès de ponte en utilisant la variable sur l'état de ponte comme variable réponse ainsi qu'au succès d'éclosion en utilisant la combinaison des variables sur le nombre d'œuf éclos et celle du nombre d'œufs non éclos comme variable réponse.

Nous explorerons les données selon le protocole de Zuur et al. (2010) afin d'identifier des méthodes d'analyses appropriées, notamment en vérifiant la colinéarité, les interactions, évaluer la dispersion des données. Également, s'il manque beaucoup d'informations pour certaines variables, il serait intéressant de faire des modifications en combinant certaines variables ou en en éliminant.

Le succès de ponte sera modélisé grâce à un modèle GLM avec une distribution binomiale. La variable réponse utilisée sera l'état de ponte, tandis que les variables explicatives seront l'identifiant de la plage ainsi que l'espèce.

Le succès d'éclosion sera également modélisé grâce à une fonction GLM binomiale. La variable réponse utilisée sera la variable d'éclosion, tandis que les variables explicatives seront l'identifiant de la plage ainsi que l'espèce.

Pour le suivi en mer, une évaluation de l'abondance des individus de tortue sera effectuée grâce au logiciel Distance à partir des données récoltées durant le suivi dans la lagune. Un modèle sera créé, la variable réponse étant la présence et l'absence des tortues tandis que les variables explicatives seront le substrat, l'activité de la tortue et la distance à partir de l'observateur.

Le choix de la fonction GLM semble approprié pour la création des différents modèles, car, il est possible d'appliquer une distribution binomiale, approprié dans notre cas où nous avons deux solutions possibles, à savoir succès ou échec.

La sélection des modèles s'effectuera grâce à des AIC. À la suite de l'interprétation des sorties, des graphiques seront produits grâce aux packages ggeffects et ggplot2. Pour déterminer les différences entre les plages et entre les espèces au niveau de chaque variable, des comparaisons multiples ont été effectuées avec les packages emmeans et multcompView.

Les étapes d'exploration de données, de création de modèles et sélection de modèles, de production de graphiques seront effectuées avec le logiciel R (R Core Team, 2019).

4.3.3 Analyse des données géoréférencées

Les données récoltées qui seront géoréférencées permettront de réaliser des cartes thématiques : les plages de nidification ; le succès de ponte ; les sites de ponte et le pourcentage d'éclosion ; les aires marines préférentielles. Selon la taille de l'aire d'étude visée par la création de cartes, il se peut que plusieurs cartes soient créées pour la même thématique afin qu'elles soient lisibles.

La base de données contenant les informations recueillies durant la période de suivi sera transformée en format CSV afin d'être exploitable. Les données géoréférencées, toutes de types vectoriels, seront consignées sous un format shapefile. Nous pourrions faire ressortir plusieurs informations : l'activité de ponte, le succès de ponte et la localisation des individus observés dans la lagune et le récif.

En ce qui concerne la création de cartes, l’exploitation des outils de style, d’étiquettes permettra d’illustrer les informations nécessaires selon la thématique de la carte.

Les étapes d’exploration de données, d’analyses et de création de cartes seront effectuées avec le logiciel QGIS et Microsoft Excel (Équipe de développement de QGIS, 2019; Microsoft, 2016).

4.4 Mise en place de l’analyse critique

L’analyse critique est une étape cruciale à la suite de la première année d’un plan de suivi : elle permet d’évaluer le déroulement et l’efficacité du plan et d’ajuster si besoin.

Ici, nous allons évaluer chaque activité. Lorsque quelque chose n’aura pas fonctionné comme souhaité, nous énoncerons le problème rencontré, les conséquences que ce problème a eues dans le projet, et nous proposerons des solutions applicables. A contrario, lorsque quelque chose aura très bien fonctionné dans une activité, on énoncera ce qui aura été réussi ainsi que les facteurs de réussite, et également les facteurs de risques afin que les futurs chargés de projet soient vigilants. Le tableau ci-dessous présente le format du fichier Excel qui sera utilisé pour effectuer cette analyse critique.

Tableau 4.1 - Critères pour l'analyse critique

Activité	Problème rencontré	Conséquences sur le projet	Solutions applicables	Activité	Réalisation réussite	Facteurs de réussite	Facteurs de risques

En fonction des résultats de cette analyse, des recommandations seront proposées pour ajuster le programme dans les années à venir, autant pour le volet organisationnel, logistique, que financier.

5 – Résultats

5.1 Sélection des méthodes de suivi

Cette sélection des méthodes a été effectuée deux étapes majeures : l'analyse de la méthode préliminaire ainsi que l'analyse multicritère.

5.1.1 Analyse de la méthode préliminaire et recherche complémentaire

Il est sorti de cette analyse que les méthodes choisies étaient faisables en terme de faisabilité technique, organisationnelle. Cependant, le document présentant la méthodologie préliminaire n'indiquait pas les objectifs à court et à long terme et en quoi les méthodologies sélectionnées allaient permettre de les atteindre. De plus, aucune étude sur la fréquence nécessaire de l'application des protocoles, de la visite des plages et des transects, n'avait été effectuée.

À travers la recherche documentaire, nous avons observé que les deux principales méthodes utilisées pour le suivi de tortues marines sur les plages sont les suivis par décompte d'individus et le suivi par décompte de nid. Il existe d'autres méthodes qui nécessitent plus de matériel, comme des drones par exemple mais qui ne sont pas forcément adaptés aux contraintes rencontrées à TAKATA. Concernant le suivi dans l'eau, beaucoup de méthodes différentes ont été retrouvées, chacune comportant son lot d'avantages et d'inconvénients.

À la suite de ses différentes recherches, les méthodes suivantes ont été sélectionnées pour évaluation. Pour les suivis de plage, les méthodes suivantes ont été sélectionnées : dénombrement du nombre de femelles nidifiant, dénombrement du nombre de nids de chaque espèce, dénombrement du nombre de traces et des nids associés à chaque trace, vérification des nids ayant des œufs ou pas en creusant, dénombrement du nombre d'œufs éclos et non éclos. Pour les suivis au sein de la lagune, nous avons : dénombrement de chaque individu observé dans l'eau par transect, dénombrement de chaque individu observé dans l'eau par transect large et dénombrement de chaque individu observé dans l'eau par quadrat.

5.1.2 Analyse multicritères des méthodes de suivi

Premièrement, au vu des faisabilités, le suivi par le décompte de tortues observées, proposé dans le protocole précédent, n'est pas envisageable. En effet, cela demanderait des visites très récurrentes sur les plages afin manquer le moins de tortues possible et augmenterait considérablement les frais de transport,

poste de dépense le plus important. De plus cette méthode apporte une incertitude importante associée à la faible détectabilité des individus (Conseil scientifique de SWOT, 2011a, 2011b). De plus, l'estimation de la taille de population par le comptage des femelles sur les plages n'est pas envisagée. La méthode choisie est donc la méthode de dénombrement des nids et des traces. Étant donné que les nids et les traces restent visibles pendant plusieurs jours, il est possible d'utiliser cette méthode en visitant les plages 3 fois par semaine. De cette manière, on optimise le rapport coût/bénéfice, diminue les dépenses associées au suivi et on atteint les objectifs de recherches, qui sont de connaître l'abondance, la densité ainsi que le succès de ponte et d'éclosion sur les différentes plages. Cette méthode est applicable selon les analyses de faisabilités organisationnelles et techniques. La collaboration avec l'association Proyecto AAK Mahahual A.C permet un soutien logistique important : elle possède tout le matériel nécessaire pour le suivi et les bénévoles rattachés à celle-ci sont prêts à aider.

Cette méthode de compte des nids et des traces permet d'obtenir les données minimales pour atteindre les objectifs à court et à long terme. En effet, cela permet d'atteindre les objectifs attendus par TAKATA, qui sont de connaître les plages les plus importantes pour les tortues marines aux alentours de Mahahual. De plus, le décompte de nids associés à une analyse du milieu aidera à comprendre les raisons du succès ou des échecs de ponte, d'éclosion, ainsi que de développer un programme de conservation adapté aux besoins.

Son application, en plus de l'utilisation des protocoles de décompte d'œufs permettent d'obtenir des informations telles que le succès de nidification, le succès d'éclosion, ou bien encore d'estimer le nombre de femelles venant nidifier sur les plages. Toutes ces informations sont intéressantes, et l'utilisation de ce protocole apporte des résultats pouvant être utilisés dans le cadre d'études démographiques des populations (United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP), s. d.). Autrement dit, les données de cette année pourront être utilisables si TAKATA souhaite développer une autre question de recherche que celle sur le suivi des nids. De plus, elle permet de limiter l'application de supposition. En effet, les vérifications mises en place avec l'utilisation du pic en métal ou bien encore l'excavation des nids permettent d'avoir un résultat ayant peu de biais : la présence d'œufs assure le résultat positif de la ponte des œufs, la recherche approfondie à l'aide du pic en métal de la chambre des œufs limite les erreurs.

Concernant le suivi dans la lagune et le récif, toutes les méthodes sont réalisables selon les analyses de faisabilités. Le matériel nécessaire pour le suivi est disponible à TAKATA, ainsi que l'argent pour financer l'essence et le salaire de l'équipage.

