

UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES



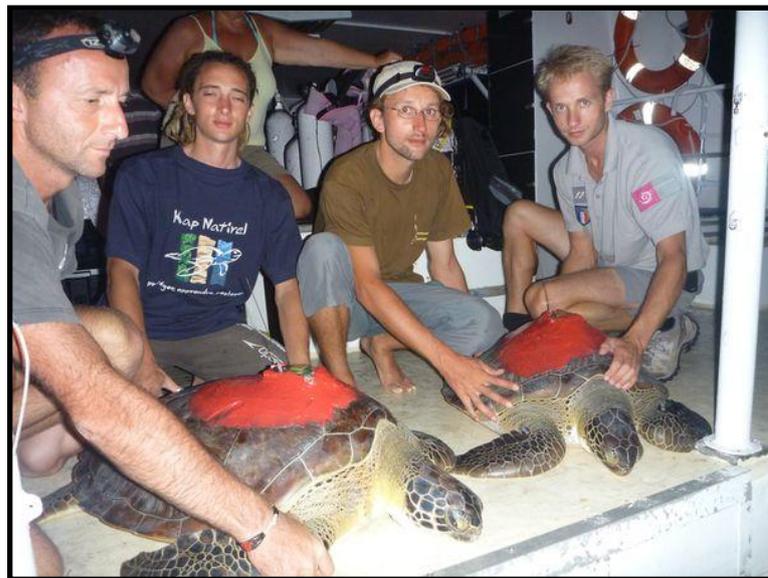
MASTER EN SCIENCES – TECHNOLOGIES -SANTÉ

Mention : ECOLOGIE

Spécialité : Écosystèmes Tropicaux Naturels et Exploités

Suivi télémétrique de tortues vertes Chelonia mydas en alimentation dans les eaux de la Guadeloupe - Etude préliminaire

Eric DELCROIX



Directeur de stage :
Jean-Yves GEORGES

**CNRS IPHC DEPE 23 rue Becquerel 67087 Strasbourg &
ONCFS Chemin de Boyer Boisbert 97129 Lamentin**

Septembre 2013

Avec le soutien financier et logistique



Remerciements

Je remercie toutes celles et tous ceux qui m'ont aidé, encouragé et soutenu lors de la reprise de mes études en 2010, après avoir obtenu ma maîtrise des sciences et techniques en 2003. Etudes menées en parallèle de mes activités professionnelles très prenantes et exigeantes depuis 2004.

Tout simplement merci à mon épouse, Frantz, et mes enfants, Lola et Damien sans qui ce projet n'aurait pas abouti.

Un grand merci à Jean-Yves GEORGES avec qui nous avons donné naissance à ce projet, base d'une étude plus large. Présent pour m'encadrer, me conseiller et m'aider dans l'immensité des tableaux de données, merci pour ta patience et j'espère à une future autre collaboration.

Mes remerciements vont à toute l'équipe du Master 2 et plus particulièrement à Daniel IMBERT qui a su prendre systématiquement en compte mes contraintes professionnelles pour que ce projet aboutisse et à Claude BOUCHON qui par son expertise sur le milieu marin a été de précieux conseils.

A Fanny, Elise, mes sœurs, et à mes parents qui m'ont plus qu'encouragé dans les moments difficiles.

A toute l'équipe de terrain présente lors du déploiement des balises et dans le suivi du projet et plus particulièrement à l'association Kap'Natirel, Sophie BEDEL et Guilhem SANTELLI, et au Parc National de Guadeloupe. Merci aux financeurs et tout particulièrement à Franck MAZEAS, DEAL Guadeloupe, qui m'accorde toute sa confiance pour la mise en œuvre du plan de restauration.

Merci aux tortues marines.

Crédit photo page de couverture : Alexandra LE MOAL – Novembre 2010 – Remise à l'eau des deux tortues vertes équipées d'une balise.

RESUME

La tortue verte *Chelonia mydas* est l'une des espèces de tortues marines présentes en alimentation dans les eaux de l'archipel guadeloupéen. Son régime alimentaire est principalement constitué de phanérogames marines et d'algues qu'elle trouve principalement dans les herbiers. Le déploiement de deux balises, munies d'un Fastloc GPS, d'un capteur de profondeur, d'un capteur de température, de capteurs d'immersion et d'une transmission satellite Argos a permis de mener une étude préliminaire sur les déplacements verticaux et horizontaux de cette espèce. Seules les localisations GPS ont été utilisées pour étudier les déplacements, les localisations Argos ayant une précision non adaptée à l'échelle du site d'étude. Les tortues vertes passent une grande partie de leur temps sur des herbiers qui peuvent être, soit l'unique habitat, soit l'habitat principal exploité. Une tortue utilise également les formations coralliennes, mais préférentiellement la nuit. Des phases de résidence ont été mises en évidence, les tortues exploitent une zone délimitée qui peut être restreinte de 2km² ou étendue de plus de 30km². Cette phase de résidence, n'est pas la phase exclusive chez une des deux tortues, des phases de déplacement et de prospection ont été mises en évidence sur la durée du suivi. Les plongées au-delà de 25m sont rares. Les profondeurs les plus utilisées sont comprises entre 5-25m (>75% du temps). La variation du comportement entre le jour et la nuit a été partiellement démontrée, mais toutes ces variations n'ont pas été mises en évidence chez les deux tortues : changement de site, exploitation préférentielle des herbiers la journée et des formations coralliennes la nuit, profondeurs variables et durées des plongées plus longues la nuit. Ces modifications laissent supposer un changement d'activité, le jour étant dédié à l'alimentation et la recherche de nourriture et la nuit au repos. Cette étude préliminaire souligne les différences de stratégie comportementale en phase d'alimentation entre les individus, même s'il y a des similarités.

Mots clés : *Chelonia mydas*, tortues marines, suivi télémétrique, herbiers, comportement de plongée, GPS, Guadeloupe

SOMMAIRE

1. Introduction	p.5
1.1 Bilan des connaissances sur la tortue verte <i>Chelonia mydas</i> dans la Caraïbe et en Guadeloupe	p.5
1.1.1 Eléments de présentation de la tortue verte	p.5
1.1.2 Le cycle de vie de la tortue verte	p.6
1.1.3 Répartition et effectif des tortues vertes en Guadeloupe	p.7
1.1.4 Régime alimentaire	p.8
1.1.5 Bilan sur des études comportementales	p.8
1.2 Les herbiers un habitat important	p.9
1.2.1 Bilan des connaissances des herbiers à phanérogames marines	p.9
1.2.2 Rôle écologique des herbiers	p.10
1.3 Le plateau insulaire : une zone exploitée par la pêche côtière et partiellement protégée	p.10
1.3.1 Interaction pêche et tortue marine	p.10
1.3.2 Les zones de non-pêche sur le plateau insulaire	p.11
1.4 Problématique et axes de recherche	p.12
2. Matériel et méthode	p.13
2.1 Le site d'étude	p.13
2.2 Description du matériel	p.13
2.3 Sélection des animaux	p.14
2.4 Organisation des données et traitement	p.14
2.5 Comparaison des localisations Argos et GPS	p.14
2.6 Déplacements horizontaux	p.15
2.7 Déplacements verticaux	p.15
2.8 Croisement données habitats et déplacements	p.16
3. Résultats et discussions	p.17
3.1 Etude comparative des localisations Argos et localisations GPS	p.17
3.2 Déplacements horizontaux	p.19
3.2.1 Analyse globale des traces	p.20
3.2.2 Etude des phases	p.20
3.2.3 Etude de la phase « résidence »	p.22
3.3 Déplacements verticaux	p.26
3.3.1 Analyse des profondeurs	p.26
3.3.1.1 Analyse de la fréquence des profondeurs pour 737	p.26
3.3.1.2 Analyse de la fréquence des profondeurs pour 738	p.28
3.3.1.3 Analyse de la proportion du temps passée par classe de profondeur pour 737	p.29
3.3.1.4 Analyse de la proportion du temps passée par classe de profondeur pour 738	p.30
3.3.2 Analyse des durées des plongées	p.31
3.3.2.1 Analyse des durées des plongées chez 737	p.31
3.3.2.2 Analyse des durées des plongées chez 738	p.32
3.4 Croisement de données	p.33
3.4.1 Croisement des données déplacements horizontaux et habitats	p.33
3.4.2 Croisement des données déplacements horizontaux et zones protégées	p.34
4. Conclusion et perspectives	p.35
Bibliographie	p.40
Listes des tables et figures	p.42
Annexes	p.43

1. Introduction

La tortue verte *Chelonia mydas* est la seule tortue marine herbivore. Son régime alimentaire est principalement basé sur les phanérogames marines et/ou les algues qui sont par nature de faible qualité énergétique et nutritive (Bjorndal, 1980 ; Bjorndal, 1982). Cela laisse suggérer que cette espèce passe une grande partie de son temps à consommer d'importantes quantités de nourriture sur des sites de relativement faible profondeur du fait des exigences écologiques des phanérogames marines. L'étude des tortues vertes en alimentation dans les eaux de la Guadeloupe revêt un caractère important pour plusieurs raisons :

- La phase d'alimentation des tortues marines est primordiale dans le cycle de vie. C'est une période où elles accumulent l'énergie nécessaire à leur croissance, puis à leur reproduction qui inclut la migration et les pontes. Cette phase est donc garante de la pérennité de l'espèce.
- Les herbiers utilisés par les tortues vertes sont parmi les écosystèmes les plus menacés par les pressions anthropiques, même si globalement ils sont aujourd'hui considérés en bonne santé en Guadeloupe (Bouchon & al., 2010). L'altération de ces habitats pourrait être un facteur limitant l'augmentation des populations de tortues vertes, mais également amoindrir les rôles écologiques qu'ils jouent.
- Les tortues marines sont protégées en Guadeloupe depuis 1991 et font l'objet d'un plan de restauration¹. L'objectif de ce plan est 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.
- La pêche côtière exploite les zones fréquentées par les tortues marines et notamment les herbiers pour la pêche du Lambi (*Strombus gigas*) avec des techniques problématiques pour les tortues marines comme le filet de fond du type trémail ou folle (Delcroix, 2003)

1.1 Bilan des connaissances sur la tortue verte *Chelonia mydas* dans la Caraïbe et en Guadeloupe

1.1.1 Éléments de présentation de la tortue verte

La tortue verte est l'une des cinq espèces de tortues marines présentes dans les eaux de l'archipel guadeloupéen (Delcroix & al., 2011). Les autres espèces présentes sont la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata*, la tortue luth *Dermochelys coriacea*, la tortue caouanne *Caretta caretta* et

¹ Le plan de restauration est un document stratégique national fixant les objectifs et les actions permettant la restauration d'espèces menacées ayant subi des chutes importantes d'effectifs.

la tortue olivâtre *Lepidochelys olivacea*. La tortue verte est la plus grosse des espèces de tortues marines à écailles, avec une longueur de carapace adulte entre 100-130cm et une masse corporelle de 130 à 250kg (Lescure, 2001). Juvénile, la tortue verte a une carapace marron bariolée orange, beige et gris. Adulte, la tortue verte présente une couleur brun olivâtre, la carapace est arrondie, la dossière est fortement bombée et la tête est petite avec un museau arrondi. C'est une espèce des mers tropicales, mais vivant aussi dans les eaux tempérées chaudes. Sa répartition est comprise entre 40°N et 40°S (Hirth, 1997).

Les tortues marines sont des vertébrés pulmonés. Les durées de plongée dépendent de l'activité mais également de la taille de l'animal. En période d'activité la tortue verte peut remonter 4-5 fois par heure et moins fréquemment en phase de repos (Van Dam & Diez, 1996 ; Ballorain & al., 2010). Un record de deux heures d'apnée a été enregistré chez une tortue verte (Gulko & Eckert, 2003).



Figure 1 : Tortue verte après sa ponte (F.Delcroix)



Figure 2 : Tortue verte immature (E.Delcroix)

1.1.2 Le cycle de vie de la tortue verte

Sortis du nid, les nouveau-nés tortues vertes regagnent la mer où ils passeront plusieurs années en zone pélagique jusqu'à atteindre la taille de 20-25cm (Bjorndal & Bolten, 1988). Ensuite elles rejoignent la côte où elles vont évoluer sur des zones peu profondes (< à 100m de profondeur), composées de phanérogames marines et/ou des algues jusqu'à l'âge adulte. Ces zones peuvent être des herbiers sous-marins, souvent en relation avec le récif corallien, des estuaires, des lagons ou mangroves (Bjorndal & Bolten, 1988 ; Bourjea & al., 2011). Sur l'archipel de Culebra (Puerto Rico), les récifs coralliens et les herbiers sont considérés comme les habitats de développement des tortues vertes (Carr, 1977). Différentes études mettent en exergue la fidélité de la tortue verte à sa zone d'alimentation, même si ce comportement ne peut être généralisé à tous les individus (Boulon,

1984 ; Bjorndal & Bolten, 1988 ; Collazo & al., 1992). Les individus en alimentation sont issus de différentes zones de pontes (Lahanas & al., 1998) et la composition en individus sur une zone évolue au cours du temps comme l'a souligné une étude génétique sur une zone d'alimentation de tortue imbriquée à Puerto Rico (Velez-Zuazo, 2008). Il y aurait sur une zone d'alimentation des individus résidents, des individus présents pour un temps plus ou moins long et des individus de



Figure 3 : : Traces de 4 femelles tortues vertes après la ponte en Guadeloupe

passage.

Le groupe de tortues vertes femelles nidifiant en Guadeloupe est constitué d'individus, probablement issus d'un même stock génétique, qui viennent tous les 2-3 ans pour la ponte à partir de 25-30 ans (Hirth, 1997). En dehors de la saison de reproduction, ces individus sont sur des zones d'alimentation distantes de quelques centaines, voire milliers de kilomètres (Hirth, 1997). Le suivi télémétrique de quatre femelles vertes en Guadeloupe après la saison des pontes a permis d'identifier des zones d'alimentation distantes de 150 à 650 kilomètres, une fois arrivés sur ces zones, les

animaux y sont restés plusieurs mois et ceci jusqu'à l'arrêt des transmissions (Delcroix & al., 2007).

1.1.3 Répartition et effectif des tortues vertes en Guadeloupe

En Guadeloupe, la tortue verte a une population en alimentation, présente tout au long de l'année, et une population nidifiante présente en saison des pontes (Delcroix & al., 2011).

