

Suivi des déplacements de tortues vertes en alimentation dans la baie de Malendure, Bouillante, Guadeloupe.



© Alexandra LeMoal / Kap Naturel



Projet SEATAG

Océane Beaufort - Maxime Sèbe - Eric Delcroix
Août 2015



protéger, apprendre, partager



Table des matières

1. Introduction	4
2. Matériel et méthodes	5
2.1) Cartographie des fonds benthiques	5
2.1.1) Site d'étude.....	5
2.1.2) Protocole	6
2.2) Suivi télémétrique.....	8
2.2.1) Description du matériel	8
2.2.2) Organisation pour la capture des tortues.....	9
2.2.3) Organisation des données et traitement.....	11
2.2.4) Déplacements horizontaux.....	11
2.2.5) Déplacements verticaux.....	12
2.2.6) Croisement des données habitats et déplacements	13
3. Résultats et discussion	13
3.1) Carte de caractérisation des changements d'habitats.....	13
3.2) Caractéristiques des tortues équipées.....	16
3.3) Déplacements horizontaux.....	16
3.3.1) Analyse globale.....	16
3.3.2) Analyse des localisations	19
3.3) Déplacements verticaux.....	24
3.3.1) Analyse des profondeurs	24
3.3.2) Analyse des durées de plongées	29
3.4) Comparaison des données sur l'archipel guadeloupéen.....	31
3.4.1) Emissions des balises.....	31
3.4.2) Déplacements horizontaux	31
3.4.3) Déplacements verticaux	32
4. Conclusion et perspectives.....	33

Préambule :

Ce document présente le suivi des déplacements de tortues vertes (*Chelonia mydas*) en alimentation dans la baie de Malendure, Bouillante, via l'utilisation de balises satellites sur l'archipel guadeloupéen. Ce suivi est mené par l'association Kap Natirel, dans le cadre du projet SEATAG. Les actions réalisées ont été mises en place pour répondre au Plan National de Restauration des tortues marines des Antilles françaises dans l'objectif d'améliorer les connaissances sur les tortues vertes de l'archipel Guadeloupéen. Depuis 2009 les actions sur les tortues marines sont coordonnées par l'ONCFS et mise en œuvre par le Réseau Tortues Marines Guadeloupe.

Toutes références à ce présent document doit être citée de la manière suivante : BEAUFORT O, SEBE M, DELCROIX E, 2015. Suivi des déplacements de tortues vertes en alimentation dans la baie de Malendure, Bouillante, Guadeloupe .Rapport technique, Association Kap Natirel. 41 pages.

1. Introduction

Les tortues marines sont protégées en Guadeloupe depuis 1991 suite à leur surexploitation par l'homme à des fins alimentaires et commerciales. En 1998, un programme d'étude et de conservation est mis en place avec la création d'un réseau d'acteurs. En 2010, un plan de restauration à l'échelle des Antilles françaises a été mis en place pour les 5 espèces de tortues marines présentes dans les eaux des Antilles françaises (sur les 7 existantes dans le monde). Ce plan de restauration a comme objectifs l'augmentation des populations par la réduction des facteurs limitants et l'acquisition des connaissances sur ces espèces permettant d'améliorer la politique de conservation et de gestion des tortues et de leurs habitats. Mis en place pour une durée de 5 ans, il a été décliné en deux parties : la Guadeloupe et la Martinique.

Les suivis visant à améliorer les connaissances sur les populations de tortues vertes (*Chelonia mydas*) en Guadeloupe ont été jugés prioritaires par le Plan National de Restauration des tortues marines dans les Antilles françaises par rapport aux autres espèces qui pondent en Guadeloupe. En effet, au vu de la structure des populations de tortues vertes, il est probable que certaines sous-populations soient menacées d'extinction à très court terme (E.Delcroix, 2006).

La tortue verte est une espèce en danger d'extinction d'après l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Cette tortue marine possède un régime alimentaire basé essentiellement sur des phanérogames marines et parfois des algues (Bjorndal, 1980). Son habitat est principalement côtier ce qui la rend vulnérable aux activités anthropiques. La pêche côtière exploite les mêmes zones que les tortues vertes. Cette pêche, utilise certains engins et techniques (dont les folles et les trémails) pouvant être problématiques pour les tortues marines et pour d'autres taxons en entraînant des prises dites accidentelles liées à la non-sélectivité des engins (Delcroix, 2006). De plus, les herbiers marins, zones principales d'alimentation des tortues vertes, sont des écosystèmes qui subissent de fortes pressions anthropiques (pollution, urbanisation, eutrophisation, destruction, lessivage des sols, pêche,...) (Bouchon & al., 2010).

En 2012, le projet SEATAG a été mis en place afin d'apporter des informations sur la phase d'alimentation, la phase de reproduction et la phase de migration chez les tortues vertes. Ce projet permettra de compléter les deux premières initiatives développées en 2006 et 2010 aux cours desquelles 4 femelles tortues vertes en ponte, ainsi que deux jeunes tortues vertes en alimentation ont été suivies par satellite (Delcroix, 2006 ; Delcroix, 2007 ; Delcroix, 2010). Trois tortues immatures en alimentation ont été équipées de balises sur le site de Petite Terre en 2012 et 2013 (Caussat, 2014) et 2 sur le site de Malendure en 2013. En 2014 ce sont 4 tortues en ponte qui ont été équipées sur différents sites de l'archipel.

Dans ce présent rapport, seront présentés les résultats obtenus par le déploiement des 2 balises sur des tortues vertes immatures en alimentation dans la baie de Malendure, à

Bouillante. Une cartographie des habitats benthiques du site d'étude a été réalisée permettant ainsi de croiser les données « habitats » avec les données de localisations des tortues. Les données enregistrées par les balises (position, rythme de plongée, durée de plongée, profondeur atteinte, etc...) seront autant d'informations qui pourront permettre d'améliorer les connaissances sur la phase d'alimentation des tortues, notamment en terme de comportement et de stratégie d'exploitation de l'espace. Ces éléments pourront être utilisés pour mettre en place des actions de conservation adaptées au contexte local.

2. Matériel et méthodes

2.1) Cartographie des fonds benthiques

2.1.1) Site d'étude¹

Le site d'étude se situe en Côte-sous-le-vent dans la baie de Malendure, Bouillante. Ce site est défini par les déplacements des tortues enregistrés par les balises ARGOS. Ainsi, cette zone d'intérêt s'étend au niveau du rivage de la plage de Malendure, du Petit Malendure jusqu'à l'Anse Nègresse en passant par la Pointe Malendure. La zone d'étude est estimée à 0,58 km² (Fig. 1).

Les données bathymétriques ont été recueillies sur le site du SHOM (data.shom.fr). Ces données ont été sélectionnées pour leur grande précision (50 cm de précision).

¹ Ensemble de la surface exploitée par les deux tortues connues grâce aux localisations GPS.

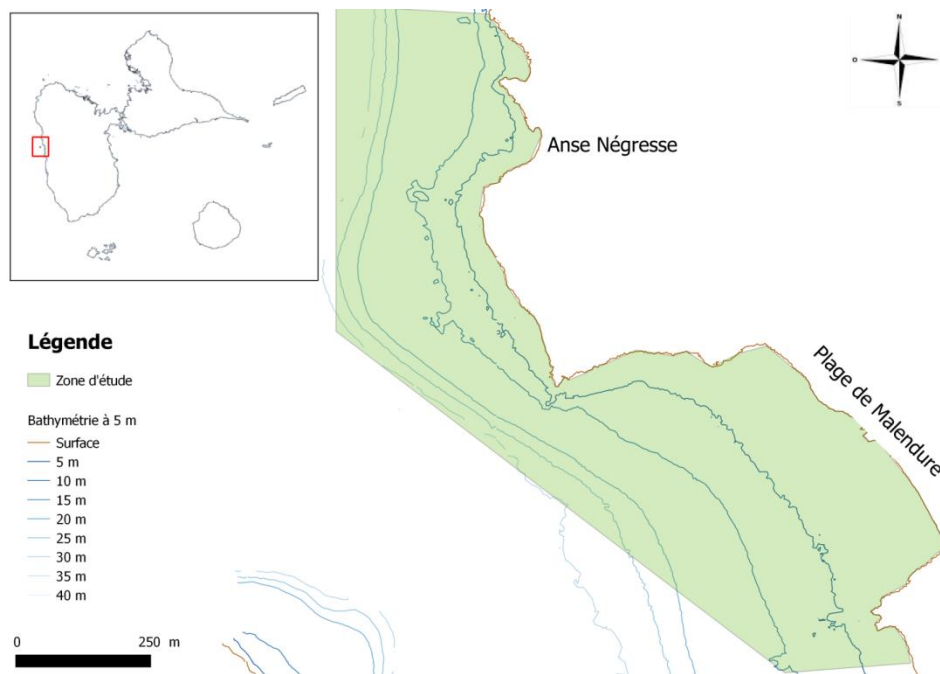


Figure 1: Zone d'étude - Bathymétrie SHOM - Réalisation Maxime Sèbe, 2014.

2.1.2) Protocole

Afin de déterminer les habitats présents sur le site d'étude, des relevés de terrain ont été réalisés à l'aide de transects.

Transects

L'application de transects en lignes fixes paraît compliquée du fait du manque de point de repère en mer. L'une des solutions à ce problème, discuté avec le Dr. N. Barrett, est de quadriller virtuellement la zone et de prendre les coordonnées GPS des nœuds du quadrillage et ainsi se rendre directement sur le lieu des coordonnées GPS. Toujours selon Dr. N. Barrett, un quadrillage de 50mx50m serait un bon compromis entre effort et efficacité avec la possibilité d'affiner les résultats en fonction des premières données acquises. Dans notre cas, étant données les contraintes de terrain², une grille 50mx25m a été réalisée. Pour cela 342 points GPS ont été relevés (fig 2).

² Les conditions de terrain ont limité la prise de données sur certaines zones profondes. En présence d'un courant fort, le kayak ne peut pas rester stationnaire pendant le déploiement du système vidéo, il en résulte une prise d'image trop éloignée du point ciblé. Il a donc été décidé de ramener la superficie de la zone d'étude à 0.49 km².

Étapes du protocole :

- a) Se rendre sur l'un des points GPS sélectionné à l'aide d'un kayak,
- b) Déployer la lunette de Calpha, le système de vidéo ou descendre en apnée pour déterminer le type de substrat, en fonction des conditions (visibilité, profondeur,...).
- c) Noter le type de substrat ou le numéro de la vidéo en l'associant aux coordonnées GPS,
- d) Reproduire les trois premières étapes sur un autre point GPS.

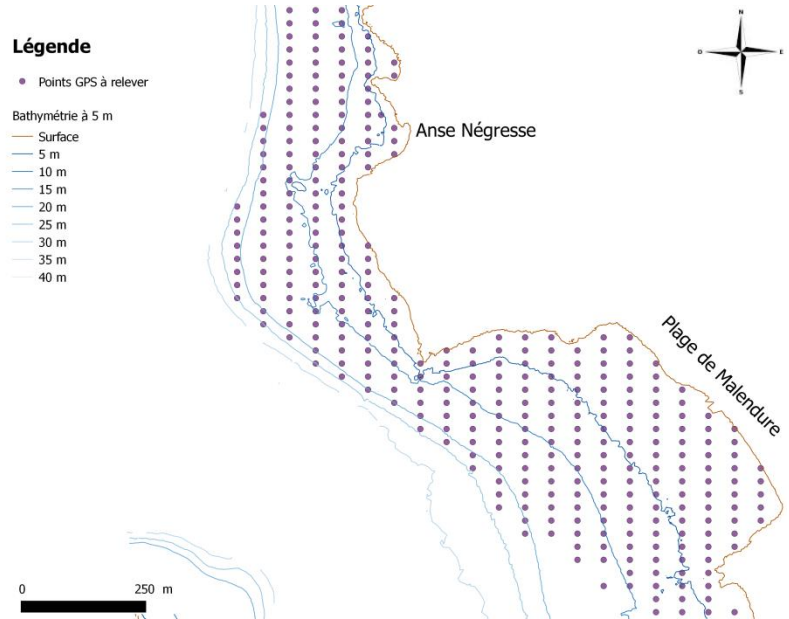


Figure 2: Représentation des positions GPS où le substrat doit être identifié.

