



École Pratique des Hautes Études



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

MÉMOIRE
Présenté par
Bègue Michel

pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études

TITRE : « Photo-identification et évaluation de la fidélité du requin tigre
(*Galeocerdo cuvier*) à un site de nourrissage artificiel
à Tahiti (Polynésie française) »

Soutenu le 01 décembre 2017 devant le jury suivant :

Miaud Claude – Président

Clua Éric – Tuteur scientifique

Planes Serge – Tuteur pédagogique

Taquet Marc – Rapporteur

Labrosse Pierre – Examineur

Mémoire préparé sous la direction de :

Clua Éric (Directeur d'études)

Laboratoire de : Criobe USR 3278 PSL-EPHE-CNRS-UPVD, Moorea

Directeur : Planes Serge

et de

Planes Serge (DECU, Directeur)

Laboratoire de : Criobe USR 3278 PSL-EPHE-CNRS-UPVD, Moorea

EPHE (Sciences de la vie et de la terre)

CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



École Pratique
des Hautes Études

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre**

MÉMOIRE

Présenté par Michel Bègue pour l'obtention du diplôme de l'École
Pratique des Hautes Études, option SVT.

« Photo-identification et évaluation de la fidélité du requin tigre
(*Galeocerdo cuvier*) à un site de nourrissage artificiel
à Tahiti (Polynésie française) »

Mémoire préparé sous la direction d'Éric Clua, tuteur scientifique
et Serge Planes, tuteur pédagogique.



Remerciements

À Éric Clua qui m'a conseillé et guidé à chaque étape de cette étude. Ses connaissances, son expérience des requins et sa grande disponibilité ont permis la réalisation de ce mémoire.

À Serge Planes pour son soutien ainsi que celui du Criobe.

À Johann Mourier, Gilles Siu, Andreas Ravache et Tony Gardon qui m'ont fait profiter de leur expertise pour le traitement des données statistiques.

À Nicolas Buray qui, fort de son expérience et de son diplôme EPHE sur les requins citron, m'a conseillé sur la méthodologie de cette étude.

À l'Observatoire des requins de Polynésie (ORP) pour la mise à disposition de ses fiches d'observations.

À Philippe Bacchet pour les relectures et conseils avisés.

À Pierpaolo Brena pour le partage des données de sa thèse.

À Baptiste Le Bouil pour sa grande implication dans l'identification des individus.

Aux centres de plongée Fluid et Tahiti Shark Expedition avec lesquels se sont effectuées la plupart des plongées associant recherche et écotourisme.

À Cécile Berthe et Pascal Ung pour leur aide à la mise au point du dispositif de photogrammétrie.

À mes amis Éric Leborgne et Yves Lefèvre avec lesquels j'ai partagé tant de moments forts en compagnie des requins à travers le monde.

À tous les plongeurs qui m'ont aimablement communiqué leurs photos et observations : Jérôme Alix, Christian Allanic, Yannick Ben Achour, Christophe Cordonnier, Christian Coulombe, Romain Couturier, Alexandre Delière, Dominique Fleurisson, Thierry Leou, Perrine de Ligondes, Sylvain Girardot, Rodolphe Holler, Marie Legendre, Emmanuel Melcher, Cyrille Mulard, Serge Renault, Luc Roattino, Yannis Saint Pe, Romain Sarzis, Peter Schneider, Christophe Serin.

TABLE DES MATIÈRES.

<u>Préambule</u>	6
<u>1. Introduction</u>	7
1.1 Le feeding et ses effets sur les requins	
1.1.1 L'importance du <i>feeding</i> , son intérêt économique et sociétal	7
1.1.2 Les effets délétères possibles du <i>feeding</i>	8
1.2 Le modèle d'étude : le requin tigre (<i>Galeocerdo cuvier</i>)	9
1.2.1 Classification	9
1.2.2 Dénomination	10
1.2.3 Éléments de morphologie	10
1.2.4 Éléments sur les sens	14
1.2.5 La respiration	15
1.2.6 Alimentation	16
1.2.7 Reproduction	17
1.2.8 Distribution et habitat	18
1.2.9 Interactions avec l'homme	20
1.2.10 Menaces sur l'espèce	21
1.3 Problématique de l'étude	21
 <u>2. Matériel et méthodes</u>	 22
2.1 Site d'étude	22
2.2 Méthode pour appâter	23
2.3 La photo identification	26
2.3.1 Généralités	26
2.3.2 Principe	26
2.3.3 Le matériel de prise de vues	27
2.4 Mesure des individus	28
2.4.1 Définition	28
2.4.2 Méthodes visuelles	28
2.4.3 La photogrammétrie	30
2.5 Dénominations des individus	32
2.6 Fiches individuelles	32
2.7 Fiche des dorsales	34
2.8 Fiche d'occurrences	35
2.9 Utilisation d'une thèse récente	37