Dans l'Atlantique ouest, les principaux sites de pontes sont Tortugero au Costa Rica avec plus de 50 000 pontes par an, le Surinam, Ascension, Aves et la Floride avec un nombre de pontes compris entre 1000 et 10 000 (SWOT Report, 2011). Depuis 2008 en Guadeloupe, ce sont entre 200 et 800 pontes qui sont dénombrées chaque année (Delcroix & al., 2011). La Guadeloupe est un site de pontes important pour cette espèce dans l'est de la Caraïbe.

Les principaux sites de pontes en Guadeloupe sont l'est de Marie-Galante et Petite Terre. L'étude des tendances de la population nidifiante n'a pas encore été menée, toutefois après 13 ans de suivis sur Marie-Galante les acteurs s'accordent à dire que le nombre de pontes a augmenté ces dernières années (Delcroix & al., 2011).

Les effectifs de la population en alimentation ne sont pas évalués en Guadeloupe, toutefois l'expérience tend à montrer que cette espèce est très présente dans les herbiers de Côte Sous Le

Vent, avec notamment la zone de Malendure qui abrite plusieurs dizaines d'individus (Sagnimorte, L., comm.pers.), sur le plateau entre le sud de la Grande-Terre, la Désirade et Petite Terre et dans le lagon de Petite Terre (Beaufort, O., comm.pers.). La tortue verte n'étant que faiblement concernée par le suivi INA Scuba², contrairement à la tortue imbriquée, il est difficile d'établir une tendance pour cette espèce. Cependant, les acteurs s'accordent à dire que le nombre d'individus sur les sites d'alimentation connus serait également à la hausse.

1.1.4 Régime alimentaire

Bien qu'omnivore au cours des premiers stades de sa vie, la tortue verte adulte est considérée comme la seule tortue marine herbivore. Dans la Caraïbe, des études concluent que la *Thalassia testudinum* est la principale espèce consommée (Bjorndal, 1980 ; Bjorndal, 1982) et que les autres espèces de phanérogames, comme *Syringodium filiforme* sont consommées de façon moindre. L'étude de contenus stomacaux sur des tortues vertes retrouvées mortes en Guadeloupe met en évidence que la *Thalassia testudinum* et la *Syringodium filiforme* sont les deux plantes consommées, mais que cette dernière est nettement plus présente dans les estomacs. L'arrivée récente de la phanérogame *Halophila stipulacea* qui se développe de manière importante (Bouchon, C., comm.pers.) est également consommée par les tortues vertes (Nautica Plongée, comm.pers.)

1.1.5 Bilan sur des études comportementales

Les tortues en alimentation font l'objet de différents suivis et études dans le monde et en Caraïbes (exemples : La Barbade, Les Bahamas, Antilles néerlandaises). Ces études sont menées à l'aide d'outils comme le suivi par transect, la capture-marquage-recapture, la génétique ou de dispositifs tels que des enregistreurs de plongées, des GPS avec ou sans transmission Argos.

Plusieurs études mettent en évidence différents types de plongée associés à une activité spécifique. Deux phases d'activités ont été décrites, la phase active d'alimentation et la phase de repos. Ces différents types de plongée sont caractérisés par une durée et une profondeur (Van Dam & Diez, 1996 ; Ballorain & al., 2010), la phase d'alimentation est caractérisée par des plongées plus courtes qu'en phase de repos, mais la profondeur est indépendante de la phase.. La phase d'alimentation se déroule principalement en journée, même si celle-ci peut être interrompue et la phase de repos se déroule principalement la nuit (Van Dam & Diez, 1996 ; Ballorain & al., 2010). Des observations

² Le protocole INA Scuba est mis en œuvre depuis 2002. Il permet de dénombrer pour chaque plongée le nombre de tortue observée.

ponctuelles réalisées en Guadeloupe, permettent de mettre en évidence qu'au moins une partie de la nuit est consacrée au repos chez les tortues vertes. Ces dernières peuvent aussi bien se reposer sur des fonds sableux qu'à proximité ou sur le récif. En fonction de la phase d'activité de la tortue, celle-ci peut être amenée à utiliser différents habitats. A Mayotte, les tortues vertes s'alimentent sur les herbiers et se reposent sur des zones coralliennes et rocheuses. Un suivi mené en Côte Sous Le Vent met en évidence l'utilisation par des tortues de la zone corallienne pour la phase de repos et de l'herbier pour la phase d'alimentation (Rinaldi & al., 2011). Une étude menée à Petite Terre met en évidence l'utilisation de zones différentes en fonction de la période de la journée (Beaufort, O., comm.pers). En Guadeloupe, l'herbier constitue donc l'habitat principal pour l'alimentation de la tortue verte adulte.

1.2 Les herbiers : un habitat important

1.2.1 Bilan des connaissances des herbiers à phanérogames marines

L'herbier à phanérogames marines est l'un des trois principaux écosystèmes marins tropicaux. C'est un écosystème littoral, sa répartition va de la surface à 85m de profondeur et en Guadeloupe les sept espèces présentes se succèdent en fonction de la profondeur. Les données actuelles permettent d'évaluer la surface des herbiers guadeloupéens à 102 km² dont 64% sont composés soit uniquement de l'espèce *Thalassia testudinum*, soit dominés par cette espèce (Vaslet & al., 2013) . La majorité des herbiers est composée de *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* et se situe entre la surface et 30-35m de fond (Bouchon & al., 2002). Le Grand Cul-de-Sac marin abrite 49% de la surface totale des herbiers de l'archipel guadeloupéen et la Côte Sous le Vent 14% (Chauvaud & al., 2001 ; Chauvaud, 2005). Les autres secteurs de l'archipel abritent également quelques herbiers de taille plus réduite.

Les conclusions de différentes études concordent à dire qu'en Guadeloupe, les herbiers de phanérogames sont en bonne santé, même si sur certains secteurs des envasements et des macroalgues sont notés. Cependant, cet écosystème est considéré comme l'un des plus menacés par l'action de l'homme (pollution, urbanisation, eutrophisation, destruction, lessivage des sols, pêche,...) (Bouchon & al., 2010).

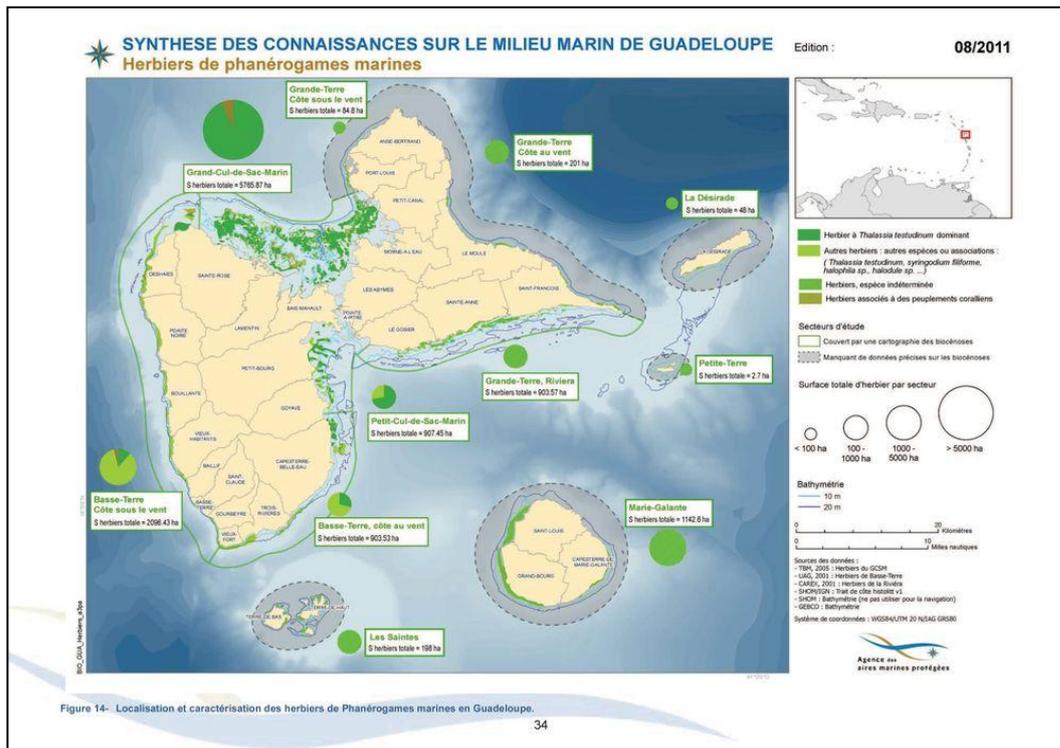


Figure 4 Carte des herbiers (Vaslet & al., 2013)

1.2.2 Rôle écologique de l'herbier

Les herbiers jouent un rôle essentiel de stabilisateur dans la dynamique des sédiments jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur. Les herbiers à *Thalassia testudinum* ont également un impact écologique considérable. Ils constituent un abri et une source de nourriture pour les juvéniles de nombreuses espèces d'invertébrés et de poissons qui vivent à l'état adulte dans d'autres habitats et tout particulièrement, dans les récifs coralliens. Des espèces à forte valeur commerciale et culturelle évoluent dans les herbiers comme le lambi et l'oursin blanc (*Tripneustes ventricosus*).

Les herbiers constituent la source de nourriture principale pour la tortue verte et le lamantin (*Trichechus manatus*), disparu des eaux de Guadeloupe au milieu du siècle dernier.

1.3 Le plateau insulaire : une zone exploitée par la pêche côtière en Guadeloupe et partiellement protégée

1.3.1 Interaction pêche et tortue marine

Le plateau insulaire est une zone très exploitée par la pêche maritime professionnelle, avec 93% des 878 navires de marins-pêcheurs professionnels pratiquant la pêche côtière et 51% la pratiquant pour

75% de leur temps (Vaslet & al., 2013). L'exploitation de la ressource se fait à l'aide d'engins et de techniques variés dont certains sont peu ou pas sélectifs. Les principaux engins utilisés sont le casier et les filets de fond qui peuvent être des filets droits, des folles ou des trémails. Les engins et techniques les plus problématiques³ pour les tortues marines sont le trémail à langoustes, la folle à lambis et le trémail à poissons (Delcroix, 2003). Le trémail à langoustes et la folle à lambis sont utilisés avec des temps de calée très élevés⁴, entre 12h et 72h, ne laissant aucune chance à une tortue capturée d'être remontée vivante. De plus, la pêche au lambi s'exerce sur et à proximité des herbiers exploités par des tortues vertes. La pêche au trémail à langoustes et la pêche aux lambis sont importantes en Côte Sous Le Vent entre Bouillante et Basse-Terre, dans le Grand Cul-de-Sac Marin, autour de Marie-Galante et dans la zone comprise entre Saint-François, la Désirade et Petite Terre (Annexe 1).

Depuis 2004, un suivi des tortues marines échouées sur la région Guadeloupe a recensé 291 cas d'échouages de tortues marines entre 2004 et 2007 (Delcroix, 2008). L'estimation globale du nombre d'échouages est comprise entre 800 et 1200 par an. Lorsque la cause a pu être déterminée⁵ (n = 148), dans 91% des cas la cause d'échouage est liée aux captures accidentelles. L'espèce de tortue marine la plus touchée est la tortue imbriquée (68%), puis la tortue verte (26%). Les secteurs les plus concernés par les captures accidentelles sont la zone comprise entre Saint-François, la Désirade et Petite Terre, la Côte Sous le Vent et le Grand Cul-de-Sac Marin.

1.3.2 Les zones de non-pêche sur le plateau insulaire

En Guadeloupe, il existe différentes zones maritimes gérées ou protégées qui permettent la limitation ou l'interdiction d'engins problématiques. Ces zones sont la réserve naturelle de Petite Terre (8,5km²), le cœur de parc en Côte Sous le Vent (9,8km² au large de la commune de Bouillante à Pointe-Noire), les cœurs de parc du Grand Cul-de-Sac Marin (21.15km² en six zones) et la zone d'interdiction totale de pêche par rapport à la pollution au chlordécone (37km² au large des communes de Goyave à Vieux-Fort dans la bande des 20m de profondeur). Il y a un total de 76.45km² où la pêche est interdite, ce qui représente environ 5% de la surface du plateau insulaire (superficie du plateau insulaire estimée à 1480km² jusqu'à l'isobathe 100m).

³ Occasionnant un taux de capture accidentelle élevé et un taux de mortalité élevé.

⁴ Arrêté pêche règlemente le temps de calée à 5h pour le trémail et ne prévoit pas de temps de calée maximum pour le filet droit et folle.

⁵ La cause de mortalité peut être déterminée si l'animal n'est pas trop décomposé et si une nécropsie est réalisée.

1.4 Problématique et axes de recherche

Ce bilan montre un déficit de connaissances de la tortue verte en alimentation en Guadeloupe, même si des études menées sur d'autres territoires permettent d'émettre des hypothèses quant à leur écologie. Le manque de connaissances porte aussi bien sur la répartition et l'abondance, sur l'utilisation de l'espace et sur le comportement de plongée. Les secteurs et habitats utilisés par la tortue verte revêtent un rôle important d'un point de vue écologique, mais sont également soumis à une pression de pêche importante avec des engins et techniques problématiques pour les tortues marines et leur milieu.

La connaissance scientifique sur les tortues vertes en alimentation est primordiale pour le plan de restauration qui doit être force de proposition en termes de mesures de gestion et de conservation sur les facteurs impactant les tortues marines.

L'étude présentée dans ce rapport se veut être une étude préliminaire permettant de définir à terme un protocole d'étude plus complet et plus large. C'est une phase de test qui permettra de tester du matériel et d'évaluer l'apport en termes d'acquisition de données.

La problématique de cette étude est définie de la façon suivante :

L'utilisation de balise du type Fastloc GPS munie de capteurs de profondeur et de température avec transmission Argos permet-elle d'apporter des éléments de connaissances pour la compréhension concernant l'exploitation du milieu par les tortues vertes en alimentation ?