Caractérisation du substrat

Pour déterminer le type de substrat, diverses techniques ont été employées en fonction de la profondeur :

- pour les faibles profondeurs, les lunettes de Calpha ont été utilisées. Au-delà de 10 m de profondeur, la possibilité de voir le substrat de la surface est réduite,
- pour les profondeurs entre 10 et 20m des plongées en apnée ont été réalisées,
- pour les profondeurs supérieures à 20 m, un système de vidéo a été mis en place (Fig. 3). Le système a été descendu à l'aide d'une corde. Afin de ne pas toucher le fond avec la caméra, des repères ont été disposés sur la corde tous les 5 m.

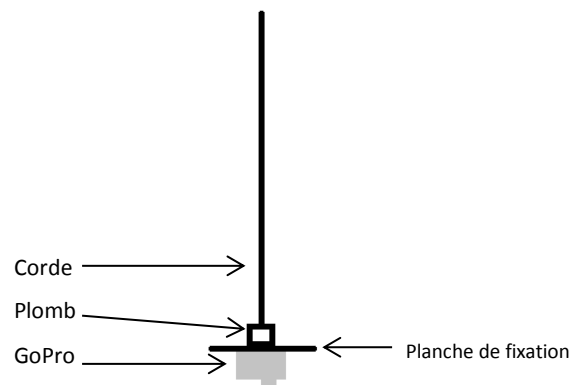


Figure 3: Proposition de système d'observation pour la caractérisation des habitats en profondeur

Un substrat sera considéré comme dominant lorsqu'il représentera le pourcentage de recouvrement le plus élevé et supérieur à 20% des

autres types de substrats rencontrés à un point donné. Un substrat sera considéré comme présent lorsqu'il n'est pas dominant mais tout de même présente à un point donnée.

Les différents types de substrats relevés :

Type	Substrat
Phanérogammes marines	<i>Halophila stipulacea</i>
	<i>Syringodium filiforme</i>
	<i>Halophila stipulacea - Syringodium filiforme</i>
	<i>Talassia testudinum</i>
Algues	Algues brunes
Autres types de substrat	Corail
	Roche
	Sable

2.2) Suivi télémétrique

2.2.1) Description du matériel

Des balises de modèle SPLASH10-F-297A, fabriquées par Wildlife Computer, ont été utilisées. La balise est munie d'un enregistreur GPS à acquisition rapide de données, d'un capteur de pression, d'un capteur de température, de capteurs d'immersion et d'une transmission satellite Argos.

Le système Argos permet de transmettre les données récoltées par les différents enregistreurs et capteurs. Toutefois, les données ne peuvent pas être toutes transmises, ceci pour plusieurs raisons: (1) transmissions Argos trop courtes ne permettant pas d'envoyer toutes les données ; (2) bande passante d'Argos limitée ; (3) données transmises synthétisées pour leurs transmissions. Le système Argos garantit l'acquisition d'un minimum de données mais l'idéal reste la récupération de la balise pour obtenir l'intégralité des données brutes, notamment celles des capteurs.

La recapture d'un animal étant jugée trop difficile, le choix du matériel s'est orienté vers une balise avec une transmission Argos.

Model: SPLASH10-F-297A



Figure 3: Visuel de la balise model PLASH 10 -297 A. ©Wildlife Computer

Le matériel permet d'obtenir également des localisations GPS, ainsi que des informations sur les profils de plongée (profondeur maximale atteinte, durée de la plongée).

La configuration des balises est présentée en annexe.

2.2.2) Organisation pour la capture des tortues

Le déploiement de ces balises s'est effectué le 24 octobre 2013 dans la baie de Malendure, Bouillante (Tab.1).

Deux techniques de captures ont été employées :

- la senne profonde, avec l'appui de pêcheurs-senneurs ;
- la capture manuelle en apnée, avec l'appui des bénévoles du Réseau Tortues Marines Guadeloupe.

En une matinée, quatre tortues vertes ont été capturées. Deux d'entre elles ont été relâchées car leur taille ne correspondait pas aux critères recherchés (tortues trop petites). En effet, il est admis que la masse de la balise ne doit pas excéder 3% de la masse de l'animal. La balise possédant une masse de 165g, les tortues devront peser au moins 5,5 kg. Par précaution, la sélection se portera sur un animal d'au moins 10 kg, soit une longueur de carapace d'au moins 40 cm.



Figure 4 : Capture d'une tortue verte à la senne.
©Alexandra LeMoal / Kap Naturel

2.2.3) Equipement des tortues

Les deux tortues sélectionnées ont été disposées dans une caisse constituée de 4 panneaux (45cm de haut x 180cm de long) en contre-plaqué de 15mm d'épaisseur. Deux des panneaux sont équipés de pieux permettant l'ancrage dans le sable. La caisse est conçue de manière à être montée et démontée rapidement (assemblages à mi-bois démontables).

Pour chaque tortue sont réalisés :

- identification de l'individu : vérification de la présence de bagues de type Inconel, si présence, lecture des identifiants, si absence, deux bagues sont posées sur les pattes avant,
- prise de mesures (longueur, notée « CCL » et largeur, notée « CCW »),
- prélèvement de peau (pour analyses génétiques)

- vérification de la présence de fibropapillomatose³
- photos des deux profils de la tête (pour la photo-identification)

Une préparation de la carapace est ensuite réalisée afin d'augmenter l'adhérence de la balise sur la carapace. La zone où sera positionnée la balise est grattée à l'aide de papier ponce puis nettoyée (figure 2). Cette zone est située sur la 2^{ème} écaille latérale afin d'optimiser l'envoi des données via le système ARGOS. En effet, lors de la respiration, cette zone de la carapace est la plus souvent émergée. Enfin, de la colle EPOXY est déposée (Pure 150 PRO, Powers Fasteners). La balise est disposée sur la colle puis en est recouverte en partie de manière à améliorer l'hydrodynamisme (figures a et b).

Après deux heures de séchages, les tortues ont été libérées et sont reparties par elle-même à la mer.



Figure 5 : Loanne (641) et Robinson (642) équipées de leur balise. ©Alexandra LeMoal / Kap Natirel



Figure 6 : Retour à la mer des deux tortues avec leur balise. Cette action a fait l'objet de projets pédagogiques avec des scolaires. ©Alexandra LeMoal / Kap Natirel

³ Maladie de la peau qui touche les tortues marines.

2.2.3) Organisation des données et traitement

Les données récupérées via le site www.seaturtle.org⁴ sont organisées au sein d'un tableur Excel©.

Les logiciels Google earth®, Google map® et Qgis® sont utilisés pour la visualisation spatiale des données et les tests statistiques sont réalisés par le logiciel R-3.1.1 © et le logiciel XLstat©.

2.2.4) Déplacements horizontaux

Le site d'étude étant petit et afin d'avoir des valeurs de localisations les plus précises possibles, seules les données GPS ont été utilisées. En effet, les données Argos auraient une précision non adaptée à l'échelle du site d'étude.

Les paramètres du GPS sont présents en annexe 2.

Données relevées

- les localisations GPS

Données calculées

- la distance totale parcourue par individu (estimée en additionnant la somme des distances calculées entre deux localisations),
- la distance par rapport au point de départ,
- la vitesse de déplacement (estimée en divisant les données de distance par le temps entre deux positions).

Traitement et analyse des données

- cartographie des déplacements à l'aide du logiciel Qgis-2.2.0,
- analyse comparative individuelle des différents paramètres entre le jour et la nuit⁵,

⁴Coyne MS, Godley BG (2005) Satellite Tracking and Analysis Tool (STAT) : an integrated system for archiving, analyzing and mapping animal tracking data. MEPS 301 :1-7.

⁵ Les données de jour sont les données émises entre 6h00 et 18h00, les données de nuit ont été émises entre 18h00 et 6h00. A noter que certaines données de nuit peuvent être émises de jour et vice versa. Dans le cas de cette étude, les analyses seront faites en supposant qu'il n'y a pas de données de nuit émises le jour et vice versa.

- analyse comparative entre les individus,
- une analyse spatiale sera menée sur les localisations jour et nuit.

Ces trois derniers points seront testé significativement à l'aide du test T de Student (avec un seuil de significativité $\alpha = 0,05$).

2.2.5) Déplacements verticaux

Le paramétrage de la balise est défini en annexe 2. La figure 7 représente schématiquement un profil de plongée, comme défini pour cette étude.

Données relevées

- le nombre d'enregistrements par classe de profondeur,
- la durée des plongées,
- la proportion de temps passé par classe de profondeur.

Traitement et analyse des données

- analyse comparative individuelle des différents paramètres entre le jour et la nuit
- analyse comparative entre les individus

La significativité des résultats sera testée à l'aide du test T de Student (avec un seuil de significativité $\alpha = 0,05$).

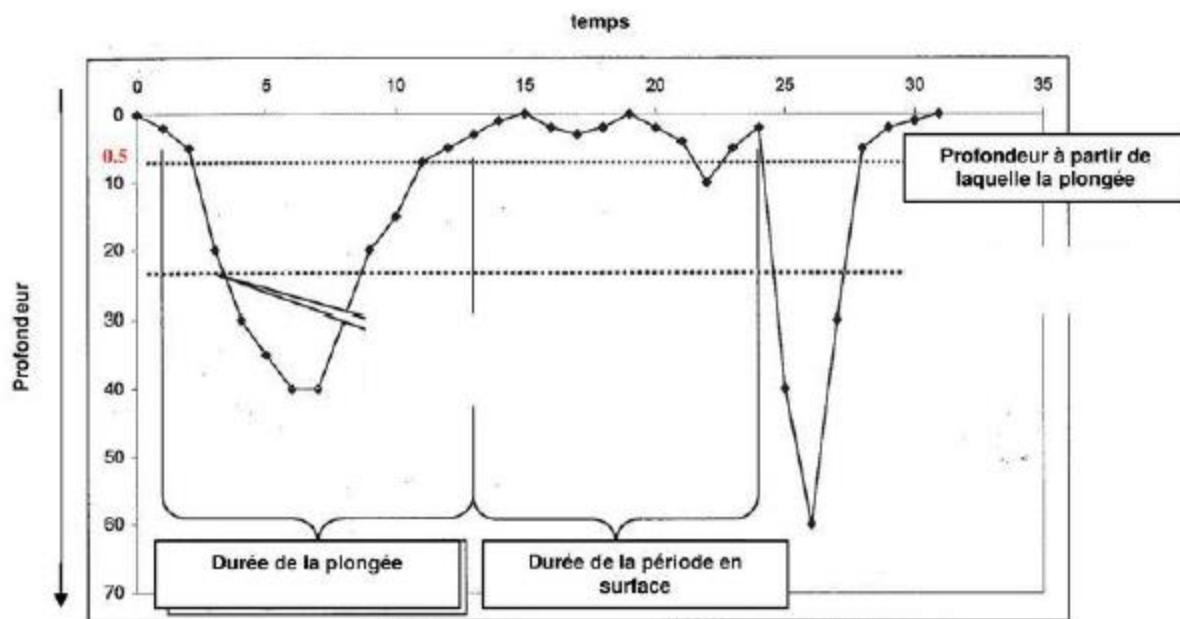


Figure 7 : Schématisation de la plongée et des paramètres de plongée utilisés dans cette étude (adapté de : Wildlife Computer)

2.2.6) Croisement des données habitats et déplacements

Les données habitats sont issues de l'étude décrite au point 2.1 et les données bathymétriques sont issues du SHOM (data.shom.fr). Il est à noter que la précision est plus forte longitudinalement que latitudinalement ceci étant lié au maillage 50x25 (défini dans la partie 2.1.2.).

3. Résultats et discussion

3.1) Carte de caractérisation des changements d'habitats

Le protocole de cartographie et l'interpolation qui en a découlé a abouti sur la carte suivante.