3. Résultats 38

3.1 Résultats en photo identification	38
3.1.1 La nageoire dorsale.....	38
3.1.2 Le dessin de la robe	42
3.1.3 Les taches au-dessus du sillon labial.....	42
3.1.4 Autres localisations de cicatrices.....	43
3.1.5 La morphologie générale.....	46
3.1.6 La présence d'hameçons.....	47
3.1.7 Suivi des individus.....	48
3.2 Résultats en photogrammétrie	50
3.3 La population de requins fréquentant le site de la vallée blanche.....	51
3.3.1 Le niveau de résidence global des requins	51
3.3.1.1 Nombres totaux d'individus et d'observations.....	51
3.3.1.2 Effet des facteurs environnementaux.....	53
3.3.1.3 Occurrences en fonction de la température.....	56
3.3.1.4 Les tailles.....	57
3.3.1.5 Le sex-ratio.....	58
3.3.1.6 Occurrences en fonction du courant.....	60
3.3.1.7 Données du VR2 sur les présences journalières	62
3.3.2 Les profils individuels de résidence	63
3.3.2.1 Présences par mois des 10 individus les plus observés.....	63
3.3.2.2 L'absence des individus durant la saison chaude.....	65
3.3.3 Comportement des mâles.....	66

4. Discussion68

4.1 La photo identification	68
4.1.1 Études antérieures.....	68
4.1.2 Logiciels de reconnaissance.....	69
4.1.3 Participation des plongeurs loisirs.....	69
4.1.4 Applications.....	70
4.2 La photogrammétrie.....	70
4.3 Les effets du nourrissage artificiel.....	71
4.3.1 Résidence des individus.....	71
4.3.2 Facteurs jouant sur le niveau de résidence.....	72
4.3.3 Présences des mâles.....	73

<u>5. Conclusion</u>	75
<u>6. Bibliographie</u>	77
6.1 Publications.....	77
6.2 Sites Internet.....	83
6.3 Ouvrages.....	83
6.3 Crédits photos.....	83
<u>7. Annexes</u>	85
<u>Annexe 1.</u>	85
Tableau 3. Détail des occurrences entre le 01 09 2012 et le 31 08 2017.	
<u>Annexe 2.</u>	86
Tableau 4. Tailles et classe de taille des individus identifiés.	
<u>Annexe 3.</u>	87
Tableau 5. Dates d’absences durant la saison chaude pour 10 individus.	
<u>Annexe 4.</u>	87
Figure 60. Occurrences par années de 9 individus.	
<u>Annexe 5.</u>	91
Textes officiels concernant la protection des requins en Polynésie française.	

Préambule

Au début des années quatre-vingt-dix, nous étions quelques moniteurs de plongée passionnés par la faune sous-marine de Polynésie et plus particulièrement par les requins.

Nous observions quotidiennement les espèces les plus communes, requins pointes noires, requins gris, ailerons blancs du lagon, requins citrons.

Avec un peu d'efforts, nous pouvions côtoyer les ailerons blancs du récif et du large, les requins soyeux voire même le grand marteau... Mais malgré tout, le requin tigre représentait pour nous le "Graal". Il était le plus rare, le plus mystérieux, le plus difficile à approcher et à photographier.

Pour lui, nous avons passé des jours et des nuits dans des lieux reculés des Tuamotu, dormant dans un Zodiac humide ou sur une plage infestée de moustiques. Et tout ceci pour des résultats qui, il faut le dire, n'étaient pas à la hauteur de nos espérances... C'était de longues heures d'attente souvent vaines, des rencontres furtives, des observations à des distances trop éloignées pour la photographie...