Différentes hypothèses de travail sont émises sur la base d'études menées sur différents territoires :

- Hypothèse 1 : Les données GPS sont plus précises que les données Argos pour l'étude des localisations
- Hypothèse 2 : La tortue verte passe une grande partie de son temps dans les herbiers de phanérogames marines
- Hypothèse 3 : La tortue verte a une zone d'alimentation bien délimitée à laquelle elle est fidèle
- Hypothèse 4 : La tortue verte a un comportement différent entre le jour et la nuit

2. Matériel et méthode

2.1 Le site d'étude



Figure 5 : Localisation de la zone d'étude

Le site d'étude choisi est la zone d'alimentation localisée au large de Malendure, commune de Bouillante. Ce site, même s'il n'est pas étudié par ailleurs, comporte plusieurs avantages : (1) de nombreuses tortues vertes se nourrissent à de faibles profondeurs et certaines se laissent approcher ; (2) quelques tortues vertes sont régulièrement observées de nuit en repos sur l'épave le Franjack à une profondeur de 24m ; (3) une zone de non pêche, le cœur de parc national, est sur cette zone et (4) la pêche au trémail de fond est relativement importante.

2.2 Description du matériel

Le choix de la balise s'est porté sur le modèle SPLASH10-F-297A (annexe 2) fabriqué par Wildlife Computer. 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 toutes les données ne peuvent pas être transmises pour plusieurs raisons : (1) transmissions Argos trop courtes ne permettant pas d'envoyer toutes les données ; (2) la bande passante d'Argos est limitée ; (3) les données transmises sont 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

Indice	Précision de la localisation
3	<150 m
2	150-350 m
1	350-1000 m
0	>1000 m
A	Pas d'estimation de la précision
B	Pas d'estimation de la précision
Z	Localisation non valide

Tableau 1 : Précision des localisations Argos

capteurs. La recapture d'un animal étant jugée trop difficile, le choix du matériel s'est orienté vers une balise avec une transmission Argos. Le matériel permet d'obtenir également des localisations issues du système Argos, dont la précision de la localisation est variable comme l'illustre le tableau 2, à chaque

fois que la balise émerge et cela jusqu'à l'épuisement des batteries.

2.3 Sélection des animaux

Il est admis que la masse de la balise ne doit pas excéder 3% de la masse de l'animal. La balise a une masse de 165g, la tortue devra donc faire au minimum 5500g. Par précaution, la sélection se portera sur un animal de 10kg, soit avec une longueur de carapace autour de 40cm. Les deux tortues vertes ont été capturées de nuit sur l'épave le Franjack (24m) par une équipe composée de 4 plongeurs. Les tortues ont été capturées à la main, puis remontées jusqu'à un bateau en bloquant les nageoires.

ID Balise	Date de capture	Date de relâcher	Sexe	CCL (cm)	CCW (cm)	Masse (kg)	Lieu de capture	Latitude	Longitude	Bagues	Nom affectif
737	15/11/10 19 :30	16/11/10 01 :00	Immature	76.5	70.5	51.5	Franjack	16.1653	61.7828	FWI5224/ FWI5440	FOOD
738	15/11/10 21 :30	16/11/10 01 :00	Immature	74.5	72	48	Franjack	16.1653	61.7828	FWI5437/ FWI5435	OOF

Tableau 2: Données relatives aux tortues vertes équipées de balises

2.4 Organisation des données et traitement

Les données récupérées via le site de Argos sont organisées au sein d'un tableur Excel© et les tests statistiques réalisés par le logiciel XLStat©

2.5 Comparaison des localisations Argos et GPS

Deux types de localisations sont reçus, un par Argos et un par le GPS. Argos transmet dans un premier temps les informations, puis par effet doppler localise le lieu de transmission et le GPS calcul la localisation à bord de la balise. Le système de localisation Argos est de ce fait moins précis que le système GPS. Pour comparer les localisations obtenues par Argos et GPS les données ont été triées afin d'extraire des données Argos et GPS proches dans le temps. En effet, les transmissions ARGOS et les données GPS n'ont jamais lieu à la même heure. Les localisations se succèdent dans le temps à intervalle plus ou moins long. Les intervalles, en minutes, choisis sont : [0 ;10[, [0 ;30[et [0 ;60[entre une localisation GPS et une localisation Argos.

La différence entre les deux localisations a été calculée. A l'aide d'un test T la différence entre la localisation Argos et GPS est testée afin de savoir si elle est égale ou différente de zéro.

Les données des deux tortues sont assemblées afin d'avoir un jeu de données plus grand à tester.

Si la différence entre les localisations Argos et GPS dans l'intervalle [0 ;10[est significative, les tests avec les autres intervalles ne seront pas réalisés, car les intervalles plus longs induisent un biais plus important.

2.6 Déplacements horizontaux

Paramétrage du GPS : Le GPS, précis à ~ 5 mètres près, consomme beaucoup d'énergie, son paramétrage doit être optimisé pour avoir suffisamment de points dans le temps. Le GPS a été programmé pour acquérir au maximum 12 localisations par jour à 1 heure minimum d'intervalle. Le GPS est paramétré pour acquérir des données tous les jours de novembre et décembre, puis 1 jour sur 2 en janvier et février, puis 1 jour sur 4 entre mars en juin.

Les localisations GPS sont cartographiées grâce au logiciel Google Earth© et MapInfo©, notamment pour les analyses thématiques. Le calcul de la distance totale parcourue se réalise en additionnant la somme des distances calculées entre deux localisations. La distance calculée est une longueur droite, elle est minimum et ne tient pas compte des éventuelles circonvolutions du trajet.

Afin de discriminer d'éventuelles phases dans les trajectoires horizontales réalisées par les tortues marines plusieurs critères vont être analysés. Il s'agit de la distance par rapport au point de départ, de la vitesse et de la distance parcourue.

Etude de phases similaires et comparaison

Pour chaque tortue une analyse de la phase 3, la seule commune aux deux tortues, dite phase de résidence sera faite en comparant le comportement entre le jour et la nuit, distance et vitesse. La nuit est entre 18h00 et 6h00 et le jour entre 6h00 et 18h00. Les données qui pourront être utilisées dans le cadre de cette analyse sont les demi-journées (jour ou nuit) pour lesquelles il y a au minimum deux localisations.

Une comparaison sera faite entre les balises 737 et 738 sur les paramètres de distance et de vitesse.

Une analyse spatiale sera menée en étudiant les localisations jour et nuit. Les moyennes de latitude et de longitude seront testées de manière dissociée.

Le test T sera utilisé, avec un seuil de significativité $\alpha = 0,05$, dans l'analyse comparative individuelles des différents paramètres entre le jour et la nuit et entre les individus pour l'étude des déplacements horizontaux.

2.7 Déplacements verticaux

La plongée est définie à partir de 0,5m de la surface (afin d'éviter les perturbations de surface). Les données sont collectées par classe de profondeurs qui correspond à la répartition des phanérogames

marines, au-delà de 30-35m la seule phanérogame présente est *Halophila* qui ne semble pas être consommée par les tortues vertes (Bjorndal, 1980 ; Bjorndal, 1982).

Les classes de profondeurs sont :

[0.5m ; 3m[; [3m ;5m[; [5m ;10m[; [10m ;15m[; [15m ;20m[; [20m ;25m[; [25m ;30m[; [30m ;35m[; [35m ;40m[; [40m ;50m[; [50m ;60m[et ≥ 60 m. Une donnée profondeur est récoltée toutes les secondes jusqu'à épuisement de la batterie de la balise. Les données collectées par le système Argos sont : (1) le nombre d'enregistrements par classe de profondeurs ; (2) la durée des plongées et (3) la proportion de temps passée par classe de profondeur.

Le test T, avec un seuil de significativité $\alpha = 0,05$, sera utilisé dans l'analyse comparative jour et nuit des différentes données.

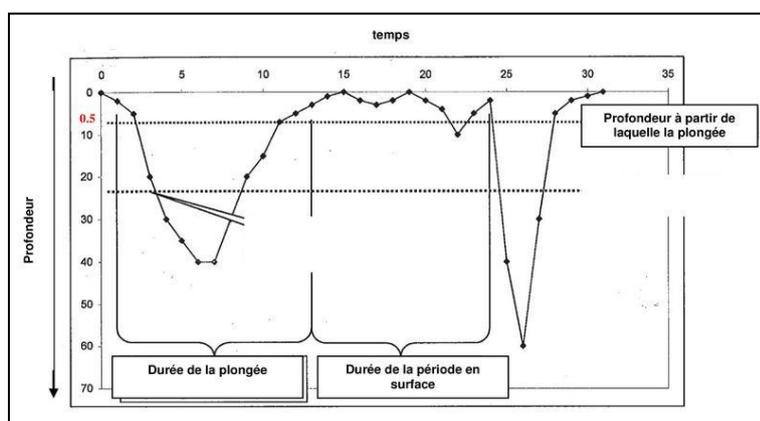


Figure 6 : Schématisation de la plongée et des paramètres de plongée utilisés dans cette étude (adapté de : Wildlife Computer)

2.8 Croisement données habitats et déplacements

Les données habitats sont issues d'une couche cartographique produite par la DEAL Guadeloupe et qui est la synthèse de différentes études de cartographies (Chauvaud, 1997 ; Chauvaud & al., 2001 ; Boutry, 2001 ; Chauvaud, 2005). Il est à noter que les données habitats sont issues de protocoles différents, de maillages différents et d'années différentes. Ces différences apportent un biais important quant à la précision des données, cela étant la carte produite par la DEAL est la seule qui englobe la zone d'étude. Les données bathymétriques et espaces protégés sont issus de l'outil cartelie⁶ mis à disposition par la DEAL Guadeloupe.

⁶ http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=SIG_LITTORAL_ET_MER&service=DEAL_Guadeloupe

3. Résultats et discussions

3.1 Etude comparative des localisations Argos et localisations GPS

ID Tortue	Localisations Argos								Localisations GPS			Nombre total de localisations	
	Total loc.	3	2	1	0	A	B	Date de début	Date de Fin	Total loc.	Date de début		Date de Fin
737	536	1	10	12	12	134	377	16/11/10	28/03/11	179	16/11/10	22/03/11	715
738	686	0	2	8	40	135	501	16/11/10	28/06/11	296	16/11/10	06/03/11	982

Tableau 3 : Présentation des données de localisations Argos et GPS

Le nombre de localisations Argos est 2.6 fois supérieur à celui des localisations GPS pour les deux tortues. Au regard du paramétrage du GPS et de la durée des transmissions, chaque balise aurait pu acquérir au maximum 984 localisations GPS. Il y a eu respectivement 18% et 30% de localisations GPS récupérées par rapport au nombre maximum théorique qu'auraient pu récolter les GPS. Cette perte importante du nombre de localisations GPS peut être liée à deux facteurs : (1) le GPS n'arrive pas à faire facilement une mesure lorsque la tortue respire en surface et nécessite du temps ; (2) les données récoltées par le GPS ne sont transmises que partiellement par le système Argos.

Cette différence peut s'expliquer par le fait que les localisations Argos peuvent être produites à chaque fois que la tortue remonte à la surface jusqu'à l'épuisement des batteries, alors que le GPS a été programmé pour récolter un maximum de données par jour et par mois.

Il y a des localisations Argos sur une plus grande durée pour les deux tortues : 6 jours en plus pour la tortue 737 et 114 jours en plus pour la tortue 738. Si les localisations Argos ne sont significativement différentes des localisations GPS, il sera possible de travailler avec plus de données et de prolonger la durée du suivi GPS.

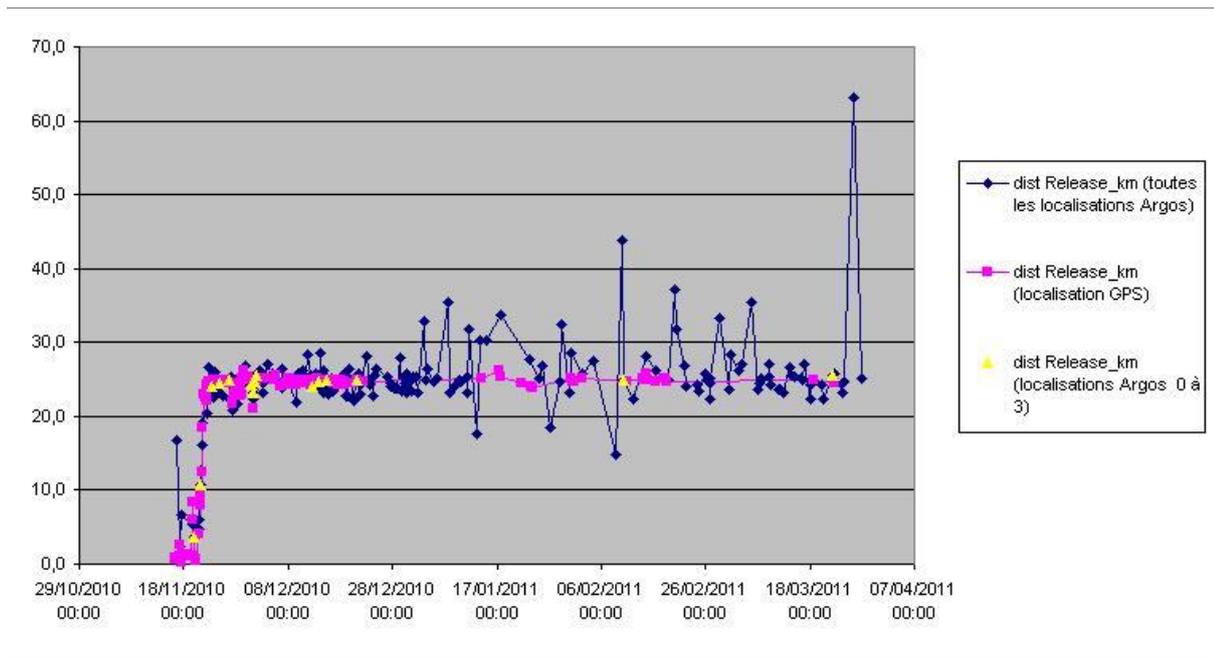


Figure 7 : Distance par rapport au point de remise à l'eau en fonction des différentes localisations (ID 737). Période couverte par les deux types de localisation.

Le graphique illustre la dispersion des points Argos par rapport aux points GPS qui traduit la moins grande précision des localisations ARGOS. Les positions Argos dont l'indice de précision est compris entre 0 et 3 (n=15) sont proches des localisations GPS. Lorsque les conditions de communication satellite sont optimales, il est possible d'obtenir des points de bonne qualité. Ces conditions optimales sont rares.