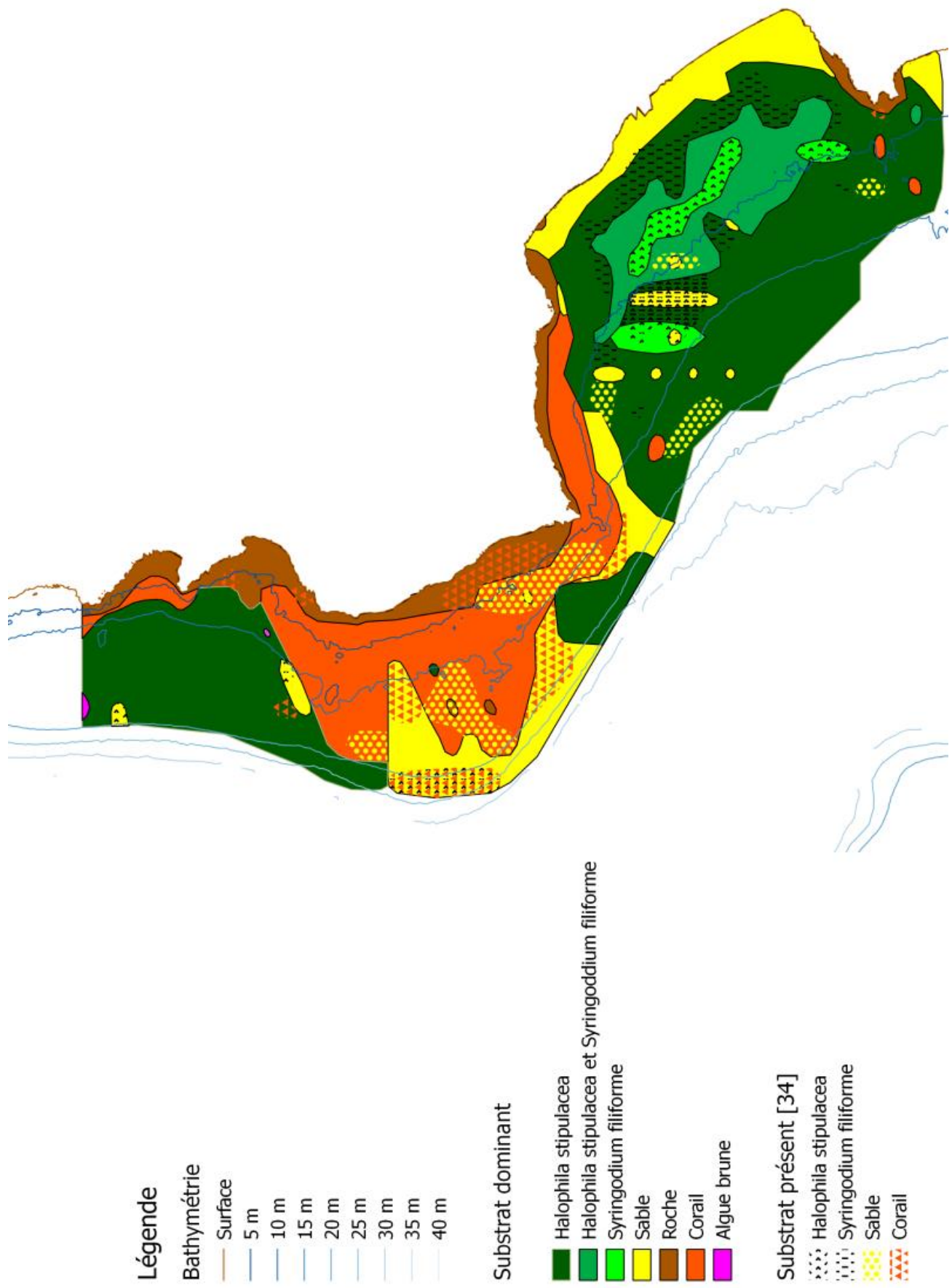


Figure 8: Caractérisation des habitats de Malendure, Bouillante Réalisation : Maxime, Sèbe, 2014.

D'après les données obtenues, présentées sur la figure 7, ce sont les herbiers d'halophila (*Halophila stipulacea*) qui représentent le substrat le plus abondant (45,86% et 8,74% en mixte). Suivi par le corail (18,69%) et la roche (15,48%) (Tableau 2). Les herbiers d'« herbe à lamantins » (*Syringodium filiforme*) sont présents sur le site mais en faible quantité (2,42% et 8,74% en mixte). Aucune zone comportant de l'« herbe à tortues » (*Thalassia testudinum*) n'a été observée.

Tableau 1: Proportion de surface occupée par le substrat dominant.

Type	Substrat dominant	Pourcentage
Phanérogames marines	<i>Halophila stipulacea</i>	45,86
	<i>Syringodium filiforme</i>	2,42
	<i>Halophila stipulacea</i> - <i>Syringodium filiforme</i>	8,74
Algues	Algues brunes	0,05
Autres types de substrat	Corail	18,69
	Roche	8,76
	Sable	15,48

Conclusion intermédiaire

Concernant l'ensemble du site d'étude, on observe deux zones distinctes : une zone dominée par des phanérogames marines (en face de la plage de Malendure) et une zone dominée par les coraux et le substrat sableux (derrière la pointe de Malendure).

La zone dominée par des phanérogames marines semble essentiellement composée d'herbiers d'une espèce exogène envahissante, l'*Halophila stipulacea*. Cette espèce prolifère dans les eaux de la Guadeloupe depuis quelques années. A ce jour, il y a peu de données sur l'impact de cette espèce envahissante sur les écosystèmes marins.

Les zones recouvertes par du *Syringodium filiforme* sont moins importantes que celles recouvertes par de l'*Halophila stipulacea*. Par ailleurs, aucune zone à *Thalassia testudinum* n'a été observée sur le site d'étude.

3.2) Caractéristiques des tortues équipées

Tableau 2: Descriptif des tortues balisées.

Nom affectif	ID balise	Date de déploiement	CCL ⁶ (cm)	CCW ⁷ (cm)	Masse (kg)	Bague Gauche /Droite	Durée du suivi (j)
Loanne	#641	24/10/2013	71,5	67,5	47	FWI6071 / FWI6070	227
Robinson	#642	24/10/2013	72	65	48	FWI6072 / FWI6073	227

Pour la suite du rapport, les tortues seront identifiées par leur numéro de balise à savoir 641 et 642.

3.3) Déplacements horizontaux

3.3.1) Analyse globale

Tableau 2: Paramètres descriptifs des suivis GPS

	Nbre de loc GPS	Durée du Suivi GPS (j)	Distance totale parcourue (km)	Distance moyenne par jour (km)	Vitesse moyenne (km/h)	Rayon maximal (km)
641	321	227	155,51	0,69	0,06 ± 0,06	2,94
642	249	227	110,37	0,49	0,04 ± 0,04	1,72

D'après le tableau 3, le nombre de points GPS est plus important pour 641. Les deux balises ayant émis durant le même nombre de jours (soit 227), on peut supposer que l'individu 641 a effectué un nombre de passages à la surface permettant une émission des informations plus importante que l'individu 642 (soit un temps à la surface suffisant, celui-ci variant en fonction des conditions environnementales et de la localisation des satellites).

La tortue 641 a parcouru 1,4 fois plus de distance par jour que la tortue 642, en explorant une zone éloignée de 2.94 km par rapport au point de départ alors que la tortue 642 est restée dans un rayon de 1.72 km.

⁶ CCL : Curved Carapace Length (Longueur Courbée de carapace).

⁷ CCW : Curved Carapace Width (Largeur Courbée de Carapace)

Tableau 4: Paramètres en fonction du moment de la journée

	Nombre de localisations GPS Jour	Nombre de localisations GPS Nuit	Nombre de jours exploitables	Nombre de nuits exploitables	Jour		Nuit	
					Distance moyenne parcourue par jour (km)	Vitesse moyenne par jour (km/h)	Distance moyenne parcourue par nuit (km)	Vitesse moyenne par nuit (km/h)
641	158	165	53	52	0,24 ± 0,22	0,05 ± 0,06	0,20 ± 0,25	0,05 ± 0,06
642	128	120	28	24	0,50 ± 0,43	0,10 ± 0,08	0,23 ± 0,26	0,04 ± 0,06

D'après le tableau 4, pour l'individu 641 il y a 158 localisations de jour (48.9%) et 165 de nuit (51.1%). Pour l'individu 642, il y a 128 localisations de jour (51.6%) et 120 de nuit (48.4%). Il y a donc peu de différence de transmission entre le jour et la nuit.

Analyse des distances moyennes parcourues et des vitesses pour l'individu 641 :

Le test de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les distances parcourues le jour et les distances parcourues la nuit ($t= 0,777$; $p = 0,439$). La même conclusion est valable pour la vitesse moyenne ($t= 0,507$; $p = 0,613$).

L'individu 641 semble parcourir la même distance de jour comme de nuit et avec une vitesse moyenne similaire.

Analyse des distances moyennes parcourues et des vitesses pour l'individu 642 :

Le test de Student montre qu'il y a une différence significative entre les distances parcourues le jour et les distances parcourues la nuit ($t= 2,696$; $p = 0,010$). Même résultat observé pour la vitesse moyenne, on observe une différence significative ($t= 2,601$; $p = 0,012$).

L'individu 642 semble parcourir une distance moyenne plus importante de jour que de nuit avec une vitesse moyenne supérieure à celle de nuit.

Analyse comparative des déplacements horizontaux entre l'individu 641 et l'individu 642 :

Pour les données de jour, le test de Student montre qu'il y a une différence significative entre les distances parcourues par l'individu 641 et celle de l'individu 642 ($t=-3,540$; $p=0,001$). Même résultat observé pour la vitesse moyenne ($t=2,870$; $p=0,005$).

Pour les données de nuit, le test de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les distances parcourues par l'individu 641 et celle de l'individu 642 ($t=0,316$; $p=0,753$). La même observation est valable pour la vitesse moyenne ($t=0,262$; $p=0,794$).

De jour, la tortue 642 semble parcourir une distance moyenne supérieure à celle de l'individu 641 et avec une vitesse moyenne supérieure à celle de l'individu 641. De nuit, il n'y a pas de différence significative entre les deux individus, que ce soit pour la distance ou pour la vitesse.

Conclusion intermédiaire

La présence de déplacement la nuit et le jour chez les deux tortues met en évidence une activité de jour comme de nuit. Chez l'individu 642, on observe une différence significative de comportement entre le jour et la nuit traduisant une activité plus importante de jour. Ceci pourrait suggérer que la tortue se nourrit plus la journée et se repose plus la nuit. L'analyse comparative entre les deux tortues montre que la tortue 642 a une activité supérieure à celle de la tortue 641 de jour. De nuit, les deux tortues semblent avoir une activité similaire.

L'analyse des données sur la vitesse et la distance est à titre indicatif car les calculs ne tiennent pas compte du trajet réel mais uniquement de la distance entre deux localisations.

3.2.2) Analyse des localisations

Tableau 5: Statistiques descriptives des localisations - approche jour/nuit

	Jour		Nuit		Comparaison Jour versus Nuit	
	Moyenne des latitudes degrés décimaux	Moyenne des longitudes degrés décimaux	Moyenne des latitudes degrés décimaux	Moyenne des longitudes degrés décimaux	Moyenne des latitudes test T alpha = 0,05	Moyenne des longitudes test alpha = 0,05
641	16,173 ± 0,001	-61,779 ± 0,002	16,175 ± 0,001	-61,785 ± 0,002	Test bilatéral. T=-12.3338 ; P<2,2e-16	Test unilatéral à gauche. T=-29.7003 ; P<2,2e-16
642	16,174 ± 0,002	-61,782 ± 0,003	16,175 ± 0,002	-61,785 ± 0,001	Test bilatéral. T=-7.9621 ; P=9,616e-14	Test unilatéral à gauche. T=-17,0914 ; p<2.2e-16

Analyse des localisations de l'individu 641

La figure 9 illustre les localisations jour et nuit de l'individu 641. La tortue semble utiliser préférentiellement deux zones distinctes entre le jour et la nuit. Le jour, la tortue est principalement sur la zone d'herbiers près de la plage de Malendure et semble exploiter quelques fois la zone récifale. La nuit elle semble utiliser principalement la zone récifale et parfois la zone d'herbiers.

Le test de Student montre qu'il y a des différences significatives entre la moyenne des latitudes de jour et celles de nuit ($t = -12,3338$; $p < 2,2e^{-16}$). La même conclusion est valable pour la moyenne des longitudes de jour ($t = -29,7003$; $p < 2,2e^{-16}$).

La tortue 641 a des localisations significativement différentes entre le jour et la nuit.

Analyse des localisations de l'individu 642

La figure 9 illustre les localisations jour et nuit de l'individu 642. La tortue semble utiliser préférentiellement deux zones distinctes entre le jour et la nuit. Le jour, la tortue est principalement sur la zone d'herbiers près de la plage de Malendure et semble exploiter quelques fois la zone récifale. La nuit elle semble utiliser principalement la zone récifale.

Le test de Student montre qu'il y a des différences significatives entre la moyenne des latitudes de jour et celles de nuit ($t = -7,9621$; $p = 9,616e^{-14}$). La même conclusion est valable pour la moyenne des longitudes de jour ($t = -17,0914$; $p < 2,2e^{-16}$).

La tortue 642 a des localisations significativement différentes entre le jour et la nuit.