Nous avons évalué que le suivi utilisant un transect simple limite la détectabilité des individus. L'utilisation du protocole du manta-tow pour traverser ce transect implique l'utilisation d'un bateau à moteur. Or, il a été démontré dans plusieurs études que les embarcations à moteur ont tendance à faire fuir les animaux, effrayés par le bruit (Samuel, Morreale, Clark, Greene et Richmond, 2005). L'utilisation de cette méthode ne serait pas appropriée, car, bien que l'on suppose que tous les individus sont détectés avant d'être influencé par l'observateur, cela peut apporter un biais important concernant la détectabilité des individus car on applique une supposition. Les méthodes de transect large (ou distance sampling) ainsi que d'exploration par quadrat permettent d'optimiser la détectabilité des individus, car, la première méthode permet de comptabiliser les individus qui sont situés à une largeur fixe autour de l'observateur, tout en prenant en compte la diminution de la visibilité et la seconde n'utilise pas d'engin à moteur et donc limite la dispersion des individus dus aux bruits ou aux vibrations. Nous avons finalement sélectionné l'utilisation du transect large et du manta-tow, car elle est en accord avec la standardisation des données et permet d'utiliser le logiciel « Distance » afin d'estimer les abondances et densités relatives entre sites. La méthode sélectionnée permet d'obtenir les données minimales conseillée afin d'atteindre les objectifs à court et à long terme (United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP), s. d.). De plus, elle permet de limiter l'utilisation d'hypothèses fortes, car on assume que la probabilité de détection diminue plus on s'éloigne de la ligne imaginaire du transect, alors que les autres méthodes assume une détection de 100%. On peut appliquer également un coefficient permettant d'estimer les individus manqués sur le transect (Jacob et Gardes, 2011).

5.2 Suivis des plages

Le suivi a duré 14 semaines, à raison de trois visites par semaines. Nous avons 370 observations, comptabilisant les nids, traces ou individus.

5.2.1 Abondance et densité

Sur les quatre plages que nous avons suivies, 165 nids ont été identifiés, 133 de *Chelonia mydas* (tortue verte) et 30 de *Caretta caretta* (tortue caouanne). Pour deux nids, l'espèce n'a pas pu être identifiée. Le nombre de nids pour la tortue verte varie de 62 sur la plage d'Herradura à 19 sur la plage de Rio Indio, mais on peut voir que c'est sur la plage de Pulticup que la densité est la plus élevée avec 10,3 nids tous les 100m (tableau 2). Pour la tortue caouanne, le nombre de nids varie de 1 sur la plage de Pulticup à 11 sur la plage de Chacchi. C'est également sur cette dernière plage que la densité est la plus élevée avec 1,83

nid tous les 100m, la densité de nids de tortue caouanne la plus faible se trouvant sur la plage de Pulticup avec 0,3 nid par 100m (tableau 2). Aucune *Eretmochelys imbricata* (tortue imbriquée), ni traces ou nids de cette espèce a été identifié au cours du suivi de plage durant cette saison de ponte 2019.

Tableau 5.1 - Nombre de nids et densité de nids (nombre de nids par 100m) par plage visitée durant le suivi de tortues marines durant l'année 2019

Plage	Pulticup	Rio Indio	Chacchi	Herradura
Longueur de la plage (m)	300	650	600	800
Nombre de nids (CM)	31	19	21	62
Densité CM (nids/100m)	10,33	2,92	3,50	7,75
Nombre de nids (CC)	1	9	11	9
Densité CC (nids/100m)	0,30	1,38	1,83	1,12

5.2.2 Succès de ponte

Pour la tortue verte, le succès de ponte total est de 44,03 % avec 133 nids pour 302 observations. Pour la tortue caouanne, le succès de ponte est de 56,60 % avec 30 nids pour 53 traces d'activités. Le succès de ponte pour la tortue verte varie de 55,88 % sur la plage de Rio indio à 29,63 % sur la plage de Chacchi. Concernant la tortue caouanne, son succès de ponte varie de 20 % sur la plage de Pulticup à 75 % sur la plage d'Herradura. Le tableau ci-dessous présente le pourcentage de succès de ponte à chaque plage pour les deux espèces.

Tableau 5.2 - Succès de ponte en pourcentage de chaque espèce de tortue pour chaque plage visitée lors du suivi de tortues marines durant l'année 2019

Plage Espèce	Pulticup	Rio Indio	Chacchi	Herradura
Succès de ponte chez <i>Chelonia mydas</i> (%)	45,58	55,88	29,63	54,38
Succès de ponte chez <i>Caretta caretta</i> (%)	20,00	69,23	47,83	75,00

Le premier modèle nous indique qu'il y a un effet significatif ($p < 0,5$) de la variable espèce, seulement pour la tortue verte sur le succès de ponte. Les variables correspondant à la tortue caouanne, aux plages et aux interactions entre les espèces et les plages ne sont pas significatives dans ce modèle (figure 5.1).

```
Call:
glm(formula = Etat_ponte ~ sp * ID_plage, family = binomial,
     data = ponte)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6651  -1.1033  -0.7692   1.1037   1.7941

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -0.08701    0.41742  -0.208   0.8349
spcm         -0.97934    0.48811  -2.006   0.0448 *
ID_plagehr   1.18562    0.78657   1.507   0.1317
ID_plagepu  -1.29928    1.19342  -1.089   0.2763
ID_plagerio  0.89794    0.73168   1.227   0.2197
spcm:ID_plagehr  0.05662    0.84738   0.067   0.9467
spcm:ID_plagepu  2.18870    1.24400   1.759   0.0785 .
spcm:ID_plagerio 0.40480    0.84774   0.478   0.6330
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Figure 5.1 - Résumé de la sortie de l'analyse du modèle expliquant la probabilité de ponte en fonction de l'espèce de tortues et de la plage.

Associé à ce modèle, le graphique ci-dessous permet de visualiser les valeurs prédites du modèle concernant la probabilité de ponte par espèce et par plage (figure 5.2).

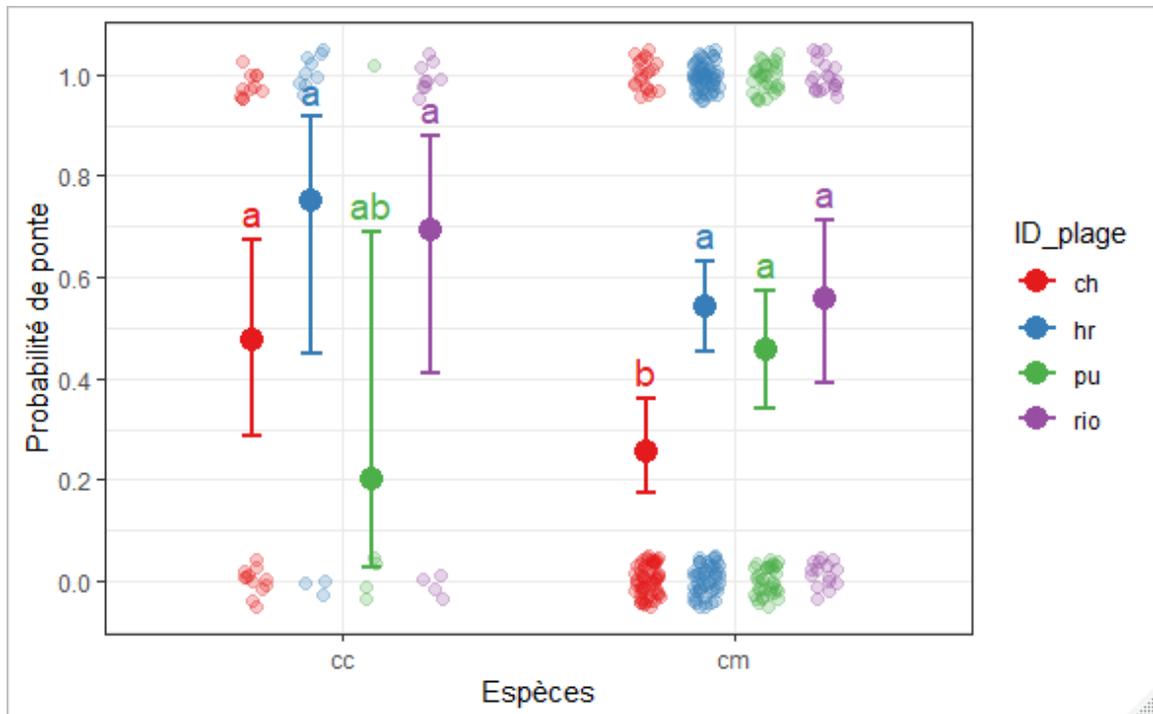


Figure 5.2 - Graphique illustrant les prédictions du modèle expliquant la probabilité de ponte en fonction de l'espèce et de la plage. Chaque point représente chaque observation effectuée sur chaque plage et pour chaque espèce. Les lettres indiquent les différences significatives entre chaque groupe. Chacchi = ch ; Herradura = hr ; Pulticup = pu ; Rio Indio = rio

Les coefficients représentés par les lettres nous indiquent qu'il y a une différence significative du succès de ponte sur la plage Chacchi pour la tortue verte en comparaison aux plages Rio Indio, Pulticup et Herradura et qu'il n'y a pas de différence significative du succès de ponte entre ces trois plages. Concernant la tortue caouanne, on remarque qu'il n'y a pas de différence significative entre les plages. On peut relever aussi qu'il y a une différence significative de la probabilité de ponte sur la plage de Chacchi entre la tortue caouanne et la tortue verte.

5.2.3 Succès d'éclosion

Sur les 163 nids identifiés et associés à une espèce, 77 ont été excavés et permettent d'informer sur le succès d'éclosion, soit 47,23 % d'entre eux (tableau 5.3). La majeure partie des nids ont été excavés sur les plages de Pulticup (84,37% des nids excavés) et d'Herradura (47,94% des nids excavés), les nids des plages de Chacchi ayant été excavés seulement à hauteur de 37,5% et 10,71% pour les nids de la plage de Rio Indio.

Tableau 5.3 - Tableau représentant le pourcentage de nids excavés par espèce et par plage

Plage	Nombre de nids observé durant le suivi 2019		Nombre de nids excavés		Pourcentage de nids excavés (%)	
	Tortue verte	Tortue caouanne	Tortue verte	Tortue caouanne	Tortue verte	Tortue caouanne
Pulticup	31	1	27	0	87,09	0
Rio Indio	19	9	1	2	5,26	22,22
Chacchi	21	11	6	6	28,57	54,54
Herradura	62	9	34	1	54,84	11,11
Total	133	30	68	9	51,13	30

En raison d'une trop grande dispersion des données, l'utilisation d'un modèle GLM binomial n'a pas pu être envisagée. Pour remédier à ce problème, le package glmmTMB a été utilisée.

Le modèle indique qu'il y a un effet significatif de la combinaison espèce/plage sur le succès d'éclosion, excepté pour la combinaison entre la tortue caouanne ainsi que les plages d'Herradura et de Rio indio. Également, on peut observer que le succès de ponte est plus élevé pour les combinaisons entre la tortue verte et les plages de Rio Indio et Pulticup que les combinaisons entre la tortue verte et les plages de Chacchi et d'Herradura (figure 5.3).