Test de la précision entre les localisations Argos et les localisations GPS

Il y a 33 localisations communes (toutes classes de précision) pour l'intervalle [0 ;10 min[, 106 pour l'intervalle [0 ;30 min[et 221 localisations pour l'intervalle [0 ;60 min[

Test t pour un échantillon / Test bilatéral :	
Intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne :] 7,049; 19,731 [
Différence	13,390
t (Valeur observée)	4,301
t (Valeur critique)	2,037
DDL	32
p-value (bilatérale)	0,000
alpha	0,05

Tableau 4 : Résultats du test de comparaison des localisations Argos et GPS

Les hypothèses du test sont les suivantes :

- H0 : il n'y a pas de différence significative entre les positions ARGOS et GPS, alors la moyenne des distances entre les localisations Argos et GPS n'est pas différente de 0.
- H1 : la moyenne des différences entre la

localisation Argos et GPS est différente de zéro.

La moyenne des distances entre les localisations Argos et GPS ($13,4 \pm 17,9$ km) est significativement différente de zéro ($\alpha=0,05$).

Il n'est donc pas possible de combiner les localisations Argos aux localisations GPS pour augmenter le nombre de localisations et la durée du suivi pour chacune des tortues sur l'ensemble de l'étude.

La suite du travail est donc réalisée en prenant en compte les données GPS exclusivement.

3.2 Déplacements horizontaux



Figure 8 : Traces de 737 (rouge) et 738 (jaune) (Localisations GPS)

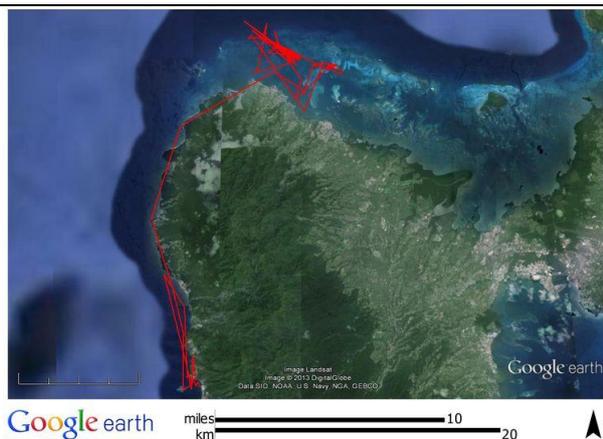


Figure 9 : Trace de 737 (Localisations GPS)

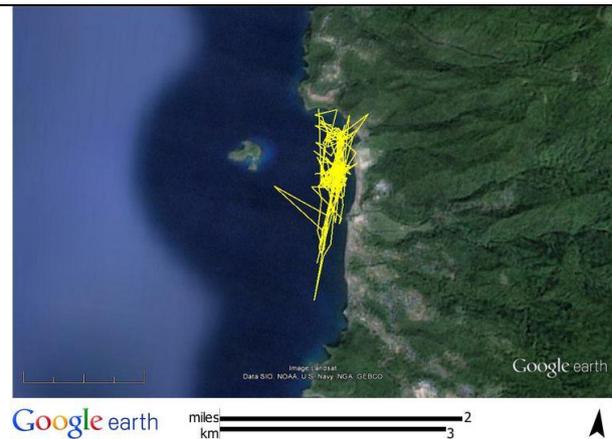


Figure 10 : Trace de 738 (Localisations GPS)

3.2.1 Analyse globale des traces

Tableau 5: Paramètres descriptifs des suivis GPS

	Nbre loc GPS	Durée du suivi GPS (j)	Distance totale parcourue (km)	Distance moyenne par jour (km)	Vitesse moyenne (km/h)	Rayon maximal (km)
737	180	127	172.59	1,359	0.20±0.25	26,28
738	296	110	63.82	0,580	0.07±0.08	1,6

La 737 a parcouru 2,3 fois plus de distance par jour que la 738, en explorant une zone éloignée de 26,3 km par rapport au point de départ alors que la 738 est restée dans un rayon de moins de 2 km.

3.2.2 Etude des phases

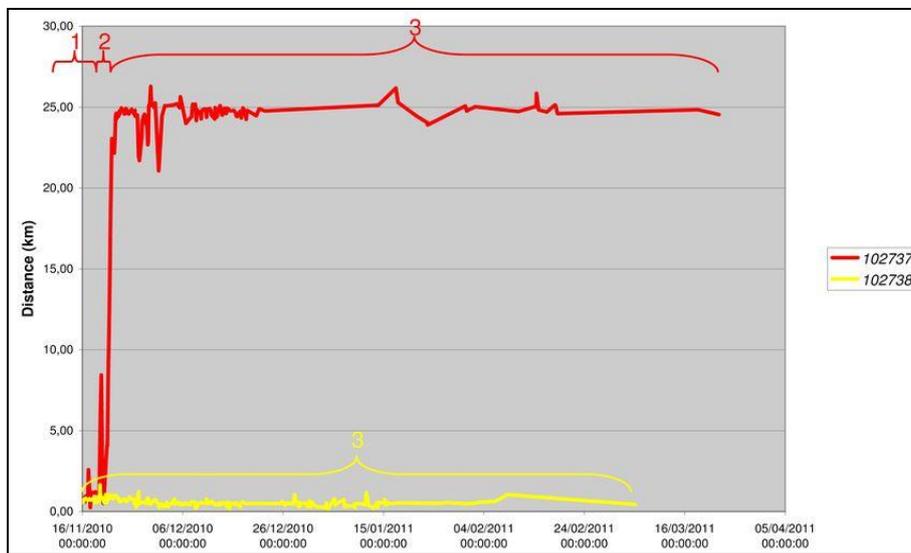


Figure 11: Suivi de la distance des deux tortues vertes depuis la zone de lâcher

Au cours des 5 premiers jours de suivi (du 16/11 au 21/11 à 5 :00) la tortue 737 est restée proche de son point de départ avec toutefois deux localisations relativement distantes (8.4km et 6.0km). Cet éloignement par rapport au point de départ peut s'expliquer par différentes hypothèses : (1) La tortue utilise une zone étendue pour se nourrir, (2) la tortue est en recherche d'une nouvelle zone d'alimentation après avoir séjourné sur la zone d'alimentation de capture ou (3) la tortue est en période de recherche d'une nouvelle zone d'alimentation après avoir séjourné sur la zone d'alimentation distante de son point de capture. L'hypothèse du dérangement par la manipulation est écartée car la tortue séjourne pendant plus de 4 jours sur sa zone de capture avant de la quitter définitivement. **Ces 5 premiers jours constituent une première phase qui sera dénommée « phase 1 ».**

Un déplacement est observé jusqu'au 21/11 à 15 :00, soit pendant 0.74 jour. La distance parcourue est de 22,6 km. **Ce déplacement rapide constitue la « phase 2 ».**

De la fin du déplacement à l'arrêt des transmissions la tortue est restée sur une zone plus restreinte distante de 22-25 km du point de départ en Nord Basse-Terre. **Ces 121,34 jours constituent une troisième phase et sera nommée « phase 3 » et « phase de résidence ».**

Les trajectoires prises par la tortue 738 ne présentent pas de telles phases de sorte que le suivi de 110 sera considéré comme une « phase de résidence ».

Tableau 6 : Paramètres descriptifs des phases de déplacement

	Phase 1			Phase 2			Phase de résidence		
	Distance parcourue (km)	Durée de la phase (j)	Vitesse moyenne (km/h)	Distance parcourue (km)	Durée de la phase (j)	Vitesse moyenne (km/h)	Distance parcourue (km)	Durée de la phase (j)	Vitesse moyenne (km/h)
737	27.68	4.73	0.23±0.29	22.61	0.74	0.76±0.41	122.26	121.34	0.17±0.20
738							63.82	110.13	0.07±0.08

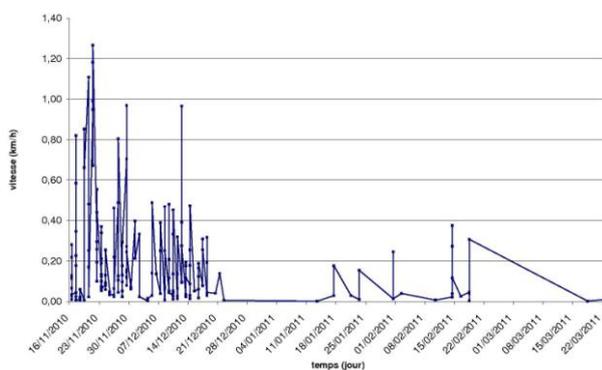


Figure 12 : vitesse de la tortue 737 au cours du temps

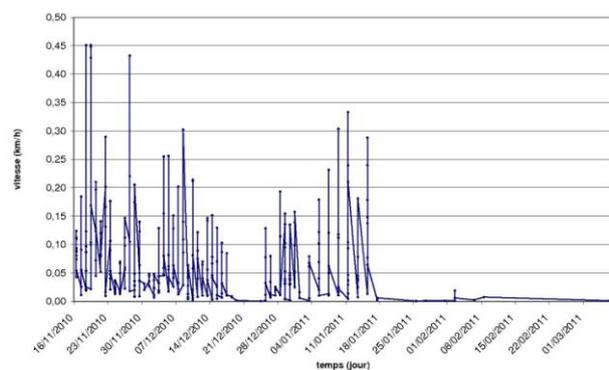


Figure 13 : vitesse de la tortue 738 au cours du temps

La tortue 737 a une vitesse moyenne de 0.20km/h (ET = 0.25) avec un maximum calculé à 1.27km/h et un minimum calculé à 0km/h. La vitesse entre deux localisations est très variable. Le maximum est enregistré en phase 2, c'est-à-dire au cours du déplacement.

La tortue 738 a une vitesse moyenne de 0.07km/h (ET = 0.08) avec un maximum calculé à 0.45km/h et un minimum calculé à 0km/h. La vitesse entre deux localisations est très variable.

Le calcul de la vitesse reste indicatif car il est soumis à un biais important. La distance entre deux localisations ne tient pas compte du trajet réel. De plus, plus le temps entre deux localisations est long plus la vitesse a des chances d'être faible car la tortue évolue sur une faible surface.

En phase de déplacement, la tortue se déplace plus vite qu'en phase de résidence. Les tortues en phase de résidence se déplacent peu.

3.2.3 Etude de la phase « résidente »

La phase 3 va faire l'objet d'une analyse individuelle pour chaque tortue avec notamment une étude comparative entre le jour et la nuit, puis une étude comparative entre les phases résidentes des deux tortues.

Tableau 7 : Statistiques descriptives sur la phase 3 – Approche jour/nuit

	Nombre de localisations GPS Jour	Nombre de localisations GPS Nuit	Nombre de jours exploitables ⁷	Nombre de nuits exploitables ⁸	Jour		Nuit		Comparaison jour versus nuit	
					Distance parcourue moyenne par jour ⁹ (km)	Vitesse moyenne par jour (km/h)	Distance parcourue moyenne par nuit (km)	Vitesse moyenne par jour (km/h)	Moyenne des distances parcourues test T alpha = 0,05	Moyenne des vitesses test T alpha = 0,05
737	88	56	24	16	1.432 ± 0.771	0.230 ± 0.165	0.687 ± 0.991	0.099 ± 0.112	Test unilatéral à gauche. T = -2.669 ; P = 0.006	Test unilatéral à gauche. T = -2.780 ; P = 0.004
738	171	125	42	35	0.432 ± 0.365	0.072 ± 0.061	0.416 ± 0.416	0.079 ± 0.063	Test bilatéral T = -0.186 ; P = 0.853	Test bilatéral T = -0.471 ; P = 0.639
<i>Comparaison 737 versus 738</i>	Test T alpha = 0.05				Test unilatéral à droite T = 7.144 ; P < 0.0001	Test unilatéral à droite T = 5.613 ; P < 0.0001	Test bilatéral T = 1.388 ; P = 0.171	Test bilatéral T = 0.835 ; P = 0.408	X	

Pour la 737 en phase résidente il y a 88 localisations de jour (61,1%) et 56 localisations de nuit (38,9%), pour 738 en phase résidente il y a 171 localisations de jour (57,8%) et 125 localisations nuits (42,2%). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la tortue remonte moins à la surface la nuit que le jour.

⁷ ie deux localisations le même jour ou la même nuit

⁸ ie deux localisations le même jour ou la même nuit

⁹ Sur la base des jours exploitables

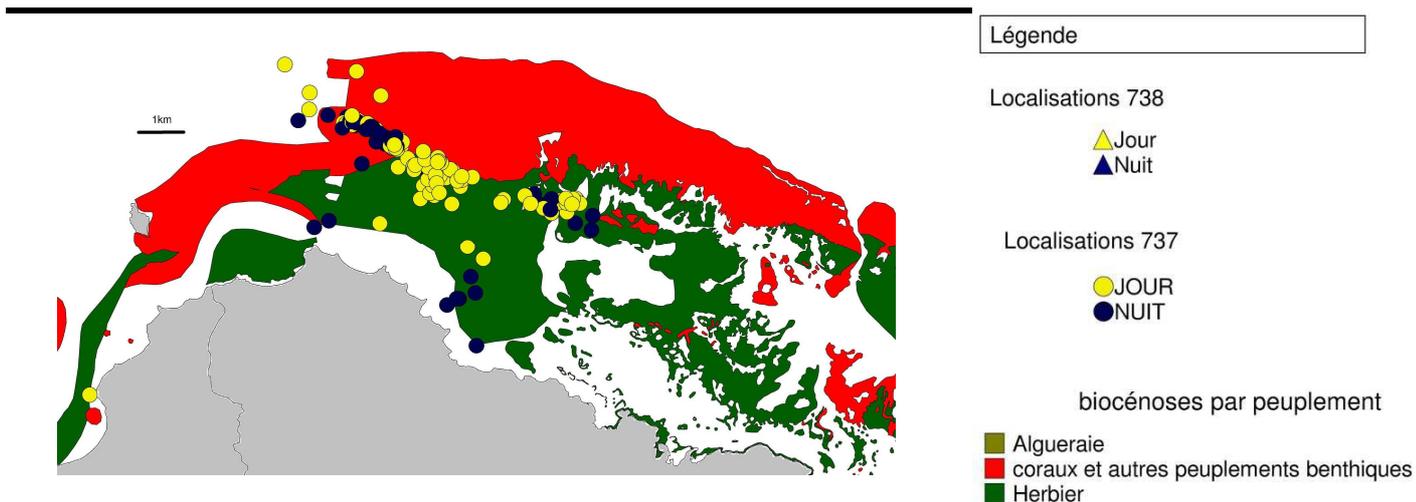
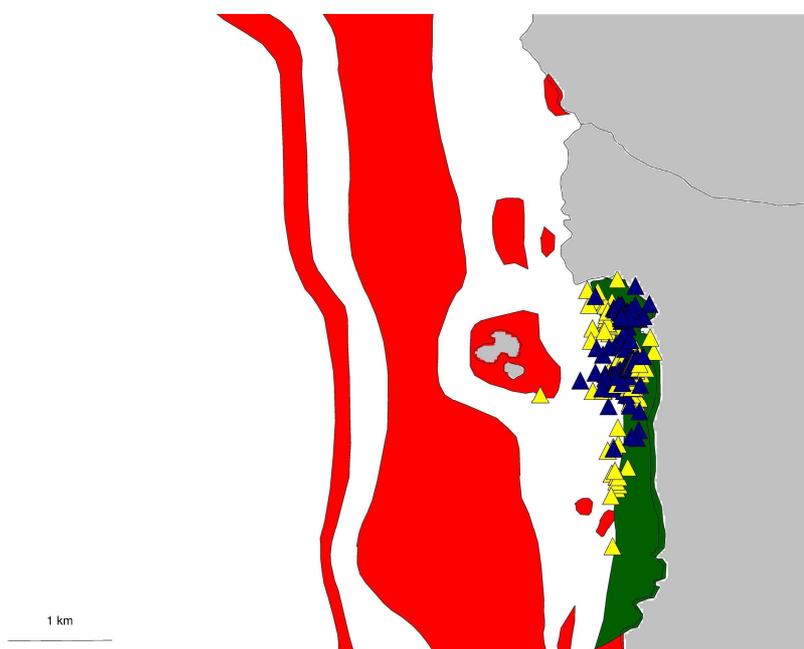