Légende

- Robinson (642)

Bathymétrie

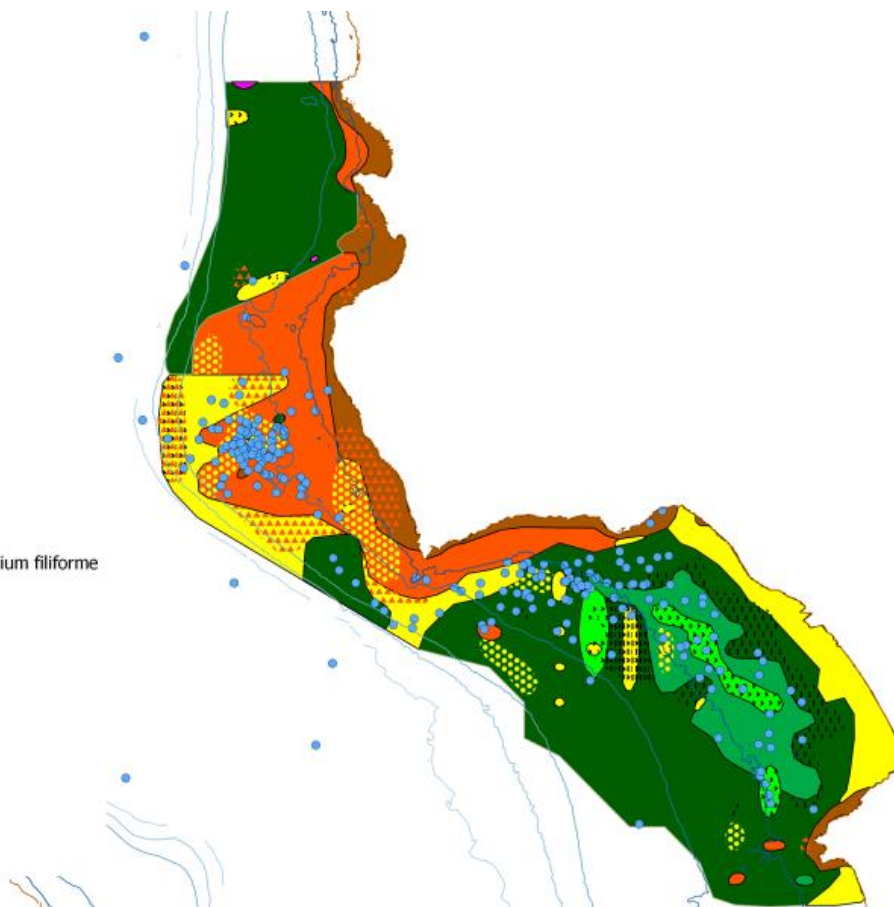
- 0.0 - 0.0
- Surface
- 5 m
- 10 m
- 15 m
- 20 m
- 25 m
- 30 m
- 35 m
- 40 m

Substrat dominant

- Thalassia testudinum
- Halophila stipulacea
- Halophila stipulacea et Syringodium filiforme
- Syringodium filiforme
- Sable
- Roche
- Corail
- Algue brune

Substrat présent

- Halophila stipulacea
- Syringodium filiforme
- Sable
- Corail



Légende

- Loanne (641)

Bathymétrie

- 0.0 - 0.0
- Surface
- 5 m
- 10 m
- 15 m
- 20 m
- 25 m
- 30 m
- 35 m
- 40 m

Substrat dominant

- Thalassia testudinum
- Halophila stipulacea
- Halophila stipulacea et Syringodium filiforme
- Syringodium filiforme
- Sable
- Roche
- Corail
- Algue brune

Substrat présent

- Halophila stipulacea
- Syringodium filiforme
- Sable
- Corail

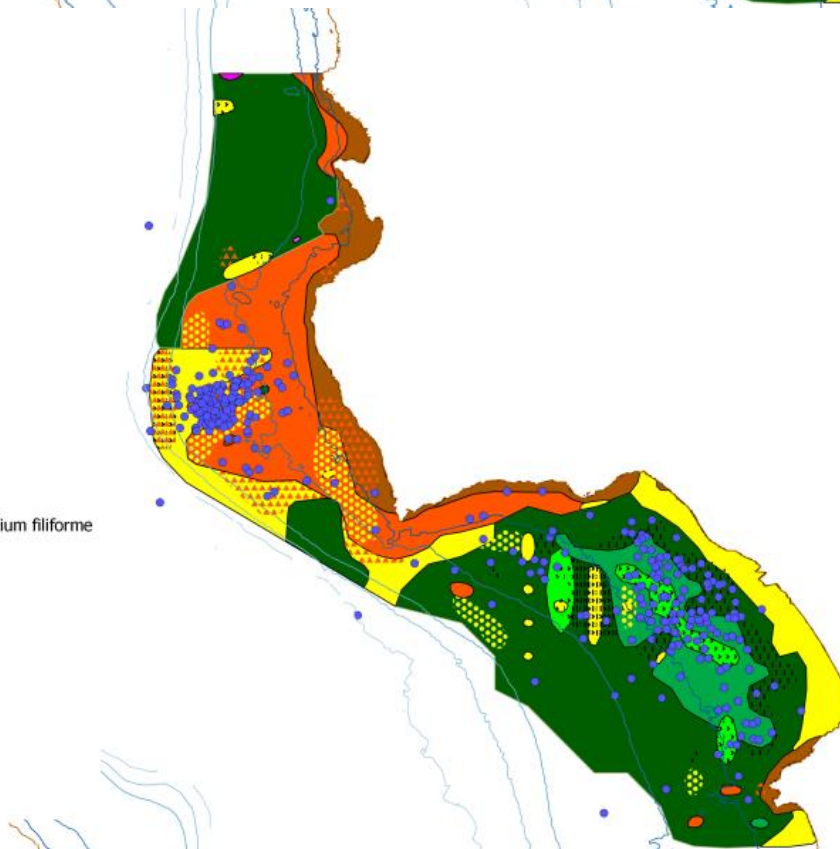
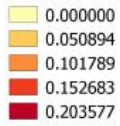


Figure 9 a) Localisations de l'individu 641 (en haut) et de l'individu 642 (en bas).

Légende

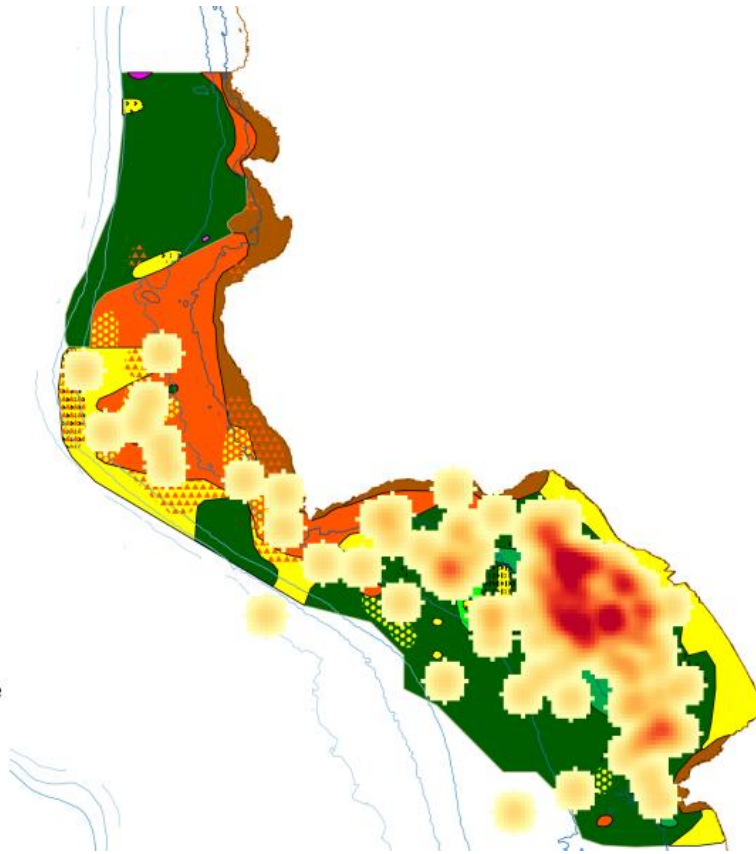
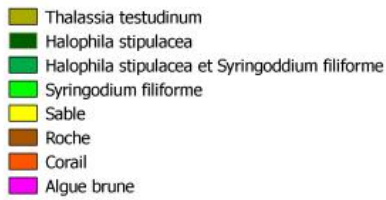
Abondance de jour de Loanne



Bathymétrie

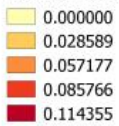


Substrat dominant



Légende

Abondance de nuit de Loanne



Bathymétrie



Substrat dominant

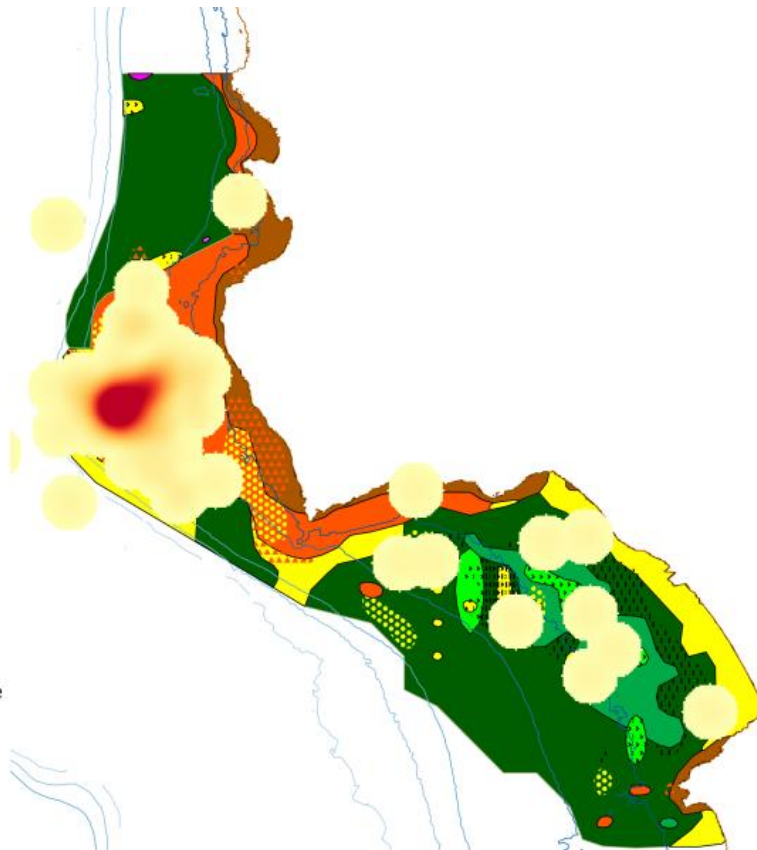
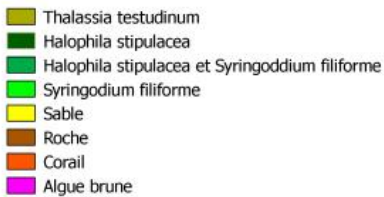
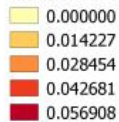


Figure 9 b) Cartes de chaleur des localisations de l'individu 641 de jour (en haut) et de nuit (en bas).

