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

MASTER EN SCIENCES – TECHNOLOGIES -SANTE

Mention : ECOLOGIE

Spécialité : Écosystèmes Tropicaux Naturels et Exploités

Etude préliminaire des requins citron (*Negaprion brevirostris*) dans la réserve naturelle des îlets de Petite Terre.

Beaufort Océane

Co-directeur : Bouchon Claude, Mazéas Franck

Mémoire soutenu le :
Mardi 25 juin 2013

Résumé :

Depuis quelques années, les observations de requins citron sont de plus en plus fréquentes aux abords de la réserve naturelle des îlets de Petite Terre. Cette étude préliminaire porte sur l'abondance et la répartition de ces requins. Comme l'habitat de vie change en fonction du stade de vie chez cette espèce, il a fallu différencier les techniques pour suivre les juvéniles de celles utilisées pour suivre les sub-adultes et les adultes. Les techniques utilisées pour le suivi des requins à Bimini (Bahamas) ont dû être adaptées au site d'étude qui est caractérisé par une zone récifale avec absence de mangrove.

Les protocoles utilisés sont une première dans l'étude de l'abondance et de la répartition des requins. Les juvéniles ont été suivis par un transect longeant le bord de mer tandis que les sub-adultes et adultes ont été suivis par des systèmes d'acquisition d'images sous-marines dépourvus d'appât. Cette étude a permis de mettre en évidence les points forts de ces protocoles mais aussi leurs failles ; et donc par conséquent, elle a montré les améliorations à apporter.

Les premiers résultats, détaillés dans ce rapport, montrent la présence d'au moins 19 juvéniles sur l'îlet de Terre de Bas. Ces juvéniles, provenant de classes d'âges différentes, ont été observés sur l'ensemble du transect (excepté un site). Cependant, le marquage de 15 individus a permis de mettre en évidence que chaque juvénile utilise une zone de l'îlet et non son ensemble (notion de « domaine vital »). Quant aux sub-adultes et adultes, le suivi a permis de montrer leur présence dans le lagon alors que les témoignages de plusieurs acteurs de la réserve signalaient leur absence depuis début janvier 2013.

Mots clés : Requin citron (*Negaprion brevirostris*), Petite Terre, capture, marquage, suivi, abondance, répartition.

Abstract:

In recent years, the lemon shark sightings are becoming more frequent near the nature reserve islets Little Earth. This preliminary study focuses on the abundance and distribution of these sharks. As the habitat of life changes depending on the stage of life in this case, it took differentiate techniques to monitor juvenile those used to track sub-adults and adults. The techniques used for tracking sharks in Bimini (Bahamas) had to be adapted to the study site is characterized by a reef area with no mangroves.

The protocols used are a breakthrough in the study of abundance and distribution of sharks. Juveniles were followed by a transect along the waterfront while sub-adults and adults were monitored by underwater image acquisition systems without bait. This study highlight the strengths of these protocols but also their flaws; and consequently, it showed the improvements to be made.

The first results, detailed in this report, show the presence of at least 19 juveniles on the islet of Terre de Bas. These juveniles from different age groups were observed across the transect (except one site). However, the marking of 15 individuals has highlighted that each child uses an area of the islet and not whole (concept of "vital area"). As for sub-adults and adults, monitoring has shown their presence in the lagoon while the testimonies of several reserve players reported their absence since early January 2013.

Keywords: Lemon shark (*Negaprion brevirostris*), Petite Terre, capture, tag, following, abundance, distribution.

Remerciements :

Je tiens, dans un premier temps, à remercier Sophie Bédel (responsable de l'équipe associative de Kap Natirel) et Franck Mazéas (co-directeur du stage / responsable biodiversité marine DEAL) pour m'avoir permis de réaliser mon rêve : celui de travailler dans le domaine des requins. Je les remercie aussi de m'avoir appris les ficelles du métier du début à la fin : les dossiers de financements, la communication, la collaboration ... Et surtout, je les remercie de m'avoir fait confiance sur ce projet.

Merci à Claude Bouchon (co-directeur du stage, responsable de Dynecar) et à sa femme Yolande Bouchon pour leur aide inestimable dans les analyses statistiques.

Je remercie aussi le conservateur de la réserve naturelle des îlets de Petite Terre, René Dumont, pour m'avoir permis de travailler sur cette île magnifique. Un grand merci à Marion Diard et Fiona Roche ainsi qu'aux gardes (Jean-Claude, Alain, Lydie, Julien et Joël) pour l'organisation des missions et l'aide qu'ils m'ont apportée.

Je souhaite également remercier Tristan Guttridge, Jean Sebastien Finger et le reste de l'équipe du BBFS de m'avoir fait découvrir le plaisir de travailler sur les requins mais aussi pour leur partage de connaissances. Je remercie aussi Jean-Pascal Quod et Eric Clua pour leur partage de leur expérience dans le domaine des requins.

Je tiens tout particulièrement à remercier l'équipe de Kap Natirel : Olivia Giuliani, Alexandra Le Moal, et Caroline Cestor pour m'avoir aidée à maintes reprises dans cette étude. Merci à Guilhem Santelli, Rémy Brieu, Sophie Jacquin, Anne-Claire Dolivet, Lucile Mauchoffe, Edmond Renia, Armelle Masson et Jean Roger pour votre aide sur les missions de terrain. Merci à Emmanuelle Chartier, pour sa bonne humeur, sa motivation sur le terrain, ainsi que son article sur l'étude. Merci à André Anglade pour son aide dans la partie technique.

Je n'oublie pas les personnes sans qui la technique de capture à la ligne n'aurait pu fonctionner, merci à Xavier Kieser et Olivier Oettly pour la pêche des appâts.

Je n'oublie pas non plus les financeurs de cette étude, merci à la DEAL (dont Franck Mazéas et Mélina Laurent), merci à Te Me Um, merci aux Fonds Bleu. Ainsi que nos collaborateurs : le Shark Lab (BBFS) et Kevin Feldheim.

Et merci à Maxime Sebe de m'avoir soutenue du début à la fin, d'avoir été présent à mes côtés pendant mes moments de doutes et de stress mais aussi mes moments de bonheur. Merci aussi pour le temps passé avec moi pour la préparation du matériel.

Et je souhaite remercier ma famille qui m'a toujours encouragée à faire mes propres choix.

Table des matières :

Résumé

Remerciements

Liste des figures, liste des tableaux

1. INTRODUCTION 1
2. MATERIEL ET METHODE 2
2.1. SITE DE L'ETUDE 2
2.2. STRATEGIE D'ETUDE 3
2.3. CAPTURE DES REQUINS 4
2.3.1. Capture des juvéniles 4
2.3.2. Capture des sub-adultes et des adultes 7
2.4. MANIPULATION DES REQUINS 8
2.5. SUIVI 10
2.5.1 Suivi des juvéniles 10
2.5.2. Suivi des sub-adultes et adultes 13
2.6. ANALYSES DES ENREGISTREMENTS VIDEO 14
2.7. TRAITEMENT DES DONNEES 15
2.8. CALENDRIER 15
3. RESULTATS 15
3.1. REUSSITE DU PROTOCOLE 15
3.1.1. Capture 15
3.1.2. Technique d'identification 16
3.1.3. Technique de suivi 17
3.1.3.1. Suivi des juvéniles 17
3.1.3.2. Suivi des sub-adultes et adultes 17
3.2. ABONDANCE ET DISTRIBUTION 18
3.2.1. Abondance et distribution des juvéniles 18
3.2.1.1. Données biologiques 18
3.2.1.2. Abondance des juvéniles 19
3.2.1.2. Répartition des juvéniles 19
3.2.1.2.1. Répartition générale des juvéniles 19
3.2.1.2.2. Répartition des requins marqués 20
3.2.1.2.3. Paramètres pouvant influencer la répartition 23
3.2.2.1. Répartition des sub-adultes et adultes 26
3.2.1.2. Abondance des sub-adultes et adultes 27
4. DISCUSSION 27
4.1. BILAN ET ANALYSE METHODOLOGIQUE 27
4.1.1. Technique de capture 27
4.1.2. Technique d'identification des individus 29
4.1.3. Technique de suivi 29
4.2. DONNEES SUR L'ABONDANCE ET LA REPARTITION 30
4.2.1. Abondance et répartition des juvéniles 30
4.2.2. Abondance et répartition des sub-adultes et adultes 33
5. CONCLUSION 34
Références bibliographiques 36
Sommaire des annexes 37

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du site de Petite Terre....3
Figure 2. Petite Terre, deux îlets séparés par un lagon....4
Figure 3. Capture de juvéniles à la senne....5
Figure 4. Capture de juvéniles au filet maillant : mise en place du filet....5
Figure 5. Capture de juvéniles à la ligne....6
Figure 6. Capture de juvéniles à l'épuisette....6
Figure 7. Capture de juvéniles à l'épervier : jeté du filet....7
Figure 9. Schéma d'une palangre de surface à 3 lignes....8
Figure 8. Schéma d'un dispositif de lignes lestées....8
Figure 10. Marques colorées utilisées....9
Figure 11. Marque colorée « T-Bar » jaune posée sur la première dorsale côté gauche....9
Figure 12. Technique d'identification : marques colorées....9
Figure 13. Manipulation des juvéniles....10
Figure 14. Station d'enregistrement....11
Figure 15. Représentation des différents sites rencontrés sur le pourtour de l'îlet de Terre de Bas....11
Figure 16. Protocole de test pour le suivi des juvéniles....12
Figure 17. Nombre moyen de détections de requins en fonction de la technique de suivi....13
Figure 18. Localisation des stations d'acquisitions....14
Figure 20. Champ de vision d'une station....14
Figure 19. Schéma d'une station GoPro©....14
Figure 21. Représentation des jours de terrain....15
Figure 22. Répartition en temps des efforts de capture....16
Figure 23. Répartition du nombre de requins capturés par technique....16
Figure 24. Quelques résultats de la pose de marques sur la dorsale....17
Figure 25. Représentation du sexe ratio chez les juvéniles marqués....18
Figure 26. Représentation du nombre de requins marqués sur les différents sites....19
Figure 27. Observations moyennes de requins par suivi....19
Figure 28. Répartition de l'ensemble des observations de requins par site....20
Figure 29 :Cartes individuelles des requins marqués....22
Figure 30. Effet de la marée sur le rivage....23
Figure 31. Représentation du nombre d'observations de requins et de la hauteur d'eau par suivi....24
Figure 32. Analyse canonique des correspondances entre la répartition des individus marqués et différentes variables....26
Figure 33. Nombre d'observations de requins par caméra....26
Figure 34. Nombre d'observations de requins par jour (pondéré)....26
Figure 35. Observations de requins par jour pour chaque station. Les croix rouges représentent les stations non actives....27

Liste des tableaux

Tableau 1. Conditions d'utilisation des techniques de capture....7
Tableau 2. Effort de capture par technique....16
Tableau 3. Tailles et poids des juvéniles....18
Tableau 4. Surface des sites et nombre moyen d'observations par site pondéré à une même surface....20
Tableau 5. Observations des requins marqués sur les 18 réplicats....21
Tableau 6. Distance maximale observée pour chaque juvénile marqué....21
Tableau 7. Attribution de codes par site pour l'ACC....25

1. INTRODUCTION

Le requin citron, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), est une espèce de requin côtière (Compagno 1988). Il est présent dans l'ouest de l'océan Atlantique (New Jersey au sud du Brésil, Caraîbes, Golfe du Mexique, Bahamas), le nord-est Atlantique (Sénégal, Côte d'Ivoire) ainsi que dans le tropical est du Pacifique (Sud de Californie, Golfe de Californie à l'Equateur)(Compagno, 2005 ; Springer, 1950).

Cette espèce de requin est l'une des plus étudiées dans le monde. D'après des études menées, seul le mâle mature effectuerait de grandes migrations pour se reproduire. Les femelles ainsi que les mâles immatures seraient plutôt considérés comme résidents (Kessel et *al.*, 2009). Cependant, les femelles peuvent quitter leur site de résidence sur une courte période pour mettre bas (cas des Bahamas où les femelles sont présentes seulement en période de mise bas). Ils vivent en solitaire mais peuvent former parfois des petits groupes.

Les juvéniles, quant à eux, peuvent former des groupes allant jusqu'à 25 individus (Freitas et *al.*, 2006 ; Ache de Freitas et *al.*, 2009 ; Guttridge et *al.*, 2009). Pendant leurs premières années (3 - 4 ans), ils utilisent une zone appelée « nurserie » pour laquelle ils ont une grande fidélité (Springer, 1950 ; Morrissey et Gruber 1993a ; Edre'n et Gruber, 2005 ; Morrisey et Gruber 1993b, Chapman et *al.*, 2009 ; Feldheim et al., 2002, Kessel et *al.*, 2009 ; Reyier et *al.*, 2008). Cette zone est caractérisée par une protection partielle ou totale par une barrière naturelle (mangrove, récif), une eau peu profonde (inférieure à 50 cm) avec une température élevée. Ainsi, ils y trouvent une protection contre les prédateurs, dont les requins de plus grosse taille et les barracudas (*Sphyraena barracuda*) (Francks, 2007) ainsi que des proies potentielles. Plus le juvénile va grandir et son aire de répartition s'étendra (Kessel, 2004 ; DiBattista et *al.*, 2007).

Depuis la mise en réserve des îlets de Petite Terre (Guadeloupe) en 1998, sous la gestion de l'ONF, les observations de requins citron y sont de plus en plus fréquentes. De nombreux juvéniles sont observés le long du rivage tandis que des individus de taille plus importante sont parfois rencontrés dans le lagon.

Ces requins exercent un attrait auprès des touristes : d'après une étude de perception menée par Kevin Chong-Pan (stage de master 1ère année UAG/ Kap Natirel en janvier 2013), 89% des croisiéristes pensent que la présence des requins est un atout pour l'activité touristique. Sur les 165 touristes interrogés, 72% des personnes connaissaient la présence des requins citron à Petite Terre et 85% ne se sentent pas en danger par cette présence.

Cependant avec les problèmes liés au « risque requins » que subit actuellement la Réunion, certains acteurs de la Réserve (croisiéristes) sont plutôt mitigés par rapport à cette augmentation de requins aux abords de Petite Terre. A ce jour, seule une morsure de requin a été recensée sur le site : début 2012, un adolescent a pratiqué du nourrissage pour essayer d'attraper un requin juvénile. Ce dernier s'est retourné et a mordu la jambe de l'adolescent.

Afin de limiter les risques à la fois pour les hommes, mais aussi pour les requins, le conservateur de la Réserve Naturelle souhaite évaluer les interactions qui existent entre eux. Pour cela il est nécessaire d'avoir un minimum d'information sur la biologie et l'écologie de l'espèce considéré.

Depuis de nombreuses années le Bimini Biological Field Station (BBFS) travaille sur cette espèce. Leurs sujets d'études sont très variés (organes visuels, reproduction, vitesse de déplacement, relation sociale…). De nombreuses informations sont aussi recensées dans la littérature sur ce requin. Cependant, les sites d'études sont peu variés (Bahamas, Floride, Brésil, Venezuela) et les données ne sont pas représentatives de l'ensemble de la zone de répartition du requin citron. En effet, il a été démontré des différences au niveau de la biologie de l'animal en fonction du site (taux de croissance, alimentation…). Il serait donc inadapté d'utiliser pour la Guadeloupe, les données obtenues sur des sites d'étude éloignés.

A ce jour, en Guadeloupe, aucune étude sur les requins n'a été effectuée. Ceci peut s'expliquer par la faible consommation de cet animal ainsi que l'absence d'attaques recensées sur l'homme.