Figure 14 : Localisations de la tortue 737 Phase 3



Conception : ONCFS 2013
Sources : DEAL Guadeloupe sur la base de Chauvaud, 1997 ; Chauvaud & al., 2001 ; Boutry, 2001 ; Chauvaud, 2005

Figure 15 : Localisations de la tortue 738 phase 3

Analyse des distances moyennes parcourues et des vitesses pour 737:

La moyenne des distances parcourues le jour, 1.432 ± 0.771 km, est significativement supérieure à la moyenne des distances parcourues la nuit, 0.687 ± 0.991 km (Test t ; $T = -2.669$; $P = 0.006$).

La moyenne des vitesses le jour, 0.23 ± 0.165 km/h, est significativement supérieure à la moyenne des vitesses la nuit, 0.099 ± 0.112 km/h (Test t, $T = -2.780$; $P = 0.004$)

Analyse des distances moyennes parcourues et des vitesses pour 738:

La moyenne des distances parcourues le jour, 0.432 ± 0.635 km, n'est pas significativement différente à la moyenne des distances parcourues la nuit, 0.416 ± 0.416 km (Test t ; $T = -0.186$; $P = 0.853$).

La moyenne des vitesses le jour, 0.072 ± 0.061 km/h, n'est pas significativement différente de la moyennes des vitesses la nuit, 0.079 ± 0.063 km/h (Test t ; T = 0.471 ; P = 0.639)

Analyse comparative des déplacements horizontaux entre 737 et 738 le jour

La moyenne des distances parcourues le jour par 737, 1.432 ± 0.771 km, est significativement supérieure à la moyenne des distances parcourues le jour par 738, 0.432 ± 0.365 km (test t ; T=7.144 ; P < 0.0001).

La moyenne des vitesses le jour de 737, 0.230 ± 0.165 km/h, est significativement supérieure à la moyenne des vitesses de jour de 738, 0.072 ± 0.061 km/h (test t ; T=5.613 ; P < 0.0001)

Analyse comparative des déplacements horizontaux entre 737 et 738 la nuit

La moyenne des distances parcourues la nuit par 737, 0.687 ± 0.991 km, n'est pas significativement différente de la moyenne des distances parcourues la nuit par 738, 0.416 ± 0.416 km (test t ; T=1.388 ; P = 0.171).

La moyenne des vitesses la nuit de 737, 0.099 ± 0.112 km/h, n'est pas significativement différente de la moyenne des vitesses la nuit de 738, 0.079 ± 0.063 km/h (test t ; T=0.835 ; P = 0.408).

Conclusion intermédiaire :

Le fait que des déplacements soient notés de nuit comme de jour chez les deux tortues signifient qu'elles sont actives la nuit et le jour.

La 737 a un comportement significativement différent entre le jour et la nuit. Elle est plus active le jour que la nuit, ce qui pourrait suggérer qu'elle se nourrit plus la journée et sur une grande surface et se repose plus la nuit.

La 738 a un comportement significativement similaire entre le jour et la nuit. Ce qui pourrait laisser suggérer qu'elle a des phases actives et de repos aussi bien le jour que la nuit.

De jour la 737 et la 738 ont un comportement différent, la 737 parcourt plus de distances et va plus vite que la 738. De nuit la 737 et la 738 ont un comportement similaire, cette similitude est liée au changement de comportement entre le jour et la nuit pour la 737.

Ce qui distingue 737 c'est une activité plus marquée le jour que la nuit, mais également une activité plus marquée que 738.

Analyse des localisations

	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 T alpha = 0,05
737	16.378 ± 0.007	-61.718 ± 0.014	16.377 ± 0.012	-61.723 ± 0.016	Test bilatéral T = 0.333 ; P = 0.740	Test bilatéral T = 1.888 ; P = 0.061
738	16.166 ± 0.004	-61.779 ± 0.001	16.168 ± 0.003	-61.779 ± 0.001	Test unilatéral à gauche T = -3.951 ; P < 0.0001	Test bilatéral T = -0.867 ; P = 0.386

Tableau 8: Statistique descriptives des localisations phase 3 – approche jour/nuit

Analyse des localisations de la 737

La figure 14 illustre les localisations jour et nuit de la 737.

La moyenne des latitudes de jour, $16.378 \pm 0.007^\circ$, n'est pas significativement différente à la moyenne des latitudes de nuit, $16.377 \pm 0.012^\circ$ (Test t ; T = 0.333 ; P = 0.740).

La moyenne des longitudes de jour, $-61.718 \pm 0.014^\circ$, n'est pas significativement différente à moyenne des longitudes de nuit, $-61.723 \pm 0.016^\circ$ (test t ; T = 1.888 ; P = 0.061).

La tortue 737 n'a pas de localisations significativement différentes entre le jour et la nuit.

Analyse des localisations de la 738

La figure 15 illustre les localisations jour et nuit de la 738.

La moyenne des latitudes de jour, $16.166 \pm 0.004^\circ$, est significativement inférieure à la moyenne des latitudes de nuit, $16.168 \pm 0.003^\circ$ (test t ; T = 3.951 ; P < 0.0001).

La moyenne des longitudes de jour, $-61.779 \pm 0.001^\circ$, n'est pas significativement différent à la moyenne des longitudes de nuit est, $-61.779 \pm 0.001^\circ$ (test t ; T = -0.867 ; P = 0.386)

La tortue 738 a une localisation significativement différente entre le jour et la nuit. La moyenne des localisations de jour se situe plus au sud de 32m que la moyenne des localisations de nuit.

Conclusion intermédiaire

La tortue 738 utiliserait préférentiellement des zones de jour qui sont différentes des zones de nuits, même si ces zones restent relativement proches. Pour la tortue 737, il n'y a pas de différences significatives entre les zones utilisées de jour et de nuit. Cette analyse amène à penser que les tortues ont un comportement différent. Le changement de site entre le jour et la nuit pour la tortue 738 pourrait être lié à une activité différente entre le jour et la nuit

Analyse de la surface exploitée par les tortues

En phase résidence la 737 utilise une surface de 32.3 km² contre 1.6 km² pour la 738. Il y a une différence de plus de 20 fois entre les deux surfaces. L'utilisation d'un espace plus large avait été mise en évidence dans l'analyse des distances parcourues et des vitesses. Les hypothèses émises lors de l'analyse du comportement sont valables dans cette analyse des surfaces exploitées.

3.3 Déplacements verticaux

3.3.1 Analyse des profondeurs

	Nombre de données (plongées)	Profondeur Moyenne (m)	Nombre de données jour exploitables ¹⁰	Moyenne Profondeur Jour (m)	Nombre de données nuit exploitables	Moyenne Profondeur Nuit (m)
737	2847	7.49 ± 5.71	710	10,74± 4.74	991	9,76±6.09
738	4040	10.22 ± 5.25	946	10,78± 3.52	1012	11,31± 2.85

Tableau 9 : Statistiques descriptives des profondeurs utilisées par 737 et 738

3.3.1.1 Analyse de la fréquence des profondeurs pour 737

¹⁰ ie : lorsqu'il est possible de rattacher les données à un moment de la journée, soit le jour, soit la nuit.

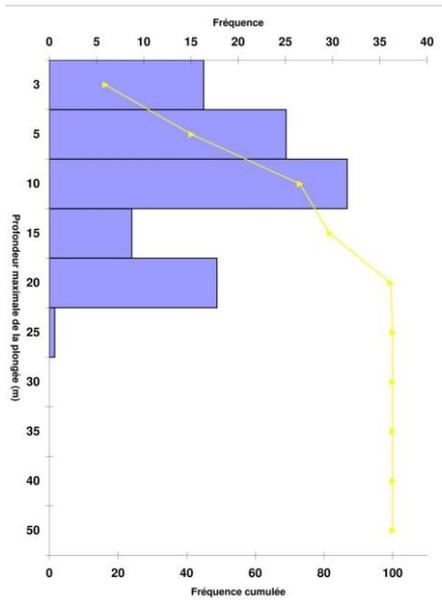


Figure 16 : Fréquence des profondeurs enregistrées le jour 737

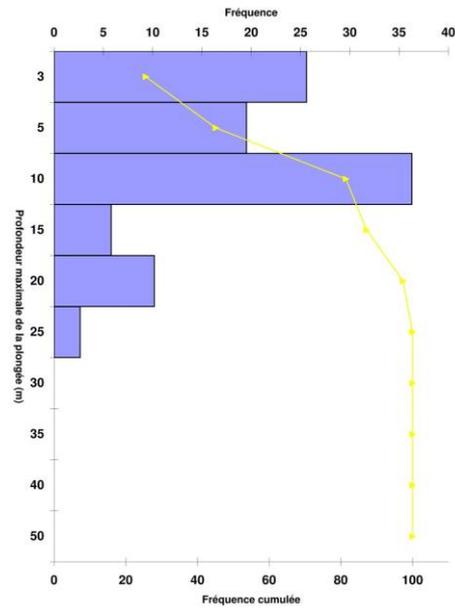


Figure 17 : Fréquence des profondeurs enregistrées la nuit 737

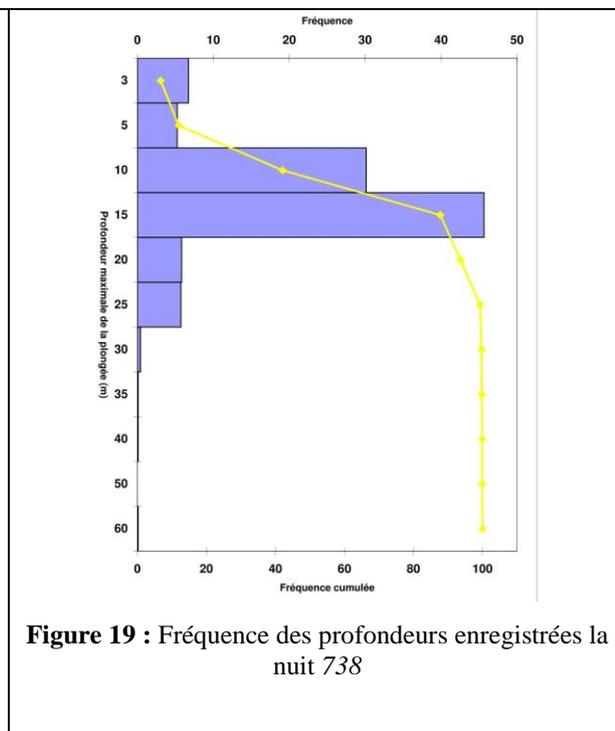
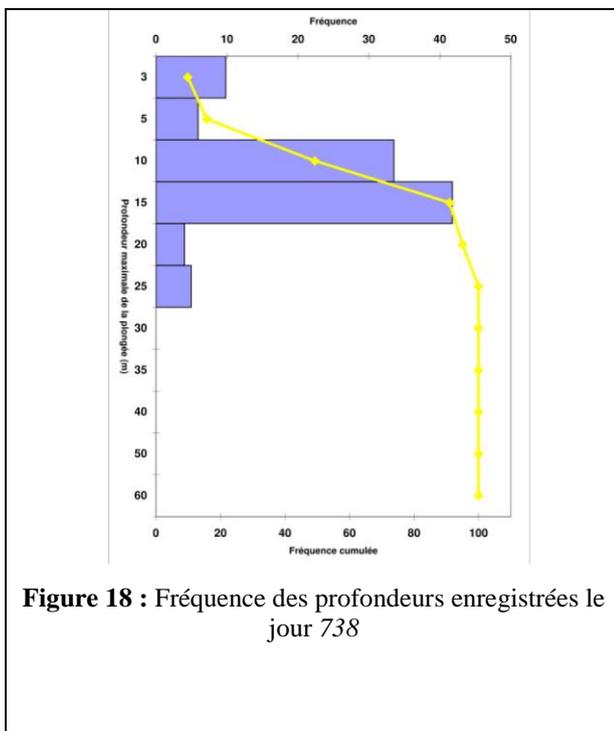
La 737 plonge à une profondeur moyenne de 7,49m (ET = 5.71). La profondeur maximum enregistrée est de 25m. 73% des profondeurs enregistrées de jour et 81% de nuit sont comprises entre 0 et 10m. Le jour les données dans l'intervalle 15-20m (18%) sont relativement importantes et plus nombreuses que celles dans l'intervalle 10-15m (9%) (test Khi2 ; Khi2 = 25.112 ; P < 0.0001 ; alpha = 0.05). La nuit les données dans l'intervalle 15-20m (10%) sont relativement importantes et plus nombreuses que celles dans l'intervalle 10-15m (6%) (test Khi2 ; Khi2 = 13.241 ; P = 0.000 ; alpha = 0.05)

Les données enregistrées dans l'intervalle 0-3m pourraient être principalement des données enregistrées lors du passage de la surface à une profondeur donnée plus importante. Les données sont principalement situées dans les intervalles 3-5m, 5-10m et 15-20m. Ce sont probablement à ces profondeurs que la tortue trouve sa nourriture et ses zones de repos. Le fait qu'il y ait moins de données dans la colonne d'eau 15-20 la nuit que le jour laisse supposer que la tortue se nourrit de manière plus importante dans cet intervalle et qu'elle se repose proportionnellement sur des zones moins profondes 3-10m. Cette tortue avait été capturée à 24m en phase de repos. Certes, il s'agit d'une observation ponctuelle, mais elle peut laisser supposer que la profondeur pour la phase de repos pourrait être dépendante des caractéristiques du milieu et donc variable pour une même tortue en fonction du site. Cette hypothèse est basée sur le fait que la tortue passe plus de temps la journée à s'alimenter et plus de temps la nuit à se reposer.