Légende

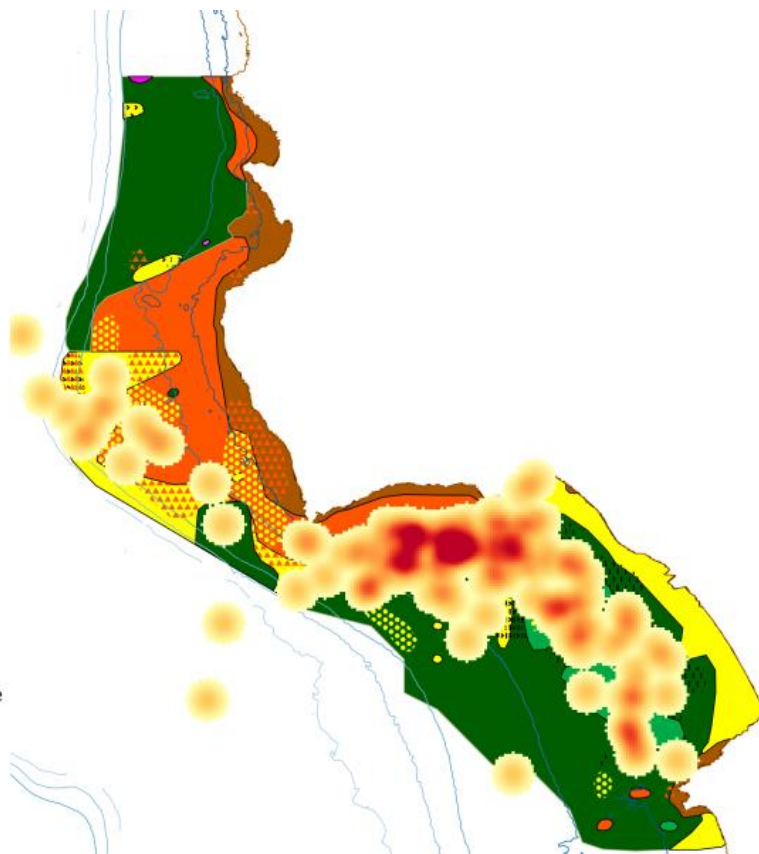
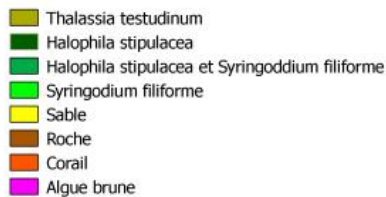
Abondance de jour de Robinson



Bathymétrie

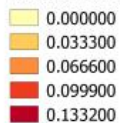


Substrat dominant



Légende

Abondance de nuit de Robinson



Bathymétrie



Substrat dominant

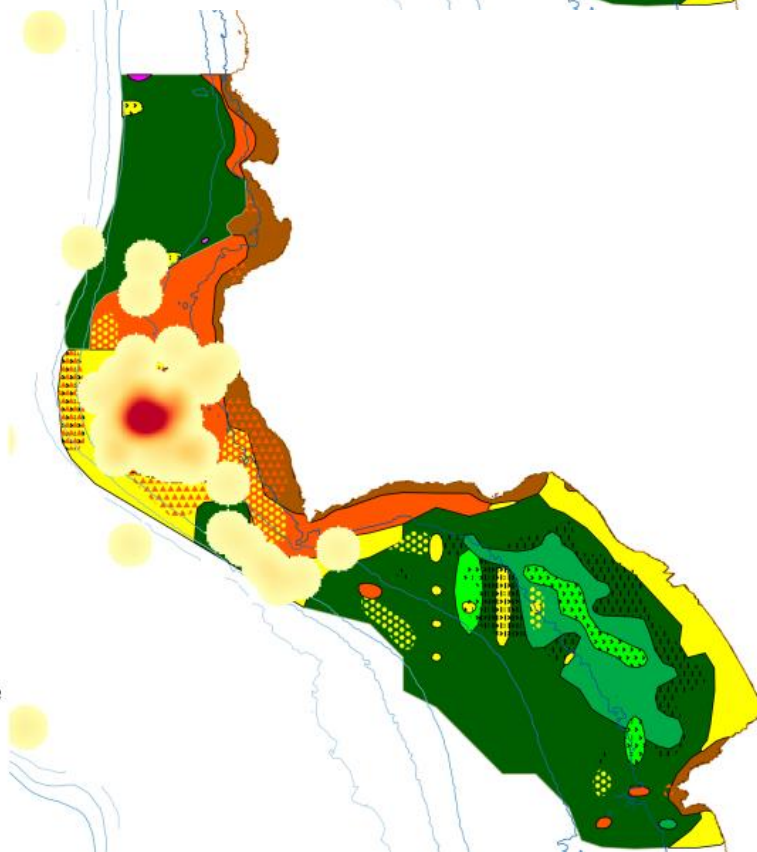
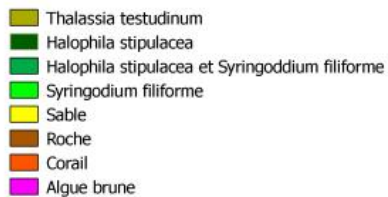


Figure 9 c) Cartes de chaleur des localisations de l'individu 642 de jour (en haut) et de nuit (en bas).

Conclusion intermédiaire

De manière générale, les deux tortues montrent l'utilisation d'une zone restreinte durant toute la durée de l'étude (soit 227 jours). Pour la tortue 641, il s'agit d'une zone de 2,94 km de rayon. La tortue 642, quant à elle, présente une zone de 1,72 km de rayon.

Les tortues 641 et 642 montrent une utilisation de deux zones principales différentes en fonction du moment de la journée (jour/nuit), bien que ces zones restent relativement proches. Ce comportement pourrait traduire une activité différente entre le jour et la nuit.

En se référant à la figure 8, les deux tortues semblent utiliser principalement des zones d'herbiers à phanérogames marines avec une bathymétrie comprise entre 3 et 10 m durant la journée et des zones composées de coraux avec une bathymétrie supérieure à 10 m la nuit. Des passages dans la zone corallienne en pleine journée ont été enregistrés pour les deux individus.

D'après la littérature, les tortues vertes s'alimentent essentiellement sur des zones à présence de phanérogames marines tandis qu'elles se reposeraient dans les zones récifales (Ballorain et al, 2010). Les résultats pourraient donc mettre en évidence la présence d'une phase d'alimentation le jour et d'une phase de repos la nuit, ce qui correspondrait à d'autres études (Van Dam et Diez, 1996 ; Ballorain et al, 2010).

Par ailleurs, d'après la cartographie, il semblerait que les deux individus utilisent la journée des zones composées d'*Halophila stipulacea*. D'après la littérature, cette espèce n'est pas inscrite dans le régime alimentaire des tortues vertes. Celles-ci se nourriraient principalement de *Syringodium filiforme* et de *Thalassia testudinum* (Bjorndal, 1980 ; Bjorndal, 1982). Cependant, des observations de tortues vertes se nourrissant d' *Halophila stipulacea* ont été relevées, notamment aux îles vierges (<http://www.seaturtle.org/>) et à Malendure (O, Beaufort , comm.pers.).

3.3) Déplacements verticaux

3.3.1) Analyse des profondeurs

3.3.1.1) Analyse de la fréquence des profondeurs

Tableau 6: Données sur les déplacements verticaux : fréquence des profondeurs

	Nombre de données (plongées)	Profondeur moyenne (m)	Nbre de données de jour	Moyenne profondeur de jour (m)	Nbre de données de nuit	Moyenne profondeur de nuit (m)
641	5319	13,26 ± 7.18	2618	11,62 ± 7.07	2701	14,85 ± 6.93
642	3165	14,02 ± 5.86	1661	13.48 ± 6.19	1504	14.61 ± 5.41

Analyse de la fréquence des profondeurs pour l'individu 641

D'après le tableau 6, l'individu 641 plonge à une profondeur moyenne de 13,26 m avec une profondeur maximale enregistrée entre 50 et 60 m.

D'après la figure 10, la majeure partie des profondeurs enregistrées sont comprises entre 0 et 20 m (96% des données jours et nuits).

On observe un comportement de plongée différent entre le jour et la nuit : le jour l'individu 641 effectue principalement des plongées entre 3 et 10 m de profondeur tandis que de nuit, les plongées sont principalement entre 15 et 20 m. La moyenne de profondeur des plongées de jour est de 11,62 m ($\pm 7,07$) et de 14,85 m ($\pm 6,99$) la nuit.

Le test de Student bilatéral montre que la profondeur moyenne de jour est significativement différente de la profondeur moyenne de nuit ($t=-16,85$; $p<0,0001$).

La tortue 641 a une moyenne de profondeur de jour significativement inférieure à celle de nuit.

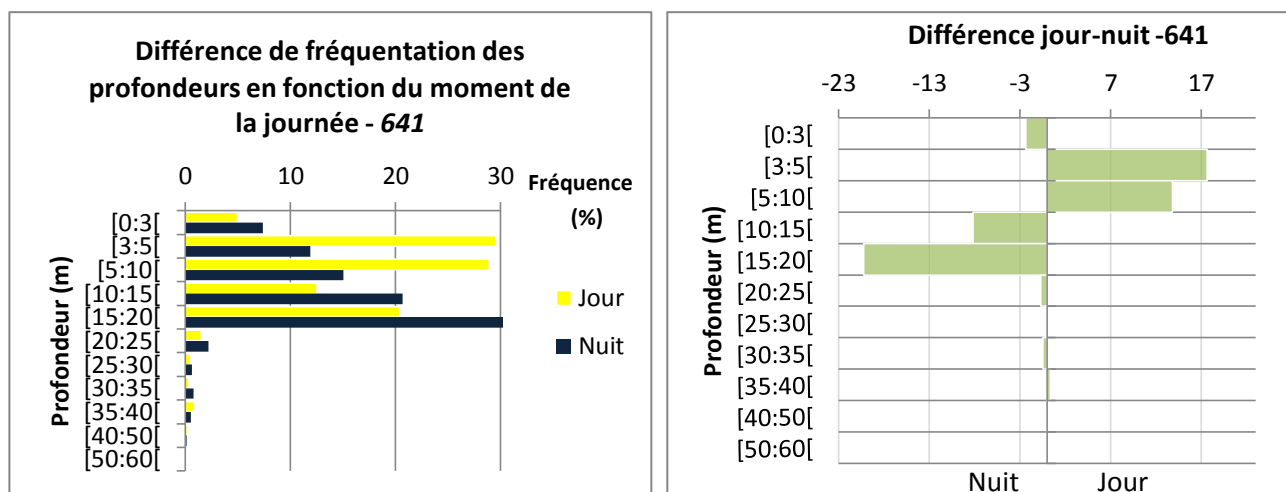


Figure 10 : Analyse de la fréquentation des différentes classes de profondeurs entre le jour et la nuit de l'individu 641.

Analyse de la fréquence des profondeurs de l'individu 642

D'après le tableau 6, l'individu 642 plonge à une profondeur moyenne de 14,02 m avec une profondeur maximale enregistrée entre 60 et 70 m.

D'après la figure 11, la majeure partie des profondeurs enregistrées est comprise entre 0 et 20 m (92,5% des données jours et nuits).

La moyenne de profondeur des plongées de jour est de 13,48 m ($\pm 6,19$) et de 14,61 m ($\pm 5,41$) pour la nuit. Le test de Student bilatéral montre que la profondeur moyenne de jour est significativement différente de la profondeur moyenne de nuit ($t=-5,424$; $p < 0,0001$).

La tortue 642 plonge à une profondeur moyenne de jour significativement inférieure à celle de nuit.

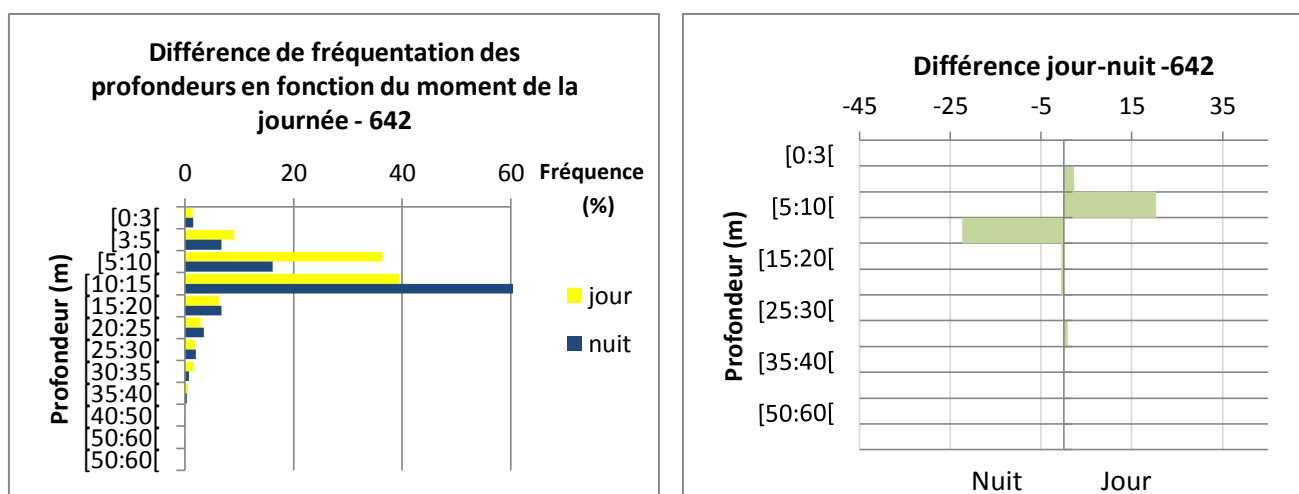


Figure 11 : Analyse de la fréquentation des différentes classes de profondeurs entre le jour et la nuit de l'individu 642.