Depuis début 2012 l'association Kap Natirel, en collaboration avec la DEAL, réfléchit à la mise en place d'une étude afin d'obtenir les premières données sur les requins citron de Petite Terre. Cette étude a pour objectif d'obtenir des informations sur l'abondance et la répartition des requins citron sur le site de la réserve naturelle de Petite Terre. Il sera nécessaire de trouver des méthodes efficaces et adaptées au site d'étude afin de répondre à cette problématique.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. SITE DE L'ETUDE

L'étude a été menée dans la Réserve Naturelle des Ilets de Petite Terre (16° 10′ 15″ N ; 61° 06′ 55″ W ; WGS 84), en Guadeloupe (Fig. 1). Cette réserve, co-gérée

par l'association Tité et l'Office National des Forêts (ONF), est située sur le territoire communal de La Désirade et couvre une superficie de 990 ha. La zone marine représente 842 ha, et les deux ilets, Terre de Bas et Terre de Haut, respectivement 117 ha et 31 ha. Cette île n'abrite aucun résident à l'exception des gardes de la réserve qui se relaient afin d'assurer la surveillance du site. La fréquentation touristique de ce site est très importante (environ 30 000 visiteurs par an).Ce site est un lieu remarquable en ce qui concerne la biodiversité terrestre et marine.

Figure 1 : Localisation du site de Petite Terre (www.reservepetiteterre.org)

2.2. STRATEGIE D'ETUDE

L'objectif de cette étude est d'obtenir des données préliminaires concernant l'abondance et la répartition sur les requins citron de Petite Terre. Pour obtenir ces données, le choix s'est porté sur le suivi des requins. D'après des témoignages, les juvéniles sont vus sur des zones à proximité des îlets tandis que les sub-adultes et adultes sont observés dans le lagon situé entre les deux îlets. Ceci corrobore les informations issues de la littérature : la répartition des requins citron varie en fonction du stade de vie (Sundström, 2010). Il a donc été choisi de différencier les techniques employées pour le suivi des juvéniles de celles employées pour le suivi des sub-adultes et adultes. Pour les juvéniles, le suivi se portera exclusivement sur les bords des îlets, tandis que pour les sub-adultes et adutes il sera fait dans le lagon situé entre les deux îlets (voir figure 2).

Afin d'avoir des informations plus précises sur la répartition des requins, ces derniers sont identifiés individuellement. Il est alors nécessaire de procéder à la capture des requins.

Figure 2. Petite Terre, deux îlets séparés par un lagon. L'encadré en bleu représente les limites de ce qui est défini comme « lagon ». Fond de carte : ortho photo IGN 2004.

2.3. CAPTURE DES REQUINS

Dans cette étude, il a été décidé de parler de juvénile pour un individu dont la taille est inférieure à 70 cm (LS[1]),de sub-adulte pour un individu de taille comprise entre 70 cm et 180 cm (LS) et d'adulte pour un individu de taille supérieure à 180 cm (LS) (Feldheim et *al.*, 2002).

Afin d'avoir l'expérience nécessaire, une formation de huit jours a été effectuée au BBFS en janvier 2013. Lors de cette formation, différents types de captures ont été utilisés :

- le filet maillant (exclusivement pour les juvéniles)
- la ligne lestée
- la ligne (exclusivement pour les juvéniles)
- la palangre en eaux peu profondes

Cependant, les conditions environnementales présentes sur le site d'étude n'étant pas les mêmes que celles des Bahamas, il a été nécessaire d'adapter les techniques de capture.

En accord avec la demande du conservateur de la Réserve Naturelle, aucune technique de capture n'a été utilisée devant les touristes (c'est-à-dire, de 9 h 30 à 16 h 00 sur les sites à présence touristique).

2.3.1. Capture des juvéniles

Différentes techniques ont été utilisées pour capturer les juvéniles :

[1] LS : abréviation pour « longueur standard », mesure prise de l'extrémité du museau de l'animal jusqu'à l'insertion de la caudale (voir annexe 1).

- **la senne de plage:**

Un filet de 24 m de long et 1,5 m de hauteur est posé perpendiculairement au rivage. Une fois le requin près du filet, la deuxième partie du filet est déployée circulairement de façon à piéger le requin dans l'enceinte ainsi formée. Puis, la surface formée par la senne est réduite progressivement. Une fois le requin capturé à l'épuisette, il est transféré dans le bac de manipulation. Cette technique est représentée dans la figure 3.

Figure 3. Capture de juvéniles à la senne. Crédit photo : Marianne Aimar / Fonds Bleu / 2013.

- **le filet maillant :**

Un filet droit de 10 m de long et 1m de hauteur, avec des mailles de 10 cm est disposé de façon perpendiculaire au trajet généralement réalisé par les juvéniles (témoignages) afin que ces derniers puissent se prendre dans les mailles du filet. Un contrôle visuel du dispositif est effectué au moins toutes les 15 minutes afin de limiter le stress des requins pris dans le filet, et le risque qu'ils ne se blessent dans les mailles. Une fois capturés, ils sont disposés dans le bac de manipulation. Cette technique est représentée dans la figure 4.

Figure 4. Capture de juvéniles au filet maillant : mise en place du filet. Crédit photo : Océane Beaufort / UAG / 2013.

- **la ligne :**

Le bas de ligne est formé d'un câble en acier (1,6 mm de diamètre) avec à l'extrémité un hameçon circulaire (taille 7). L'ardillon[2] de l'hameçon est aplati afin de faciliter le retrait de l'hameçon de la gueule du requin. Différents types d'appâts pêchés hors réserve sont utilisés : morceaux de barracuda, baliste gris, thon, poisson lion. Une fois le requin attrapé, il est mis dans le bac de manipulation et l'hameçon est aussitôt enlevé. Cette technique est représentée dans la figure 5.

Figure 5. Capture de juvéniles à la ligne. Crédit photo : Océane Beaufort / UAG / 2013.

- **l'épuisette :**

Très pratique et peu stressante pour les requins. Elle est utilisée lorsque la profondeur d'eau est très faible, le requin a une partie du corps hors de l'eau et perd ainsi de l'agilité. Cette technique peut aussi être utilisée lorsque le requin emprunte des couloirs étroits pouvant être bloqués par les épuisettes. Cette technique est représentée dans la figure 6.

Figure 6. Capture de juvéniles à l'épuisette. Crédit Photo Sophie Bédel / Kap Natirel / 2013.

[2] Ardillon : partie de l'hameçon formant la contre-pointe qui empêche le poisson de se décrocher.

- **l'épervier :**

Un filet, de forme conique et lesté à la base, est envoyé en direction du requin. Cette technique est représentée dans la figure 7.

Figure 7. Capture de juvéniles à l'épervier : jetée du filet. Crédit photo : Kap Natirel / 2013.

Le choix dans l'utilisation d'une technique plutôt qu'une autre s'est porté sur des conditions environnementales (voir tableau 1).

Tableau 1 : Conditions d'utilisation des techniques de capture.

Technique	Etat de la mer	Substrat	Hauteur d'eau	Visibilité de l'eau	Risque pour le requin
Senne	non agitée	sableux	< 1,5 m	moyenne à bonne	faible
Filet maillant	non agitée	NI	< 1,5 m	bonne	modéré
Ligne	non agitée à peu agitée	NI	NI	moyenne à bonne	modéré
Epuisette	non agitée à peu agitée	NI	< 0,50 m	bonne	faible
Epervier	non agitée	sableux	< 1,0 m	bonne	faible

NI = paramètre non important dans le choix de cette technique

2.3.2. Capture des sub-adultes et des adultes

Deux techniques ont été utilisées : un dispositif de lignes lestées ainsi qu'une palangre en eau peu profonde.

Le dispositif de lignes lestées est un mélange entre deux techniques de capture : celle utilisée en Polynésie par Eric Clua pour capturer des requins tigre (*Galeocerdo cuvier*) dans un milieu récifal et celle utilisée par le BBFS aux Bahamas pour capturer des requins citron dans la mangrove. Cette technique est représentée dans la figure 8.

La palangre de surface est constituée d'une ralingue sur laquelle on pose des morceaux de cordage commençant par un flotteur et se terminant par un hameçon. Dans cette étude, la palangre portait 6 lignes. Cette technique est représentée dans la figure 9.

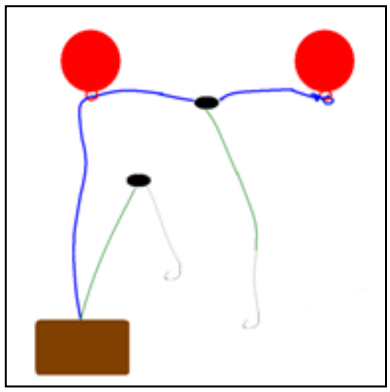


Figure 8. Schéma d'un dispositif de lignes lestées.

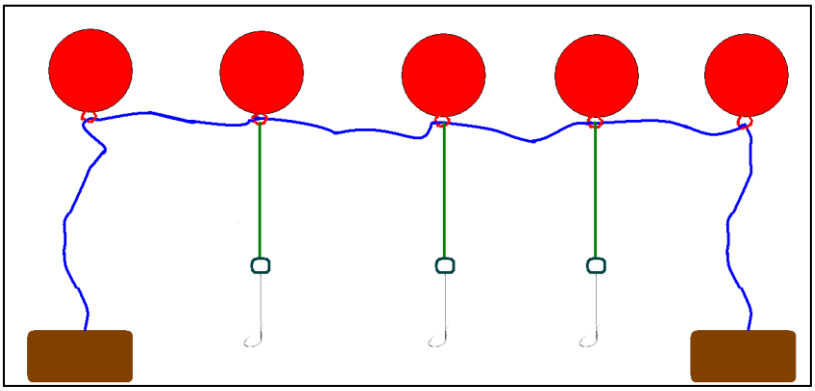


Figure 9. Schéma d'une palangre de surface à 3 lignes.

2.4. MANIPULATION DES REQUINS

Afin de faciliter leur manipulation, les individus dont la longueur totale (LT[3]) est inférieure à 1m sont disposés dans un bac de manipulation tandis que les individus dont la LT est supérieure à 1m sont immobilisés le long d'un bateau.

Une fois qu'un requin est capturé et immobilisé la manipulation peut commencer :

- trois mesures sont prises : longueur totale (LT), longueur standard (LS), longueur à la fourche (LF[4]) (voir figure 13 et annexe 2) ;
- prise du poids (seulement pour les individus de LT inférieure à 1m) grâce à l'utilisation d'un harnais et d'un peson de pêche ;
- identification du sexe (par la présence/absence de ptérygopodes[5]) ;
- relèvement de toute trace permettant d'identifier l'individu (cicatrice, pigmentation particulière, entaille, déformation) appelées « marque individuelle » ;
- deux prélèvements d'échantillons de peau sont effectués sur les dorsales pour des analyses sur l'ADN et les isotopes stables[6]

Ces échantillons sont ensuite envoyés à Kevin Feldheim, collaborateur dans cette étude, manager du laboratoire Pritzker au Musée d'Histoire Naturelle de Chicago. Cette partie

[3] LT :«longueur totale », mesure prise de l'extrémité du museau de l'animal jusqu'à la l'extrémité de la caudale (voir annexe 1).

[4] LF : « longueur à la fourche », mesure prise de l'extrémité du museau de l'animal jusqu'à la fourche de la caudale (voir annexe 1).

[5] Chez les requins et les raies mâles, un ptérygopode est l'organe servant à la transmission du sperme jusqu'au cloaque (orifice urino-génital) de la femelle. Le ptérygopode résulte de la mutation de la nageoire pelvienne en un tuyau articulé pouvant être muni d'une épine.

[6] Isotope stable : La méthode des isotopes stables permet d'obtenir des informations sur l'éthologie alimentaire d'un individu.

(ADN et isotope stable) ne sera pas prise en compte durant cette étude en raison des délais d'analyses ;

- la pose de marques externes colorées, qui permet de faciliter l'identification des individus sans devoir les recapturer.

Pour le marquage, deux types de marques colorées sont prévus :

- « T-Bar » pour les individus de taille inférieure à 1,3 m (Floytag) (figure 10 et figure 11), leur durée d'utilisation étant proche des 2 mois (lié à un développement algal et à la perte de la marque) ;
- « Stainless head dart tag » pour les individus de taille supérieure à 1m30 (Floytag), durée de vie plus longue que les « T-Bar » (lié au système d'accroche)(figure 10).

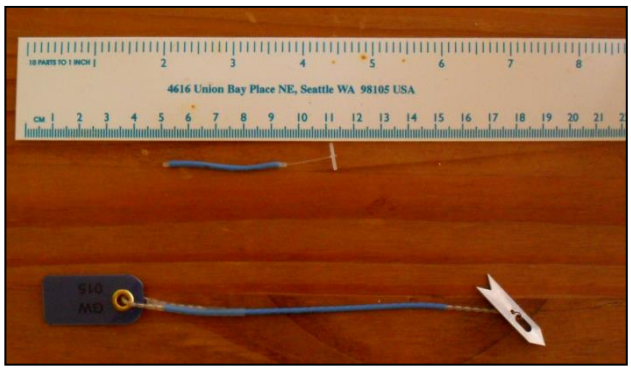


Figure 10. Marques colorées utilisées. En haut marque de type « T-Bar », en bas marque de type « Stainless head dart tag ». Crédit photo : Océane Beaufort / UAG / 2013.

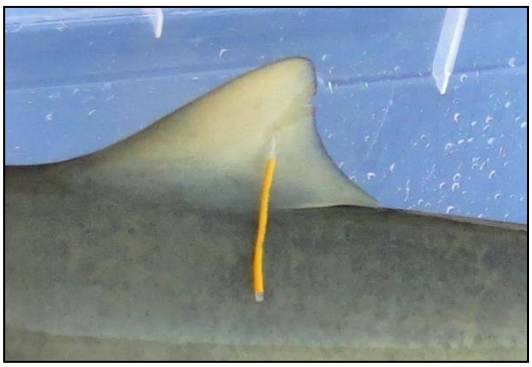


Figure 11. Marque colorée« T-Bar » jaune posée sur la première dorsale côté gauche. Crédit photo : Océane Beaufort / UAG / 2013.

Chaque individu marqué a un numéro unique. Par ailleurs, afin de limiter les recaptures d'individus, une identification par code couleur couplée à l'emplacement de la marque a été mise en place (voir figure 12). Avec cette technique, 24 individus peuvent être identifiés.

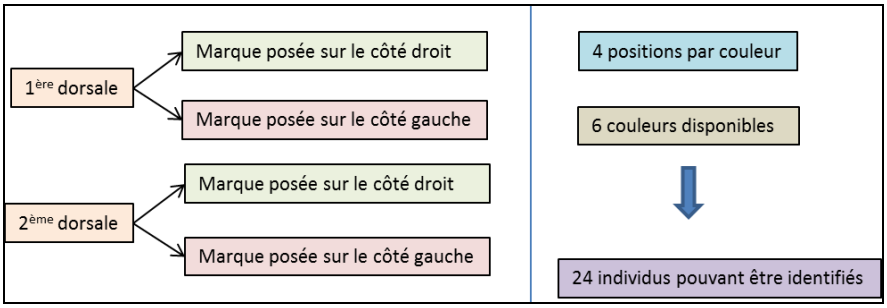


Figure 12. Technique d'identification : marques colorées.

Le marquage des requins s'est fait sur 4 zones de l'îlet de Terre de Bas. À chacune de ces zones est attribuée une couleur de marque. Dans une même zone, lorsque les 4 combinaisons possibles sont utilisées, une nouvelle couleur de marque est attribuée à la zone.

Figure 13. Manipulation des juvéniles. a : Requin mis en catalepsie pour faciliter la recherche de marques individuelles ; b : pesée d'un juvénile ; c : pose d'une marque sur la première dorsale ; d : mesure d'un juvénile. Crédit photo : a, c, d : Franck Mazéas / DEAL / 2013; b : Alexandra LeMoal / Kap Natirel / 2013.

2.5. SUIVI

2.5.1 Suivi des juvéniles

Deux protocoles ont été testés:

- **un suivi par acquisition d'images sous-marines :**

Des systèmes d'enregistrements sont déployés sur Terre de Bas dans la partie bordant le lagon. Ces systèmes d'enregistrements sont formés chacun par deux caméras du type « GoPro© Hero3 Silver édition », posées dos à dos sur un support, on parlera de « station GoPro© » (figure 14).