```

Family: betabinomial ( logit )
Formula:          cbind(oeufOUI, oeufNON) ~ sp_plage
Data: eclosion

      AIC      BIC  logLik deviance df.resid
 659.1    677.8   -321.6   643.1      68

overdispersion parameter for betabinomial family (): 2.39

Conditional model:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -1.1088    0.5139  -2.158  0.0310 *
sp_plagecc_hr  1.9152    1.1858   1.615  0.1063
sp_plagecc_rio -19.1797 5838.9051 -0.003  0.9974
sp_plagecm_ch  1.4400    0.6859   2.100  0.0358 *
sp_plagecm_hr  1.6640    0.5503   3.024  0.0025 **
sp_plagecm_pu  2.4483    0.5640   4.341 1.42e-05 ***
sp_plagecm_rio 2.7874    1.2050   2.313  0.0207 *
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Figure 5.3 - Résumé de la sortie de l'analyse du modèle expliquant le succès d'éclosion en fonction de l'espèce et de la plage

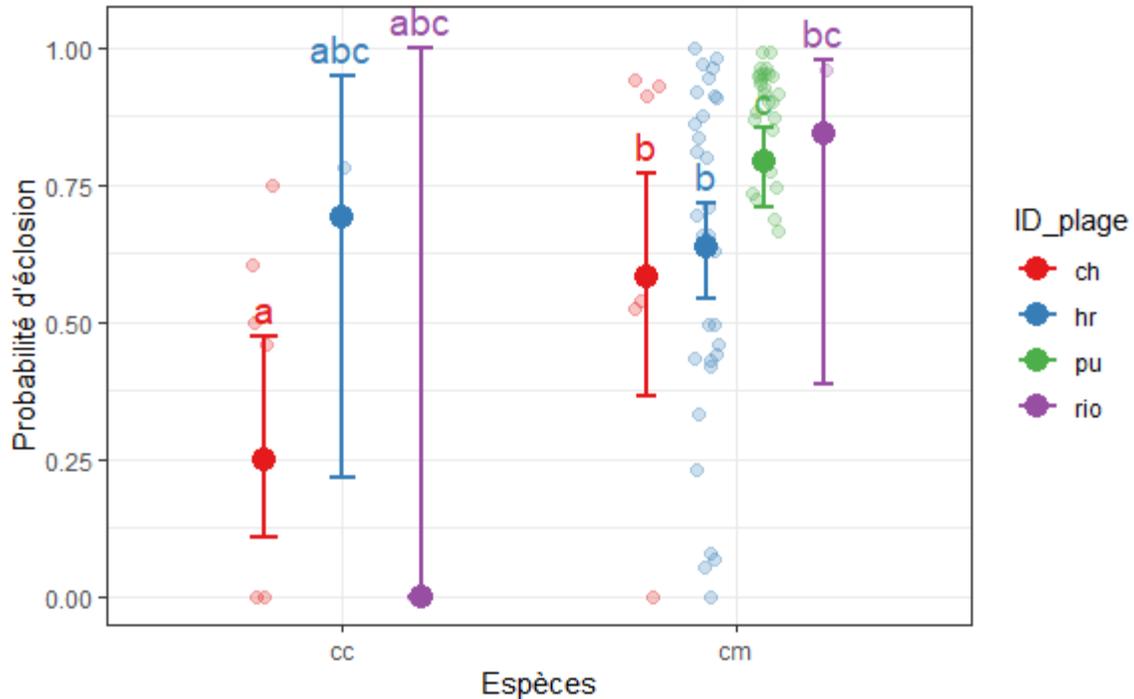


Figure 5.4 - Graphique illustrant les valeurs prédites du modèle expliquant la probabilité d'éclosion en fonction de l'espèce et de la plage. Chaque point représente chaque observation effectuée sur chaque plage et pour chaque espèce. Les lettres indiquent les différences significatives entre chaque groupe. Chacchi = ch ; Herradura = hr ; Pulticup = pu ; Rio Indio = rio

On observe qu'il n'y a pas de différence significative entre les plages pour la tortue caouanne (Figure 5.4). Concernant la tortue verte, on remarque que le succès d'éclosion sur la plage de Pulticup est significativement différent des plages de Chacchi et Herradura, mais n'est pas significativement différent de la plage de Rio Indio. Entre les plages de Chacchi, Herradura et Rio Indio, il n'y a pas de différence significative.

Également, on remarque que le succès d'éclosion sur la plage de Chacchi est significativement différent entre la tortue caouanne et la tortue verte.

Tableau 5.4 - Moyennes et écart-type observés des succès d'éclosion pour les tortues vertes (CM) et les tortues caouannes (CC) pour 4 plages aux alentours de Mahahual. Ces résultats ont été obtenus à partir du décompte du nombre d'œufs éclos et non éclos lors de l'excavation des nids (n=77 au total avec n=27 pour Pulticup, n=3 pour Rio Indio, n=12 pour Chacchi, n=35 pour Herradura).

Plage	Pulticup	Rio Indio	Chacchi	Herradura
Succès d'éclosion pour CM et CC (%)	87,80 +/- 9,64	31,94 +/- 55,38	51,35 +/- 35,37	62,45 +/- 29,21
Succès éclosion CM (%)	87,80 +/- 9,64	95,83	64,16 +/- 36,96	61,98 +/- 29,52
Succès éclosion CC (%)	NA	0	38,54 +/- 31,50	78,33

On remarque que le succès d'éclosion varie beaucoup selon les plages mais également au sein même des plages comme peuvent le montrer les valeurs des écarts-types. Par exemple, sur la plage de Pulticup, le succès d'éclosion est de 87,80 +/- 9,64 %, alors que l'on obtient 31,94 +/- 55,38 % pour la plage de Rio indio.

5.3 Suivi dans la lagune

Sur les trois sorties que nous avons effectuées, de 5 km chacune, nous avons observé 2 tortues dont une *Chelonia mydas* (tortue verte) et une *Eretmochelys imbricata* (tortue imbriquée). Chacune d'entre elles a été observée dans des environnements distincts : la tortue verte a été observée au niveau des herbiers marins à 5 m de l'observateur alors que la tortue imbriquée a été observée au niveau des récifs coralliens à moins d'un m de l'observateur. Tous deux étaient en train de nager, dans des zones sans trop de dérangement et/ou la qualité de l'eau était relativement bonne (en termes de visibilité et de qualité des herbiers/coraux). Durant les jours de suivis, il n'y avait pas de bateau de plongée ni de groupe de snorkeller.

Durant l'une des sorties de suivis, nous avons pu observer que dans certaines zones au sud, probablement dû à la dégradation des sargasses, la visibilité dans l'eau était de moins de 1 m. Il y avait énormément de particules en suspension.

6 – Discussion

Au sein de cette discussion, la diversité ainsi que l'abondance et la densité des tortues marines observés dans les différents habitats étudiés durant l'étude seront abordés. Également, les menaces rencontrées durant le suivi ainsi que les zones préférentielles déduites des résultats obtenus seront développées.

6.1 Diversité, abondance et densité des espèces de tortues sur les plages

Deux espèces ont été observées durant le suivi : la tortue verte et la tortue caouanne. La présence de ces deux espèces dans la région de Mahahual est connue, l'État du Quintana Roo étant une zone de nidification prioritaire pour la tortue verte ainsi que la tortue caouanne (SEMARNAT, CONANP et PNUD, 2018b, 2018a). Aucune tortue imbriquée n'a été observée sur les plages. Les principaux sites de nidifications connus de cette espèce sont localisés plus au nord de l'État du Quintana Roo (Holbox, Isla Contoy, Cancún) (CONANP et SEMARNAT, 2018).

Concernant la tortue verte, nous avons identifié 133 nids avec une densité de nids par 100 mètres 3,5 fois plus importante sur la plage de Pulticup que sur la plage de Rio Indio. La différence de densité entre ces plages pourrait s'expliquer en partie par le profil de chaque plage. En effet, la plage de Pulticup est profonde, offre une grande zone en arrière de la dune ainsi que de la végétation arbustive, qui sont des caractéristiques favorables pour la nidification des tortues vertes (Márquez, 1996; Ricardo Azanza, Ibarra, Espinosa, Diaz et Gonzalez-Sanson, 2003), ce qui pourrait expliquer pourquoi la densité en nids est la plus forte sur cette plage. En effet, la tortue verte nidifie majoritairement en haut de la plage, proche de la végétation (figure 6.1).

La majeure partie de la plage de Rio Indio est peu profonde, soumise régulièrement à l'érosion, n'offrant pas des habitats intéressants pour les tortues vertes, celle-ci préférant nidifier dans des zones proches de la végétation, éloignées de la ligne de marée. Le profil de la plage d'Herradura se rapproche plus de celui de la plage de Pulticup, avec une profondeur de plage importante et possédant quelques endroits avec une forte pente. Ceci pourrait expliquer pourquoi la densité de nids est la deuxième plus élevée sur cette plage avec 7,75 nids par 100m. La plage de Chacchi possède deux sections, l'une profonde et pentue, l'autre moins profonde et plus plate. On remarque que la plupart des nids de tortue verte se situent dans la première section, ce qui confirmerait la préférence de cette espèce pour les plages profondes.