Analyse comparative de la fréquentation des différentes classes de profondeurs entre l'individu 641 et l'individu 642 la nuit:

La profondeur moyenne la tortue 641 (13,26 m ; $\pm 7,18$) est significativement différente de la profondeur moyenne de la tortue 642 (14,02 m ; $\pm 5,86$) d'après le test de Student bilatéral ($t=-4,996$ $p < 0,0001$).

De jour, la profondeur moyenne de la tortue 642 est significativement supérieure à celle de la tortue 641 ($t= -8,797$, $p < 0,0001$). De nuit, il n'y a pas de différence significative entre les deux tortues ($t=1,197$; $p=0,232$).

De jour, la tortue 642 exploiterait une profondeur moyenne significativement plus importante que la tortue 641.

3.3.1.2) Analyse de la proportion de temps passée par classe de profondeur

Tableau 7: Données sur les déplacements verticaux : proportion de temps passé par classe de profondeur

	Nombre de données	Profondeur moyenne (m)	Nbre de données de jour	Moyenne profondeur de jour (m)	Nbre de données de nuit	Moyenne profondeur de nuit (m)
641	45204	15,49 ± 7.65	21501	12,94 ± 6.82	23703	17,80 ± 7.63
642	33192	16,01 ± 6.97	17398	15.11 ± 7.05	15794	16.99 ± 6.74

Analyse de la proportion de temps passée par classe de profondeur pour l'individu 641

D'après la figure 12, la tortue 641 passe principalement son temps à des profondeurs comprises entre 0 et 25 m (98,70%). De jour, les profondeurs comprises entre 5 et 10 m sont les plus importantes (40,25%) tandis que de nuit, les profondeurs entre 15 et 20 m et les profondeurs entre 20 et 25 m sont les plus importantes (29,05% et 31,85% respectivement).

Que ce soit de nuit ou de jour, la tortue passe près de 7% de son temps entre 0 et 3 m.

D'après le tableau 7, de jour, la tortue passe la plus part de son temps à une profondeur moyenne de 12,94 m ($\pm 6,81$) tandis que de nuit, la profondeur moyenne est de 17,80 m ($\pm 7,63$). Le test de Student bilatéral montre qu'il y a une différence significative entre la donnée de jour et celle de nuit ($t = -71,249$, $p < 0,0001$).

L'individu 641 utiliserait principalement des zones plus profondes de nuit que de jour.

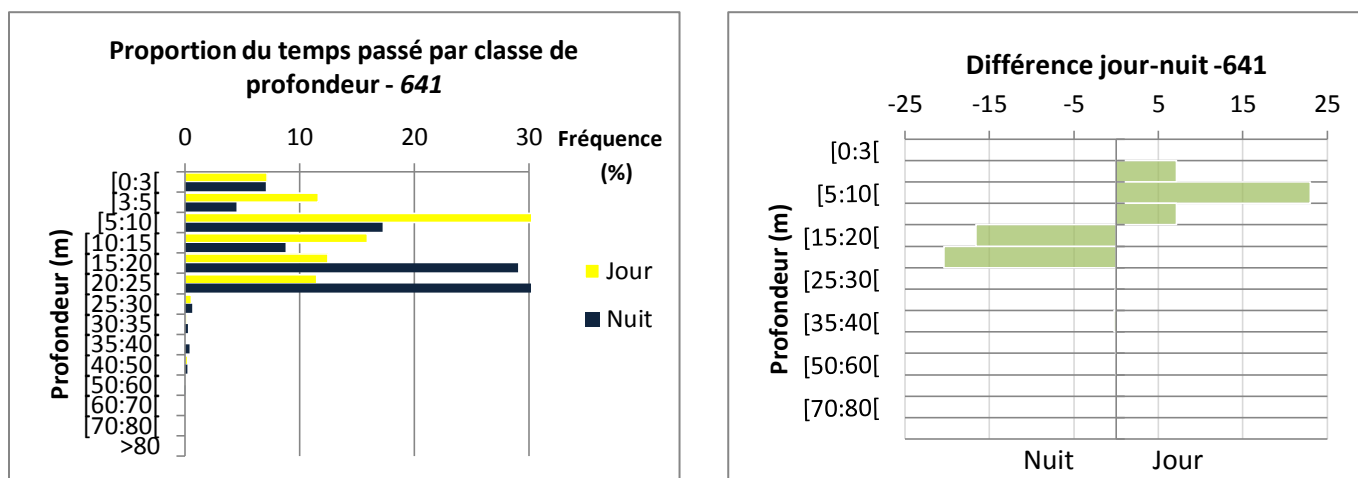


Figure 12 : Analyse de la proportion de temps passée par classe de profondeur pour l'individu 641.

Analyse de la proportion de temps passée par classe de profondeur pour l'individu 642

D'après la figure 13, la tortue 642 passe principalement son temps à des profondeurs comprises entre 0 et 25 m (96,2%).

De jour, les profondeurs comprises entre 5 et 10 m, 10 et 15 m et 15 et 20 m sont les plus importantes (respectivement 20,97 %, 20,47% et 37,69%). La nuit ce sont les profondeurs entre 15 et 20 m qui sont les plus importantes (56,15%).

D'après le tableau 7, de jour, la tortue passe la plus part de son temps à une profondeur moyenne de 15,11 m ($\pm 7,04$) tandis que de nuit la profondeur moyenne est de 16,99 m ($\pm 6,63$).

Le test de Student bilatéral montre qu'il y a une différence significative entre la donnée de jour et celle de nuit ($t = -24,776$, $p < 0,0001$).

L'individu 642 utiliserait principalement des zones plus profondes de nuit que de jour.

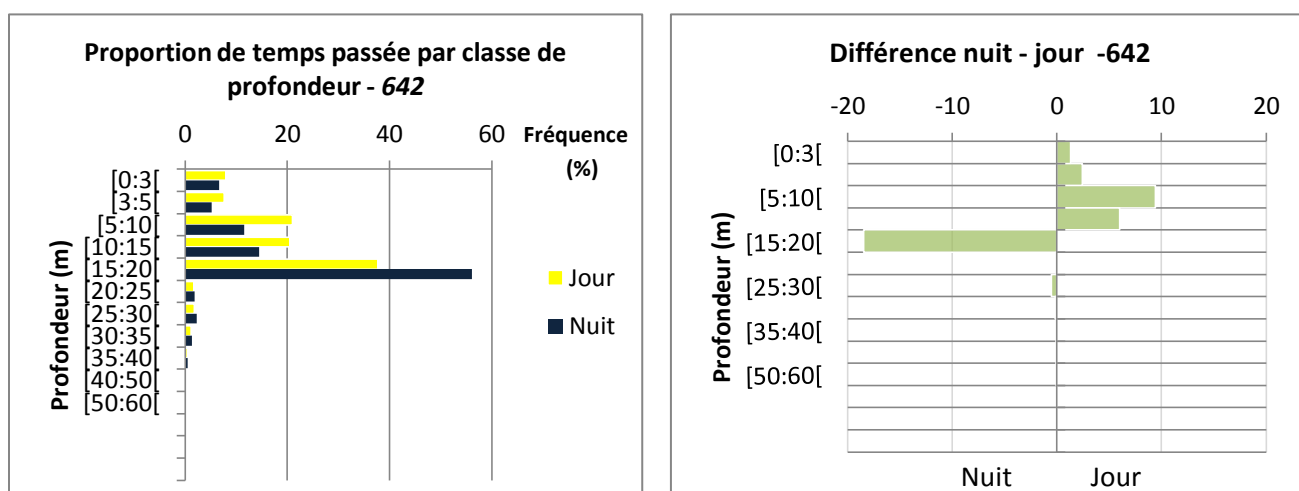


Figure 13 : Analyse de la proportion de temps passée par classe de profondeur pour l'individu 642.

Analyse comparative de la proportion de temps passée par classe de profondeur entre l'individu 641 et l'individu 642 :

La profondeur moyenne où la tortue 641 passe le plus de temps est de 15,49 m ($\pm 7,65$). Pour l'individu 642, cette profondeur moyenne est de 16,01 m ($\pm 6,97$). Le test de Student bilatéral montre qu'il y a une différence significative entre ces deux moyennes ($t = -9,710$; $p < 0,0001$).

Les données de jour montrent une différence significative entre les deux tortues ($t = -30,838$; $p < 0,0001$) ainsi que les données de nuit ($t = 10,869$; $p < 0,0001$).

Les résultats montrent une différence significative entre les deux tortues de jour comme de nuit. De jour, la tortue 641 utilise en moyenne des profondeurs inférieures à celle de la tortue 642. De nuit, c'est l'inverse, elle utilise en moyenne des profondeurs supérieures à celles de la tortue 642.

Conclusion intermédiaire

D'après les données enregistrées, les deux tortues utiliseraient principalement la zone de 0-25 m. Les plongées supérieures à 25 m sont occasionnelles et de courtes durées et la profondeur maximale atteinte par les deux tortues est comprise entre 55 m et 60 m.

Que ce soit de jour ou de nuit, les deux tortues passent une partie de leur temps entre 0 et 3 m. Ces données enregistrées pourraient correspondre au passage à la surface pour respirer.

L'analyse des profondeurs a confirmé l'exploitation de deux zones distinctes le jour et la nuit mise en évidence par la cartographie. De jour, les tortues effectueraient plus de plongées à des profondeurs moins importantes que celles atteintes la nuit. De même, de jour, les tortues semblent passer plus de temps à des profondeurs moins importantes que celles de nuit. Les zones utilisées de nuit seraient donc plus profondes que celles utilisées de jour.

En mettant en parallèle les données de localisations reportées sur la cartographie, on remarque que la zone principale utilisée de nuit par les tortues, zone corallienne et sableuse, possède une bathymétrie supérieure à 10 m tandis que les données de jours sont réparties sur des zones à phanérogames marines avec une bathymétrie comprise en 5 et 20 m.

Les zones supérieures à 20 m n'ayant pas été cartographiées dans cette étude, il est difficile d'interpréter l'exploitation de ces zones par les tortues. Cependant on pourrait supposer qu'il s'agit d'une zone d'alimentation à plus forte bathymétrie et/ou d'une zone de repos. Une étude plus approfondie sur les substrats présents dans ces zones pourrait permettre de réfuter ou de valider ces hypothèses.

3.3.2) Analyse des durées de plongées

Tableau 8 : Données sur les durées de plongées

	Nombre de données (plongées)	Durée moyenne (min)	Nombre de données Jour	Moyenne durée plongée Jour(min)	Nombre de données Nuit	Moyenne durée de plongée Nuit (min)
641	4955	31,67 ± 18,04	2407	31,61 ± 19,16	2548	31,73 ± 16,92
642	2882	40,42 ± 17,70	1499	37,93 ± 18,75	1383	43,12 ± 16,07

Analyse des durées de plongée pour l'individu 641

D'après le tableau 8 la durée moyenne des apnées de la tortue 641 est de 31,67 minutes (± 18.04).

D'après la figure 14, la majorité des plongées ont un temps compris entre 10 et 50 minutes (85%) et la durée la plus élevée enregistrée est de 70 minutes. Les plongées de 1 minute représentent près de 6%. Les plongées de plus de 15 minutes représentent 74% des plongées et sont considérées comme des plongées « longues ».

De manière générale, les plongées de 40 minutes sont les plus nombreuses de jour comme de nuit mais avec une fréquence supérieure de nuit (38% de nuit, 22% de jour).

Le test de Student bilatéral montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les durées de plongées de jour et celles de nuit ($t=-0,228$; $p=0,820$).

Les données enregistrées pour la tortue 641 ne montrent pas de différences significatives entre la durée moyenne des plongées de jour et celles de nuit.