Depuis le début des années 2010, les rencontres sont beaucoup plus fréquentes. À Rangiroa par exemple, même sans stimulation alimentaire, les observations sont quasi hebdomadaires. À Tahiti, un site est devenu privilégié grâce au nourrissage. Les raisons pour lesquelles les observations sont devenues plus fréquentes sont actuellement inconnues. Changements climatiques ? Modification des écosystèmes ? Premiers effets de la protection des requins en Polynésie ? Quoi qu'il en soit, cette présence de prédateurs en bout de chaîne alimentaire est le signe d'une bonne santé du récif et la fréquentation du requin tigre par les plongeurs du monde entier contribue à donner une autre vision de cet animal magnifique

C'est donc une chance et un privilège pour moi d'avoir pu travailler aux côtés de ces requins et de pouvoir présenter cette étude qui j'espère fera avancer notre compréhension de son écologie et favorisera sa protection.

Tahiti, le 05 octobre 2017

1 Introduction

1.1 Le *feeding* et ses effets sur les requins

1.1.1 L'importance du *feeding*, son intérêt économique et sociétal

Il n'est plus contestable que les requins jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes marins. Partout où les populations de requins ont décliné, on a pu assister à des dysfonctionnements de toute la chaîne alimentaire, notamment par des effets cascade (Stevens *et al.*, 2000). Les menaces qui pèsent sur les requins sont dues à la dégradation de leurs habitats mais surtout à la surpêche. Celle-ci est liée à la pêche ciblée pour les ailerons mais aussi aux prises accessoires qui restent très importantes (Clarke *et al.*, 2006). Des prélèvements massifs sont effectués partout dans le monde et les populations de nombreuses espèces sont fortement menacées, notamment dans l'Atlantique nord (Baum *et al.*, 2003) ou en Méditerranée (Ferretti *et al.*, 2008). Le manque de conviction des décideurs politiques pour réduire efficacement les menaces qui pèsent sur les requins vient en partie de la mauvaise image que ces poissons ont dans l'esprit du grand public, influencé par des films présentant une image négative de ces prédateurs marins (Clua *et al.*, 2011). La taille, la puissance et la réputation du requin tigre en font une espèce emblématique que de nombreux plongeurs rêvent de côtoyer sous l'eau. Pour cela, le recours au *feeding* ou à l'appâtage est souvent indispensable.

En Polynésie française, toutes les espèces de requins sont maintenant protégées (JOPF 2006 en annexe 5). Le requin mako (*Isurus oxyrinchus*) qui était initialement exclu de ces mesures est également protégé depuis 2012. Il existe plus d'une douzaine d'espèces de requins facilement observables en Polynésie française et les côtoyer en plongée est devenu un atout majeur pour cette destination. Si certains atolls des Tuamotu permettent facilement l'observation de concentrations de requins gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*), ce n'est pas le cas des îles hautes comme Tahiti. De plus, les paysages sous-marins ont été significativement affectés au cours des dernières décennies par l'altération des récifs coralliens suite à des stress tels que les cyclones, le réchauffement de l'eau ou encore les étoiles de mer tueuses de corail (*Acanthaster planci*) (Lison de Loma *et al.*, 2006). Depuis la fin des années 80, la pratique du "*shark feeding*" ou de l'appâtage s'est développée, en particulier à Moorea, Bora-Bora et Tahiti.

Elle consiste à présenter régulièrement de la nourriture aux animaux afin de les sédentariser sur un site précis où la probabilité de les rencontrer est très élevée.

De vives controverses sont apparues, mettant en avant des problèmes de sécurité pour l'homme et des interrogations quant aux effets à long terme sur la biologie et l'écologie des requins eux-mêmes. Nous disposons maintenant de plus de trente ans de recul et l'activité n'a pas entraîné un nombre significatif d'accidents (Clua 2011). Plusieurs études ont été effectuées sur les effets du nourrissage sur les requins citrons (*Negaprion acutidens*) (Clua *et al.*, 2010) en Polynésie française grâce à la photo-identification de cette espèce (Buray *et al.*, 2009). Même si elles n'ont pas totalement suffi à éteindre les controverses, elles ont démontré que l'activité, à condition d'être gérée convenablement, pouvait *a priori* être durable (Clua *et al.*, 2011).