Concernant la tortue caouanne, nous avons identifié 30 nids avec une densité allant de 1,83 nid par 100m pour la plage de Rio Indio et la plage de Chacchi à 0,3 nid par 100m pour la plage de Pulticup. Selon la littérature, la densité moyenne de nids par kilomètre pour la tortue caouanne est estimée à 2 nids par 100 mètres en moyenne (SEMARNAT et al., 2018a) : on se rapproche de cette densité moyenne sur les plages de Chacchi et de Rio Indio. Le profil de ces deux plages est plutôt favorable à la nidification de la tortue caouanne. En effet, ces plages sont peu profondes et offre une berme courte et peu pentue, ce qui est apprécié des tortues caouannes (Márquez, 1996) (figure 6.1).

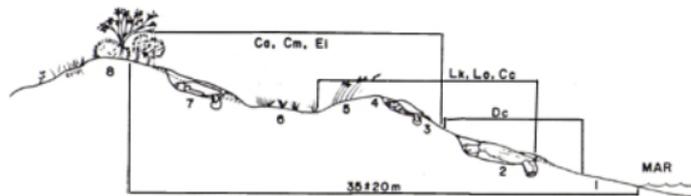


Figure 6.1 – Schéma de la localisation des sites de nidification sur les plages selon les espèces de tortues marines. Ca, Cm : Chelonia, Cc : Caretta, Ei : Eretmochelys, Lk, Lo : Lepidochelys, Dc : Dermochelys.

Source : R.Marquès (1996)
Traduction libre

Le suivi a débuté durant la première semaine de juillet. Or, la période de nidification de cette espèce se situe entre les mois d’avril et de juin : le faible nombre de nids identifié au cours de ce suivi pourrait être expliqué en partie par le début tardif du suivi. Malgré les 3 visites par semaine par plages, les nids datant du mois de mai ou des premières semaines du mois de juin deviennent difficilement repérables avec le temps, à cause de la pluie, du vent, du passage d’autres animaux pouvant effacer le patron du nid et donc diminuer les chances de détectabilité du nid. Si nous avons commencé le suivi plus tôt, nous aurions probablement identifié plus de nids de cette espèce.

N’étant pas en possession des données récoltées durant les années précédentes par les universitaires et associations travaillant sur les projets de suivis de tortues marines, il est difficile d’avancer une augmentation, une diminution ou une stagnation de l’abondance et de la densité de nids dans la région de la Costa Maya. Cependant, au vu des résultats de l’année 2019, nous pouvons penser que les plages aux alentours de Mahahual ne sont pas des plages clés pour la tortue verte et caouanne. En effet, plusieurs articles scientifiques relèvent des abondances et densités beaucoup plus élevées sur d’autres plages du

Quintana Roo et de la péninsule du Yucatan, allant d'environ 250 nids à plus de 1500 nids (Oliver de la Esperanza et al., 2017; Xavier, Barata, Cortez Palomo, Queiroz et Cuevas, 2006; Zavaleta-Lizárraga et Morales-Mávil, 2013).

6.2 Succès de ponte et d'éclosion des individus sur les plages

Il n'y a pas de différence dans le succès de ponte et d'éclosion entre la tortue verte et la tortue caouanne, exceptée pour la plage de Chacchi où le succès de ponte est significativement plus faible pour la tortue verte que pour la tortue caouanne. On peut observer sur la figure 5.5 qu'il y a plus d'observations pour les tortues vertes que pour les tortues caouannes : il est possible de supposer que, si nous avions eu plus d'observation pour la tortue caouanne sur l'ensemble des plages, nous aurions pu avoir des résultats différents ou plus marqués.

La tendance dénote un succès de ponte plus faible pour la tortue verte : cette tendance pourrait s'expliquer par les faibles précipitations survenues durant les mois de mai à août dans la région de Mahahual. En effet, de trop fortes précipitations pourraient avoir un effet négatif sur le succès d'éclosion, mais le manque de précipitation pourrait avoir un effet négatif sur le succès de ponte (Cheng, Huang, Hung, Ke et Kuo, 2009; Foley, Peck et Harman, 2006; Kam, 1994). Le phénomène ou l'action de nidification se déroule en deux étapes : la première consiste à ôter le sable sec en surface et la seconde consiste à creuser dans le sable plus humide la cavité dans laquelle les œufs vont être déposés. Ces deux étapes expliquent pourquoi certains nids sont plus profonds que d'autres en fonction de l'humidité contenue dans le sable (Cheng et al., 2009; Hays, Adams et Speakman, 1993) : si le sable est sec, la femelle va creuser plus profondément pour atteindre le sable humide. Étant donné que les mois de mai à août ont été très secs cette année, il se peut que le manque de précipitation ait rendu la nidification plus difficile pour les tortues, notamment pour les tortues vertes qui nidifient loin de l'eau et donc où l'humidité dans le sable est moins élevée. Les tortues caouannes auraient pu être moins affectée par ce manque de précipitation, car elle nidifie plus proche de l'eau, où le sable est naturellement plus humide, car plus proche de la ligne de marée.

L'uniformité de la taille des grains de sable serait l'un des paramètres les plus importants pour le succès de ponte chez les tortues vertes (Yalçın-Özdilek, Özdilek et Ozaner, 2007) : au niveau de beaucoup de nids, des roches ont été retrouvées, mélangées au sable. Il est possible que des roches soient retrouvées au niveau de sites de ponte sélectionnés et ceci les pousserait à ne pas pondre leurs œufs.

Le succès d'éclosion pour la tortue verte est en moyenne de 77,44%, le succès d'éclosion le plus élevé pour la plage de Rio Indio et le succès d'éclosion le plus faible sur la plage de chacchi. Nous pouvons voir que

l'intervalle de confiance est plus réduit pour la plage de Pulticup, où 27 excavations ont été menées. Bien que le succès d'éclosion soit le plus élevé sur la plage de Rio Indio, nous pouvons minorer ce résultat, car nous avons effectué seulement une excavation sur cette plage. On peut remarquer qu'au sein des plages, le succès d'éclosion varie beaucoup d'un nid à un autre (annexe 2). Par exemple, le succès d'éclosion a varié de 7% à plus 80% sur trois nids se situant tous dans un rayon de moins de 2 mètres sur la plage d'Herradura. Ceci pourrait indiquer que le microhabitat a une influence sur le succès d'éclosion. D'ailleurs, plusieurs études démontrent que la température, le taux d'humidité ainsi que la taille des particules de sable sont des critères importants pour le succès de ponte et d'éclosion des tortues vertes. Si le sable est trop chaud, les femelles auront tendance à ne pas pondre leurs œufs (Salleh, Nishizawa, Ishihara, Sah et Chowdhury, 2018), également lorsque le diamètre des grains de sable est trop fin (Salleh et al., 2018; Yalçın-Özdilek et al., 2007). Le taux d'humidité est un paramètre qui affecterait plus particulièrement le succès d'éclosion : une étude révèle une forte corrélation négative entre le taux d'humidité du nid et le succès d'éclosion (Yalçın-Özdilek et al., 2007). On peut remarquer d'ailleurs sur les cartes de succès d'éclosion que les nids ayant les meilleurs succès d'éclosion sont sur les plages offrant le plus de profondeur, les nids se situant loin du rivage (annexe 2), et correspond aux résultats obtenus dans d'autres études (Salleh et al., 2018; Yalçın-Özdilek et al., 2007).

Le succès d'éclosion pour la tortue caouanne est en moyenne de 38,95 %, le succès d'éclosion le plus élevé étant sur la plage d'Herradura et le plus bas étant sur la plage de Rio Indio. Avec le nombre d'excavations effectuées, il est difficile de savoir précisément sur quelle plage le succès est le plus élevé. Sur les observations effectuées, nous pouvons remarquer que la majorité des nids ont été prédatées, la plupart du temps par des chiens : cela représente la totalité des nids excavés à Rio Indio. Du fait de la faible profondeur de la cavité où se situe les œufs, il se pourrait que les nids de tortue caouanne soit plus prédatés par la faune sauvage ou bien les chiens, car les œufs seraient plus facilement détectables. Également, nous avons pu observer des nids inondés, l'un d'eux a été excavé et un taux de 60,39% de succès d'éclosion a été retrouvé, ce qui est dans la moyenne des résultats obtenus dans d'autres recherches : l'inondation partielle et ponctuelle des nids n'affecterait pas négativement le succès d'éclosion (Foley et al., 2006).

6.3 Diversité, abondance et densité des espèces de tortues dans la lagune

Seulement deux tortues ont été observées durant le suivi, il est donc impossible de construire et d'appliquer le modèle prévu avec le logiciel « Distance » permettant d'extrapoler l'abondance relative de

chaque espèce au sein de la lagune. Malgré cela, il est possible de tirer des informations de ces observations.

Premièrement, il est intéressant de voir qu'une tortue imbriquée a été observée au niveau du récif : en effet, aucun individu, nid, ou trace de cette espèce n'a été identifié au niveau des plages durant le suivi de l'année. Ces résultats indiqueraient que la lagune et le récif de Mahahual sont utilisés par cette espèce comme voie de migration ou bien en partie comme lieu d'alimentation. Selon un rapport produit en 2018 par le gouvernement (CONANP et SEMARNAT, 2018), il existe trois sites d'alimentation connus au Quintana Roo : Cozumel, Banco Chinchorro et la réserve de Biosphère de Sian Ka'an, plutôt au sud de l'État pour les deux derniers lieux. En revanche, les sites de nidification connus se situent à Holbox, Isla Contoy et Cancún, plus au nord de l'État ainsi qu'au Belize (WWF, 2017). Le village de Mahahual se situant au centre de ces différents lieux (figure 6.2), il serait normal d'avoir observé une tortue imbriquée durant le suivi.