Les stations sont disposées à distance égale les unes des autres. La pose est faite le matin (8h00) et l'après-midi (14h00) pour une durée de 2 heures à chaque fois.

Figure 14. Station d'enregistrement. Crédit photo : Franck Mazeas / DEAL / 2013.

- **un suivi terrestre en bord de mer :**

Ce suivi sera effectué seulement sur l'îlet de Terre de Bas afin d'avoir un nombre de réplicats permettant d'obtenir un nombre suffisant dans les données.

Le tour de Terre de Bas est considéré comme un transect[7] qui traverse différents sites. Ces sites sont définis par leur topographie et non par des distances équivalentes (figure 15). Ainsi, les sites n'ont pas la même surface. Le transect sera prospecté le matin (8 h 00) et l'après-midi (14 h 00) en partant du même site, et toujours dans le même sens (anti horaire).

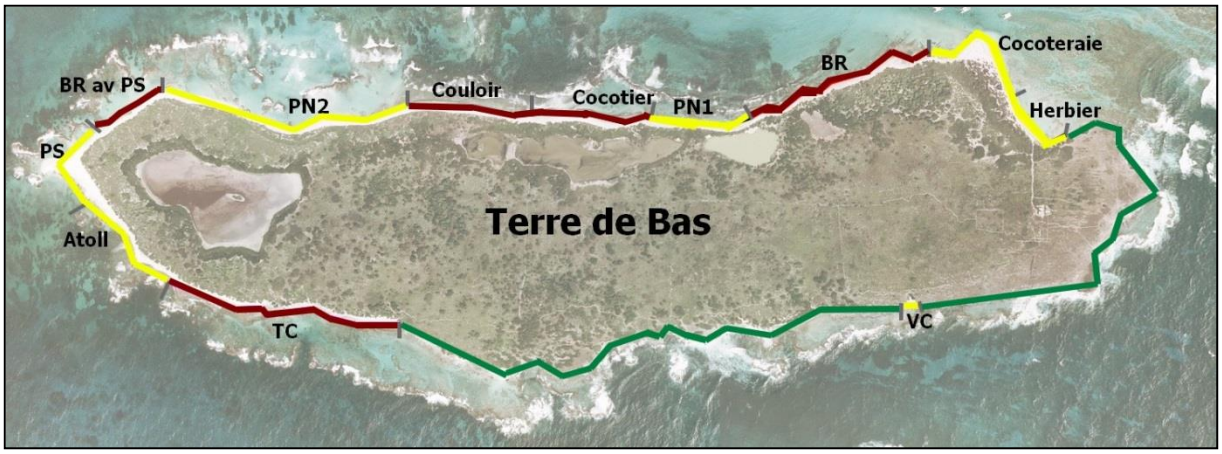


Figure 15. Représentation des différents sites rencontrés sur le pourtour de l'îlet de Terre de Bas. Fond de carte : ortho photo IGN 2004. En jaune sont représentées les zones sableuses, en marron les zones à beach rock et en vert les zones à côtes rocheuses ou falaises.

Le transect est défini par la ligne de rivage lorsque le lagon afférent comporte une hauteur d'eau permettant le déplacement des requins juvéniles (estimé à une hauteur minimale de 25 cm). Seront considérées comme « zones hors transect » les zones où l'observateur est à plus d'1 m de la ligne de rivage car il lui sera impossible d'identifier l'individu (cas des

[7] Un transect est une ligne virtuelle ou physique que l'on met en place pour étudier un phénomène où l'on comptera les occurrences (source : www.wikipedia.fr).

falaises par exemple). L'observateur se déplacera à une vitesse constante (3,5 km/h[8]) tout le long du transect. Lorsqu'il suit le transect il est considéré en mode « effort de recherche ».

Lorsqu'un requin est observé, afin de faciliter l'identification de celui-ci, l'observateur peut quitter le mode « effort de recherche » pour être en mode « rapprochement ». Ce dernier ne peut pas dépasser plus de 5 min. A la fin de ce mode, l'observateur reprend le mode « effort de recherche » à l'emplacement où il l'avait quitté. Si un requin est observé une seconde fois après un mode « rapprochement », il n'est marqué qu'une seule fois.

Quand un requin est observé, sa localisation et son identification sont relevés sur une carte de Terre de Bas. Par ailleurs, un tableau est complété renseignant l'heure d'observation, le temps du mode « rapprochement » ainsi que des paramètres environnementaux (état de la mer, luminosité, marée).

Dans d'autres études sur les requins citron, le paramètre « marée » semble influencer la répartition des individus (Wetherbee et *a.l*, 2007). Il a été décidé de relever ce paramètre pour vérifier si la marée influence ou non la répartition des juvéniles sur le site de Petite Terre. Les données ont été récupérées sur le site suivant : http://www.ioc-sealevelmonitoring.org avec comme station météo celle de la Désirade (16° 19′ 08″ N , 61° 02′ 48″ W ; WGS 84).

Afin de définir quel protocole est le plus efficace et fiable un test a été effectué :

Une station GoPro© est positionnée au centre d'un cercle virtuel de 20 m de diamètre et enregistre pendant 15 minutes. Pendant ce temps-là, l'observateur se positionne sur le cercle et prend en compte chaque requin observé dans le cercle défini (voir figure 16) ; quand un requin quitte le cercle, il sera compté une nouvelle fois s'il revient dans le cercle.

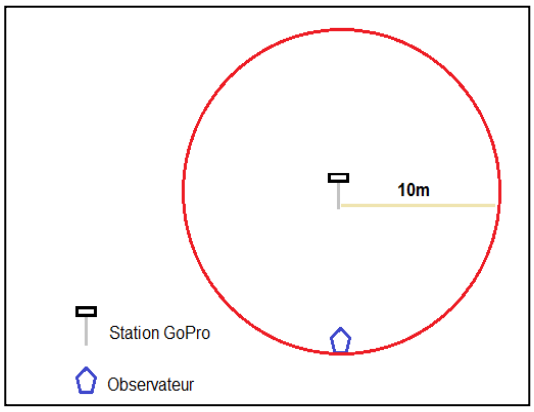


Figure 16. Protocole de test pour le suivi des juvéniles.

[8] Cette vitesse a été calculée par la distance totale (distance de tous les sites) et le temps mis pour parcourir l'ensemble des sites.

Comme la caméra ne filme pas sur un angle de 360° et que la visibilité est inférieure à 10 m lorsqu'elle est près du rivage, un calcul a été effectué pour déterminer le temps nécessaire à un requin pour effectuer un aller-retour entre la station et la limite du cercle (distance de 20m). Avec une vitesse moyenne de déplacement de 0,22 $m.s^{-1}$ (valeur obtenue par un calcul via des observations d'images sous-marines), une distance de 20 m sera parcourue en 1,50 min. Ainsi, pour un individu observé à plusieurs reprises sur les caméras, seuls les passages espacés d'au moins 1,5 min seront comptabilisés.

Six tests au total ont été effectués, cependant seulement 4 seront retenus. Deux seront éliminés à cause de problèmes lors de l'enregistrement des images. En moyenne, l'observateur a détecté 15 passages de requins dans la zone tandis que les caméras en ont détecté moins de 7. Les résultats sont représentés dans le tableau 1. Aucun test statistique n'a pu être utilisé lié au faible nombre de réplicats. Néanmoins, les résultats montrent que l'observateur est plus efficace que la station d'enregistrement. C'est donc le suivi par transect qui a été retenu.

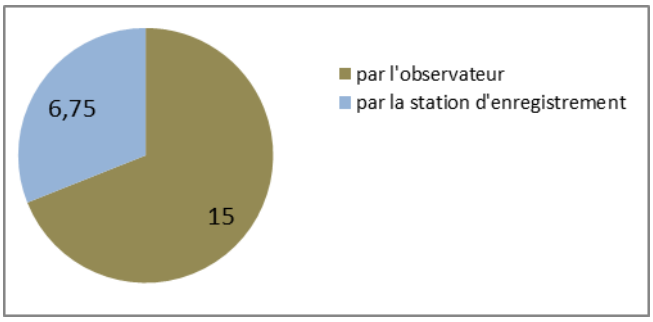


Figure 17. Nombre moyen de détections de requins en fonction de la technique de suivi.

- **Observation ponctuelle :**

Afin d'obtenir le plus de données sur les juvéniles, chaque observation de requins sera répertoriée. Les données suivantes seront renseignées : date, heure, site, présence/absence de marques colorées, identification.

2.5.2. Suivi des sub-adultes et adultes

Un seul protocole a été envisagé. Il est basé sur l'acquisition d'images sous-marines. Huit systèmes d'enregistrements semblables à ceux envisagés pour le suivi des juvéniles sont déployés[9] à des emplacements jugés stratégiques (2 stations à chacune des passes du lagon, et

[9] Les supports sont posés une fois en début de période pour l'ensemble de l'étude. Ils ont été pensés de sorte à ce que les caméras soient amovibles.

4 stations dans le lagon (voir figure 18)). Les stations sont déployées avec un temps de décalage d'environ 30 min (lié au temps nécessaire pour poser les stations une à une).

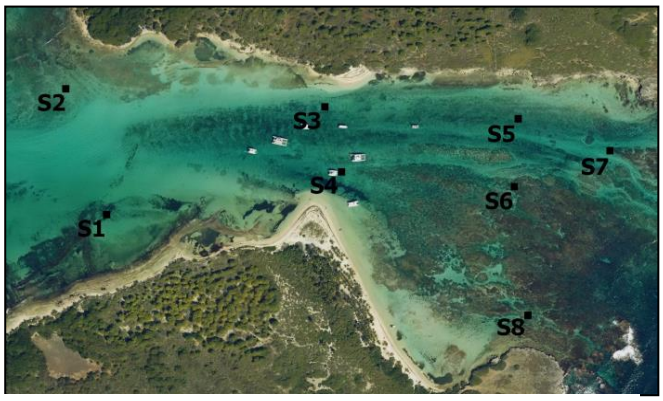


Figure 18. Localisation des stations d'acquisitions. Fond de carte : ortho photo IGN 2004.

Chaque caméra est configurée de la façon suivante : mode 960 (qui correspond à la taille de l'image, soit 1280 x 960 pixels), mode W (à l'angle de vue : 170° en horizontale et de 127° en vertical)(se référer à la figure 19 et20). Le champ de vision pour chaque station a été estimé à près de 10 m. Ainsi, chaque caméra recouvre une superficie proche de 148,27 m².

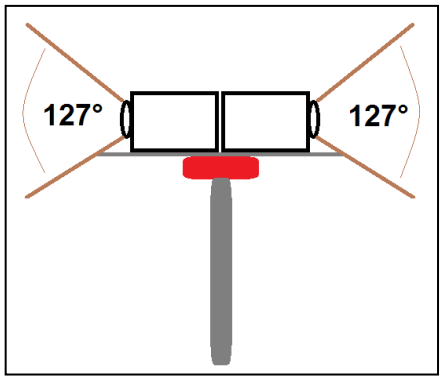


Figure 19. Schéma d'une station GoPro©.

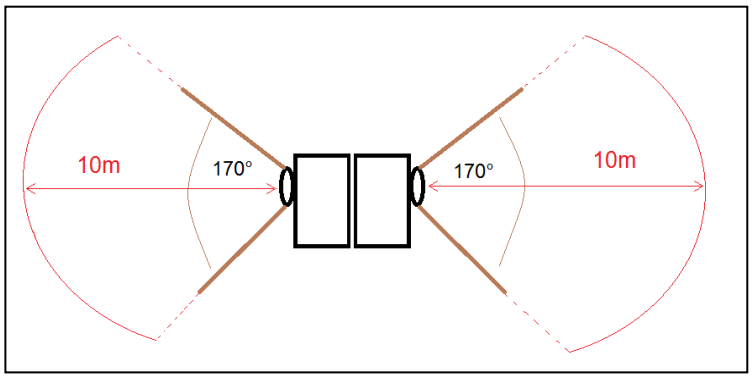


Figure 20. Champ de vision d'une station.

2.6. ANALYSES DES ENREGISTREMENTS VIDEO

Les enregistrements sont visionnés en vitesse rapide (x4) sur le logiciel Windows media© pour rechercher la présence de requins. Le logiciel GoPro Cine Form© est utilisé pour faire des zooms sur les vidéos.

Afin d'éviter que la même observation soit comptée deux fois (sur la caméra A et sur la caméra B de la même station), si les observations vues sur les deux caméras d'une même station ont un délai d'écart de moins d'une minute, alors elles ne compteront que pour une seule observation (cas lorsque le requin tourne autour de la station).

2.7. TRAITEMENT DES DONNEES

Différents logiciels ont été utilisés pour faire les analyses statistiques : XL stat©, Canoco© et R©. Les données n'étant pas distribuées normalement, les tests choisis sont non-paramétriques. Le test de Kruskal-Wallis est utilisé pour vérifier si les échantillons provenant de sites différents sont similaires. Le test de Mann-Whitney est utilisé pour comparer deux échantillons indépendants de petite taille. La corrélation de Spearman est étudiée pour vérifier s'il existe une corrélation entre différentes variables.

2.8. CALENDRIER

La première partie du mois de janvier 2013 a été consacrée à la recherche bibliographique sur l'espèce étudiée ainsi que sur les différentes techniques de suivi employées dans le milieu marin. La seconde partie a été consacrée à la formation pour la capture et la manipulation des requins. Le début du mois de février a permis de sélectionner les techniques de captures, de marquage ainsi que de suivi qui seront utilisées.

Le travail de terrain a débuté en février pour faire du repérage sur les îlets de Petite Terre. Les missions de capture ont commencé dès le 15 février. Au total, 54 jours ont été passés sur les îlets de Petite Terre. La figure 12 représente l'utilisation de ce temps lors des missions.

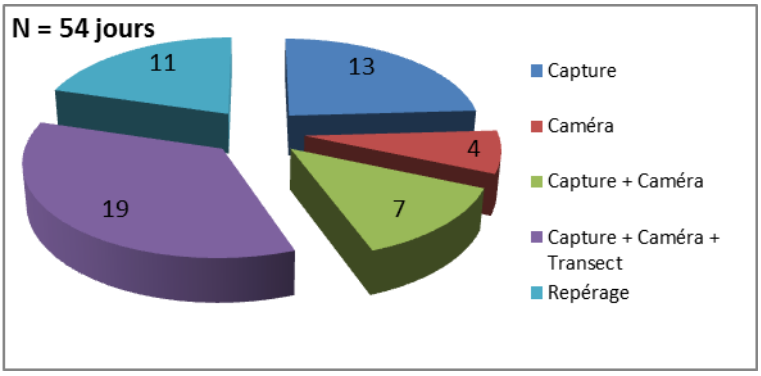


Figure 21. Représentation des jours de terrain.

3. RESULTATS

3.1. REUSSITE DU PROTOCOLE

3.1.1. Capture

Sur les 30 jours de capture effectués, un total de 40 heures et 40 minutes a été consacré à la capture de juvéniles (tableau 2). Au total 33 captures ont été effectuées sur 15 individus différents (taux de recapture élevé). Sur les différentes techniques employées, seules deux se démarquent dans leur efficacité: la ligne et la senne (figure 23 et 24). L'épervier ainsi que le

filet maillant ne se sont pas avérés efficaces, n'étant pas suffisamment lestés, les requins passaient en dessous des filets.

Concernant la capture des sub-adultes et adultes, près de 18 heures y ont été consacrées. Deux types d'engins de pêche ont été utilisés (dispositif de lignes lestées et palangre) avec différents appâts, sur 10 zones différentes et à différents moments de la journée (de jour comme de nuit). Aucun requin n'a été capturé.