Un élément non négligeable est l'impact économique important du *feeding*. Les revenus générés par cette activité sont conséquents et ont déjà fait l'objet d'études. Aux Bahamas, entre 1987 et 2007, les plongées basées sur l'observation des requins via le nourrissage ont rapporté 800 millions de dollars US à l'économie du pays (Gallagher & Hammerschlag 2011). En Polynésie française, des études ont montré que les requins citrons impliqués dans cette activité à Moorea rapportaient près de 5,4 millions de dollars US par an à l'économie de cette île (Clua *et al.*, 2011).

L'autre aspect particulièrement important est la sensibilisation du public à l'innocuité des requins. La plupart des plongeurs participant en sont déjà convaincus mais d'immenses progrès de sensibilisation ont été faits auprès du grand public à travers les films, photos et reportages.

1.1.2 Les effets délétères possibles du *feeding*

Si le nourrissage présente un intérêt indéniable sur le plan économique, et sociétal, il est opportun de s'assurer qu'il n'engendre pas des effets néfastes sur l'écologie et la biologie des animaux qu'il touche (pour une revue exhaustive de ces effets, voir Brena *et al.*, 2015). En effet, certains problèmes liés à ces pratiques pourraient potentiellement apparaître.

On peut notamment citer :

- une fidélisation excessive au site et une modification des déplacements voire des migrations, altérant potentiellement l'écologie de l'animal ;
- des problèmes de sécurité liés à des animaux trop habitués à l'homme ;
- l'apparition d'une consanguinité par augmentation de la promiscuité et de sa durée entre individus d'une même population ;
- le développement d'un parasitisme élevé.

En Polynésie, et même si d'autres espèces sont impliquées sur les sites concernées, les principales espèces soumises au nourrissage artificiel sont le requin citron (*Negaprion acutidens*) et le requin tigre (*Galeocerdo cuvier*). La première citée a fait l'objet d'une étude sur Moorea (Clua et al., 2010). La seconde n'a jamais été étudiée et possède une écologie très différente du requin citron. Elle est par ailleurs emblématique et c'est pourquoi nous l'avons choisie comme modèle d'étude.

1.2 Le modèle d'étude : le requin tigre (*Galeocerdo cuvier*) (Péron & Lesueur, 1822)

1.2.1 Classification (source: Word Register of Marine Species)

Règne : *Animalia*

Embranchement : *Chordata*

Sous embranchement : *Vertebrata*

Classe : *Chondrichthyes*

Poissons au squelette cartilagineux

Sous classe: *Elasmobranchii*

Requins et raies autrefois appelés sélaciens

Ordre: *Carcharhiniformes*.

Appelés "requins requiem", ils ont la bouche en arrière des yeux, cinq fentes branchiales, une paupière nictitante, une nageoire anale et pas d'épine dorsale.

Famille: *Carcharhinidae*

Ou "requins vrais".

Au regard de ses caractères morphologiques et de son ovoviviparité, *Galeocerdo cuvier* peut être considéré comme le plus primitif de cette famille (Compagno, 2001)

Genre : *Galeocerdo*

L'étymologie est grecque et latine. Le genre *Galeocerdo* vient du grec *galeos* (squal) et du latin vulgaire *cerdus* (porc).

Galeocerdo ne comprend qu'une espèce de nos jours : *Galeocerdo cuvier*.

À noter qu'au miocène, il y a 5 à 25 millions d'années existaient plusieurs autres espèces : *Galeocerdo aduncas*, *Galeocerdo contortus*, *Galeocerdo latidens* ...

Galeocerdo cuvier est apparu au pliocène il y a 5 millions d'années.

Espèce : *cuvier*, en référence au zoologiste français Georges Cuvier (1769-1832).