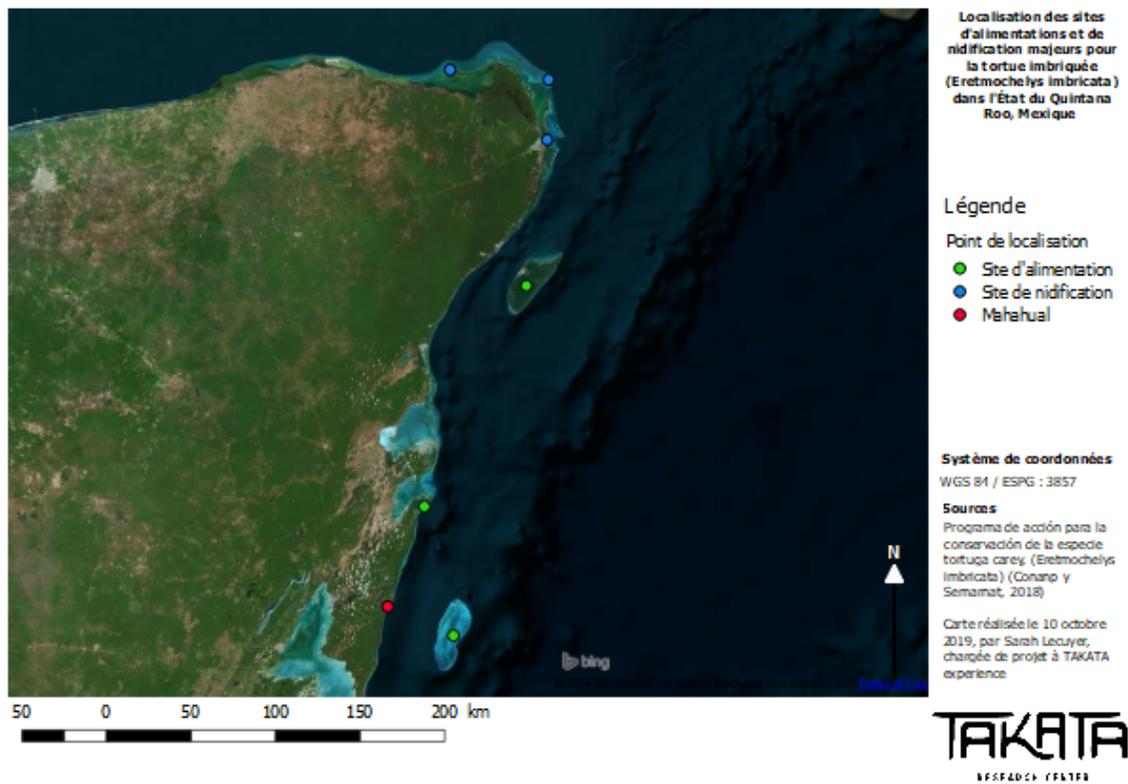


Figure 6.2 – Carte représentant la localisation des sites d'alimentation et de nidification majeurs de la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)

Source : SEMARNAT et CONANP (2018)

L'observation de tortue verte juvénile au niveau d'herbiers, effectuée au mois d'août, nous confirme une deuxième fois que cette espèce est présente dans la région (SEMARNAT et al., 2018b). L'observation à cette période ainsi que l'âge de l'individu est intéressante d'un point de vue de l'utilisation de l'habitat. En effet, la tortue verte juvénile passe la première partie de sa vie dans les habitats pélagiques pour ensuite migrer vers des habitats côtiers. Dans le même temps, elle change de régime alimentaire en ayant une diète herbivore (Bass, Epperly et Braun-McNeill, 2006). Avec les résultats obtenus, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer que Mahahual est un lieu important pour les tortues juvéniles lors de cette première migration, car nous avons seulement une observation. Cependant, cette observation appuie le besoin de développer le suivi au niveau des herbiers et du récif afin d'être en mesure dans les prochaines années d'énoncer si des zones d'importances pour les tortues marines sont présentes aux abords de Mahahual au niveau des herbiers et du récif.

À certains endroits durant le suivi, la visibilité était très faible, très certainement à cause de la décomposition des sargasses. Cet état influence la capacité de détection des individus, car il est impossible de voir quoique ce soit à plus d'un mètre : il est possible que des individus n'aient pas été observés dû à cette mauvaise visibilité. De plus, cette probable décomposition de la sargasse est néfaste pour la biodiversité environnante, que ce soit à cause de la perte en luminosité, du dépôt de matière en suspension sur les coraux ou de la détérioration de la qualité de l'eau (Rodríguez-Martínez et al., 2019; van Tussenbroek et al., 2017). La présence de ses « marées brunes » apporte un biais certain dans le suivi et pourrait avoir des conséquences néfastes dans le futur en détériorant sévèrement l'habitat de tortue marine, que ce soit en diminuant la présence d'herbiers marins ou en augmentant la mortalité des coraux (Maurer, De Neef et Stapleton, 2015; Rodríguez-Martínez et al., 2019; van Tussenbroek et al., 2017).

6.4 Zones d'importances et enjeux de conservations

Au vu des résultats obtenus et des observations faites durant les périodes de suivi, nous pouvons énoncer des plages importantes du point de vue de la conservation, ainsi que certains enjeux.

6.4.1 Pulticup et Herradura, plages prometteuses de la région

Les plages de Pulticup et Herradura sont les plus intéressantes d'un point de vue de conservation : en effet, malgré un succès de ponte faible, les succès d'éclosion sont les plus élevés dans ces plages. En plus de continuer les visites sur ces plages pour récolter des données, la présence humaine régulière encadrée par un protocole strict permet d'apporter une présence, pouvant effrayer certains braconniers

ainsi que les chiens, tous deux étant responsables de la diminution du succès d'éclosion sur de nombreuses plages de la région.

Il est important de conserver et de protéger les plages où la situation est favorable. Pour le moment, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer qu'elles sont les raisons des différences de succès de ponte et d'éclosion pour chaque plage, seulement affirmer qu'il y a des différences entre les plages. Il est nécessaire donc de continuer à effectuer le suivi scientifique et de réaliser une caractérisation approfondie des plages pour mieux comprendre les changements du succès de ponte et d'éclosion avec des paramètres environnementaux.

6.4.2 Les herbiers et les récifs coralliens, habitats essentiels malgré le manque de données

Bien que les résultats obtenus ne nous permettent pas d'établir des zones AGRRA particulières à protéger, il est essentiel de conserver des habitats marins de bonne qualité qui sont essentiels à la survie des tortues marines. En effet, ils leur offrent de la nourriture et certaines zones peuvent être utilisées comme lieu de rencontre de plusieurs sous-populations, permettant un brassage génétique et la pérennité de l'espèce (Bass et al., 2006). Pour cela, il semble important de surveiller l'abondance de sargasses pouvant affecter négativement la visibilité, donc la prise de données, ainsi que la biodiversité et la qualité de l'eau comme expliquée dans la section 6.3.

6.4.3 Enjeux de conservation des tortues marines

À partir des observations réalisées cette année, nous pouvons énoncer plusieurs enjeux de conservation pour les tortues marines.

Le premier affecte autant la lagune, le récif et la plage : les sargasses sont de plus en plus importantes sur la côte du Quintana Roo, pouvant affecter négativement la biodiversité et la qualité de l'eau et des habitats (Maurer et al., 2015; Rodríguez-Martínez et al., 2019; van Tussenbroek et al., 2017). Il se pourrait que la présence de sargasse sur les plages augmente la concentration en matière organique dans le sable lors de la dégradation de celle-ci. En plus de modifier certains paramètres physico-chimiques du sol, cela augmenterait la couverture végétale, notamment de la végétation herbacée, créant des tapis et limitant l'accès à certaines zones lors de la nidification des femelles. De plus, cela perturbe la prise de données et limite la portée des résultats, apportant un biais certain dû à une trop faible visibilité à certains endroits.

On remarque également qu'il y a une problématique de braconnage et de prédation aux alentours de certaines plages, notamment sur la plage de Rio Indio. Cela affecte sévèrement le succès d'éclosion des

nids affectés, car tous les œufs sont volés ou mangés. Pour cela, des visites récurrentes sont nécessaires, si possible accompagnées de la marine pour dissuader les braconniers. Également, la mise en place de cages protégeant les chiens des jaguars pourrait être implantée dans la zone de la plage de Rio Indio. En effet, ce programme organisé par Proyecto AAK Mahahual A.C permet de protéger les jaguars de possibles représailles, les chiens et également les tortues et les œufs.

6.5 Analyse critique du programme de suivi

Au sein de cette première année de suivi, nous avons expérimenté les méthodes choisies ainsi que la planification de suivi organisée en amont. Il est possible à cette étape d'effectuer une analyse critique du fonctionnement et des résultats de chaque activité afin d'améliorer le programme pour les années à venir.

Dans un premier temps, on peut retenir que la collaboration avec Proyecto AAK Mahahual A.C a été essentielle pour la réalisation du suivi. L'appui pour le matériel et l'équipement, la logistique et la possession des autorisations gouvernementales ont permis d'effectuer la prise de données durant toute la saison de ponte. Sans ce soutien, il aurait été difficile de se rendre sur les plages, car nous ne sommes pas munis de voiture et nous n'aurions pas pu payer pour toute l'essence utilisée dans le cadre du suivi.

L'un des défis de ce suivi a été de mobiliser des bénévoles pour nous aider lors des sorties. Durant la première partie du suivi où les sorties de nuit étaient effectuées, nous avons souvent fait face à un manque de personnel, ceci nous rendant moins efficace. Lors de la fin de la seconde partie du suivi, pour les sorties de jour, nous avons eu plus de bénévoles ce qui a aidé lors de l'excavation des nids. Malgré cet intérêt grandissant, certaines activités d'excavations n'ont pas pu être menées à bien, car nous manquions de personnels.

Au fil des mois, nous avons vu que de plus en plus de personnes étaient intéressées à venir nous aider sur le terrain. Il est important de continuer à susciter cet intérêt pour la conservation des tortues. En dehors de la période de nidification, par le biais des médias sociaux par exemple, nous pouvons continuer d'informer la communauté sur les tortues et faire de la promotion avant le début du suivi, afin de nous assurer qu'il y ait plus de personnes qui soient prêtes à nous aider. Également, proposer des volontariats à TAKATA durant la période serait une manière d'assurer un soutien permanent. Il est à souligner que l'implication des pêcheurs, impulsé grâce à Proyecto AAK Mahahual A.C, a été précieuse, afin d'être plus nombreux sur les plages lors des suivis de nuit notamment. Ici, la collaboration avec la communauté a permis d'être plus efficace dans notre travail, mais a également permis de partager nos connaissances sur les tortues et leur situation dans cette zone.