Tableau 2 : Effort de capture par technique

Effort de capture (h : min)	Senne	Ligne	Filet maillant	Dispositif de lignes lestées
	18:55	21:25	0:20	17:59

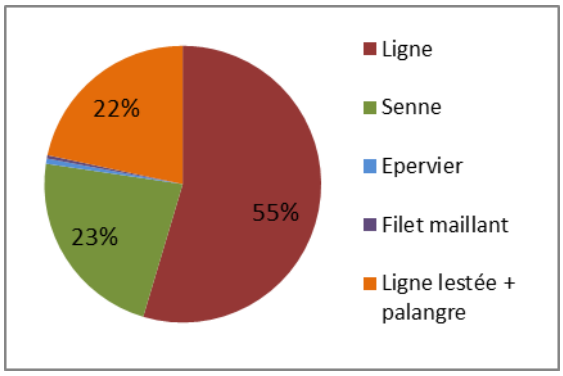


Figure 22. Répartition en temps des efforts de capture.

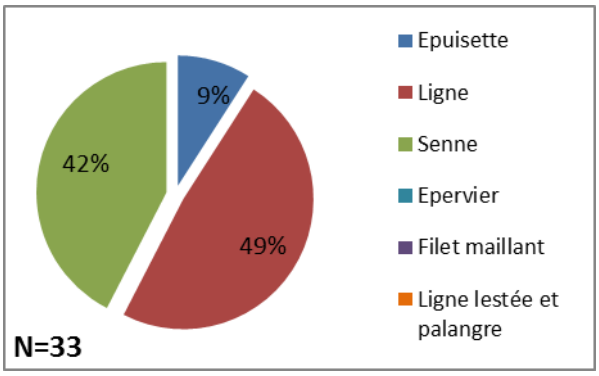


Figure 23. Répartition du nombre de requins capturés par technique.

3.1.2. Technique d'identification

- **Utilisation des marques individuelles**

Cette technique n'a pas semblé être particulièrement efficace car cette espèce cicatrise très rapidement. Il a fallu moins de 15 jours pour qu'il y ait cicatrisation de la dorsale après perte d'une marque colorée (figure 24).

- **Utilisation des marques colorées**

La taille maximale obtenue pour un requin étant de 91,6 cm seule la marque de type « T-Bar » a pu être testée. Cette technique a permis d'identifier les requins marqués.

Au bout d'environ deux semaines un développement algal important s'est manifesté sur les marques colorées limitant la distinction de leur couleur et donc sur leur identification. De plus, il a été observé sur plusieurs individus que les marques colorées peuvent entailler la dorsale pouvant aller jusqu'à la perte de la marque. Sur la figure 24 sont représentés certains cas.

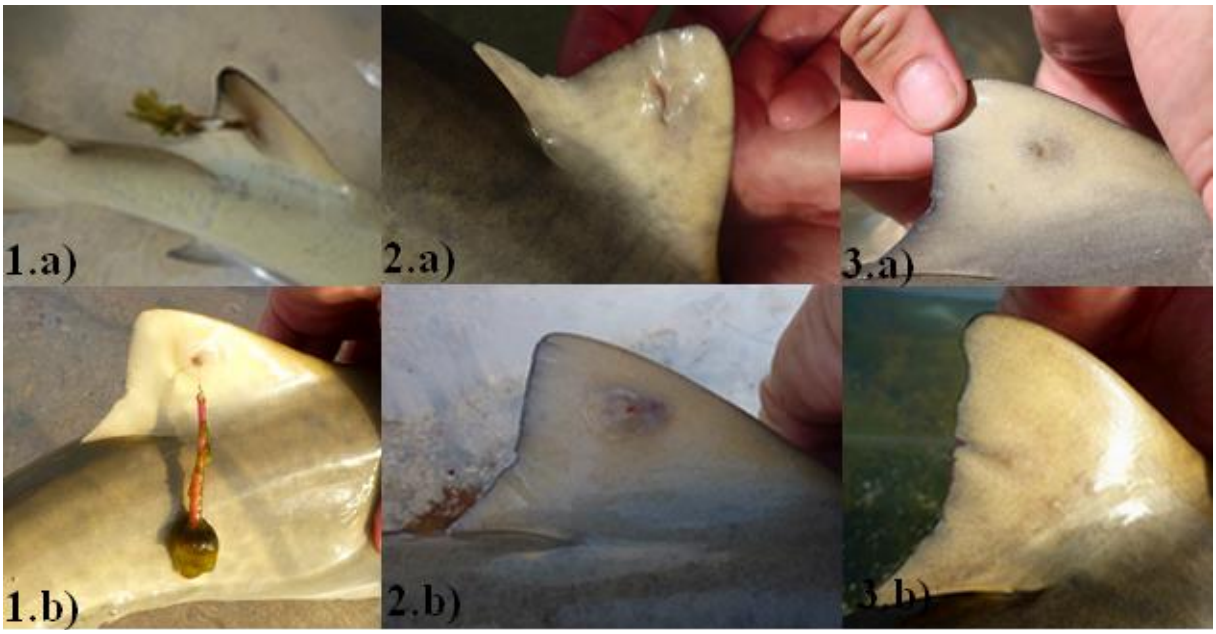


Figure 24. Quelques résultats de la pose de marques sur la dorsale. 1.a et 1.b Marques avec développement algal ; 2.a et 2.b : état de la dorsale quelques semaines après la pose de marques ; 3 : cicatrisation rapide du requin: a : 1 semaine après le retrait de la marque ; b : moins de deux semaines après la perte naturelle de la marque. Crédit photo : Alexandra Lemoal / Kap Natirel / 2013.

Chaque requin marqué a été observé au moins deux fois après la première capture.

3.1.3. Technique de suivi

3.1.3.1. Suivi des juvéniles

Dix-huit réplicats du transects ont pu être réalisés (9 à 8 heures et 9 à 14heures). C'est une technique facilement réalisable et peu coûteuse. Elle permet d'observer les juvéniles et de les suivre sans réellement interférer avec eux (contrairement à la capture/recapture). La vitesse de marche est constante : 60 min sont nécessaires pour parcourir le transect.

Des observations dans des zones « hors transect » ont été réalisées (principalement sur l'îlet de Terre de Haut.

3.1.3.2. Suivi des sub-adultes et adultes

Sur les 8 stations prévues, 2 n'ont pas pu être suivies à cause de la disparition des piquets qui maintiennent les caméras. Les 6 stations (donc 12 caméras) recouvrent près de 1779 m², soit moins d'1% de la superficie de ce qui est défini comme le « lagon » (superficie du « lagon » estimée à près de 20,8 Ha[10]). Sur les 6 stations déployées un total de 242,2 heures d'enregistrement ont été réalisées.

[10] Surface obtenue par le site Acme.com/planimetre

Cette technique a demandé beaucoup de travail (pose/retrait des caméras, entretien du matériel, visionnage des enregistrements).

3.2. ABONDANCE ET DISTRIBUTION

3.2.1. Abondance et distribution des juvéniles

3.2.1.1. Données biologiques

- **Sex-ratio**

Sur les 15 requins marqués, 9 sont des mâles et 6 des femelles (voir figure 15).

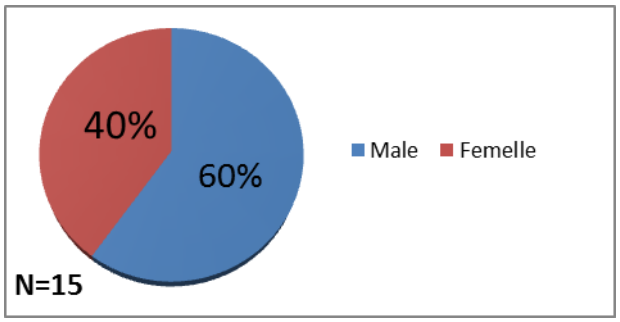


Figure 25. Représentation du sexe ratio chez les juvéniles marqués.

- **Paramètres morphologiques**

Concernant la taille, les individus capturés mesurent entre 65,5 cm et 91,6 cm de taille totale (avec une moyenne de 73,2 cm avec un intervalle de confiance de 3,2 cm). Pour le poids, il varie entre 0,9 kg et 4,9 kg (tableau 3).

Tableau 3 : Tailles et poids des juvéniles. Les données mixtes regroupent les informations des mâles et des femelles.

	Taille totale (cm)			Taille à l'échancrure (cm)			Taille standard (cm)			Poids (kg)		
	Mâle	Femelle	Mixte	Mâle	Femelle	Mixte	Mâle	Femelle	Mixte	Mâle	Femelle	Mixte
Maximum	91,0	91,6	91,6	78,0	77,4	78,0	70,0	70,0	70,0	4,6	4,9	4,9
Minimum	65,5	67,0	65,5	54,5	58,0	53,3	49,5	52,0	47,5	1,1	0,9	0,9
Moyenne	73,4	73,8	73,2	62,8	63,2	62,3	56,5	56,5	55,9	2,5	2,2	2,4
Ecart type	5,7	7,0	6,2	5,6	5,4	5,5	4,9	5,3	5,1	1,1	1,5	1,3
Nombre d'échantillons	9,0	6,0	15,0	9,0	6,0	15,0	9,0	6,0	15,0	8,0	6,0	14,0
Intervalle de confience	3,7	5,6	3,2	3,7	4,3	2,8	3,2	4,3	2,6	0,8	1,2	0,7

D'après le test de Mann-Whitney, il n'y a aucune différence significative entre les tailles des mâles et celles des femelles (p-value = 1,00; alpha = 0,05).

3.2.1.2. Abondance des juvéniles

Au total, 15 individus ont été marqués (voir figure 26).

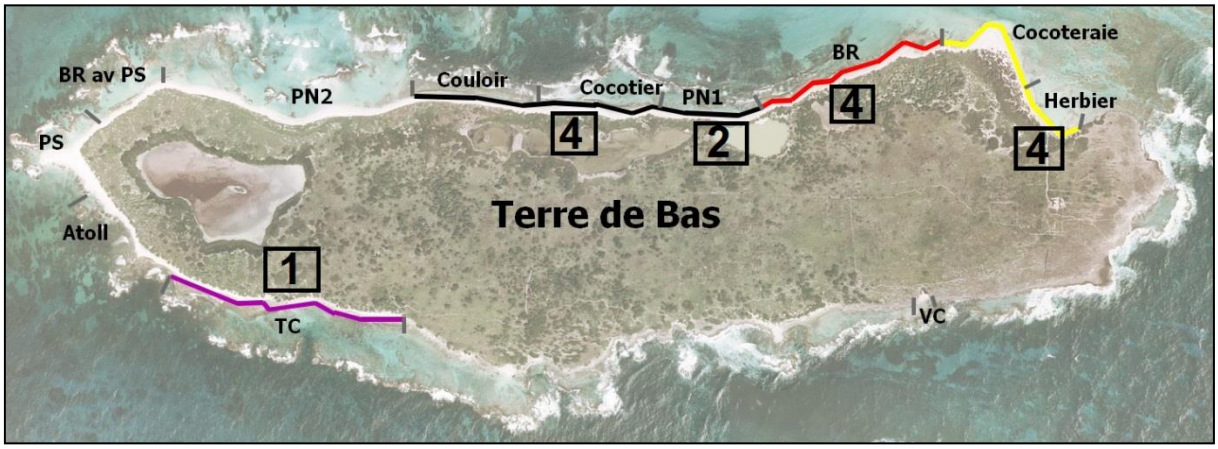


Figure 26. Représentation du nombre de requins marqués sur les différents sites. Fond de carte : ortho photo IGN 2004.

Sur l'ensemble des réplicats du transect (N=18), 228 observations de requins ont été effectuées. Le nombre maximal d'observation étant de 19 et le nombre minimal de 7. En moyenne, sur chaque réplicat du transect, près de 13 individus sont observés parmi lesquelles, près de 7 individus portent une marque, 4 sont sans marque et 2 non pas pu être identifiés (figure 27).

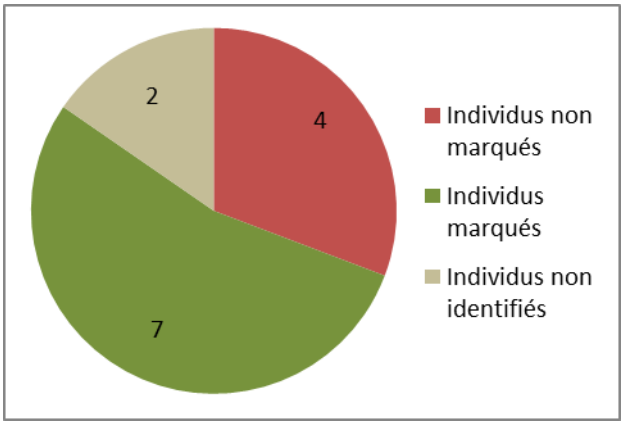


Figure 27. Observations moyennes de requins par suivi.

3.2.1.2. Répartition des juvéniles

3.2.1.2.1. Répartition générale des juvéniles

Les suivis ont permis de montrer la présence de juvéniles sur l'ensemble des sites parcourus par le transect à l'exception du site « VC ». Par ailleurs, le nombre d'observations

de requins par site varie (figure 28). Certains sites sont plus propices à l'observation des juvéniles que d'autres : « Herbier », « BR », « PN1 », « Cocotier », « Couloir » et « TC ».

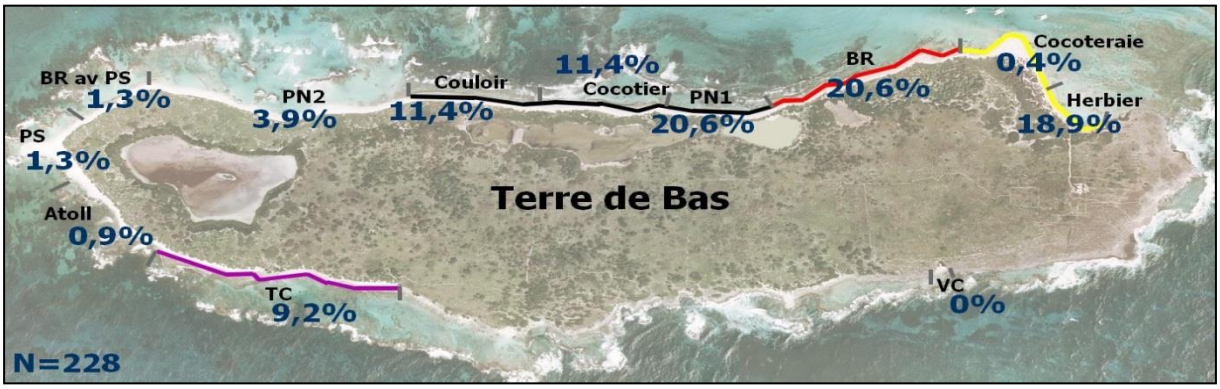


Figure 28. Répartition de l'ensemble des observations de requins par site. Fond de carte : ortho photo IGN 2004.

Le test de Kruskal-Wallis a montré de façon significative que le nombre d'observations de requins varie en fonction des sites (p-value < 0,0001 ; alpha = 0,05). Le test de comparaison multiple a montré que certains sites ont le même nombre d'observations (cas du site « Herbier » et « BR ») tandis que d'autres sites ont des nombres différents (cas du site « Herbier » et « PS »). Les résultats sont en annexe 4.

Cependant, les sites ont été délimités par leur topographie et non par des distances équivalentes. Ainsi, pour faciliter l'interprétation, le nombre moyen de requins observés par site lors du transect est pondéré par la surface du site. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Surface des sites et nombre moyen d'observation par site pondéré à une même surface.

Site	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir
Nombre moyen d'observations par réplicat	2	0	3	3	1	1
Surface des sites (m²)	3499	5007	6187	4329	3208	3955
Nombre moyen d'observations de requins pour 1000 m²	4,55	0,03	0,42	5,36	7,20	1,54

Site	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC
Nombre moyen d'observations par réplicat	1	0	0	0	1	0
Surface des sites (m²)	7515	1990	2954	3500	6300	911
Nombre moyen d'observations de requins pour 1000 m²	0,10	0,56	0,27	0,09	0,38	0,00

3.2.1.2.2. Répartition des requins marqués

Pendant les suivis par transect, les 15 individus marqués ont pu être observés à plusieurs reprises, certains plus que d'autres (tableau 5). Certains individus sont observés sur plusieurs sites différents (cas du requin Gwa 101) contrairement à d'autres (cas du requin

Gwa 022). Cependant, aucun requin marqué n'a été observé sur l'ensemble des sites du transect.