1.2.2 Dénomination

En 1822, un spécimen pêché sur la côte nord-ouest de l'Australie est décrit par deux naturalistes, Charles Lesueur et François Peron. Ils le nomment alors *Squalus cuvier*. Il sera aussi décrit sous de nombreux noms : *Carcharias fasciatus*, *Carcharias hemprichii*, *Galeocerdo articus*, *Galeocerdo cuvieri*, *Galeocerdo fasciatus*, *Galeocerdo obtusus*, *Galeocerdo rayneri*, *Galeocerdo tigrinus*, *Galeus cepedianus*, *Galeus maculatus*, *Squalus arcticus*, *Squalus cuvier* (*World Register of Marine Species*). Par la suite, il prendra le nom actuel de *Galeocerdo cuvier*.

1.2.3 Éléments de morphologie

Il est avec le grand requin-marteau (*Sphyrna mokarran*) le plus grand requin de l'ordre des Carcharhiniformes. Sa longueur totale maximale est sujette à controverse. Selon certaines sources, elle pourrait atteindre 750 cm (Vidthayanon 2005). Un spécimen pêché au Vietnam en 1957 aurait atteint 740 cm (Fourmanoir 1961).

Toutefois la fiabilité de ces chiffres n'est pas assurée, les mesures ayant pu être prises une fois l'animal sorti de l'eau et étiré, ou faites de façon peu rigoureuse. Une taille maximale de 550 cm serait plus réaliste (Randall 1992). Un individu de 550 cm a été mesuré de manière fiable en Australie dans le Queensland (Holmes *et al.*, 2012). Une étude effectuée à Hawaï conclut que les individus de plus de 450 cm restent extrêmement rares (Meyer *et al.*, 2014).

Pour ce qui est des tailles moyennes, la plupart des auteurs estiment celle de la femelle adulte à environ 400 cm et celle du mâle à 350 cm. Le poids variant de 400 à 700 kg.

Le corps est massif et les rayures sont caractéristiques de cette espèce, ayant probablement un but de camouflage (*Fig. 1*). Elles sont généralement d'autant plus contrastées que l'individu est jeune. Elles ont tendance à s'estomper avec l'âge (Compagno 2001). Le museau est court et carré (*Fig. 2*).



Figure 1. Vue latérale d'un requin tigre adulte d'une taille approximative de 350 cm de Longueur Totale (LT).



Figure 2. Vue de face de la tête du requin tigre.

Le requin tigre possède une nageoire dorsale triangulaire, deux nageoires pectorales, deux nageoires pelviennes, une nageoire anale et une nageoire caudale. Cette dernière est hétérocerque (le lobe supérieur est plus long que le lobe inférieur) et possède une échancrure subterminale. On note la présence d'une crête interdorsale proéminente, d'une quille précaudale bilatérale et d'un sillon transversal (*Fig. 3*).