La moyenne des profondeurs de jour, 10.74m (ET = 4.742), n'est pas significativement différente à la moyenne des profondeurs de nuit, 9.756m (ET = 6.091) (Test t ; T = 0.557 ; P = 0.581 ; alpha = 0.05).

La 737 plonge à une profondeur moyenne qui n'est pas significativement différente le jour et la nuit.

3.3.1.2 Analyse de la fréquence des profondeurs pour 738



La 738 est à une profondeur moyenne de 10.22m (ET = 5.25). La profondeur maximum enregistrée est de 60m (N=1). 49 % des profondeurs enregistrées de jour et 42% de nuit sont comprises entre 0 et 10m et 91 % des profondeurs enregistrées de jour et 88% de nuit sont comprises entre 0 et 15m. Les données enregistrées au-delà de 15m sont peu nombreuses de jour comme de nuit. Les données enregistrées dans l'intervalle 0-3m pourraient être principalement des données enregistrées lors du passage de la surface à une profondeur donnée plus importante. Les données sont principalement situées dans les intervalles 5-10m et 15-20m. Ce sont certainement à ces profondeurs que la tortue trouve sa nourriture et ses zones de repos. Il ne semble pas y avoir de changements significatifs quant aux profondeurs enregistrées de jour comme de nuit et donc de différence de profondeur entre les zones de nourrissage et les zones de repos.

La moyenne des profondeurs de jour, 10.78m (ET = 3.52), n'est significativement pas différente à la moyenne des profondeurs de nuit, 11.31m (ET = 2.85) (Test t ; T = -0.729 ; p = 0.468 ; alpha = 0.05).

La 738 plonge à une profondeur moyenne qui n'est pas significativement différente entre le jour et la nuit.

3.3.1.3 Analyse de la proportion du temps passée par classe de profondeur pour 737

La 737 passe 24,83% de son temps entre 0 et 5m et 75,14% de son temps entre 5 et 25m. La zone entre 5 et 10m est la plus utilisée et de façon équivalente de jour (30.64%) comme de nuit (31.05%). La zone des 10-15 est plus utilisée la nuit (17.81%) que le jour (13.41%). La zone des 15-20m est plus utilisée le jour (28.85%) que la nuit (20.40%).

La couche d'eau entre 5 et 25m est celle qui est la plus exploitée tant pour se nourrir que se reposer. Il y a un parallèle entre les données de fréquence et de durée par intervalle de profondeur. La colonne d'eau 15-20m est très utilisée de jour comme de nuit, néanmoins elle est moins utilisée la nuit que le jour. Cela laisse supposer, comme énoncé précédemment, que la tortue se nourrit de manière proportionnellement plus importante dans cette zone et qu'elle se repose proportionnellement sur des zones moins profondes.

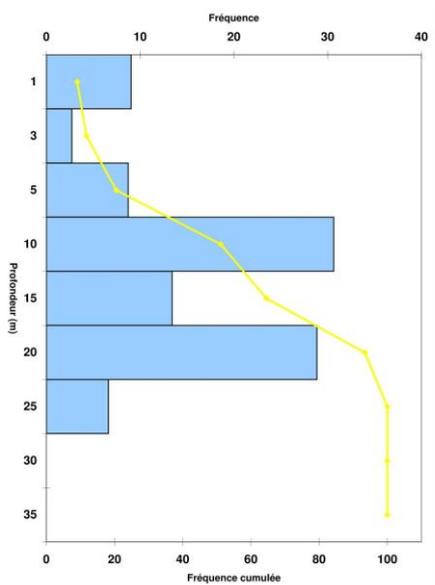


Figure 20 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) le jour - 737

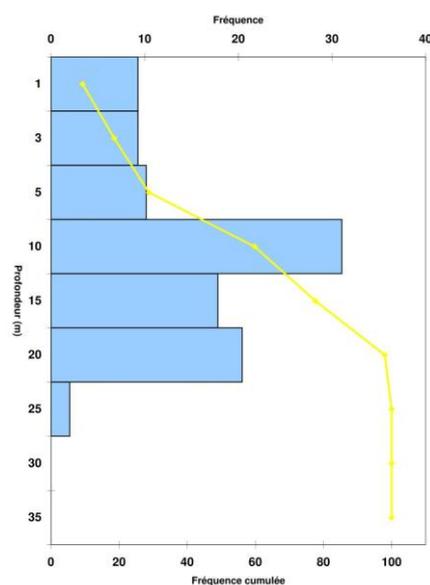


Figure 21 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) la nuit - 737

3.3.1.4 Analyse de la proportion du temps passée par classe de profondeur pour 738

La 738 passe 16.52% de son temps entre 0 et 5m et 83.29% de son temps entre 5 et 25m et 0.19% à une profondeur supérieure à 25m. La zone entre 10 et 15m est la plus utilisée et de façon équivalente de jour (35.56%) comme de nuit (35.84%). La zone des 5-10 est utilisée de façon équivalente de jour (34.03%) comme de nuit (34.99%). La zone des 15-20m est plus utilisée la nuit (10.08%) que le jour (5.42%).

La couche d'eau entre 5 et 25m est celle qui est la plus exploitée tant pour se nourrir que se reposer. Le fait que la colonne d'eau 15-20m soit plus utilisée la nuit que le jour pourrait laisser supposer que la tortue se repose de manière proportionnellement plus importante dans cette zone et qu'elle se nourrit proportionnellement sur des zones moins profondes. Ce changement de comportement n'apparaissait pas dans l'analyse des fréquences de données de profondeur. Cette hypothèse pourrait s'avérer valable si la tortue passe effectivement plus de temps la journée à s'alimenter et plus de temps la nuit à se reposer. Comme la tortue a été capturée de nuit en repos à une profondeur de 24m, elle pourrait avoir fréquenté régulièrement cette zone pour se reposer tout au long du suivi.

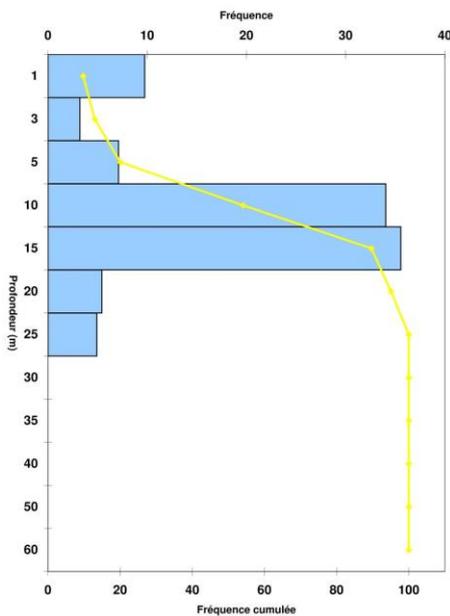


Figure 22 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) le jour - 738

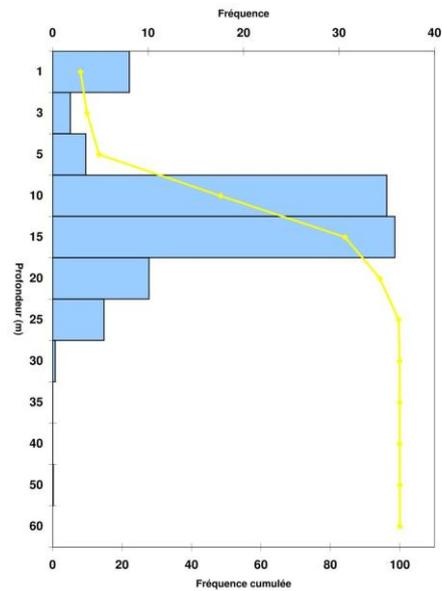


Figure 23 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) la nuit - 738

Conclusion intermédiaire :

Pour 737 et 738, le temps passé entre 0 et 1m est le temps passé à la surface pour respirer (moyenne de 9.03% du temps) et la colonne d'eau entre 1 et 3m est probablement une colonne d'eau de

transition entre la surface et le fond. La colonne d'eau entre 3-5m doit être exploitée tant pour l'alimentation que pour le repos. Indépendamment du jour ou de la nuit, la 738 a une profondeur moyenne plus importante que la 737. Les deux tortues passent plus de 75% de leur temps entre 0 et 15m.

L'analyse comparative des moyennes de profondeurs enregistrées le jour et la nuit ne met pas en évidence un changement de comportement. Toutefois, chez 737 et 738 on peut noter une variation de l'utilisation de l'intervalle 15-20m entre le jour et la nuit. Pour 737 c'est un intervalle de profondeur plus utilisé le jour que la nuit à l'inverse de 738.

3.3.2 Analyse des durées des plongées

Tableau 10 : Statistiques descriptives des durées des plongées

	Nombre de plongées	Moyenne durée plongée (min)	Ecart Type durée plongée	Nombre de plongées jour exploitables	Moyenne durée plongée jour (min)	Ecart Type durée plongée jour	Nombre de plongées nuit exploitables	Moyenne durée plongée nuit (min)	Ecart Type durée plongée nuit
102737	2830	9,28	10,65	663	15,50	10,79	1015	12,98	9,19
102738	4063	13,57	9,56	1291	13,47	4,35	1166	15,64	5,51

3.3.2.1 Analyse des durées des plongées pour 737

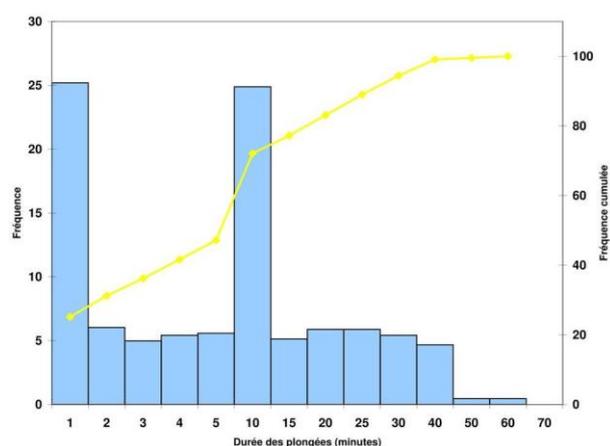


Figure 24 : Durée des plongées (min) le jour - 737

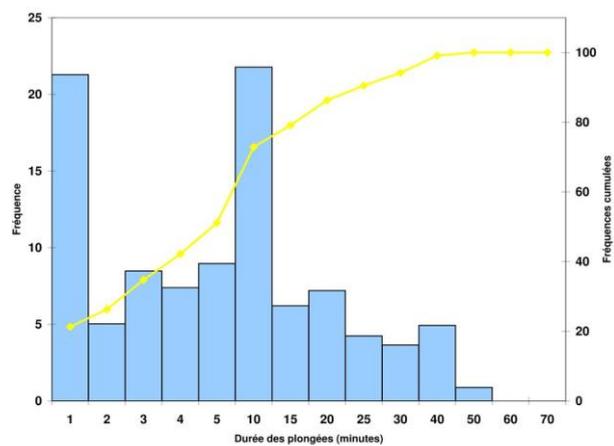


Figure 25 : Durée des plongées (min) la nuit – 737

La majorité des plongées ont un temps compris entre 0 et 1 minutes et entre 5 et 10 minutes. Les plongées entre 0 et 1 minutes pourraient être considérées comme des plongées liées à la phase de respiration, en effet la tortue lorsqu'elle respire en surface le fait par à-coup pendant plusieurs reprises avant de redescendre. Les plongées durent principalement entre 5 et 10 minutes le jour (24.89%) comme la nuit (21.77%). La durée maximum est notée à 60 minutes le jour. La tortue remonte régulièrement à la surface tout au long de la journée. 20% des plongées durent moins de 4 minutes, 50% durent moins de 10 minutes et 80% durent moins de 25 minutes. Les plongées considérées comme longues supérieures à 15 minutes représentent 21,2% et celles supérieures à 20

minutes 15,3%. La 737 effectue de jour comme de nuit essentiellement des plongées courtes. L'analyse visant à étudier la différence des durées entre les plongées de nuit et les plongées de jour ne conclut à aucune différence significative tant dans l'analyse des moyennes des durées des plongées que dans l'analyse de la fréquence de plongées courtes.

	Comparaison jour versus nuit		
	Moyenne des durées de plongées Test t bilatéral alpha = 0.05	Fréquence plongées courtes < 15 min Test t bilatéral alpha = 0.05	Fréquence plongées courtes < 20 min Test t bilatéral alpha = 0.05
737	T = 0.747 ; P = 0.461	T = -0.835 ; P = 0.408	T = -0.895 ; P = 0.376

Tableau 11 : Analyse des durées des plongées et des fréquences des plongées courtes pour 737

La 737 a une durée de plongée qui n'est pas significativement différente entre le jour et la nuit (test T ; T = 0.747 ; P = 0.461), la fréquence des plongées courtes (< 15min ou < 20min) n'est pas significativement différente entre le jour et la nuit (tableau 11). Aucune différence de comportement ne peut être notée.