Tableau 5. Observations des requins marqués sur les 18 réplicats. Les cases colorées représentent la zone où l'individu a été capturé pour la première fois (la couleur étant celle attribuée au site de marquage).

Individu	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC	Total
Gwa 022	13												13
Gwa 025	6		1										7
Gwa 001					1								7
Gwa 099	1		17										17
Gwa 100	6		2										8
Gwa 098			1	1									2
Gwa 097													0
Gwa 101					1	2	1						4
Gwa 125						4	1		1				6
Gwa 123						1							1
Gwa 122			1			1	1						3
Gwa 127											11		10
Gwa 073					2								2
Gwa 023	1												1
Gwa 096													0

L'ajout des données issues de captures et d'observations ponctuelles aux données de suivi par transect permet d'accentuer ces derniers résultats. De plus, cela permet d'avoir une idée de l'étendue minimum de la zone de déplacement par individu (obtenue par les deux observations les plus éloignées par individu). La plus petite distance entre les différentes observations est de 403 m et la plus grande est de 1952 m. Les distances maximales observées pour chaque requin sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6. Distance maximale observée pour chaque juvénile marqué.

Individu	Gwa001	Gwa022	Gwa023	Gwa025	Gwa073	Gwa097	Gwa096	Gwa098
Distance maximale observée (m)	1035	513	1153	829	513	1310	403	1050

Individu	Gwa099	Gwa100	Gwa101	Gwa122	Gwa123	Gwa125	Gwa127
Distance maximale observée (m)	916	970	1547	1952	1391	1369	515

Une carte pour chaque individu a été dressée, elle indique les différents points d'observations. Ces cartes sont présentées en figure 29. Par ailleurs, ces zones varient en fonction des individus (taille et localisation). Pour l'individu « Gwa 096 », il a été décidé de ne pas faire de carte car il a été observé seulement une fois.

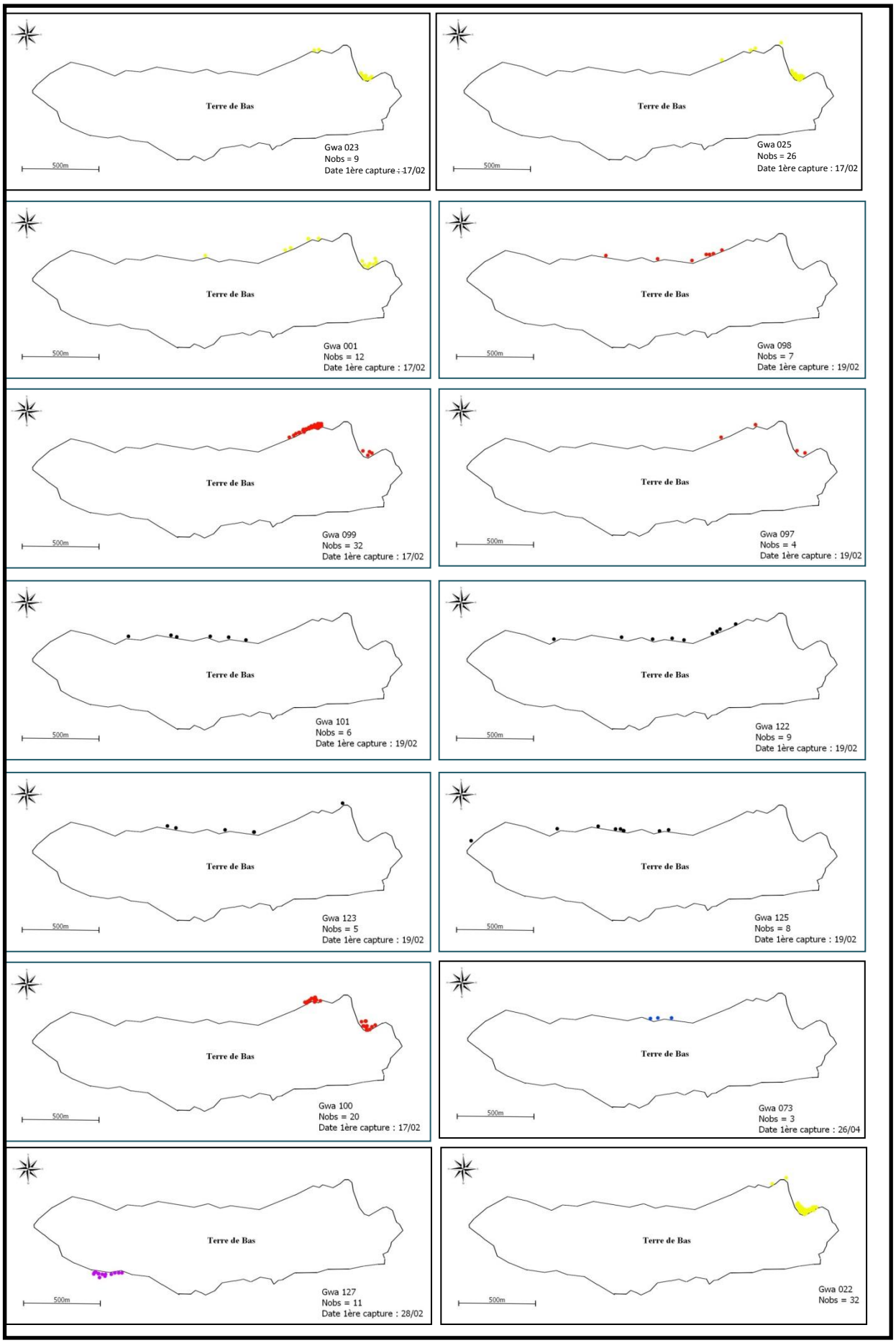


Figure 29 : Cartes individuelles des requins marqués.

3.2.1.2.3. Paramètres pouvant influencer la répartition

- **Le moment de la journée**

Les données obtenues sont référencées dans l'annexe 6. Après analyse statistique, il n'y a aucune différence significative entre le nombre de requins observés lors des suivis effectués à 8 heure et le nombre de requins observés lors des suivis effectués à 14 heure (Test de Mann-Whitney, p-value = 0,075, alpha = 0,05). Les données issues des deux tranches horaires ont donc pu être regroupées quand c'était pertinent afin d'avoir un plus grand nombre de réplicats.

- **Influence de la marée**

Même si la marée en Guadeloupe est considérée comme relativement faible comparée à d'autres sites, la marée peut modifier les zones longeant le rivage. Les photographies ci-dessous illustrent ce phénomène (figure 30).

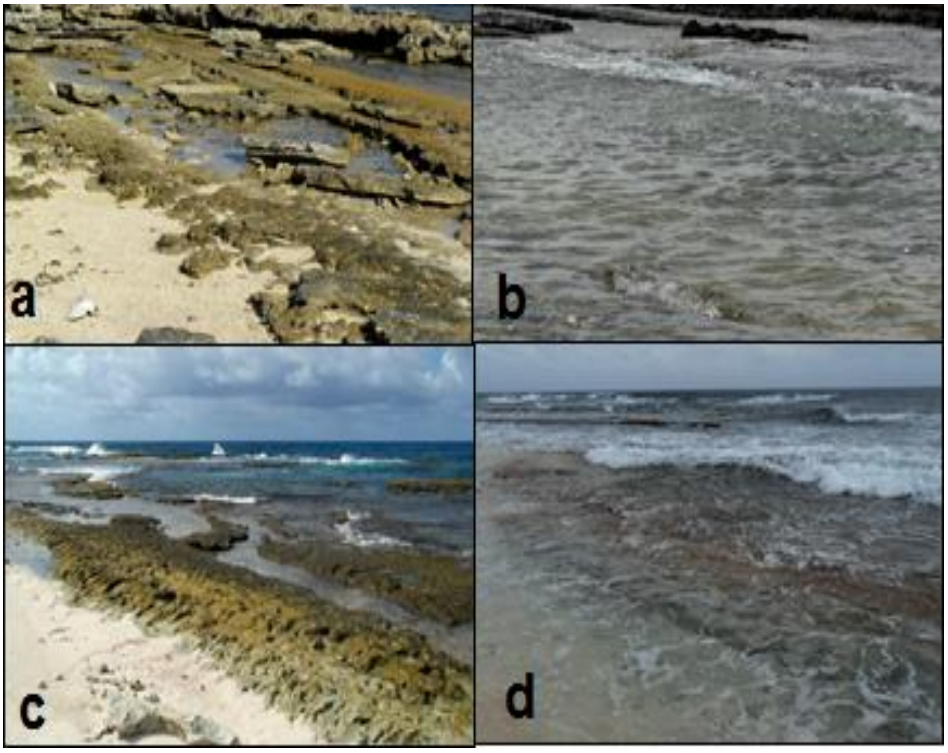


Figure 30. Effet de la marée sur le rivage. a : Site « BR » à marée basse ; b : site « BR » à marée haute ; c : site « TC » à marée basse ; d : site « TC » à marée haute. Crédit photo : Océane Beaufort / Kap Natirel / 2013.

Sur la figure 31, le nombre de requins observés a été mis en relation avec la variable hauteur d'eau. D'après la matrice de corrélation de Spearman, il existe une corrélation négative (-0,470; p-value = 0,051; alpha = 0,05) entre ces deux paramètres (résultats en annexe 4). On observe plus de requins lors de marée basse.

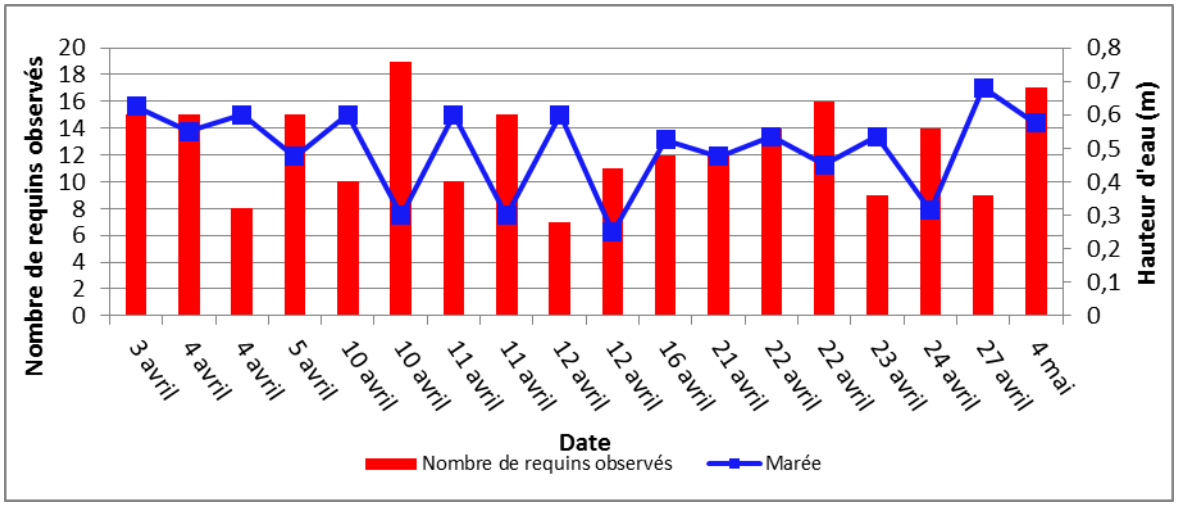


Figure 31. Représentation du nombre d'observations de requins et de la hauteur d'eau par suivi.

Comme il a été démontré précédemment, il existe une différence du nombre de requins observés en fonction du site, il est donc intéressant de vérifier si le paramètre hauteur d'eau influe de la même façon sur l'ensemble des sites. Seul les sites « Herbier » et BR » montrent une corrélation inverse avec la hauteur d'eau qui est marginalement significative (Herbier : p-value = 0,061 ; « BR » : p-value = 0,064) En annexe 4 sont représentés les résultats de la corrélation de Spearman et les P-value.

- **Autres paramètres**

Afin de vérifier quelles sont les variables qui peuvent influer sur la répartition des individus marqués, une analyse canonique des correspondances (ACC) a été effectuée. Les variables utilisées pour cette analyse sont :

-la fréquentation touristique;

-la protection du site, liée à la présence de barrière récifale ou de beach rock ;

-l'agitation de la mer, liée à la puissance des vagues ;

-un substrat rocheux ou sableux ;

-la qualité de l'observation : ce critère est en lien direct avec la facilité ou la difficulté de l'observation. Ceci est défini par la topographie du site (par exemple un substrat glissant entraîne une perte de l'attention de l'observateur, ce qui rend l'observation difficile).

Par ailleurs, l'individu « Gwa 127 » a été retiré de l'analyse. C'est le seul individu observé sur le site ST12 et qui comporte un nombre élevé d'observations.

L'ensemble des variables choisies expliquent 82% de la repartition des différents individus. Parmi les variables choisies, deux sont significatives : la fréquentation touristique (p-value = 0,001) et l'agitation (p-value = 0,012). La première est correlée à l'axe 1 (-0,9759 pour l'absence de fréquentation touristique et 0,9759 pour la présence de fréquentation touristique), tandis que la seconde l'est à l'axe 2 (-0,8385 pour l'absence d'agitation, 0,8385 pour la présence d'agitation).

Une représentation graphique de l'ACC (figure 22) est utilisée pour visualiser simultanément les sites, les variables significatives ainsi que la répartition des individus. Pour faciliter la lecture, les noms des sites ont été modifiés (voir dans le tableau 10).

Tableau 7. Attribution de codes par site pour l'ACC.

Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC
ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST12

Certains sites ne figurent pas sur cette représentation (cas de ST12) car aucun requin n'a été identifié sur ces sites.

Cette analyse met en évidence une variabilité dans la répartition des juvéniles. Cette répartition semble fortement liée aux différentes caractéristiques de chaque site. Certains affectionnent les zones à fréquentation touristique, protégées par une barrière et où l'observation semble facile (cas de « Gwa 001 », « Gwa 100 », « Gwa 001 »). D'autres requins semblent utiliser des zones éloignés des touristes, non protégées et où l'observation s'avère difficile (tel que « Gwa 123 », « Gwa 125 », « Gwa 101 »). Certains préfèrent des zones calmes (tel « Gwa 022 » et « Gwa 02 »5) tandis que d'autres sont dans des zones plus agitées (tel que « Gwa 122 »).

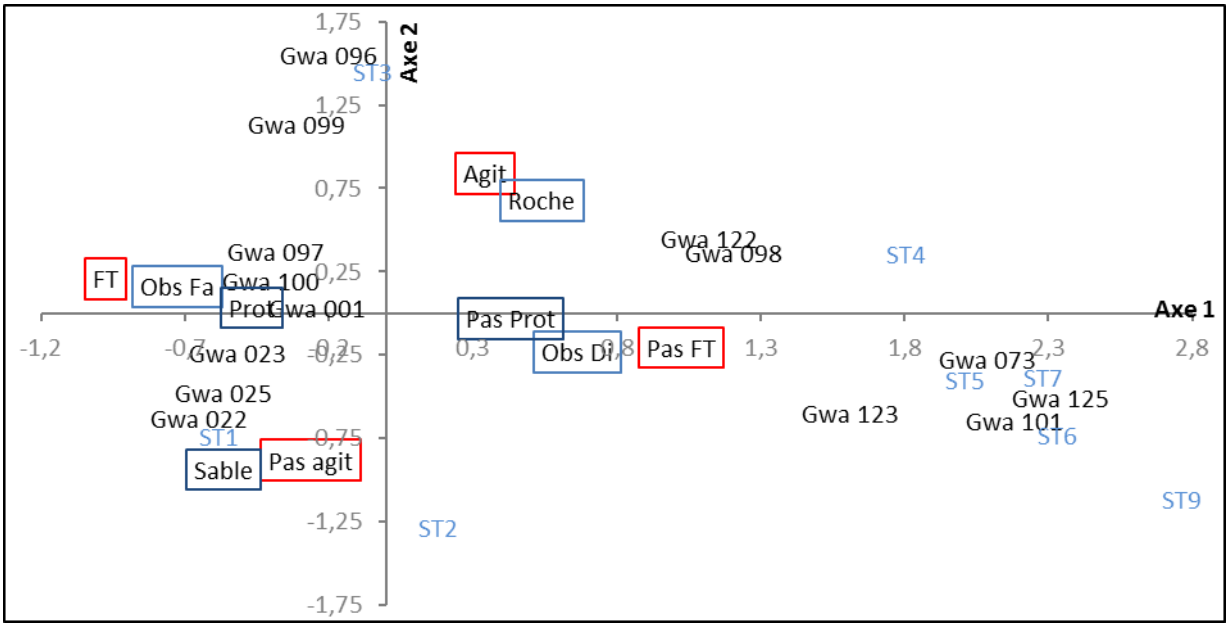


Figure 32. Analyse Canonique des Correspondances entre la répartition des individus marqués et différentes variables (fréquentation touristique, agitation, protection, observation difficile).