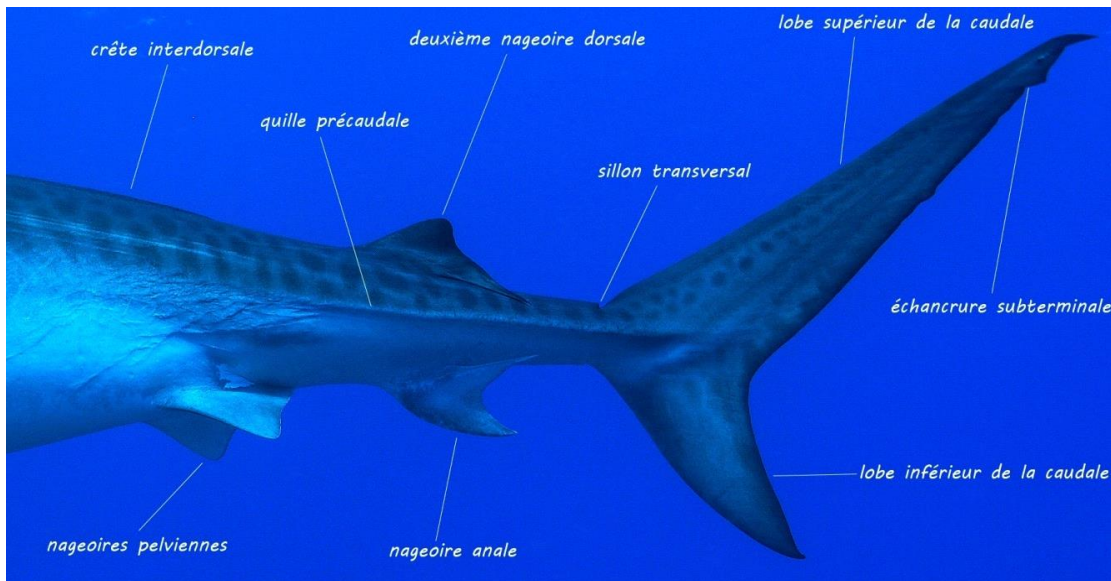


Figure 3. Partie postérieure du requin tigre.

On dénombre entre 216 et 233 vertèbres (Randall 1992). La partie inférieure du corps est blanche et la partie supérieure présente une livrée caractéristique de l'espèce. Ses mâchoires sont larges et pourvues de 10 à 11 dents de chaque côté dont la taille décroît vers l'extérieur (*Fig. 4*).



Figure 4. Mâchoires et dents du requin tigre.

La formule dentaire est la suivante : 10 à 11 - 10 à 11 / 10 à 11 -1 - 10 à 11. Une dent supplémentaire est présente à la symphyse des deux demi-mandibules. Comme chez beaucoup de requins, les dents en cours de croissance sont plaquées en arrière et se redressent au fur et à mesure du remplacement, Elles sont caractéristiques de l'espèce, adaptées à son régime très varié et à la consommation de proies de grandes tailles (Moss 1972) (*Fig. 5*).



Figure 5. Dents de requin-tigre.

1.2.4 Éléments sur les sens

La vue

Les yeux sont ronds avec une large pupille noire (*Fig. 6*). Leur grande taille est adaptée à une activité plutôt nocturne. Ils sont pourvus d'une membrane nictitante permettant leur protection lors de la morsure (*Fig. 7*). Comme pour la plupart des requins, ce n'est pas leur sens principal mais ils sont capables de distinguer les mouvements, les sources lumineuses, les formes géométriques et les contrastes prononcés.



Figure 6. Œil du requin tigre.



Figure 7. Œil recouvert de sa membrane nictitante.

L'ouïe et la ligne latérale

Le système accoustico-latéral comprend :

- l'oreille interne qui reçoit les sons et qui sert aussi à l'équilibration ;
- la ligne latérale, ensemble de canaux sur la tête et le flanc sensible aux micro variations de pression.

La quasi-totalité du corps est ainsi en mesure de percevoir les vibrations.

L'ensemble est très performant et peut permettre une détection rapide des divers stimuli venant de poissons blessés, flèche de fusil sous-marin, nageur en surface, etc. (Séret 1990).

L'olfaction

Comme chez la plupart des requins, le sens de l'odorat est très développé, capable de détecter une odeur dans de très fortes dilutions.

Les narines largement séparées permettent de mieux situer la source odorante et la nage constante implique un apport continu de molécules odorantes. C'est la raison pour laquelle le requin tigre pourra être attiré par un appât à une très grande distance (Seret 1990).

L'électro- location

C'est un sens particulier aux requins qui leur permet la détection de faibles différences de potentiels électriques. Les ampoules de Lorenzini, petites vésicules situées à quelques centimètres sous la peau sont connectées à des canaux remplis de substance gélatineuse. Ceux-ci sont reliés à l'extérieur par des pores visibles sur le museau et la tête (*Fig. 8*).



Figure 8. Emplacements de pores des ampoules de Lorenzini.

Cette fonction permet la détection de micro-champs électriques émis par des proies éventuelles. Des hypothèses font état d'une possible utilisation de l'électrolocation pour détecter le champ magnétique terrestre et ainsi s'orienter lors des migrations (Séret 1990).

1.2.5 La respiration

Comme tous les Carcharhiniformes, le requin tigre possède cinq fentes branchiales qui font communiquer les branchies avec l'extérieur (*Fig. 8*). Les branchies sont composées d'arcs cartilagineux eux-mêmes formés de lames branchiales, lesquelles portent de minces lamelles secondaires placées perpendiculairement.