3.3.2.2 Analyse des durées des plongées pour 738

La majorité des plongées ont un temps compris entre 10 et 15 minutes et entre 15 et 20 minutes. Les plongées entre 0 et 1 minutes pourraient être considérées comme des plongées liées à la phase de respiration, en effet la tortue lorsqu'elle respire en surface le fait par à-coup pendant plusieurs reprises avant de redescendre. Les plongées durent principalement entre 15 et 20 minutes le jour (27.58%) comme la nuit (26.59%). La durée maximum est notée à 50 minutes le jour et la nuit. La tortue remonte régulièrement à la surface tout au long de la journée. 20% des plongées durent moins de 4 minutes le jour et 5 minutes la nuit, 50% durent moins de 10 minutes de jour comme de nuit et 80% durent moins de 25 minutes de jour comme de nuit. Les plongées considérées comme longues supérieures à 15 minutes représentent 43,9% et celles supérieures à 20 minutes 17,87%. La 738 effectue de jour comme de nuit essentiellement des plongées courtes. L'analyse visant à étudier la les durées entre les plongées de nuit et les plongées de jour conclut à une différence significative entre la moyenne des durées des plongées de jour et de nuit (test T ; T = -2.041 ; P = 0.044). La fréquence des plongées courtes (<15min) n'est pas significativement différentes entre le jour et la nuit (test T ; T = 1.476 ; P = 0.143), par contre la fréquence des plongées courtes (< 20min) est significativement différente entre le jour et la nuit (test T ; T= 2.858 ; P = 0.005)

	Comparaison jour versus nuit		
	Moyenne des durées de plongées Test t bilatéral alpha = 0.05	Fréquence plongées courtes < 15 min Test t bilatéral alpha = 0.05	Fréquence plongées courtes < 20 min Test t bilatéral alpha = 0.05
738	T = -2.041 ; P = 0.044	T = 1.476 ; P = 0.143	T = 2.858 ; P = 0.005

Tableau 12 : Analyse des durées des plongées et des fréquences des plongées courtes pour 738

La 738 a un comportement différent en ce qui concerne la durée de la plongée entre le jour et la nuit. Cette différence apparaît au niveau de la moyenne des durées de plongée et dans la fréquence des plongées courtes inférieures à 20 minutes. 738 a une moyenne de durée de plongée inférieure le jour et une fréquence de plongées courtes (< 20min) plus grande le jour.

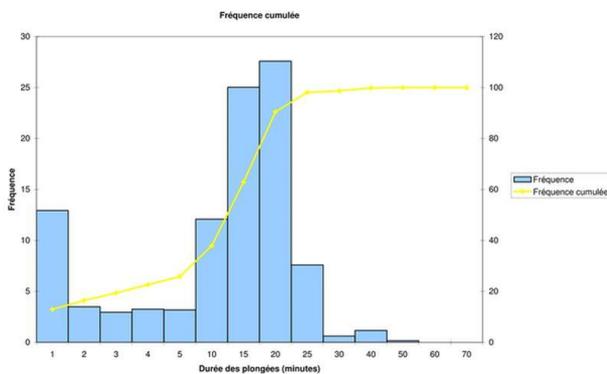


Figure 26 : Durée des plongées (min) le jour - 738

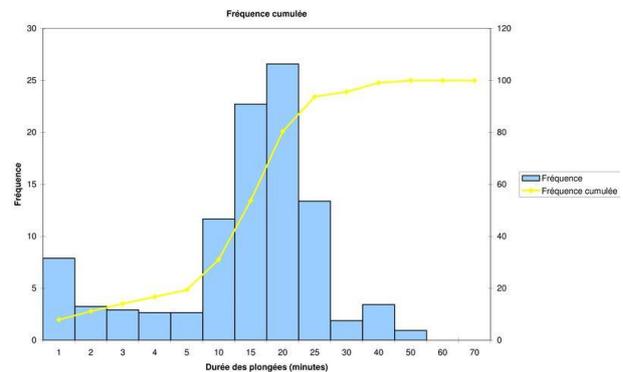


Figure 27 : Durée des plongées (min) la nuit- 738

Une divergence de comportement individuel est mise en évidence par une proportion de plongées longues supérieures à 15 minutes nettement plus élevée (43,9%) que la 737 (21,2%), mais également par une modification de la durée de plongée entre le jour et la nuit notée chez 738 et pas mis en évidence chez 737.

3.4 Croisement de données

3.4.1 Croisement des données déplacements horizontaux et habitats

Les cartes des figures 14 et 15 illustrent les localisations et les habitats (herbiers, algueraies et coraux et autres peuplements benthiques).

La tortue 737 est localisée à 52.45% sur les herbiers et 47.55% sur les coraux et autres peuplements benthiques. La nuit, elle est localisée à 61.02% sur les coraux et autres peuplements benthiques et 38.98% sur les herbiers. Le jour, elle est localisée à 61.90% sur les herbiers et 38.10% sur les coraux et autres peuplements benthiques. La 737 utilise deux habitats de manière différente entre le jour et la nuit. Les herbiers seraient les zones de nourrissage fréquentées préférentiellement le jour et les coraux et autres peuplements benthiques seraient les zones de repos fréquentées préférentiellement la nuit. Il y a donc une variation de comportement notée par cette analyse entre le jour et la nuit pour 737.

La tortue 738 n'est localisée que sur l'habitat herbiers (100% des localisations). Les zones coralliennes importantes sont situées à environ 2 km de l'herbier utilisé par 738. La 738 ne semble donc pas rechercher pas l'habitat « formations coralliennes » dans l'exploitation de l'espace. Il est à noter que dans la zone de l'herbier au large de Malendure, il existe des formations coralliennes non cartographiées dont la zone récifale au large de la Pointe Batterie, qui est connue pour abriter régulièrement des tortues vertes en repos la nuit. Il y a également les différentes épaves qui constituent par leurs structures un habitat fréquenté également la nuit par des tortues vertes au repos (Club de plongée les Heures Saines, comm.pers¹¹). La résolution de la carte ne permet pas de mettre en évidence l'utilisation éventuelle de cette zone par la tortue. Il n'y a donc pas de variation de comportement notée par cette analyse entre le jour et la nuit pour 738.

3.4.2 Croisement des données déplacements horizontaux et zones protégées

Seulement 18,37% des localisations sont enregistrées dans le cœur de parc national pour la 738. La zone d'évolution de la tortue n'est que partiellement prise en compte par la zone de protection et de gestion et donc n'a pas de réels liens positifs quant à la limitation du risque de captures accidentelles ou de collisions avec les navires. Le périmètre cœur de parc national n'a pas été défini pour une protection effective des tortues vertes en alimentation sur cette zone.

La tortue 737 n'est pas concernée par une zone protégée et réglementée.

¹¹ Données non publiées récoltées dans le cadre du protocole INA Scuba

4. Conclusion et perspectives

Différentes hypothèses de travail avaient été émises dans le cadre de cette étude sur la base de conclusions de plusieurs études similaires menées sur différents territoires :

Hypothèse 1 : Les données GPS sont plus précises que les données Argos pour l'étude des localisations sur les zones d'alimentation

Sans surprise, les GPS fournissent des positions plus précises qu'ARGOS. Par contre, la forte consommation électrique des GPS implique que la durée du suivi GPS est plus courte que la transmission des données par le système Argos, qui au final a permis de récolter un nombre important de localisations. L'augmentation du nombre de transmissions de données de localisation GPS ne pourrait passer que par une baisse du nombre de données collectées par les différents capteurs (Bourjea, J. comm.pers) ou un protocole de transmission différent. Ici l'objectif initial était de tester le matériel et d'avoir les premières données intégrées de déplacement et de comportement, le protocole a largement répondu à nos attentes et mériterait d'être étendu à un plus grand nombre d'individus.

Hypothèse 2 : La tortue verte passe une grande partie de son temps dans les herbiers de phanérogames marines

Le croisement des données localisations des deux tortues et des habitats met en exergue l'utilisation majoritaire de l'habitat herbier. Il est l'habitat exclusif de la 738 et un habitat fortement utilisé par la 737 qui utilise également l'habitat corail et autres peuplements benthiques. La 737 a une utilisation différente des habitats entre le jour et la nuit. Les herbiers caractérisés comme un habitat principal chez la tortue verte a également été mis en évidence par différentes études (Bjorndal & Bolten, 1988 ; Ballorain & al. , 2010 ; Bourjea & al., 2011), ainsi que l'utilisation des zones coralliennes par la tortue verte (Bjorndal & Bolten, 1988 ; Ballorain & al. , 2010 ; Bourjea & al., 2011). Le fait que la 737 utilise préférentiellement les herbiers la journée et les coraux et autres formations benthiques la nuit va dans le sens de conclusions d'une étude menée à Mayotte (Ballorain & al., 2010). Les herbiers sont les zones de nourrissage préférentiellement utilisées la journée et les formations coralliennes les zones de repos préférentiellement utilisées la nuit. L'analyse croisée des

données habitats et localisations met en évidence chez 737 une différence de comportement entre la journée et la nuit. Cette analyse ne le confirme pas chez 738. L'habitat corail et autres peuplements benthiques ne semblent pas être une composante indispensable dans le cycle de vie d'une tortue verte. Toutefois, avec une cartographie plus fine des habitats, les résultats pour la 738 auraient pu être différents. Cette analyse dans le futur doit être couplée avec une cartographie fine de la zone à la même période que le suivi de la tortue, car les habitats peuvent évoluer rapidement, notamment les herbiers en termes de surface et de composition. Une approche plus précise par créneau horaire, aurait pu permettre également d'affiner ce comportement chez les deux tortues. Cette analyse, telle qu'elle a été réalisée met en évidence une divergence de comportement individuel.

La colonisation de la phanérogame *Halophila stipulacea* pourrait augmenter la ressource alimentaire et de ce fait favoriser la fidélité des tortues vertes sur une zone donnée, si toutefois la disponibilité alimentaire est un facteur déterminant la fidélité à un site.

Hypothèse 3 : La tortue verte a une zone d'alimentation bien délimitée à laquelle elle est fidèle

Les deux tortues ont eu un comportement très différent quant à leurs déplacements horizontaux. Différentes phases de déplacement/résidence ont été mises en évidence chez 737, alors qu'une seule phase de résidence a été identifiée pour 738. Au cours de la période de suivi, 738 a été extrêmement fidèle à sa zone d'alimentation et a utilisé une surface de 1,57 km². La tortue 737, une fois en phase de résidence a eu également une grande fidélité, même si cette dernière exploite une surface 20 fois plus importante. Il y a une divergence de comportement individuel sur l'ensemble de la durée du suivi, mais une convergence lorsqu'on s'intéresse uniquement à la phase de résidence. Il faut toutefois relativiser ce résultat, car le suivi ne s'étale que sur quelques mois qui sont loin d'être représentatifs d'une partie importante de la vie de la tortue. Ce comportement de fidélité chez certaines tortues vertes a été mis en évidence par différentes études (Boulon, 1984 ; Bjorndal & Bolten, 1988 ; Collazo & al., 1992 ; Delcroix & al., 2007). Cette fidélité à une zone d'alimentation nécessiterait la mise en place d'un suivi individuel à long terme par un système d'identification individuelle visible sans la capture de l'animal.

Hypothèse 4 : La tortue verte a un comportement différent entre le jour et la nuit

Différentes analyses ont permis de tester cette différence de comportement entre le jour et la nuit.

Premièrement l'analyse croisée des données habitats et localisations met en évidence chez 737 une différence de comportement entre la journée et la nuit, mais cette analyse ne le confirme pas chez 738.

Deuxièmement l'analyse des déplacements horizontaux met en évidence chez 737 une différence d'activité entre le jour et la nuit avec une phase plus active la journée consacrée principalement au nourrissage et une phase moins active la nuit consacrée principalement au repos. Ce comportement a été mis en évidence à Mayotte et Puerto Rico (Van Dam & Diez, 1996 ; Ballorain & al., 2010). Il y a une divergence de comportement concernant les déplacements horizontaux entre 737 et 738 pour laquelle aucune différence significative n'a été mise en évidence entre le jour et la nuit. Le fait que 738 exploite une faible surface empêche de mettre en évidence des changements de comportement en se basant sur les distances parcourues et les vitesses. La différence de comportement entre 737 et 738 la journée aboutit à formuler des hypothèses explicatives :

- (1) La tortue 737 doit, pour se nourrir, exploiter une plus grande surface. Cela pourrait traduire une différence quant à la disponibilité en phanérogames marines sur les différentes zones. 737 pourrait être une zone avec moins de phanérogames que la zone de 738, l'amenant à faire plus de prospection.
- (2) La tortue 737 pourrait être plus régulièrement dérangée par la fréquentation des navires en mer plus importants dans le Grand Cul-de-Sac Marin qu'en Côte Sous le Vent. La zone d'alimentation de 737 est sur un chenal de navigation pour sortir du Grand Cul-de-Sac Marin. 737 se déplacerait plus souvent pour s'éloigner de la source de dérangement¹².
- (3) Sur la zone exploitée par 737 il pourrait y avoir une compétition intraspécifique pour la ressource ce qui amène les tortues à prospecter une plus grande surface pour se nourrir.

Troisièmement, l'analyse des localisations de jour et de nuit amène à conclure pour 738 une différence significative entre les localisations de jour et de nuit, alors que ce n'est pas mis en évidence pour 737. Toutefois, pour cette dernière le croisement des données habitats confirme un changement d'habitat entre le jour et la nuit. Une approche plus fine par créneau horaire permettrait d'affiner ces modifications de comportement. Cette approche nécessiterait un peu plus de données localisations pour que chaque créneau horaire soit bien représenté.

¹² Les données sont quasi-inexistantes concernant l'impact de la circulation des bateaux sur le comportement des tortues.

Quatrièmement, l'analyse des déplacements verticaux met en évidence une différence significative chez les 738 quant à la moyenne des profondeurs enregistrées le jour et la nuit, ainsi que dans l'analyse des durées de plongées. Les plongées de 738 sont en moyenne plus courtes le jour que la nuit et le nombre de plongées courtes (< 20 minutes) plus nombreuses le jour que la nuit. La tortue 737 serait plus active le jour que la nuit et consacrerait donc plus de temps à l'alimentation le jour que la nuit. Cette différence de comportement n'a pas été mise en avant chez 738. Des études montrent un différentiel important dans ce sens entre le jour et la nuit pour ces deux paramètres (Van Dam & Diez, 1996 et Ballorain & al., 2010). Il est également à noter que chez 737 et 738 ont a une variation de l'utilisation de l'intervalle 15-20m entre le jour et la nuit. Pour 737 c'est un intervalle de profondeurs plus utilisé le jour que la nuit et c'est le contraire pour 738.