Légende:

Pas FT = Absence de fréquentation touristique
Pas Prot = Absence de protection naturelle
Pas agit = Zone non agité
Sable = Zone avec substrat sableux
Obs Fa = Zone pratique pour l'observation

FT = Présence de fréquentation touristique
Prot = Présence de protection naturelle
Agit = Zone agité
Roche = Zone avec substrat rocheux
Obs Di = Zone non pratique pour l'observation

variable significative
variable non significative
ST site
Gwa individu

3.2.2.1. Répartition des sub-adultes et adultes

Après analyse des enregistrements vidéo, sur les 12 caméras, 12 observations de requins ont été faites (répartition sur la figure 33). Les caméras n'ont pas le même nombre d'heures d'enregistrement (pouvant aller de 13 h d'enregistrement pour une des caméras de la station 2, à 30 h pour une caméra de la station 5). Cette différence est en partie liée au nombre inégal de fois ou les stations enregistrent, mais aussi aux nombreux problèmes des caméras. Afin de limiter ce biais, le nombre d'observations de requins par caméra a été pondéré à une même durée. La figure 34 représente le nombre d'observations de requins faite par jour pour chaque caméra. L'examen des figures 33 et 34 montre que la pondération par le temps n'a pas une grande influence sur le nombre d'observations par stations.

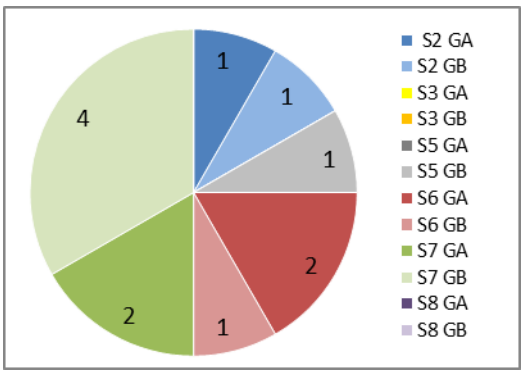


Figure 33. Nombre d'observations de requins par caméra.

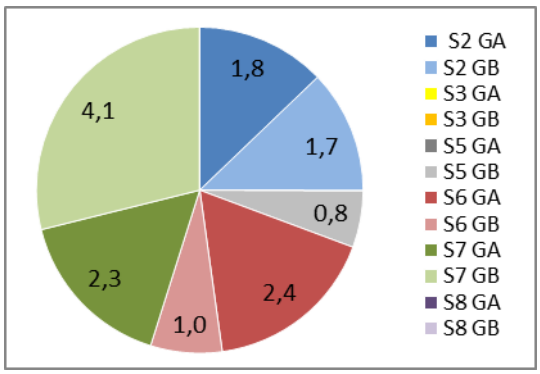


Figure 34. Nombre d'observations de requins par jour (pondéré).

Légende : Chaque station comporte deux caméras (GA et GB).

En regroupant les informations des deux caméras pour une même station, 9 observations ont étés recensées (sur les 12 observations initiales). Sur la figure 36 sont représentées les estimations d'observations de requins par station par jour. D'après ces estimations, les observations de requins seraient plus fréquentes sur les stations S7, S6 et S2.

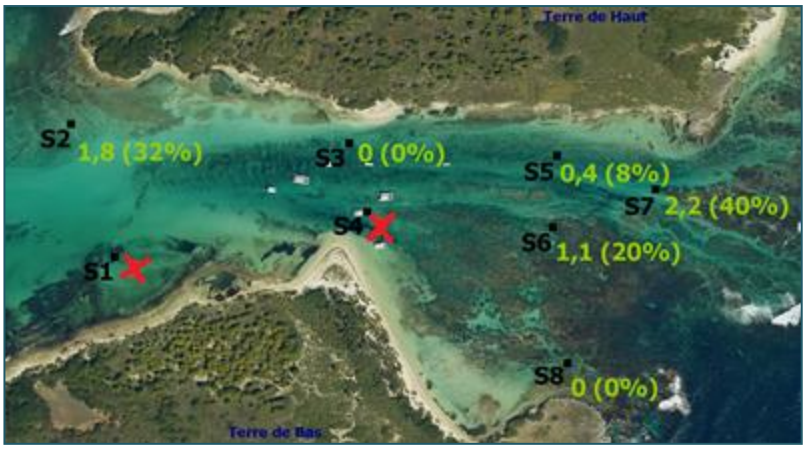


Figure 35. Observations de requins par jour pour chaque station. Les croix rouges représentent les stations non actives.

3.2.1.2. Abondance des sub-adultes et adultes

Aucun requin sub-adulte ou adulte n'ayant été capturé durant cette étude, il n'a pas été possible d'identifier leur nombre observé sur les enregistrements vidéo.

4. DISCUSSION

4.1. BILAN ET ANALYSE METHODOLOGIQUE

4.1.1. Technique de capture

Durant cette étude, des difficultés ont été rencontrées lors de la capture de requins juvéniles. Tout d'abord, pour ce qui concerne le choix des techniques de captures, il a fallu trouver un compromis entre l'efficacité de la capture et le stress généré sur les requins. Ainsi dès le début des captures, certaines techniques envisagées se sont montrées inadaptées dans les conditions environnementales du site. Il a donc été décidé de poursuivre avec les techniques qui semblaient les plus adaptées. La senne a été privilégiée à toutes les autres techniques lorsque son utilisation était envisageable. Cette technique a été considérée comme la plus efficace et la moins risquée pour la santé du requin. Cependant, son poids important ne nous permettait pas de la transporter sur toutes les zones de captures.

Par la suite, il a été observé que certains requins avaient un comportement d'évitement de la capture. Deux cas se sont posés. Le premier concerne la fuite des requins dès notre arrivée sur le site de capture (cas observé dans des zones non fréquentées par les touristes). Le

deuxième problème est lié à l'apprentissage de la technique de capture par les requins. Ainsi, certains requins ont été capables d'éviter la recapture. Ce phénomène a déjà été référencé aux Bahamas où les juvéniles évitent les filets maillants après la première capture (Manire et Gruber, 1993). Dans le cadre de la présente étude, certains juvéniles ont appris à éviter la capture à la senne et à la ligne. Il était alors nécessaire d'innover dans les stratégies de déploiement du matériel de capture (par exemple : rallongement des lignes pour s'éloigner du rivage).

La recapture visuelle de tous les individus marqués (que ce soit lors de suivis, de capture, ou d'observations ponctuelles), suggère que le stress engendré par la capture et la manipulation n'a pas entrainé la fuite des juvéniles.

L'absence de capture des sub-adultes et adultes durant l'étude peut expliquer une utilisation non optimale des techniques. Tout d'abord, le temps total de capture a été seulement de 18 heures (contre 40 h pour les juvéniles). Ce temps a été limité par la présence touristique (pas de capture entre 8 heures et 17 heures) mais aussi par le choix de se focaliser sur la capture des juvéniles. En effet, étant donné qu'aucun requin sub-adulte ou adulte n'a été capturé ou observé durant les premières missions, il a été choisi de limiter le temps destiné à leur capture afin de favoriser le suivi des juvéniles. Avant de prendre cette décision, une enquête de terrain a été effectuée. Celle-ci s'est avérée utile : plusieurs usagers de la réserve (gardes, croisiéristes, pêcheurs, touristes, plaisanciers) ont été unanimes sur l'absence d'observations de requins sub-adultes et adultes depuis janvier 2013. Cependant, même si le nombre d'heures de capture a été restreint, les tentatives de captures ont eu lieu du début des missions à la fin et l'utilisation du matériel de capture a été faite de façon variée (à différents moments de la journée, sur différents sites et avec des appâts variés).

Un autre facteur de la non-capture des sub-adultes et des adultes est lié à un impératif au niveau de la sécurité. En effet, sur l'équipe présente lors des captures, seule une personne avait déjà manipulé des requins de taille supérieure à 1m (LT), ainsi, la prise de plusieurs individus au même moment aurait pu être dangereuse. Il était donc préférable d'éviter un nombre trop important de captures simultanées en limitant le nombre de lignes. Durant l'étude, un maximum de deux dispositifs de lignes lestées ont été déployées en même temps, et une palangre formée de six lignes. Or, aux Bahamas (zone réputée par la fréquentation importante de requins), 8 lignes lestées pouvaient être déployées pendant plus de 7 h d'affilée sans qu'un requin ne morde. Quant à l'utilisation des palangres, 5 palangres (de 25 lignes

chacune) pouvaient être déployées pendant une durée de 24 h et capturer 7 requins (observations personnelles).

4.1.2. Technique d'identification des individus

Deux techniques d'identification ont été utilisées : l'identification de marques individuelles et la pose de marques colorées.

La première technique s'est avérée délicate. Non seulement cette espèce comporte peu de signes distinctifs évidents, mais en plus, ces derniers sont souvent éphémères lorsqu'ils sont présents (lié à une cicatrisation rapide).

Pour la seconde technique, l'utilisation de marques colorées de type « T-Bar » s'est avérée efficace mais comporte tout de même des inconvénients, nécessitant la recapture des requins pour nettoyer ou reposer une marque. Ces marques n'étant pas adaptées à certaines conditions environnementales (courant, vagues,…). Le second inconvénient est lié au biais que la perte de celui-ci entraine lors des suivis. Lorsqu'un requin est observé sans marque colorée apparente, il peut être un individu jamais capturé ou un individu qui a déjà été capturé mais qui a perdu sa marque.

4.1.3. Technique de suivi

Pour le suivi des juvéniles, les transects terrestres ont été définis comme étant la technique la plus efficace lors de la phase de test. Liés à des contraintes de temps, ces transects n'ont pu être effectués que sur une période d'un mois. Si, le nombre de réplicats (19) était suffisant statistiquement, il s'est avéré que ce protocole comporte certains biais.

Le premier biais concerne le choix d'avoir exclu du suivi certaines zones de Petite Terre (cas des zones à falaise, cas de l'îlet Terre de Haut). De ce fait, les données ne sont pas représentatives de l'ensemble du site de l'étude. Des témoignages indiquent la présence de requins dans ces zones. Cependant, ce choix a été fait pour privilégier le nombre de réplicats sur Terre de Bas mais aussi pour avoir une même qualité d'observation tout au long du transect. En effet, il était envisageable d'observer un requin le long d'une falaise mais définir la présence de marques sur ce dernier restait peu probable.

Néanmoins, malgré ce choix initial, il semblerait que certains sites du transect ont été suivis de manière hétérogène. Ces sites avaient une configuration qui ne permettait pas de suivre minutieusement le protocole. C'était le cas sur le site « TC », un développement de biofilm le long du rivage a entraîné une baisse de l'attention de l'observateur, dû au manque

de stabilité sur le substrat. De ce fait, l'opportunité de voir un requin était moins importante dans cette zone.

Un autre inconvénient de cette technique de suivi est basé sur la nécessité d'avoir de bonnes conditions météorologiques. La pluie, le vent, les vagues entraînent une diminution de la visibilité.

Concernant le suivi des sub-adultes et adultes, l'utilisation des caméras semblait la plus appropriée pour éviter le biais de la présence de l'Homme (Cappo et *al.*, 2006 ; Cappo et *al.*, 2007 ; Harbey et *al.*, 2008 ; Gutteridge et *al.*, 2011 ; Dorman et *al.*, 2012 ; Brown et *al.*, 2012, Pelletier et *al.*, 2012). L'utilisation de deux caméras mises dos à dos paraît plus efficace qu'une seule caméra. En effet, le nombre d'observations de requins est différent sur les deux caméras d'une même station pour trois des stations (S5, S6, S7). De plus, avec la haute définition des images obtenues, il aurait été possible de voir les marques colorées et donc identifier l'animal. Cependant, cette technique montre aussi des failles avec un angle de vue inférieur à 360° ce qui met en évidence la présence d'angles morts. De plus, avec les six stations déployées (soit douze caméras), moins d'1% de la superficie du lagon a été couverte. L'utilisation de plus de caméras a été envisagée (dont l'utilisation de 3 caméras par station). Cependant cette technique nécessite beaucoup de temps (préparation et entretien du matériel, pose/retrait des stations, visionnage des enregistrements). Or, il a été choisi de limiter le temps pour le suivi des sub-adultes et adultes dans le lagon afin de se focaliser sur le suivi des juvéniles (lié à l'absence d'observation de requins dans le lagon durant les premiers temps de l'étude).

4.2. DONNEES SUR L'ABONDANCE ET LA REPARTITION

4.2.1. Abondance et répartition des juvéniles

L'étude a permis de mettre en évidence la présence d'individus âgés de moins d'un an et d'individus âgés de deux ans (d'après la littérature, lorsque la LS est inférieure à 60 cm c'est un individu d'un an, lorsque la LS est entre 60 et 70 cm c'est un requin de deux à trois ans (Guttridge et *al.*, 2012). Sur la base des 15 individus capturés, il n'y a pas de différence significative de taille entre les deux sexes. Ceci semble corroborer des observations issues d'études précédentes sur les requins citron avec un taux de croissance similaire entre les deux sexes à l'état juvénile (Barker et Gruber, 2005 ; aux Bahamas). Cependant, dans une autre étude, une différence de taille entre les deux sexes a été observée (Tavares, 2009 ; Barker et

Gruber, 2005). Concernant le poids, il a été choisi de ne pas l'interpréter lié à l'utilisation d'un peson de faible précision.

L'utilisation des suivis terrestres devait permettre, d'une part, d'avoir une estimation de l'abondance (grâce au nombre d'individus observés avec une marque et ceux observés sans marque). Cependant, les inconvénients des marques colorées (perte et colonisation par les algues) ne nous ont pas permis d'obtenir une estimation précise du nombre de juvénile. Toutefois, le protocole utilisé a été créé de façon à ce qu'aucun requin ne soit compté deux fois dans le même transect, ainsi on peut dire qu'il y a au moins 19 juvéniles sur le site de Petite Terre (19 étant le nombre maximal d'observations obtenues sur un transect).

D'autre part, le suivi par transect avait pour second objectif de donner des informations sur la répartition des juvéniles. De façon générale, les juvéniles sont répartis sur l'ensemble des sites traversés par le transect, à l'exception d'un site qui est séparé des autres sites par des falaises. Le suivi des individus marqués a permis de mettre en évidence le fait que chaque individu utilise seulement une zone de l'îlet non son ensemble, plusieurs individus pouvant être observés sur la même zone. Cette observation est semblable à celle énoncée dans la littérature avec le terme anglais « home range » (Morrissey et Gruber, 1993b), qui peut être interprété comme « une aire d'occupation » ou de « domaine vital ». Néanmoins, il n'a pas été possible de calculer l'aire d'occupation minimale observée à cause de l'absence de données sur la profondeur (d'après la littérature, les juvéniles utilisent une zone dont la profondeur est inférieure à 0,5m (Sundström, 2000)). Toutefois, les distances maximales observées par un individu (obtenues par les deux observations les plus éloignées) ont donné une idée de cette aire et semblent montrer que cette zone est plus ou moins grande selon les individus. Cependant, cette variation intra-spécifique peut être biaisée en raison de deux défauts du protocole. Le premier est dû aux marques colorées. Non seulement elles peuvent tomber (sans marque, il est impossible d'identifier le requin, donc d'avoir sa position au temps « t ») mais de plus, tous les individus n'ont pas été marqués le même jour. Ainsi, pour un individu marqué récemment on aura moins d'observations que pour un individu marqué depuis le début de l'étude. Le second élément est lié aux efforts d'observations qui ne sont pas les mêmes sur tous les sites. Pour faire les représentations des cartes individuelles, les données utilisées regroupent celles des suivis, des captures mais aussi celle issues d'observations ponctuelles. Or, les observations ponctuelles sont plus importantes sur certains sites lorsqu'ils

sont localisés à des endroits quotidiennement parcourus (cas du site « herbier » qui est situé au niveau du sentier menant au phare de l'île).