La récolte de données au fil des années va nous permettre d'évaluer l'évolution des paramètres populationnels tel que le nombre de nids, le succès de ponte et d'éclosion. Pour être plus à même de proposer des solutions et actions concrètes en fonction des besoins révélés par les analyses de données, il semble nécessaire d'effectuer une caractérisation approfondie des plages suivies en étudiant la granulométrie du sable, la pente, la hauteur de ligne de marée, la position de la dune. En effet, l'ajout de ses informations permettrait de mieux comprendre l'effet des caractéristiques physiques de la plage sur les deux types de succès. De ce fait, il sera possible par exemple de trouver des sites intéressants pour la relocalisation des œufs en fonction des résultats obtenues dans le passé.

Concernant le suivi dans l'eau, il est important de réfléchir au choix de la méthode sélectionnée et appliquée. En effet, la méthode du manta-tow a été sélectionnée, car cela permet d'être en accord avec la standardisation des méthodes, celle-ci étant utilisée par l'équipe de recherche d'ECOSUR étudiant l'abondance et densité d'individus dans l'eau. Cependant, cette méthode apporte des biais, car l'utilisation du bateau à moteur risque très certainement d'effrayer les tortues lors de son passage et donc de les éloigner de l'observateur, diminuant leur détectabilité (Jacob et Gardes, 2011; Samuel et al., 2005). Nous avons vu seulement deux individus alors qu'il est connu ici qu'il est possible d'observer des individus très régulièrement au niveau des herbiers marins, zone dans laquelle nous sommes passés et où nous n'avons vu aucun individu. Dans le même temps, nous pouvons rajouter la problématique de la période à laquelle le suivi a été effectué, qui n'est considérée comme pas optimale : nous avons effectué cinq transects durant le mois d'août, que nous avons répété une seule fois. Cette période n'est pas considérée comme idéale pour l'observation d'individu dans l'eau, car, c'est durant la période de reproduction qu'il est possible de voir le plus d'individus, celle-ci étant des mois d'avril à juin. Mais, en raison de la révision des différents rapports universitaires, nous avons été contraints d'effectuer le suivi plus tardivement que durant cette période préconisée. De plus, il y a des problèmes de visibilités qui ont été rencontrés dû à la décomposition des sargasses.

On peut se demander s'il ne serait pas mieux d'appliquer une méthode de suivi dans l'eau utilisant des quadrats dans lesquels les individus seraient comptés lors de l'observation, et/ou l'abondance relative estimée à partir du temps passé dans l'eau et l'effort d'échantillonnage. En effet, cette méthode est plus adaptée pour la grande faune car l'observateur étant seulement en surface avec un équipement de snorkelling, est moins à même d'effrayer la faune comparativement à un bateau (Murphy et Jenkins, 2010). Ceci limiterait donc les biais dus à une détectabilité diminuée provoquée par les bruits et la vibration dans l'eau. Le problème est que, l'utilisation de cette méthode serait non conforme à la standardisation des données et entraînerait un problème de compatibilité des données. À moins qu'une discussion entre

les différentes parties prenantes nous amène à un nouvel accord sur le choix de la méthode à utiliser pour le suivi dans l'eau, il semble préférable de jouer sur la période à laquelle le suivi sera effectué ainsi que la fréquence du suivi. Par exemple, effectuer le suivi durant les mois de mai et juin, permettrait d'avoir certainement des résultats plus probants : à raison de 3 sorties par semaine, cela permettrait de parcourir les transects 8 fois. Cependant, si les transects sont parcourus plusieurs fois, il est possible que l'on compte le même individu plusieurs fois, ce qui est un biais important lorsque l'on veut estimer l'abondance. Il faudra alors appliquer lors des analyses un coefficient de correction pour limiter l'impact de ce biais sur les résultats.

6.6 Modification du protocole de suivi et recommandations pour la reconduite du programme

Concernant les modifications du protocole de suivi, nous pouvons énoncer trois modifications.

La première serait par rapport aux menaces relevées autour des nids. Il serait préférable de les catégoriser tel qui suit : braconnage, prédation, anthropique (lumière, plastique), naturelle (inondation, racine), sargasse. De cette manière, l'intégration de la variable menace dans les analyses statistiques sera possible et limitera les risques de résultats aberrants.

Ensuite, il serait nécessaire d'effectuer une caractérisation approfondie des plages afin de corréliser les informations du succès de ponte et d'éclosion avec l'habitat. L'idée serait de découper la plage en section de 50m et d'associer à chaque section des informations relatives au profil de la plage ainsi que des caractéristiques physiques. Pour la végétation, cinq transects pourraient être tracés perpendiculairement à la plage et à tous les 10 m sur ce transect, la densité et le type de couverture végétale pourraient être relevés pour ensuite avoir une image de la répartition de la végétation à travers la plage. Ensuite, des informations comme la pente, la ligne de dune et de marée pourront être relevées pour délimiter et comprendre la structure de l'habitat.

Afin d'effectuer la reconduite du suivi scientifique l'année prochaine, nous recommandons de :

- Commencer le suivi dès le mois de mai prochain : un calendrier a été proposé en annexe 3 afin de comprendre quelles sont les différentes activités à effectuer et à quel moment pour éviter les retards et manquer les périodes d'abondances maximales.
- Faire venir au minimum 2 volontaires durant les 3 premiers mois de prise de données afin de donner un élan au suivi et d'assurer au minimum 4 personnes par sortie nocturne.
- Séparer la prise de donnée sur les plages et dans la lagune et le récif pour éviter les conflits d'horaires.

- Combiner la prise de données sur les plages au niveau des nids avec la caractérisation OU effectuer la caractérisation avec une personne responsable du programme de cartographie.

7 – Conclusion

L'objectif du projet était de proposer une mise à jour du programme de suivi scientifique de TAKATA. Grâce à l'atteinte des objectifs spécifiques, à savoir la validation de la méthodologie, la réalisation de la collecte de données, l'obtention de l'abondance en nid ainsi que des paramètres populationnels pour les tortues marines et la détermination de zones d'importances et les enjeux de conservation, nous avons atteint l'objectif du projet.

Le nombre de nids observé durant la saison 2019 ne classe pas Mahahual et les alentours dans les plages majeures de la péninsule du Yucatan pour la reproduction des tortues marines. Malgré cela, nous pouvons noter que parmi les plages suivies, les plages de Pulticup et Herradura sont les plus importantes.

Plusieurs recommandations pour la reconduite du suivi ont été proposées, afin de conseiller les futurs chargés de projet, notamment sur le calendrier à suivre ainsi que l'organisation à adopter pour rallier des bénévoles autour du projet : susciter l'intérêt de la communauté, et ce également en dehors de la période de reproduction, est nécessaire pour assurer plus de bénévoles. Également, renforcer le programme de volontariat durant les 3 premiers mois de suivi est important pour lancer la saison de suivi. De plus, des précisions sur la fréquence de visites des plages et de durée de suivi pour la lagune et le récif ont été apportées. Plusieurs suggestions quant aux développements de projets connexes ont été soumises.

Cette première année est cruciale pour la suite du programme de suivi, car, elle permet de vérifier réellement l'efficacité et la portée des méthodes employées, ainsi que la qualité et la pertinence des résultats obtenus.

Liste des références

- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., ... Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), 51-57.
- Bass, A. L., Epperly, S. P. et Braun-McNeill, J. (2006). Green Turtle (*Chelonia mydas*) Foraging and Nesting Aggregations in the Caribbean and Atlantic: Impact of Currents and Behavior on Dispersal. *Journal of Heredity*, 97(4), 346-354. doi:10.1093/jhered/esl004
- Carrier Doneys, C. (2019, 16 mai). Rencontre avec Cassiopée Carrier Doneys, directrice et biologiste à Takata Research Center.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. et Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R. et Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201704949.
- Chacón-Chaverri, D. et Eckert, K. L. (2007). Leatherback Sea Turtle Nesting at Gandoca Beach in Caribbean Costa Rica: Management Recommendations from Fifteen Years of Conservation. *Chelonian Conservation and Biology; Lawrence*, 6(1), 101-110.
- Cheng, I.-J., Huang, C.-T., Hung, P.-Y., Ke, B.-Z. et Kuo, C.-W. (2009). Ten Years of Monitoring the Nesting Ecology of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, on Lanyu (Orchid Island), Taiwan. *Zoological Studies*, 12.
- CITES. (1978). Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées D'Extinction. *Environmental Policy and Law*, 4(1), 51-52. doi:10.1016/S0378-777X(78)80178-4

- CONANP et SEMARNAT. (2018). *Programa de acción para la conservación de la especie tortuga carey, (Eretmochelys imbricata)* (p. 87). México : Gobierno federal.
- Conseil scientifique de SWOT. (2011a). *Normes minimales en matière de données de suivi des plages de ponte* (n° Version 1.0) (p. 28). SWOT.
- Conseil scientifique de SWOT. (2011b). *SWOT_MinimumDataStandards_TechReport.pdf*. Repéré à https://static1.squarespace.com/static/5b80290bee1759a50e3a86b3/t/5baba504104c7bbff39ac4ad/1537975557038/SWOT_MinimumDataStandards_TechReport.pdf
- Cuvillier, A. (2016). *Dynamique et fonctionnement des herbiers marins dans un complexe récifal anthropisé (île de la Réunion, océan Indien)*. Université de la Réunion, île de la Réunion.
- Davenport, J. et Davenport, J. L. (2006). The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 280-292.
doi:10.1016/j.ecss.2005.11.026
- Equipe de développement de QGIS. (2019). Système d'information géographique QGIS. Open Source Geospatial Foundation Project. (version 2.18.28). Repéré à <http://qgis.osgeo.org>
- Foley, A. M., Peck, S. A. et Harman, G. R. (2006). Effects of Sand Characteristics and Inundation on the Hatching Success of Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) Clutches on Low-Relief Mangrove Islands in Southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology*, 5(1), 32-41. doi:10.2744/1071-8443(2006)5[32:EOSCAI]2.0.CO;2
- Fraga, J., Villalobos, G., Doyon, S. et Garcia, A. (2008). *Descentralizacion y Manejo Ambiental*. Ottawa : International Development Research Centre. Repéré à <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4954137>
- Gall, S. C. et Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1-2), 170-179.