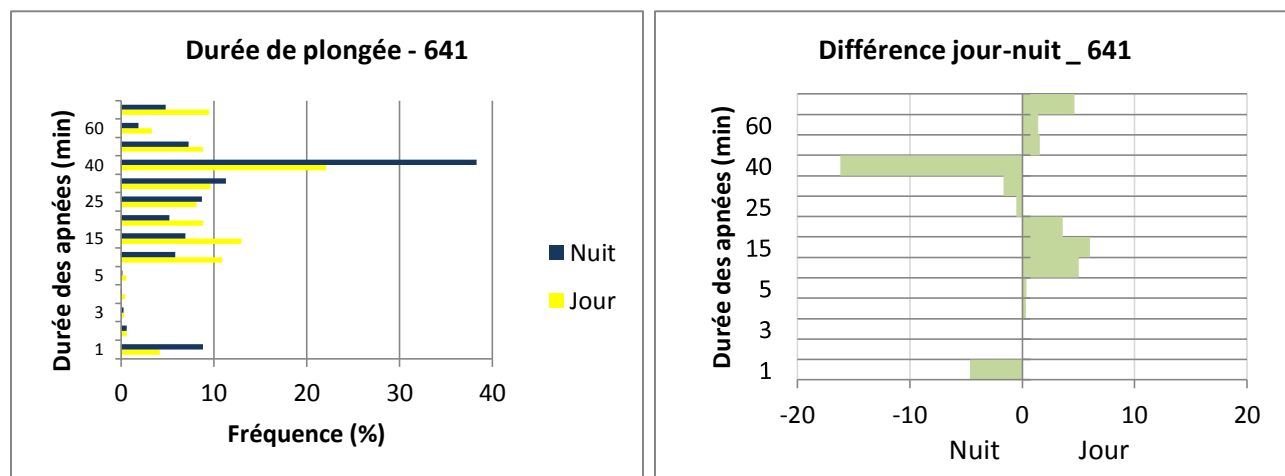


Figure 14 : Analyse des durées de plongée pour l'individu 641.

D'après le tableau 8, la durée moyenne des apnées de la tortue 642 est de 40,42 minutes (± 17.70).

D'après la figure 15, la majorité des plongées ont un temps compris entre 15 et 70 minutes (98%), ces plongées correspondent à des plongées « longues ». La durée la plus élevée enregistrée étant de 70 minutes.

Contrairement à la tortue 641, la tortue 642 montre des tendances différentes entre le jour et la nuit.

Le test de Student bilatéral montre qu'il y a des différences significatives entre les durées de plongées de jour et celles de nuit ($t=-7,939$; $p<0,0001$). La moyenne des apnées de nuit est significativement plus importante que la moyenne des apnées de jour.

La nuit, la tortue 642 semble réaliser des apnées plus importantes que le jour.

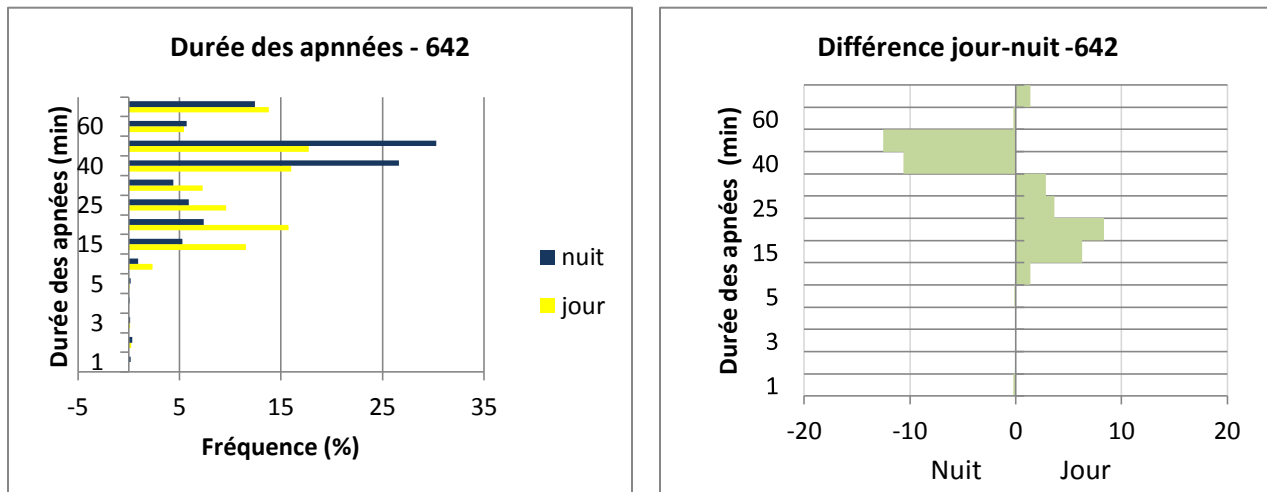


Figure 15 : Analyse des durées de plongée pour l'individu 642.

Analyse comparative de la durée des plongées entre l'individu 641 et l'individu 642 :

La durée moyenne des apnées de la tortue 641 est de 31,67 minutes (± 18.04) et de 40,42 minutes (± 17.70) pour la tortue 642. Le test de Student bilatéral montre qu'il y a une différence significative entre ces deux moyennes ($t=-20,845$; $p<0,0001$).

De jour, la durée moyenne des apnées de la tortue 642 est significativement supérieure à celle de la tortue 641 ($t=-10,110$; $p<0,0001$). Le même résultat est obtenu pour les données de nuit ($t=-20,509$; $p<0,0001$).

L'individu 642 effectue des plongées significativement plus longues que l'individu 641 que ce soit de jour ou de nuit.

Conclusion intermédiaire

Les deux tortues ont effectué des plongées d'une durée moyenne 31,67 minutes (± 18.04) pour l'individu 641 et de 40,42 minutes (± 17.70) pour l'individu 642. La durée maximale enregistrée pour les deux tortues étant de 70 minutes.

La tortue 642 montre une différence significative entre les durées d'apnée de jour et celles de nuit : en moyenne, la durée des apnées est supérieure la nuit. Ce résultat n'a pas été observé significativement chez la tortue 641. Cependant, la figure 13 met en avant un nombre élevé d'apnées de 40 minutes la nuit. Cette observation a aussi été faite pour la tortue 642. Ces apnées nocturnes de 40 minutes pourraient correspondre à la phase de repos.

Les plongées entre 0 et 1 minutes, observées principalement chez la tortue 641, pourraient être considérées comme des plongées liées à la phase de respiration. En effet la tortue qui vient respirer en surface peut le faire en plusieurs fois, avant de plonger à nouveau plus profondément (Delcroix, 2012).

3.4) Comparaison des données sur l'archipel guadeloupéen

3.4.1) Emissions des balises

Durant cette étude, les balises ont transmis durant 227 jours ce qui est la durée la plus longue pour le suivi des tortues vertes en alimentation sur l'archipel guadeloupéen (un maximum de 106 jours à Petite Terre, Caussat, 2014 ; 127 jours à Malendure, Delcroix, 2013). Le nombre d'émissions de jour et celui de nuit sont similaires pour les deux tortues marines contrairement aux précédentes études réalisées en Guadeloupe qui montraient un nombre d'émissions supérieur de jour (Delcroix, 2013 ; Caussat, 2014). Le nombre moyen d'émissions par jour est de 1,04 pour la tortue 641 et 1,09 pour la tortue 642 ce qui correspond au nombre d'émissions par jour des précédentes études (de 1,4 à 2,69 émissions par jour à Malendure, Delcroix, 2013).

3.4.2) Déplacements horizontaux

La tortue 642 a montré une activité supérieure de jour, tandis que la tortue 641 ne montre pas de différence entre le jour et la nuit. Cette différence de comportement sur un même site avait déjà été évoquée en Guadeloupe (Delcroix, 2013).

Les deux tortues utilisent une zone restreinte d'un rayon maximal inférieur à 3 km durant toute la durée de l'étude. Dans les précédentes études, le rayon maximal était compris entre 0,82 km et 1,72 km, avec une tortue ayant montré l'utilisation d'un rayon plus important de 26,28 km (Delcroix, 2013 ; Caussat, 2014).

La vitesse moyenne de déplacement est comprise entre 0,04 km/h et 0,06 km/h ce qui correspond aux résultats observés dans les précédents suivis (entre 0,02 km/h et 0,20 km/h ; Delcroix, 2013 ; Caussat, 2014). Idem pour la distance moyenne parcourue : entre 0,69 km/jr et 0,49 km/jr enregistrée durant l'étude, et entre 0,34 km/jr et 1,35 km/jr durant les précédentes études (Delcroix, 2013 ; Caussat, 2014). A noter que les valeurs les plus élevées enregistrées durant les précédents suivis (0,20 km/h pour la vitesse et 1,35 km/jr pour la distance) sont issues d'une tortue qui a effectué un déplacement sur une autre zone située à près de 25 km du site de capture (Delcroix, 2013), ce qui pourrait expliquer ces valeurs élevées.

Les données de localisation ont montré l'utilisation de deux zones principales qui sont significativement différentes. L'une, composée de phanérogame marine, est principalement utilisée de jour, la seconde, composée de zones coralliennes et sableuses, serait utilisée essentiellement de nuit. Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus à Petite Terre (Caussat, 2014).

3.4.3) Déplacements verticaux

La profondeur maximale enregistrée pour les deux tortues est comprise entre 55 m et 60 m, ce qui a déjà été enregistré à Malendure (Delcroix, 2013). En revanche, on observe un comportement différent entre le jour et la nuit avec l'utilisation de zones plus profondes de nuit, ce qui n'avait pas été observé jusqu'à présent en Guadeloupe. La précédente étude sur le site de Malendure ne montrait pas de différence significative (Delcroix, 2013). Cependant, à Petite Terre, une tortue montrait le comportement inverse avec l'utilisation d'une profondeur moins importante de nuit que de jour. Ces différences pourraient être liées à une stratégie individuelle associée aux caractéristiques du milieu (notamment la localisation des herbiers pour la phase d'alimentation et la localisation des niches adaptées pour se reposer). En effet, plusieurs facteurs comme la morphologie du site d'alimentation, la répartition bathymétrique des herbiers sur les sites et leur fréquentation par l'homme influencent le rythme et le comportement des tortues (Taquet, 2007).

D'après les données enregistrées, les deux tortues utiliseraient principalement la zone de 0-25 m. Les plongées supérieures à 25 m sont occasionnelles et de courtes durées. La profondeur maximale atteinte par les deux tortues est comprise entre 55 m et 60 m. Des résultats similaires ont été observés précédemment sur deux tortues équipées à Malendure (Delcroix, 2013). Sur Petite Terre, les profondeurs principalement utilisées étaient comprises entre 1 et 5 m, ce qui peut être lié aux caractéristiques du site d'étude avec une bathymétrie plus faible sur les zones utilisées par les tortues (Caussat, 2014).

Enfin, la durée des apnées chez les deux tortues peuvent atteindre les 70 min ce qui est plus élevé que les données obtenues dans les précédentes études (50 min et 60 min pour les

tortues équipées à Malendure, Delcroix, 2013 ; 50 min pour les trois tortues équipées à Petite Terre, Caussat, 2014). De plus, la durée moyenne des plongées est de 31,67 min pour la tortue 641 et de 40,42 min pour la tortue 642 ce qui est supérieur aux données enregistrés dans les études précédentes (entre 9,28 et 19,07 minutes ; Delcroix, 2013, Caussat, 2014). On observe notamment peu de plongées inférieures à 5 minutes (moins de 10% chez les deux tortues) contrairement aux précédentes études (entre 20 et 50 %, Delcroix, 2013 ; Caussat, 2014).

4. Conclusion et perspectives

Le croisement de la cartographie des habitats et des données obtenues par la pose des balises met en évidence un comportement différent entre le jour et la nuit pour les deux tortues ainsi qu'une fidélité à leur site d'alimentation durant la durée de l'étude. De manière générale, les deux tortues utiliseraient principalement la zone de 0-25 m. Les plongées supérieures à 25 m sont occasionnelles et de courtes durées.

Le jour, les deux tortues effectuent régulièrement des plongées entre 3 et 15 mètres avec des apnées comprises entre 10 et 70 minutes. Ces profondeurs correspondent à la zone que les deux tortues exploitent principalement de jour. Cette zone est composée d'herbiers à phanérogames marines dont les substrats dominant sont des herbiers à *Halophila stipulacea*, des herbiers à *Syringodium filiforme* et des herbiers mixtes formés de ces deux espèces. Cette zone correspondrait à la zone principale d'alimentation.

La nuit, les deux tortues utilisent de manière plus importante les zones avec une profondeur supérieures à 15 m (que ce soit en nombre de plongées ou en temps passé par profondeur). Les durées des apnées sont essentiellement de l'ordre de 40 à 50 minutes mais peuvent atteindre les 70 minutes. D'après les données de localisation, la zone principalement exploitée de nuit est une zone corallienne comportant une bathymétrie plus importante que la zone principale de jour (supérieure à 10 -15 m). Cette zone correspondrait avec la zone principale de repos.