Durant cette étude, différents paramètres ont été analysés afin de vérifier leur influence sur la répartition des requins juvéniles. Concernant le moment de la journée, qu'il soit 8 heures ou 14 heures, le nombre d'observations de requin ne change pas. Cependant, ces résultats ne permettent pas d'affirmer l'absence de l'influence du moment de la journée sur la répartition des juvéniles. Il aurait été intéressant d'effectuer des suivis car d'après certaines références bibliographiques, l'activité du requin citron augmenterait la nuit (Nixon et Gruber, 1988) ou au crépuscule. Cependant, ce n'était pas envisageable car les conditions de luminosité devaient être optimales pour parcourir le transect.

Concernant la marée, on observe une corrélation négative avec la hauteur d'eau. Aux Bahamas, dans une configuration différente de Petite Terre, le phénomène inverse est observé (observations personnelles et partagées avec l'équipe du BBFS). En effet, habituellement plus la hauteur d'eau est importante plus le risque de prédation est élevé pour les juvéniles. A marée haute, les juvéniles ont tendance à s'approcher des zones peu profondes et/ou protégées (telles que les bords de plage ou les mangroves). Dans le cadre de la présente étude on observe un phénomène inverse qui pourrait s'expliquer par la topographie des sites mais aussi par les limites de la vue humaine. Le transect parcourt des sites qui ne sont pas aménagés comme ceux des Bahamas. En effet, sur l'îlet de Terre de Bas, deux cas de figure principaux se présentent : zone protégée par des beach rock et zone exposée aux vagues. Dans le premier cas, à marée basse, les zones « habitables » pour les juvéniles sont restreintes, les juvéniles sont concentrés dans ces petites zones. A marée haute, la hauteur d'eau est, à certains endroits, trop importante pour que l'œil humain puisse détecter un requin. Dans le deuxième cas, à marée haute les vagues sont plus puissantes ; elles déferlent et forment de l'écume. Les conditions ne sont donc plus idéales à l'observation.

L'influence d'autres paramètres a pu être mise en évidence dans cette étude par le suivi des juvéniles marqués. L'agitation de la mer ainsi que la fréquentation touristique semblent être les deux variables qui influent le plus sur la répartition des individus. Cependant, ces résultats peuvent être considérés comme de fausses corrélations. En effet, ce ne sont pas les requins qui choisissent ces zones par rapport à la présence touristique mais plutôt les touristes qui vont dans ces zones chercher des requins. Depuis moins d'un an, les touristes sont très intéressés par la présence de requins juvéniles (observation personnelle), ils cherchent les endroits les plus pratiques pour les observer (site « BR » et « herbier »). Mais

ceci n'explique pas la présence élevée de juvéniles sur ces sites. On peut supposer que leur présence en nombre sur ces zones est liée aux conditions du milieu qui sont favorables à la sédentarité des requins. Cependant des conditions similaires sont présentes sur d'autres sites mais le nombre de juvéniles est moins important voire inexistant (tel que « TC » et « VC »). Ceci permet d'émettre différentes hypothèses, la première étant liée au nourrissage. Il a été observé à plusieurs reprises que des personnes utilisaient de la nourriture pour attirer les juvéniles. Cette pratique a été étudiée dans d'autres endroits du monde et pourrait rendre les requins sédentaires (Clua et *al.*, 2010). Cependant, aucune donnée ne permet d'affirmer cela dans cette étude. L'autre hypothèse serait basée sur le lieu de mise bas. Il est possible que les femelles donnent naissance sur une zone, puis les juvéniles se déplacent jusqu'à trouver leur aire d'occupation. Ceci expliquerait que certains sites ont un nombre faible de juvéniles : ces sites peuvent être trop éloignés du lieu de mise bas ou trop difficile d'accès pour les requins. Dans ce cas, les individus observés sur l'ensemble de l'îlet peuvent avoir en commun la même mère. Deuxième possibilité, les femelles mettent bas dans la future aire d'occupation des juvéniles ce qui expliquerait des zones où le nombre de juvéniled est élevé. Dans ce cas, on peut supposer que plusieurs individus qui partagent une même zone ont la même mère. Les résultats de l'analyse ADN nous permettront de vérifier une de ces hypothèses ou d'en émettre de nouvelles.

4.2.2. Abondance et répartition des sub-adultes et adultes

Le protocole de suivi a été créé en pensant qu'il y aurait plus d'observation de sub-adultes et adultes dans la zone définie comme lagon (observations personnelles). Or, sur plus de 242 h d'enregistrement, seulement 9 observations de requins ont été recensées. Cependant, il faut prendre en compte que la superficie observée est inférieure à 1% de celle du lagon. De plus, comme expliqué dans la partie « Techniques de capture » de la discussion, aucun requin de taille supérieure à 1m n'a été observé pendant une grande partie de l'étude. Néanmoins, elle a permis de montrer que certaines zones du lagon sont plus propices à l'observation de requins. Par ailleurs, cette technique a mis évidence la présence de requins sub-adultes ou adultes dans le lagon sans qu'aucune observation visuelle ne soit signalée (1ère observation sur les caméras le 4 avril 2013, 1ère observation par un nageur le 24 avril 2013).

5. CONCLUSION

Pour mener cette étude, il a fallu passer par différentes étapes : la première était basée sur la formation avec une recherche bibliographique suivie d'une formation aux Bahamas auprès de spécialistes réputés dans l'étude des requins. La deuxième étape consistait à envisager différents protocoles issus des connaissances acquises durant la première étape, puis de faire un choix et de réunir le matériel nécessaire. Sur une île où la pêche de requin n'est pas une pratique courante, il n'a pas été aisé de trouver du matériel de capture adéquat. Dans la troisième étape, il fallait tester les différentes techniques et faire un choix sur celles qui semblaient les plus efficaces. Puis la quatrième et dernière étape consistait à réaliser l'étude grâce aux expériences préalablement acquises. De manière générale, les conditions isolées du site de Petite Terre ont nécessité une logistique importante. De plus la météo a influé à plusieures reprises sur les missions de terrain.

Pour les juvéniles, deux techniques de captures ont été concluantes (la senne et la ligne), même s'il semblerait que cette efficacité ne soit qu'à court terme (apprentissage rapide des juvéniles à l'évitement de la recapture). Le suivi des individus a pu être réalisé par l'utilisation de marques. Ces dernières se sont avérées utiles, cependant elles perdent de leur efficacité avec le temps (développement algal, perte). Quant au stress occasionné par la capture, il ne semble pas avoir induit un traumatisme suffisamment important pour que les juvéniles quittent le site.

Les suivis par transect terrestre se sont avérés efficaces. Avec de bonnes conditions météorologiques et de la pratique, les requins marqués sont facilement identifiables par l'observateur. Cependant, ce protocole a montré des faiblesses qui sont principalement liées aux contraintes topographiques des sites traversés par le transect.

Cette étude a permis de montrer la présence des juvéniles de requins citron de différentes classes d'âge sur tout le transect prospecté sur l'îlet de Terre de Bas (excepté le site VC). Par ailleurs, l'ensemble des observations par individu a bien mis en évidence la notion de « domaine vital » : chaque individu semble utiliser une zone restreinte de l'îlet et non tout le pourtour. Les prélèvements d'échantillons de peau seront analysés d'ici quelques mois, ils permettront d'avoir des informations sur les liens de parenté au sein des requins de Petite Terre mais aussi au sein de l'ensemble des sites d'étude des requins citron (Bahamas, Floride, Brésil).

Pour les sub-adultes et les adultes, les missions de capture n'ont pas abouti ; ceci pouvant être lié à diverses raisons. Quant au suivi par acquisition d'images sous-marines, l'utilisation des caméras est intéressante car elle a permis de prouver la présence de requins lorsque les observations des touristes et des gardes affirmaient le contraire. Cependant, cette technique nécessite des modifications afin d'augmenter l'angle de vue (ajouter une troisième caméra par exemple, utiliser une optique de 360° ou bien un système rotatif) ainsi que la surface de couverture.

Cette première étude a donc permis d'obtenir les premières informations sur les requins citron qui fréquentent les eaux de Petite Terre. Les contraintes d'étude nous ont amenés à nous focaliser sur les juvéniles. Nous connaissons maintenant les zones de fréquentation privilégiées. Reste désormais à appréhender leurs déplacements et/ou leurs migrations au stade sub-adulte et adulte (Marie Galante, Fajou ou territoires plus lointain).

En plus d'avoir apporté des informations sur les requins citron, cette première étude en Guadeloupe a permis de lancer la thématique « requins » sur l'archipel. D'ici peu, le réseau requin de Guadeloupe, nommé « ReGuaR[11] », sera mis en place. Il aura pour objectif de réunir des informations sur les requins et raies auprès des usagers de la mer, mais aussi et surtout, de sensibiliser et d'informer la population de Guadeloupe. Grâce au soutien de la DEAL Guadeloupe et de tous les partenaires du projet, ce premier projet sur les élasmobranches aux Antilles françaises devrait permettre de placer la thématique « requins » au cœur des sujets de préoccupations des acteurs de la préservation du milieu marin, et notamment des gestionnaires, parmi lesquels deux ont déjà pris contact avec l'association Kap Natirel pour élaborer des projets de suivi au sein de leurs aires marines respectives.

[11] ReGuaR : REseau GUAdeloupe Requin

Références bibliographiques :

Ache De Freitas, R. H., Rosa, R. S., Wetherbee, B. M. , Gruber, S. H. (2009). Population Size and Survivorship for Juvenile Lemon Sharks (*Negaprion brevirostris*) on Their Nursery Grounds at a Marine Protected Area in Brazil. Neotropical Ichthyology, 7, 205-212.

Barker, J. M., Gruber S. H. (2005). Spatial and ontogenetic variation in growth of nursery-bound juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*: a comparison of two age-assigning techniques. Environmental Biology of Fishes (2005) 72: 343-355.

Bond, M. E., Babcock, E. A., Pikitch, E. K., Abercrombie, D. L., Lamb, N. F., Chapman, D. D. (2012). Reef sharks exhibit site-fidelity and higher relative abundance in marine reserves on the Mesoamerican barrier reef. Plos One. Volume 7, Issue 3 e32983.

Cappo, M., De'ath, G., Speare, P. (2007). Inter-reef vertebrate communities of the Great Barrier reef marine park determined by baited remote underwater video stations. Marine ecology progress serie, vol.350:209-221.

Cappo, M., Harvey, E., Shortis, M. (2006). Counting and measuring fish with baited video techniques –an overview. Australian society for fish biology.

Chapman, D. D., Babcock, E. A., Gruber, S. H., Dibattista, J. D. (2009). Long term natal site fidelity by immature lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) at a subtropical island. Molecular ecology.Doi: 10.1111:j.1365-294X.2009.04289.x.

Compagno, L.J.V. (1984). An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. FAO Fisheries Synopsis 4 (125):251-655.

Clua, E., Buray, N., Legendre, P., Mourier, J., Planes, S. (2010). Behavioural response of sicklefin lemon sharks (*Negaprion acutidens*) to underwater feeding for ecotourism purposes. Marine ecology progress series. Vol. 414: 257 – 266.

DiBattista, J. D., Feldheim, K. A., Gruber, S. H. (2008). A genetic assessment of polyandry and breeding-site fidelity in lemon sharks. Molecular Ecology.17, 3337-3351.

DiBattista, J. D., Feldheim, K. A., Gruber, S. H., Hendry, A. P. (2007). When Bigger is not Better: Selection Against Large Size, High Condition and Fast Growth in Juvenile Lemon Sharks. Journal of Evolutionary Biology 20, 201-212.

Dorman, S. R., Harvey, E.S., Newman, S. J. (2012). Bait effects in sampling coral reef fish assemblages with stereo-BRUVs. Plos One. Volume 7, Issue 7 e41538.

Edre´n, S. M. C., Gruber, S. H. (2005). Homing ability of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. Env. Biol. Fishes 72: 267–281.

Feldheim, K. A., Gruber, S. H., Ashley, M. V. (2002a). The Breeding Biology of Lemon Sharks at a Tropical Nursery Lagoon. Proc. R. Soc. Lond. B 269, 1655-1661.

Franks, B. R., Gruber, S. H. (2007). Utilization of Mangroves by Juvenile Lemon Sharks (*Negaprion brevirostris*) in Their Primary Nursery Areas. Bulletin of Marine Science, 80, 921-921.

Freitas, R. H. A., Rosa, R. S., Gruber, S. H., Wetherbee, B. M. (2006). Early Growth and Juvenile Population Structure of Lemon Sharks *Negaprion brevirostris* in the Atol Das Rocas Biological Reserve, Off North-East Brazil. Journal of Fish Biology, 68, 1319-1332.

Gruber, S. H. (1982). Role of the Lemon Shark *Negaprion brevirostris* as a Predator in the Tropical Marine Environment a Multidisciplinary Study. Florida Scientist, 45, 46-75.

Gruber, S. H., de Marignac, J. R. C., Hoenig, J. M. (2001) Survival of juvenile lemon sharks at Bimini, Bahamas, estimated by mark-depletion experiments. Trans. Am. Fish. Soc. 130, 376–384.

Gutteridge, A.N., Bennett, M.B., Huveneers, C., Tibbetts, I. R. (2011). Assessing the overlap between the diet of a coastal shark and the surrounding prey communities in a sub-tropical embayment.

Guttridge, T. L., Gruber, S. H., Gledhill, K. S., Croft, D. P., Sims, D. W., Krause, J. (2009a). Social Preferences of Juvenile Lemon Sharks, *Negaprion brevirostris*. Animal Behaviour, 78, 543-548.

Guttridge, T. L., van Dijk, S., Stamhuis, E. J., Krause, J., Gruber, S. H., Brown, C. (2012). Social learning in juvenile lemon sharks. Anim Cogn. DOI 10.1007/s10071-012-0550-6.

Harvey, E. S., Cappo, M., Butler, J. J., Hall, N., Kendrick, G. A. (2008). Bait attraction effects the performance of remote underwater video stations in assessment of demersal fish community structure. Marine Ecology Progress Series. Vol. 350: 245-254.

Kessel, S. T. (2004). Spatial Variations in Nursery Bound Juvenile Lemon Shark (*Negaprion Brevirostris*) Prey Communities, Bimini, Bahamas. School of Earth and Ocean Sciences. Cardiff, Cardiff University.

Kessel, S. T., Gruber, S. H., Gedamke, T., Perkins, R. G. (2009). Seasonal Residency and Migration of Mature Lemon Sharks (*Negaprion brevirostris*) Off the Southeast Florida Coast. Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular & Integrative Physiology, 153A, S66-S66.

Kessel, S. T., Guttridge, T., Pikitch, E. K., Feldheim, K. A. (2009). Long-Term Natal Site-Fidelity by Immature Lemon Sharks (*Negaprion brevirostris*) at a Subtropical Island. Molecular Ecology, 18, 3500-3507.

Manire, C. A., Gruber, S. H. (1983). A preliminary estimate of natural mortality of age-0 Lemon sharks, *Negaprion brevirostris*.