- Gobierno de Quintana Roo. (2019). Mahahual se coloca como destino emergente para el turismo internacional y de cruceros. Repéré à <https://www.qroo.gob.mx/qroo/mahahual-se-coloca-como-destino-emergente-para-el-turismo-internacional-y-de-cruceros>
- Hays, G. C., Adams, C. R. et Speakman, J. R. (1993). Reproductive investment by green turtles nesting on Ascension Island. *Canadian Journal of Zoology*, 71(6), 1098-1103. doi:10.1139/z93-149
- IUCN. (2011). *La vie sauvage dans un monde en mutation la liste rouge de l'UICN des espèces menacées: analyse de la liste 2008* (édité par J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor et S. N. Stuart). Gland : UICN.
- Jacob, T. et Gardes, L. (2011). *Synthèse des méthodes de suivi des tortues marines / Synthesis of marine turtles monitoring methods* (p. 37). Agences des Aires Marines Protégées. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/303303166_Synthese_des_methodes_de_suivi_des_tortues_marines_Synthesis_of_marine_turtles_monitoring_methods
- Jensen, M. P., Allen, C. D., Eguchi, T., Bell, I. P., LaCasella, E. L., Hilton, W. A., ... Dutton, P. H. (2018). Environmental Warming and Feminization of One of the Largest Sea Turtle Populations in the World. *Current Biology*, 28(1), 154-159.e4.
- Kam, Y.-C. (1994). Effects of Simulated Flooding on Metabolism and Water Balance of Turtle Eggs and Embryos. *Journal of Herpetology*, 28(2), 173-178. doi:10.2307/1564617
- Márquez, R. (1996). *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. México. Repéré à http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/144/html/sec_7.htm
- Maurer, A. S., De Neef, E. et Stapleton, S. (2015). Sargassum accumulation may spell trouble for nesting sea turtles. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(7), 394-395.
- Microsoft. (2016). Microsoft Excel (version 2016).
- Murphy, H. M. et Jenkins, G. P. (2010). Observational methods used in marine spatial monitoring of fishes and associated habitats: a review. *Marine and Freshwater Research*, 61(2), 236-252. doi:10.1071/MF09068

- Murray, G. (2007). Constructing Paradise: The Impacts of Big Tourism in the Mexican Coastal Zone. *Coastal Management*, 35(2-3), 339-355. doi:10.1080/08920750601169600
- Nations Unies. (2017). *Guidelines for the long term Monitoring programmes for marine turtles nesting beaches and standardized monitoring methods for nesting beaches, feeding and wintering areas* (p. 60). UNEP.
- Oliver de la Esperanza, A., Arenas Martínez, A., Tzeek Tuz, M. et Pérez-collazos, E. (2017). Are anthropogenic factors affecting nesting habitat of sea turtles? The case of Kanzul beach, Riviera Maya-Tulum (Mexico). *Journal of Coastal Conservation; Dordrecht*, 21(1), 85-93. doi:http://dx.doi.org.ezproxy.usherbrooke.ca/10.1007/s11852-016-0473-5
- R Core Team. (2019). *R; A Language and Environment for Statistical Computing*. Document inédit. Vienna, Austria. Repéré à <https://www.R-project.org/>
- Ricardo Azanza, J., Ibarra, M. E., Espinosa, G., Diaz, R. et Gonzalez-Sanson, G. (2003). Conducta de anidacion de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en las playas antonio y caleta de los piojos de la península de Gunahacabibes, pinar del rio, Cuba. *Rev. Invest. Mar*, 24(3), 231-240.
- Rizkalla, C. E. et Savage, A. (2011). Impact of Seawalls on Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) Nesting and Hatching Success. *Journal of Coastal Research; Fort Lauderdale*, 27(1), 166-173.
- Rodríguez-Martínez, R. E., Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L. V., Almazán-Becerril, A., Delgado-Pech, B., ... García-Rivas, M. C. (2019). Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 201-205. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.06.015
- Salleh, S. M., Nishizawa, H., Ishihara, T., Sah, S. A. M. et Chowdhury, A. J. K. (2018). Importance of Sand Particle Size and Temperature for Nesting Success of Green Turtles in Penang Island, Malaysia. *Chelonian Conservation and Biology*, 17(1), 116-122. doi:10.2744/CCB-1266.1

- Samuel, Y., Morreale, S. J., Clark, C. W., Greene, C. H. et Richmond, M. E. (2005). Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(3), 1465-1472. doi:10.1121/1.1847993
- SEMARNAT. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Repéré à <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- SEMARNAT, CONANP et PNUD. (2018a). *PROGRAMA DE ACCION PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE TORTUGA CAGUAMA (Caretta caretta)* (p. 56). Gobierno federal.
- SEMARNAT, CONANP et PNUD. (2018b). *PROGRAMA DE ACCION PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE TORTUGA VERDE/NEGRA (Chelonia mydas)* (p. 62). Gobierno federal.
- Summers, T. M., Martin, S. L., Hapdei, J. R., Ruak, J. K. et Jones, T. T. (2018). Endangered Green Turtles (*Chelonia mydas*) of the Northern Mariana Islands: Nesting Ecology, Poaching, and Climate Concerns. *Frontiers in Marine Science*, 4. Repéré à <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2017.00428/full>
- Tomillo, P. S., Robinson, N. J., Sanz-Aguilar, A., Spotila, J. R., Paladino, F. V. et Tavecchia, G. (2017). High and variable mortality of leatherback turtles reveal possible anthropogenic impacts. *Ecology*, 98(8), 2170-2179.
- United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP). (s. d.). Guidelines for the long term Monitoring programmes for marine turtles nesting beaches and standardized monitoring methods for nesting beaches, feeding and wintering areas, 60.
- UNWTO. (2018). *UNWTO Annual Report 2017*. World Tourism Organization (UNWTO). doi:10.18111/9789284419807

- van Tussenbroek, B. I., Hernández Arana, H. A., Rodríguez-Martínez, R. E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H. M., González-Godoy, C. E., ... Collado-Vides, L. (2017). Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum* spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1), 272-281. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.06.057
- White, E. M., Clark, S., Manire, C. A., Crawford, B., Wang, S., Locklin, J. et Ritchie, B. W. (2018). Ingested Micronizing Plastic Particle Compositions and Size Distributions within Stranded Post-Hatchling Sea Turtles. *Environmental Science & Technology*, 52(18), 10307-10316.
- WWF. (2017). *Belize marine turtle report 2017*. Belize.
- WWF. (2018). *Living Planet Report - 2018 : Aiming Higher* (p. 75). Switzerland.
- Xavier, R., Barata, A., Cortez Palomo, L., Queiroz, N. et Cuevas, E. (2006). Hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata* Linnaeus 1766) and green turtle (*Chelonia mydas* Linnaeus 1754) nesting activity (2002-2004) at El Cuyo beach, Mexico. *Amphibia-Reptilia*, (27), 539-547.
- Yalçın-Özdilek, Ş., Özdilek, H. G. et Ozaner, F. S. (2007). Possible Influence of Beach Sand Characteristics on Green Turtle Nesting Activity on Samandağ Beach, Turkey. *Journal of Coastal Research*, 236, 1379-1390. doi:10.2112/06-0630.1
- Zavaleta-Lizárraga, L. et Morales-Mávil, J. E. (2013). Nest site selection by the green turtle (*Chelonia mydas*) in a beach of the north of Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(3), 927-937. doi:10.7550/rmb.31913

ANNEXE 1
CALENDRIER DES ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE DES PLAGES ET D'EXCAVATION DES
NIDS

Mois	MAI				JUN			
Semaine n*	1	2	3	4	1	2	3	4
Besoin d'effectuer des sorties de nuit/jour	OUI							
Besoin d'effectuer des sorties d'excavation	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	OUI

Mois	JUILLET				AOÛT			
Semaine n*	1	2	3	4	1	2	3	4
Besoin d'effectuer des sorties de nuit/jour	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Besoin d'effectuer des sorties d'excavation	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON

Mois	SEPTEMBRE				OCTOBRE			
Semaine n*	1	2	3	4	1	2	3	4
Besoin d'effectuer des sorties de nuit/jour	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Besoin d'effectuer des sorties d'excavation	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

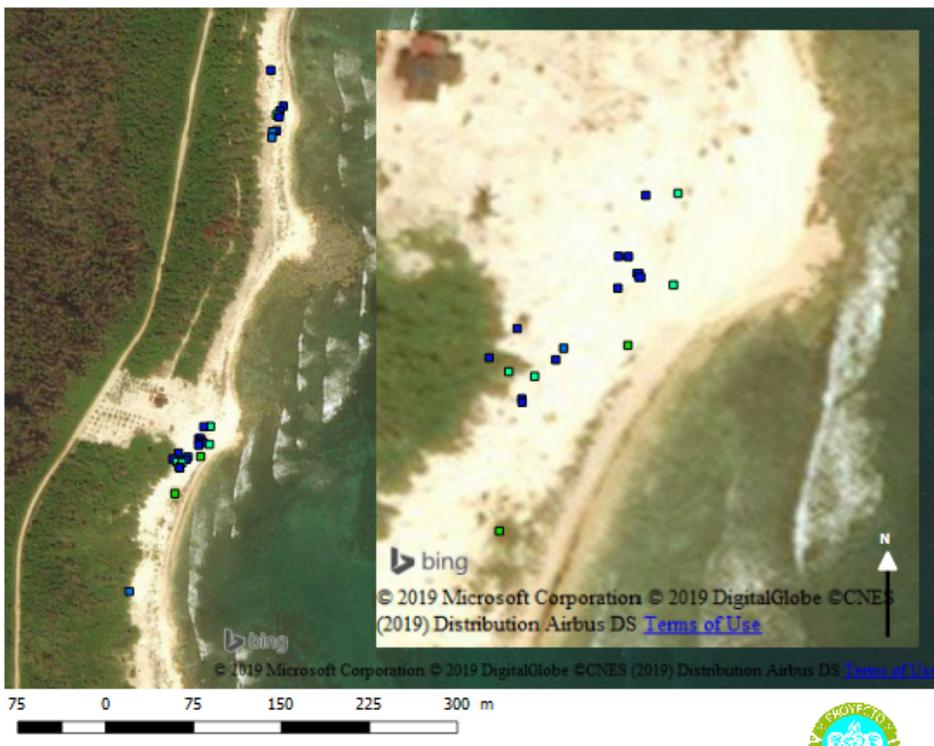
ANNEXE 2
CARTES DES SUCCÈS D'ÉCLOSION POUR CHAQUE PLAGE



Représentation du succès d'éclosion pour chaque nid excavé sur la plage de Pulticup, durant le suivi de tortues marines de l'année 2019