Une analyse plus fine par créneau horaire aurait pu mettre en évidence des différences de comportement. La récupération de la balise avec l'ensemble des données collectées par les capteurs pour cette analyse est indispensable et aurait permis d'avoir des profils de plongée très précis (un enregistrement par seconde) pour chaque jour. La transmission de ces données par le système Argos est partielle et synthétique. L'utilisation d'enregistreurs de plongée sur plusieurs tortues pourrait permettre d'acquérir plus d'informations. Le coût moins important de ces appareils permettrait d'envisager un déploiement sur un plus grand nombre d'individus permettant ainsi de parer à la difficulté de recapturer les animaux une fois équipés.

Cette analyse met en évidence une divergence de comportement entre les deux tortues en ce qui concerne la fréquence des plongées longues et des plongées courtes, ainsi que l'utilisation de l'intervalle de profondeur 15-20m malgré le fait que les deux individus sont similaires en termes de masse et de longueur. Cette divergence pourrait s'expliquer par le fait que la 737 se déplace plus en journée et consomme d'avantage d'oxygène et doit donc remonter plus régulièrement à la surface.

Cette étude apporte des premiers éléments de connaissances, qui nécessitent d'être approfondis sur de plus grands effectifs, quant à l'utilisation de l'espace par les tortues vertes. Il semble aujourd'hui difficile de transposer ces premières conclusions en propositions de gestion des usages. Toutefois, nous pouvons déjà dire que la délimitation de la zone cœur de parc national n'est pas adaptée pour les tortues vertes en phase de résidence au large de Malendure. Cette étude met en évidence l'importance de la zone délimitée par l'isobathe 20m et plus particulièrement l'isobathe 15m dans laquelle les deux tortues passent plus de 75% de leur temps. Cette zone où les tortues vertes sont abondantes pourrait faire l'objet d'une gestion de la pêche professionnelle en limitant ou en

interdisant l'utilisation du trémail et de la folle. L'augmentation du nombre d'animaux suivis, ajoutée à la prise en compte des préconisations émises en termes de protocole de collecte de données permettraient d'affiner les premières conclusions issues de cette étude préliminaire. Un travail sur différents secteurs ayant des caractéristiques différentes sera un plus, par exemple le secteur de la Côte Sous le Vent qui présente un plateau insulaire très étroit et le Sud Grande-Terre qui présente un plus vaste plateau insulaire.

Bibliographie

- 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 & Bolten, A.B . (1988). *Growth rates of immatures green turtles (Chelonia mydas) in the southern Bahamas*. Copeia, 1988, 407.
- Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M. (2002). *Les écosystèmes marins côtiers des Antilles*. pp 21-43. In : La pêche aux Antilles. Martinique et Guadeloupe. Éditions de l'IRD, Paris. 299 pp.
- Bouchon, C., Lemoine, S., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M., Cordonnier, S., Wetzel, D. & Reynolds, J. (2010). *Etude de la contamination des herbiers de Phanérogames marines du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe en vue de la réintroduction du Lamantin*. Rapport Parc National de Guadeloupe et Université des Antilles et de la Guyane. 67pp + Annexes
- 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.
- Boutry M. (2001). *Cartographie des biocénoses marines côtières de la Basse-Terre de Guadeloupe - Diagnostic écologique et pressions anthropiques*. Rapport de DESS Université des Antilles et de la Guyane , 60p.
- Carr, T. (1977). *The marine turtles and terrestrial reptiles of Culebra Island*. Unpubl. Report to US Fish and Wildlife Service, Washington, D.C43 pp.
- Chauvaud, S. (1997). *Cartographie par télédétection à haute résolution des biocénoses marines côtières de la Guadeloupe et de la Martinique. Estimation de la biomasse et de la production primaire des herbiers à Thalassia testudinum*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale, 242 pp.
- Chauvaud, S., Bouchon, C. & Maniere, R. (2001). *Cartographie des biocénoses marines de Guadeloupe à partir de données SPOT (récifs coralliens, Phanérogames marines, mangroves)*. Oceanologica acta, 24 (1) : 1-14.
- Chauvaud, S. (2005) *Cartographie des biocénoses marines côtières du lagon du Grand-Cul-de-Sac Marin*. Rapport TBM (Télédétection et Biologie Marine), 24p
- 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. (2003). *Etudes des captures accidentelles de tortues marines par la pêche maritime dans les eaux de l'archipel guadeloupéen*. Rapport AEVA du stage de Maîtrise des Sciences et Techniques Aménagement – Environnement, Metz, 66p + Annexes.

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. (2008). *Analyse des données relatives aux mortalités et blessures des tortues marines, année 2007*. Rapport de mission Association Kap'Natirel. 16pp + annexes

Delcroix, E., Guiougou, F., Bedel, S., Santelli, G., Goyeau, A., Malglaive, L., Guthmuller, T., Boyer, J., Guilloux-Glorieux, S., Créanto, F., Malterre, P., Le Quellec, F., Dumont, R., Saint-Auret, A., Coudret, J., Flereau, J., Valentin, M., Berry, G., De Proft, P., Mege, S., Rinaldi, R., Mazéas, F., Marcel, B., Fabregoul, A. & Girondot, M. (2011). *Le Programme « Tortues marines Guadeloupe » : Bilan de 10 années de travail partenarial*. Bull. Soc. Herp. Fr : (2011) 139-140 : 21-35.

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

Hirth, H.F. (1997). *Synopsis of the biological data on the green turtle Chelonia mydas (Linnaeus, 1758)*. Biological Report 97(1), Fish and Wildlife Service, U.S. Department of interior.

Lahanas, P.N., Bjorndal, K.A., Bolten, A.B., Encalada, S.E., Miyamoto, M.M., Ververde, R.A. & Bowen, B.W. (1998). *Genetic composition of green turtle (Chelonia mydas) feeding ground population : evidence for multiple origins*. Marine Biology (1998) 130 : 345-352.

Lescure, J. (2001). *Les tortues marines : Biologie et Statut*. In : Proceedings of the first Mediterranean Conference on Marine Turtles. Rome.

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.

Vaslet, A., Chevy, L., Alloncle, N. & Brugneaux, S. (2013). *Analyse régionale Guadeloupe, synthèse des connaissances*. Rapport Parc National de la Guadeloupe, Agence des aires marines protégées et Université des Antilles et de la Guyane. 240 pp + annexes.

Velez-Zuazo, X., Ramos, W.D., Van Dam, R.P., Diez, C.E., Abreu-Grobois, A. & Owen McMillan, W. (2008). *Dispersal, recruitment and migratory behaviour in a hawksbill sea turtle aggregation*. Molecular Ecology (2008) 17, 839-853.

SWOT Report volume VI . (2011). *The green turtle*. Arlington, VA, USA. 60pp.

Listes des tables et figures

Figure 1 : Tortue verte après sa ponte (F.Delcroix).....	6
Figure 2 : Tortue verte immature (E.Delcroix).....	6
Figure 3 : Traces de 4 femelles tortues vertes après la ponte en Guadeloupe.....	7
Figure 4 : Carte des herbiers (Vaslet & al., 2013).....	10
Figure 5 : Localisation de la zone d'étude.....	13
Figure 6 : Schématisation de la plongée et des paramètres de plongée utilisés dans cette étude (adapté de : Wildlife Computer).....	16
Figure 7 : Distance par rapport au point de remise à l'eau en fonction des différentes localisations (ID 737). Période couverte par les deux types de localisation.....	18
Figure 8 : Traces de 737 (rouge) et 738 (jaune) (Localisations GPS).....	19
Figure 9 : Trace de 737 (Localisations GPS).....	19
Figure 10 : Trace de 738 (Localisations GPS).....	19
Figure 11: Suivi de la distance des deux tortues vertes depuis la zone de lâcher.....	20
Figure 12 : vitesse de la tortue 737 au cours du temps.....	21
Figure 13 : vitesse de la tortue 738 au cours du temps.....	21
Figure 14 : Localisations de la tortue 737 phase 3.....	23
Figure 15 :Localisations de la tortue 738 phase 3.....	23
Figure 16 : Fréquence des profondeurs enregistrées le jour 737.....	27
Figure 17 : Fréquence des profondeurs enregistrées la nuit 737.....	27
Figure 18 : Fréquence des profondeurs enregistrées le jour 738.....	28
Figure 19 : Fréquence des profondeurs enregistrées la nuit 738.....	28
Figure 20 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) le jour - 737.....	29
Figure 21 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) la nuit -737.....	29
Figure 22 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) le jour - 738.....	30
Figure 23 : Proportion de temps passée par classe de profondeur (m) la nuit - 738.....	30
Figure 24 : Durée des plongées (min) le jour - 737.....	31
Figure 25 : Durée des plongées (min) la nuit – 737.....	31
Figure 26 : Durée des plongées (min) le jour - 738.....	33
Figure 27 : Durée des plongées (min) la nuit- 738.....	33
Tableau 1 : Précision des localisations Argos.....	13
Tableau 2: Données relatives aux tortues vertes équipées de balises.....	14
Tableau 3 : Présentation des données de localisations Argos et GPS.....	17
Tableau 4 : Résultats du test de comparaison des localisations Argos et GPS.....	18
Tableau 5: Paramètres descriptifs des suivis GPS.....	20
Tableau 6 : Paramètres descriptifs des phases de déplacement.....	21
Tableau 7 : Statistiques descriptives sur la phase 3 – Approche jour/nuit.....	22
Tableau 8: Statistique descriptives des localisations phase 3 – approche jour/nuit.....	25
Tableau 9 : Statistiques descriptives des profondeurs utilisées par 737 et 738.....	26
Tableau 10 : Statistiques descriptives des durées des plongées.....	31
Tableau 11 : Analyse des durées des plongées et des fréquences des plongées courtes pour 737	32
Tableau 12 : Analyse des durées des plongées et des fréquences des plongées courtes pour 738	33

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LE MILIEU MARIN DE GUADELOUPE
Pêche professionnelle : Lambis

Edition :

06/2012

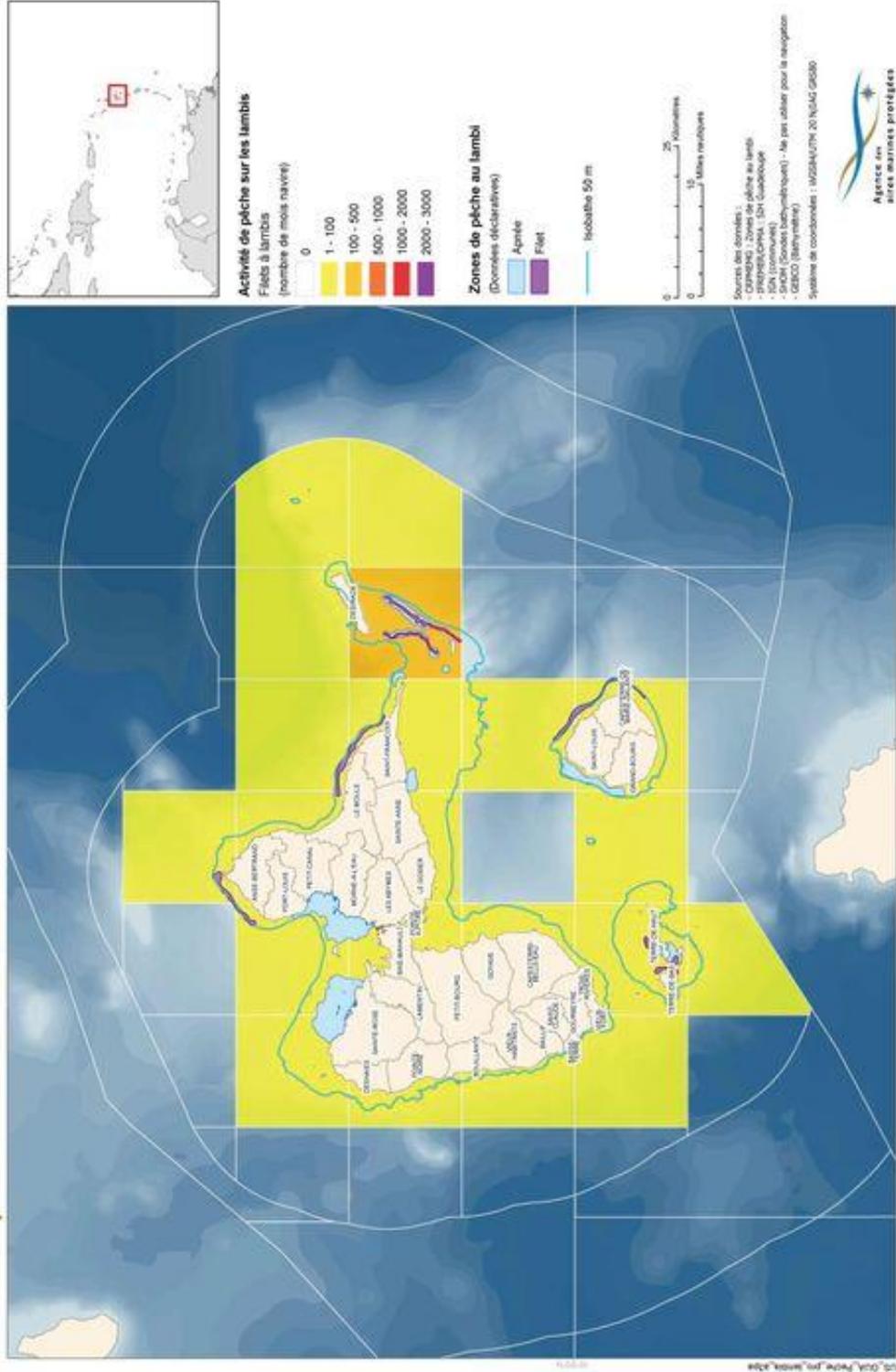


Figure 53- Intensité de la pêche au Lambi sur le plateau insulaire et localisation des zones de pêche 150

Annexe 2 : Balise SPLASH10-F-297A

Wildlife Computers
SPLASH10-F-297A, Rectangle Backmount, Standard depth range

REV.	-
DATE	08 MAR 12
NAME	SRW
DRAWN	
SCALE	1:1 SHEET 1 OF 1
ATTACHMENT	Backmount
DO NOT SCALE DRAWING	

Wildlife Computers Proprietary Drawing
 Not to be reproduced, copied, or used as the basis for manufacture or sale without written permission.

NOTE: Do not cover any exposed sensor or antenna

SIZE	DWG. NO.	REV.
86 x 55 x 26mm	A	AM-A297A-AF
WEIGHT IN AIR	1.65g	
PRESSURE RESISTANCE	2000m	