Morrissey, J. F., Gruber, S. H. (1993a). Habitat selection by juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. Env. Biol. Fishes 38, 311–319.

Morrissey, J. F., Gruber, S. H. (1993b). Home range of juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. Copeia 1993, 425–434.

Nixon, A. J., Gruber, S. H. (1988). Diel Metabolic and Activity Patterns of the Lemon Shark (*Negaprion brevirostris*). Journal of Experimental Zoology, 248, 1-6.

Pelletier, D., Leleu, K., Mallet, D., Mou-Tham, G., Hervé, G., Boureau, M., Guilpart, N. (2012). Remote high-definition rotating video enables fast spatial survey of marine underwater macrofauna and habits. Plos On. Volume 7 Issue 2 e30536.

Reyier, E. A., Adams, D. H., Lowers, R. H. (2008). First Evidence of a High Density Nursery Ground for the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*, near CapaeCanaveral, Florida. Florida Scientist 71, 134-148.

Springer, S. (1950). Natural history notes on the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. Tex J Sci 3:349–357.

Sundström, F. (200). Biology of the lemon shark, (*Negaprion brevirostris*): a draft of work in progress.

Tavares, R. (2009). Preliminary résults from tag-recapture procedures applied to Lemon sharks at Los Roquesarchipelago Vanezuela. Proceedings of the 62nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute.

Wetherbee, B. M., Gruber, S. H., Rosa, R. S. (2007). Movement patterns pf juvenile lemon sharks with Atol das Rocas, Brazil: a nursry characterized by tidal extrees, Marine ecology progress series. Vol. 343: 283-293.

Liste des annexes			Page
Annexe	1	Sigles et abréviations :	38
Annexe	2	Lexique	38
Annexe	3	Schéma du requin citron (*Negaprion brevirostris*). Identification des différentes nageoires ainsi que des mesures de taille.	39
Annexe	4	Analyses statistiques sur la corrélation entre le nombre d'observation de requins et la hauteur d'eau.	39
Annexe	5	Analyses statistiques sur la différence de répartition des observations de requins par site.	40
Annexe	6	Tableau de données sur les observations de requins par site pour chaque transect, ainsi que sur le coefficient de marée.	41
Annexe	7	Fiche espèce : le requin citron (Negaprion brevirostris)	42

Annexe 1:

Sigles et abréviations :

BBFS : Bimini Biological Field Station

BR : Beach Rock

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

LF : longueur à la fourche

LS : longueur standard

LT : longueur totale

ONF : Office National des Forets

PN : Plage Nord

PS : Pointe de Sable

TC : Trou Canard

VC : Voute à Cabrit

Annexe 2:

Lexique (source : www.wikipedia.fr)

- **Ardillon** : Partie de l'hameçon formant la contre-pointe qui empêche le poisson de se décrocher.

-**Biofilm :** Un biofilm est une communauté multicellulaire plus ou moins complexe, souvent symbiotique,de micro-organismes (bactéries, champignons,algues ou protozoaires), adhérant entre eux et à une surface, et marquée par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice. Il se forme généralement à marée descendante.

- **Beach Rock :** Roche sédimentaire littorale qui se forme par cimentation rapide du sable ou des débris coralliens sur une plage, parallèlement au rivage, au niveau de la zone de balancement des marées.

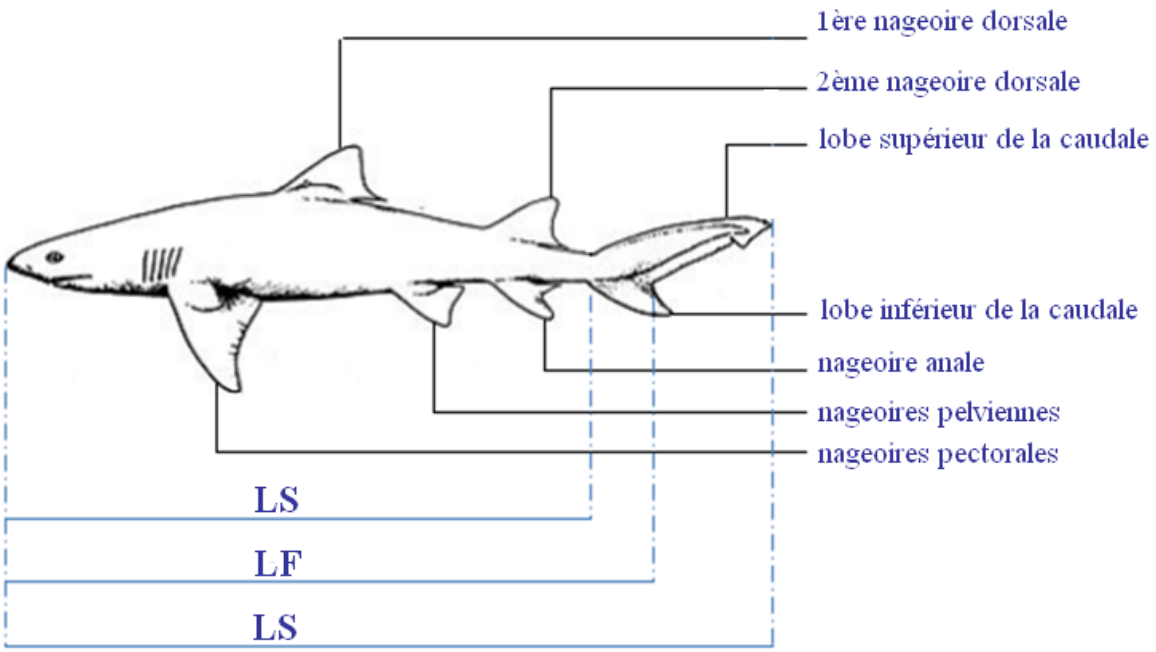
- **Catalepsie ou Immobilité tonique :** La catalepsie désigne la suspension complète du mouvement volontaire des muscles dans la position où ils se trouvent positionnés. L'attitude qui s'en dégage est celle d'une statue ou d'un mime conservant une position figée en pleine action.

- **Isotope stable** : La méthode des isotopes stables permet d'obtenir des informations sur l'écologie alimentaire d'un individu.

- **Transect** : Un transect est une ligne virtuelle ou physique que l'on met en place pour étudier un phénomène où l'on comptera les occurrences.

Annexe 3 :

Schéma du requin citron (*Negaprion brevirostris*). Identification des différentes nageoires ainsi que des mesures de taille.



Annexe 4 :

Analyses statistiques sur la corrélation entre le nombre d'observation de requins et la hauteur d'eau.

-Sur l'ensemble des sites

Matrice de corrélation (Spearman) :

Variables	Var1	Var2
Var1	**1**	-0,470
Var2	-0,470	**1**

p-values :

Variables	Var1	Var2
Var1	**0**	0,051
Var2	0,051	**0**

Coefficients de détermination :

Variables	Var1	Var2
Var1	**1**	0,221
Var2	0,221	**1**

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

-Sur chacun des sites

Matrice de corrélation (Spearman) :

Variables	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC
Marée	**-0,452**	0,000	**-0,448**	0,293	-0,371	0,155	-0,229	0,145	-0,350	-0,189	-0,183	0,000

Les valeurs en gras sont marginalement significatives (alpha=0,05)

p-values :

Variables	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC
Marée	**0,061**	1,000	**0,064**	0,235	0,130	0,536	0,358	0,563	0,155	0,452	0,465	1,000

Annexe 5 :

Analyses statistiques sur la différence de répartition des observations de requins par site.

Test de Kruskal-Wallis :

K (Valeur observée)	118,355
K (Valeur critique)	19,675
DDL	11
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Différences significatives :

Site	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC
Herbier		**Oui**	Non	Non	Non	Non	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**
Cocoteraie	**Oui**		**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**	Non	Non	Non	Non	**Oui**	Non
BR	Non	**Oui**		Non	Non	Non	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**
PN1	Non	**Oui**	Non		Non	Non	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**
Cocotier	Non	Non	Non	Non		Non	Non	Non	Non	Non	Non	**Oui**
Couloir	Non	**Oui**	Non	Non	Non		Non	**Oui**	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**
PN2	**Oui**	Non	**Oui**	**Oui**	Non	Non		Non	Non	Non	Non	Non
BR av PS	**Oui**	Non	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**	Non		Non	Non	**Oui**	Non
PS	**Oui**	Non	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**	Non	Non		Non	**Oui**	Non
Atoll	**Oui**	Non	**Oui**	**Oui**	Non	**Oui**	Non	Non	Non		**Oui**	Non
TC	Non	**Oui**	Non	Non	Non	Non	Non	**Oui**	**Oui**	**Oui**		**Oui**
VC	**Oui**	Non	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	Non	Non	Non	Non	**Oui**	

p-values :

Site	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC
Herbier	**1**	**< 0,0001**	1,000	1,000	0,709	0,555	**0,001**	**< 0,0001**	**< 0,0001**	**< 0,0001**	0,175	**< 0,0001**
Cocoteraie	**< 0,0001**	**1**	**< 0,0001**	**0,000**	0,089	**0,001**	0,243	0,997	1,000	1,000	**0,008**	0,998
BR	1,000	**< 0,0001**	**1**	1,000	0,535	0,345	**0,000**	**< 0,0001**	**< 0,0001**	**< 0,0001**	0,072	**< 0,0001**
PN1	1,000	**0,000**	1,000	**1**	0,722	0,661	**0,013**	**0,001**	**0,001**	**0,000**	0,319	**0,000**
Cocotier	0,709	0,089	0,535	0,722	**1**	1,000	0,950	0,308	0,223	0,180	1,000	**0,035**
Couloir	0,555	**0,001**	0,345	0,661	1,000	**1**	0,282	**0,008**	**0,007**	**0,003**	1,000	**0,000**
PN2	**0,001**	0,243	**0,000**	**0,013**	0,950	0,282	**1**	0,800	0,650	0,526	0,611	0,071
BR av PS	**< 0,0001**	0,997	**< 0,0001**	**0,001**	0,308	**0,008**	0,800	**1**	1,000	1,000	**0,043**	0,827
PS	**< 0,0001**	1,000	**< 0,0001**	**0,001**	0,223	**0,007**	0,650	1,000	**1**	1,000	**0,037**	0,957
Atoll	**< 0,0001**	1,000	**< 0,0001**	**0,000**	0,180	**0,003**	0,526	1,000	1,000	**1**	**0,019**	0,957
TC	0,175	**0,008**	0,072	0,319	1,000	1,000	0,611	**0,043**	**0,037**	**0,019**	**1**	**0,002**
VC	**< 0,0001**	0,998	**< 0,0001**	**0,000**	**0,035**	**0,000**	0,071	0,827	0,957	0,957	**0,002**	**1**

Annexe 6 :

Tableau de données sur les observations de requins par site pour chaque transect, ainsi que sur le coefficient de marée.

Heure de début	Date	Suivi N°	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC	Total	Coefficient de marée
8h00	04/04/2013	1	3	0	3	4	0	0	1	0	0	1	3	0	15	0,55
	05/04/2013	2	3	0	2	2	2	3	2	0	0	0	1	0	15	0,48
	10/04/2013	3	1	0	1	6	0	2	0	0	0	0	0	0	10	0,60
	11/04/2013	4	1	0	1	4	0	2	0	1	0	0	1	0	10	0,60
	12/04/2013	5	0	0	2	3	0	1	1	0	0	0	0	0	7	0,60
	16/04/2013	6	2	0	3	2	2	3	0	0	0	0	0	0	12	0,53
	22/04/2013	7	3	1	1	4	0	4	0	1	0	0	0	0	14	0,54
	23/04/2013	8	1	0	4	1	0	1	1	1	0	0	0	0	9	0,54
	27/04/2013	9	2	0	2	0	3	0	0	0	0	0	2	0	9	0,68
		Total	16	1	19	26	7	16	5	3	0	1	7	0	101	

Heure de début	Date	Suivi N°	Herbier	Cocoteraie	BR	PN1	Cocotier	Couloir	PN2	BR av PS	PS	Atoll	TC	VC	Total	Coefficient de marée
14h00	03/04/2013	1	3	0	2	5	0	2	1	0	0	0	2	0	15	0,63
	04/04/2013	2	1	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	8	0,60
	10/04/2013	3	2	0	4	4	4	0	0	0	2	1	2	0	19	0,30
	11/04/2013	4	4	0	7	0	0	1	1	0	0	0	2	0	15	0,30
	12/04/2013	5	3	0	1	2	2	1	1	0	0	0	1	0	11	0,25
	21/04/2013	6	4	0	3	1	2	0	0	0	1	0	1	0	12	0,48
	22/04/2013	7	4	0	3	2	4	1	0	0	0	0	2	0	16	0,45
	24/04/2013	8	2	0	3	3	2	1	1	0	0	0	2	0	14	0,32
	04/05/2013	9	4	0	3	0	5	3	0	0	0	0	2	0	17	0,58
		Total	27	0	28	21	19	10	4	0	3	1	14	0	127	

Annexe 7 :

Fiche espèce : le requin citron (*Negaprion brevirostris*)(Poey)

Quelques généralités :

- Taille généralement comprise entre 200 cm et 290 cm, pouvant atteindre les 380 cm.
- Statut de protection : classé comme « quasi menacé » (NT) par l'IUCN
- C'est l'un des requins les plus étudiés au monde.
- « Cousin » de Polynésie : le requin citron faucille (*Negaprion acutidens*)

Comment le reconnaître ?

- Ses premières et deuxièmes nageoires dorsales sont de taille comparable
- Sa livrée est de couleur grisâtre à jaunâtre

Classification :

Ordre : carcharhiniformes
Famille : carcharhinidés
Genre : *Negaprion*

Alimentation :

Il a une ration journalière d'environ 1,5 à 2,5% du poids total de son corps, ce qui est plutôt faible par rapport à d'autres poissons.
Son alimentation principale varie en fonction de l'âge de l'individu :

- Les juvéniles ont une préférence pour les poissons téléostéens, les crustacés et les céphalopodes.
- Les sub-adultes et adultes ont un régime essentiellement basé sur des poissons téléostéens et chondrichtyens (dont aussi des jeunes requins citrons : phénomène de cannibalisme).

Habitat :

Cette espèce est observée généralement le long des côtes et des récifs coralliens.
Les juvéniles et les sub-adultes affectionnent les milieux protégés par de la végétation ou des récifs de coraux avec des eaux peu profondes (0-50m) où la température est élevée et la prédation limitée.

Distribution :

Ouest Atlantique (New Jersey au sud du Brésil, Caraïbes, Golfe du Mexique, Bahamas), Nord-Est Atlantique (Sénégal, Cote d'Ivoire), tropical est du Pacifique (Sud de Californie, Golfe de Californie à l'Equateur).

Reproduction (données mondiales) **:**

- L'espèce est vivipare avec une gestation qui dure de 10 à 12 mois. Les femelles ne peuvent se reproduire que tous les 2 ans.
- La capacité à se reproduire est atteinte à l'âge de 12-13 ans soit l'équivalent environ de 225cm pour les mâles et de 235cm pour les femelles.
- La période d'accouplement à lieu quelques mois au printemps et en été avec des décalages en fonction de la localisation. En Guadeloupe, cela n'a pas encore été vérifié.
- La femelle donne naissance à une portée de 4 à 17 petits qui mesurent entre 50-67 cm (taille totale

Sites d'observations régulières en Guadeloupe :

- Réserve naturelle des Ilets de Petite-Terre
- Ilet Fajou dans le Grand-Cul-de-Sac marin (juvéniles)
- Côte ouest de Marie-Galante (juvéniles)

Crédits photos :

Sub-adulte : Olivier Oettly, Petite-Terre, 2012

Juvéniles : Franck Mazeas, Mauleon Loic, Petite-Terre 2012

Bibliographie :

- Cortes, E. , Gruber, S. H. (1990). Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). Copeia 1990, 204–218.
- Newman, S. (2004) phD . Prey preference of lemon sharks
- Sundström , F , Gruber, S. H. Biology of the lemon shark, (*Negaprion brevirostris*): a draft of work in progress.