- Légende**
- Succès d'éclosion
- CM ; 60% à 69,99%
 - CM ; 70% à 79,99%
 - CM ; 80% à 89,99%
 - CM ; 90% à 100%

Sources
 Prise de données 2019
Système de coordonnées
 WGS 84 / ESPG : 3857
 Carte réalisé le 10 octobre 2019 par Sarah Lecuyer chargée de projet à TAKATA Experience



Représentation du succès d'éclosion pour chaque nid excavé sur la plage de Pulticup, durant le suivi de tortues marines de l'année 2019

- Légende**
- Succès d'éclosion
- CM ; 60% à 69,99%
 - CM ; 70% à 79,99%
 - CM ; 80% à 89,99%
 - CM ; 90% à 100%

Sources
 Prise de données 2019
Système de coordonnées
 WGS 84 / ESPG : 3857
 Carte réalisé le 10 octobre 2019 par Sarah Lecuyer chargée de projet à TAKATA Experience





Représentation du succès d'éclosion observé pour chaque nid excavé sur la plage de Rio Indio, durant le suivi de tortues marines de l'année 2019

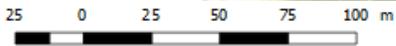
Légende

- Succès d'éclosion
- CC ; 0% à 9,99%
 - CM ; 90% à 100%

Sources
Prise de données 2019

Système de coordonnées
WGS 84 / ESPG : 3857

Carte réalisée le 10 octobre 2019 par Sarah Leuwyer, chargée de projet à TAKATA Experience





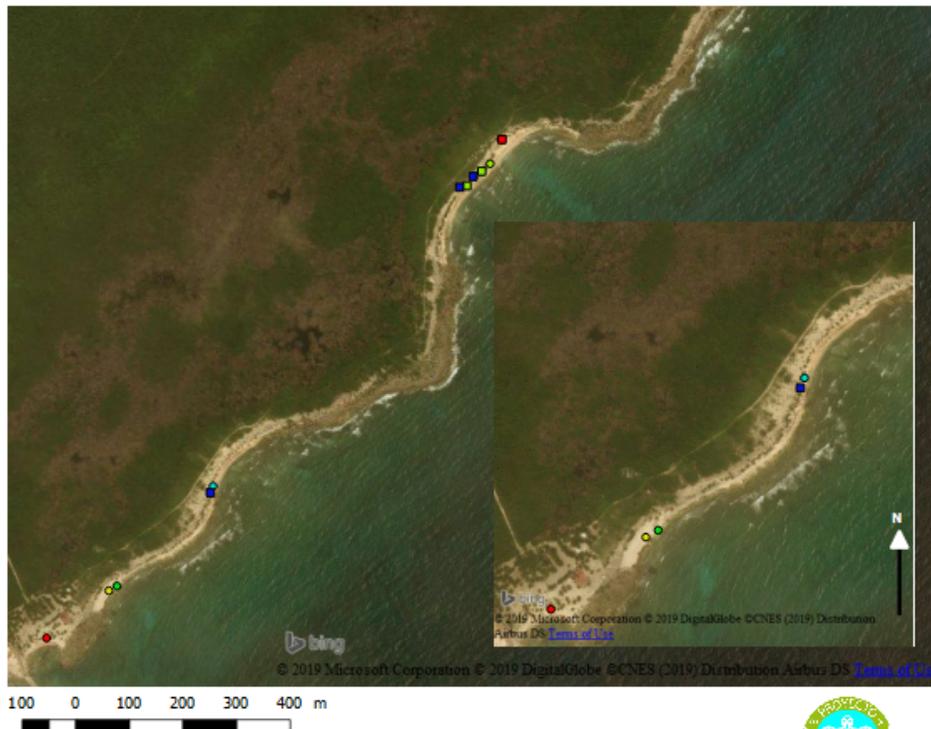
Représentation du succès d'éclosion observé pour chaque nid excavé sur la plage de Chacchi, durant la suivi de tortues marines de l'année 2019

Légende

- Succès d'éclosion
- CC ; 0% à 9,99%
 - CC ; 50% à 59,99%
 - CM ; 0% à 9,99%
 - CM ; 50% à 59,99%
 - CM ; 90% à 100%

Sources
Prise de données 2019
Système de coordonnées
WGS 84 / ESPG : 3857

Carte réalisée le 10 octobre 2019 par Sarah Lecuyer, chargée de projet à TAKATA Experience



Représentation du succès d'éclosion observé pour chaque nid excavé sur la plage de Chacchi, durant la suivi de tortues marines de l'année 2019

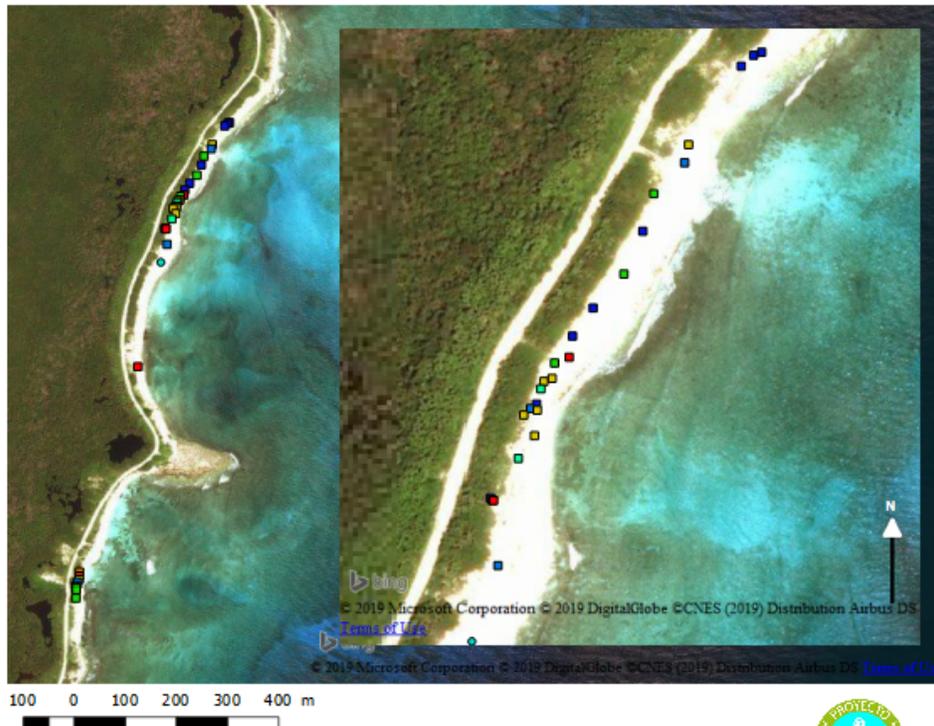
Légende

- Succès d'éclosion
- CC ; 0% à 9,99%
 - CC ; 40% à 49,99%
 - CC ; 60% à 69,99%
 - CC ; 70% à 79,99%
 - CM ; 90% à 100%

Sources
Prise de données 2019
Système de coordonnées
WGS 84 / ESPG : 3857

Carte réalisée le 10 octobre 2019 par Sarah Lecuyer, chargée de projet à TAKATA Experience





TAKATA
RESEARCH CENTER



TAKATA
RESEARCH CENTER

ANNEXE 3
RÉSULTAT DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE POUR LA BONIFICATION DE LA
MÉTHODOLOGIE

Analyse multicritères de bonification du suivi scientifique

Critères	Critère 1 - En accord avec la standardisation	Critère 2 - Réalisable selon les études de faisabilités	Critère 3 - Permet d'obtenir les données minimales pour atteindre les objectifs à court et à long terme du projet	Critère 4 - Permet d'optimiser la détectabilité des individus	Critère 5 - Réduit l'utilisation d'hypothèses fortes sur la détectabilité des individus ou des nids	
Informations recherchées	Types de méthodes de suivi	Notes				Note finale
Abondance	<i>Dénombrements du nombre de femelles nidifiant</i>	+	-	+	-	-
Abondance	<i>Dénombrement du nombre de nids de chaque espèce</i>	+	+	+	+	+
Succès de nidification	<i>Dénombrements du nombre de traces et des nids associés à chaque trace</i>	+	+	+	+	+
Succès de nidification	<i>Vérification des nids ayant des œufs ou pas d'œufs en creusant</i>	+	+	+	+	+
Succès d'éclosion	<i>Dénombrement du nombre d'œufs éclos et non éclos</i>	+	+	+	+	+

Abondance	<i>Dénombrement de chaque individu observé dans l'eau par transect</i>	+	+	+	-	-	-
Abondance	<i>Dénombrement de chaque individu observé dans l'eau par transect large</i>	+	+	+	+	+	+
Abondance	<i>Dénombrement de chaque individu observé dans l'eau par quadrat</i>	+	+	+	+	+	+