Des résultats similaires ont été observés dans divers endroits du monde : les tortues vertes utiliseraient les zones à herbiers et les zones coralliennes comme habitats principaux (Bjorndal & Bolten, 1988 ; Ballorain & al. , 2010 ; Bourjea & al., 2011, Delcroix,2013). La phase d'alimentation aurait principalement lieu le jour sur des sites à présence d'herbiers à phanérogames marines tandis que la phase de repos serait essentiellement la nuit sur des zones coralliennes (Ballorain & al., 2010 ; Delcroix, 2013). De plus, les tortues vertes

étudiées montrent une fidélité au site d'étude, comportement mis en évidence par différentes études (Boulon, 1984 ; Bjorndal & Bolten, 1988 ; Collazo & al., 1992 ; Delcroix & al., 2007, Delcroix, 2013).

La durée moyenne des apnées est supérieure à celles enregistrées par les précédentes balises déployées sur l'archipel guadeloupéen, avec des apnées pouvant atteindre 70 minutes. Cette durée est élevée mais n'est cependant pas exceptionnelle. Un record de 120 minutes d'apnée a déjà été enregistré (Gulko et Eckert, 2003).

Les données ont notamment montré l'utilisation régulière de la zone corallienne de jour par les deux tortues. Ceci pourrait correspondre à des phases de repos journalières, ce qui aurait déjà été observé dans d'autres endroits du monde (Van Dam et Diez, 1996 ; Ballorain et al, 2010). Par ailleurs, des observations ponctuelles de tortues vertes au repos sur les coraux durant la journée ont déjà été recensées en Guadeloupe (O.Beaufort, comm.pers.). Quant à l'utilisation peu fréquente de la zone d'herbiers de nuit par la tortue 641, elle pourrait être liée à une phase d'alimentation nocturne ou bien à l'utilisation des herbiers comme zone de repos.

Cette étude a démontré une fois de plus l'utilisation de deux zones distinctes entre le jour et la nuit ainsi que l'utilisation des eaux généralement comprises entre 0 et 25 m de profondeur. De plus, elle a permis de mettre en évidence l'exploitation journalière par les tortues vertes d'une zone dominée par une espèce de phanérogame marine invasive (*Halophila stipulacea*) qui n'est pas répertoriée dans le régime alimentaire des tortues vertes d'après la littérature mais qui serait cependant consommée. On note notamment une faible présence « d'herbe à lamantin » (*Syringodium filiforme*) et l'absence « d'herbe à tortue » (*Thalassia testudinum*) sur le site étudié, deux espèces connues du régime alimentaire des tortues vertes (Bjorndal, 1980 ; Bjorndal, 1982).

Les données présentées dans ce rapport sont représentatives de deux individus durant la durée de l'étude (soit 227 jours). Avec les deux précédentes études réalisées sur les tortues vertes en alimentation sur l'archipel guadeloupéen (Delcroix, 2013 ; Caussat, 2014), c'est un total de 7 tortues vertes qui ont été étudiées. Bien que des différences aient été observées entre les différentes tortues, mettant en évidence des variations dans les stratégies d'exploitation de l'espace, on observe de manière globale une fidélisation au site d'alimentation ainsi que l'utilisation des zones coralliennes et des zones à herbiers dans des profondeurs généralement comprises entre 0 et 25 m.

Ainsi, en termes de conservation, des mesures de gestion de la pêche professionnelle sur les zones à herbiers et les zones coralliennes comprises entre 0 et 25 m de fonds pourraient

limiter les captures accidentelles (notamment concernant les folles, les trémails et les filets droits), au moins sur les zones principales d'alimentation des tortues vertes sur l'archipel guadeloupéen.

Références bibliographiques :

Ballorain, K., Bourjea, J., Ciccione, S., Kato, A., Hanuise, N., Grizel, H., Enstipp, M., Fossette, S. & Georges, J-Y. (2010). Seasonal dive behaviour and feeding rhythm of green turtles at Mayotte Island. Document soumis pour publication, Université de la Réunion, Saint-Denis.

Bjorndal K.A. (1980). Nutrition and grazing behavior of the green turtle, *Chelonia mydas*. *Marine Biology* 56, 147-154.

Bjorndal K.A. (1982). The consequences of herbivory for the life history pattern of the Caribbean green turtle. In *Biology and conservation of sea turtles*. Bjorndal KA (Ed), Smithsonian Institution Press, Washington DC, USA, 111-116.

Bjorndal, K.A & Bolten, A.B . (1988). Growth rates of immatures green turtles (*Chelonia mydas*) in the southern Bahamas. *Copeia*, 1988, 407.

Boulon, R.H.jr. (1984). Some notes on the population biology of green (*Chelonia mydas*) and hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) turtles in the northern U.S. Virgin Island : 1981-83. Unpubl. Final Report to NMFS-SEFC under NMFS-DOC grant No. NA82-GA-A-00044. 18p.

Bourjea, J., Ciccione, S., Lauret-Stepler, M., Marmoex, C. & Jean, C. (2011). Les îles Eparses : vingt-cinq ans de recherche sur les tortues marines. *Bull. Soc. Herp. Fr* : (2011) 139-140 : 95-111.

Caussat, M. (2014). Caractérisation des habitats de la tortue verte (*Chelonia mydas*) dans la Réserve Naturelle des îlets de Petite-Terre. 63 p.

Collazo, J.A., Boulon, R & Tallevast, T.L. (1992). Abundance and Growth Patterns of *Chelonia mydas* in Culebra, Puerto Rico. *Journal of Herpetology*, Vol 26, No3, pp. 293-300.

Delcroix, E., Godfrey, M. & Mazeas, F. (2007) . Post-nesting migrations of green turtles (*Chelonia mydas*) from the archipelago of Guadeloupe (FWI) revealed by satellite tracking. In: *Proceedings of the 27th Annual Symposium on the Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-569, 262p.

Delcroix E. (2013). Suivi télémétrique de tortues vertes (*Chelonia mydas*) en alimentation dans les eaux de la Guadeloupe - Etude préliminaire.

Gulko, D.A. & Eckert, K.L. (2003). *Sea Turtles : An Ecological Guide*,. Mutual publishing, Honolulu, HI. 128pp.

Taquet C. (2007). Diversité et différenciation génétiques des populations de tortues vertes (*Chelonia mydas*) dans les sites de ponte et d'alimentation du sud-ouest de l'océan Indien : Application aux stratégies de conservation de l'espèce. Thèse de Doctorat de l'Université de la Réunion, Biologie Marine, 226 pp.

Van Dam, R.P. & Diez, C.E. (1996). Diving behavior of immature hawksbill *Eretmochelys imbricata* in a Caribbean cliff wall habitat. *Marine Biology*, November 1996, vol.127, no.1, P.171-178.

ANNEXE : paramétrage des balises

General Settings

Repetition Intervals	44s (at-sea); 89s (haulout)
Tagware version	1,26j
Hardware version	10,5
Battery Configuration	4 x AA
Battery Capacity (from manufacturer's datasheet)	8000mAh
Battery is not classified as dangerous goods	
Deploy from Standby on Depth Change?	Yes
Owner	Wildlife Computers 16150 NE 85th St #226 Redmond, WA 98052 USA +1-425-881-3048
Bytes of archive data collected	0
Bytes of histogram and profile data collected	0
Bytes of location data collected	0

Data to Archive Settings

Depth	8 seconds
Internal Temperature	8 seconds
External Temperature	8 seconds
Depth Sensor Temperature	never
Battery Voltage	never
Wet/Dry	never
Wet/Dry Threshold	Dynamic (initial value = 80)
Sampling Mode	Wet or Dry
Automatic Correction of Depth Transducer Drift	disabled

Fastloc Settings	
Fastloc sampling interval	180 minutes
Deployment Latitude	16 degrees
Deployment Longitude	-61 degrees
Deployment Altitude	0 m
Transmit hours	0 - 23

Fastloc Collection Days	
janvier	1 - 31
février	1 - 29
mars	1 - 31
avril	1 - 30
mai	1 - 31
juin	1 - 30
juillet	1 - 31
août	1 - 31
septembre	1 - 30
octobre	1 - 31
novembre	1 - 30
décembre	1 - 31

Fastloc Control	
Maximum successful Fastloc attempts	1 per hour; 8 per day
Maximum failed Fastloc attempts	6 per hour
Overall maximum Fastloc attempts	50 per day
Supress Fastloc after good haulout location	is enabled
Abort Fastloc processing if tag measures wet on next wakeup	is disabled
Always transmit latest location message	is disabled
Percentage of the battery capacity already used for Fastloc	0%

Fastloc Internal Parameters	
Mode	8
Offset	31
Span	74
Autotune	0 (off), Target = 255
Threshold	255
Hardware	307
Software	3.01
Serial Number	13F0440

Data to Transmit Settings	
Histogram Selection	
Histogram Data sampling interval	10 seconds
Dive Maximum Depth (m), 14 bins	3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50; 60; 70; 80; >80
Dive Duration, 14 bins	1 min ; 2 mins ; 3 mins ; 4 mins ; 5 mins ; 10 mins ; 15 mins ; 20 mins ; 25 mins ; 30 mins ; 40 mins ; 50 mins ; 60 mins ; >60 mins
Time-at-Temperature (C)	disabled
Time-at-Depth (m), 14 bins	1; 3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50; 60; 70; >70
20-min time-line	disabled
Hourly % time-line (low resolution)	disabled
Hourly % time-line (high resolution)	disabled
Dry/Deep/Neither time-lines	Disabled
PAT-style depth-temperature profiles	disabled
Deepest-depth-temperature profiles	disabled
Light-level locations	disabled

Histogram Collection	
Hours of data summarized in each histogram	6
Histograms start at GMT	04:00
Do not create new Histogram-style messages if a tag is continuously dry throughout a Histogram collection period	is disabled
Time-Series Messages	
Generation of time-series messages	is disabled
Dive & Timeline Definition	
Depth reading to determine start and end of dive	Wet/Dry
Ignore dives shallower than	1m
Ignore dives shorter than	10s
Depth threshold for timelines	not used
Behavior Messages	
Generation of behavior messages	is disabled
Stomach Temperature Messages	
Generation of stomach temperature messages	is disabled

Haulout Definition	
A minute is "dry" if Wet/Dry sensor is dry for any <i>value</i> seconds in a minute	30
Enter haulout state after <i>value</i> consecutive dry minutes	60
Exit haulout state if wet for any <i>value</i> seconds in a minute	30
Transmission Control	
Transmit data collected over these last days	7
Pause transmissions if haulout exceeds	never pause
Transmit every eighth day if transmissions are paused	is disabled

Collection days	
janvier	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31
février	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29
mars	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31
avril	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29
mai	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31
juin	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29
juillet	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31
août	1 - 31
septembre	1 - 30
octobre	1 - 31
novembre	1 - 30
décembre	1 - 31
Relative transmit Priorities	
Histogram, Profiles, Time-lines, Stomach Temperature	med (2 transmission(s))
Fastloc and Light-level Locations	high (3 transmission(s))
Behavior and Time-Series	none (0 transmission(s))
Status	Every 20 transmissions

When to Transmit Settings	
Initially transmit for these hours regardless of settings below	24
Transmit hours	0 - 23
Transmit days	
janvier	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30
février	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27
mars	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31
avril	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30
mai	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30
juin	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29
juillet	1, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30
août	1 - 31
septembre	1 - 30
octobre	1 - 31
novembre	1 - 30
décembre	1 - 31

Daily Transmit Allowance	
janvier	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
février	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
mars	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
avril	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
mai	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
juin	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
juillet	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
août	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
septembre	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
octobre	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
novembre	500 [Accumulate, Optimize for battery life]
décembre	500 [Accumulate, Optimize for battery life]

Channel Settings	
Depth	Channel: 0; Range: -40m to 1000m; Resolution: 0,5m; AAddress: 02; Settling Delay: 1,5ms
Internal Temperature	Channel: 1; Range: -40C to 60C; Resolution: 0,05C; AAddress: 04; Settling Delay: 0,5ms
External Temperature	Channel: 2; Range: -40C to 60C; Resolution: 0,05C; AAddress: 03; Settling Delay: 0,5ms
Depth Sensor Temperature	Channel: 3; Range: -40C to 60C; Resolution: 0,05C; AAddress: 05; Settling Delay: 0,5ms
Battery Voltage	Channel: 14; Range: 0V to 5V; Resolution: 0,0048V; AAddress: 13; Settling Delay: 1,5ms
Wet/Dry	Channel: 15; Range: 0 to 255; Resolution: 1; AAddress: 21; Settling Delay: 1,5ms