L'évent (ou spiracle) est une première fente branchiale vestigiale, située derrière l'œil (*Fig. 9*). Le rôle de cet organe est assez mal connu. Bien que dérivant d'une fente branchiale, il aurait plutôt un rôle au niveau de l'électrolocation (Randal 1992).



Figure 8. Fentes branchiales.



Figure 9. Emplacement du spiracle.

Contrairement aux requins benthiques, le requin tigre est tributaire de sa nage pour sa respiration. L'eau pénètre par la bouche, passe à travers les branchies, lieux des échanges d'oxygène et de gaz carbonique puis sort par les fentes branchiales. Dans de rares cas, il a été observé des requins tigres immobiles dans des cavités mais en présence d'un courant permettant leur oxygénation.

1.2.6 Alimentation

Sa fonction de prédateur en bout de chaîne alimentaire lui confère un rôle clef dans les écosystèmes marins (Randal 1992). Le requin tigre est très éclectique dans son alimentation. L'éventail de ses proies est plutôt vaste : poissons, mollusques, crustacés, reptiles, oiseaux, mammifères... (Simpfendorfer *et al.*, 2001).

Sa taille et la puissance de sa dentition lui permettent de briser une carapace de tortue ou de mordre dans les os d'une baleine. Plusieurs cas de nourrissage sur des cadavres de grands cétacés ont été observés, y compris aux côtés de grands requins blancs (*Carcharodon carcharias*) (Dudley *et al.*, 2000).

Son alimentation est influencée par plusieurs facteurs : la disponibilité en proie, la localisation géographique, l'expérience de l'individu et la taille de celui-ci (Rancurel 1984).

Si la quantité de nourriture ingérée peut être très importante (Clua *et al.*, 2013), il peut rester sans s'alimenter durant de longues périodes. Il est davantage un charognard opportuniste qu'un grand chasseur apte aux poursuites rapides (Heithaus *et al.*, 2002).

Ceci nous est confirmé par notre expérience en Polynésie française : l'apparition d'un grand requin marteau (*Sphyrna mokarran*) fait immédiatement disparaître tous les requins gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) alors que ces derniers, bien que gardant leurs distances, resteront sur la zone en présence d'un requin tigre (M. Bègue Obs. Pers.).

1.2.7 Reproduction

Comme pour la plupart des requins, il est facile de différencier le mâle de la femelle (*Fig. 10*). On reconnaît le mâle à ses deux ptérygopodes, organes de copulation dérivés des nageoires pelviennes dont un seul est utilisé lors de l'accouplement.



Figure 10. Ptérygopodes du mâle (à gauche), cloaque de la femelle (à droite).

La maturité sexuelle est atteinte pour une longueur totale moyenne de 292 cm pour le mâle et de 330 à 345 cm pour la femelle. Le requin tigre est le seul des *Carcharhinidae*, généralement vivipares, dont le mode de reproduction est l'ovoviviparité (naissance de petits vivants et formés dans l'utérus de la mère). La gestation dure de 15 à 16 mois et une portée compte en moyenne 32 petits dont la taille varie de 80 à 90 cm (Whitney et Crow 2007) (*Fig. 11*).



Figure 11. Requin tigre juvénile d'environ 150 cm.

Même si cette taille les met hors de portée de nombreux prédateurs, il semble subsister un fort taux de mortalité. Une étude estime leur survie à un an de 51 à 62 % dans le golfe du Mexique et de 27 à 39 % dans le nord-ouest de l'Atlantique (Driggers *et al.*, 2008).

Les juvéniles doublent leur longueur totale la première année (Branstetter *et al.*, 1987), ce qui peut représenter un moyen d'échapper à une forte prédation.

Chez le jeune adulte également, la croissance est très rapide : 118,4 cm dans l'année enregistrée au Brésil (Aphonso *et al.*, 2012). La maturité sexuelle est atteinte vers 292 cm de longueur totale chez les mâles et entre 330 et 345 cm chez les femelles (Whitney et Crow 2007).

1.2.8 Distribution et habitat

Le requin tigre est présent tout autour du globe dans les eaux tropicales et subtropicales chaudes mais aussi dans le Pacifique Nord et autour de l'Irlande. (Fig. 12).

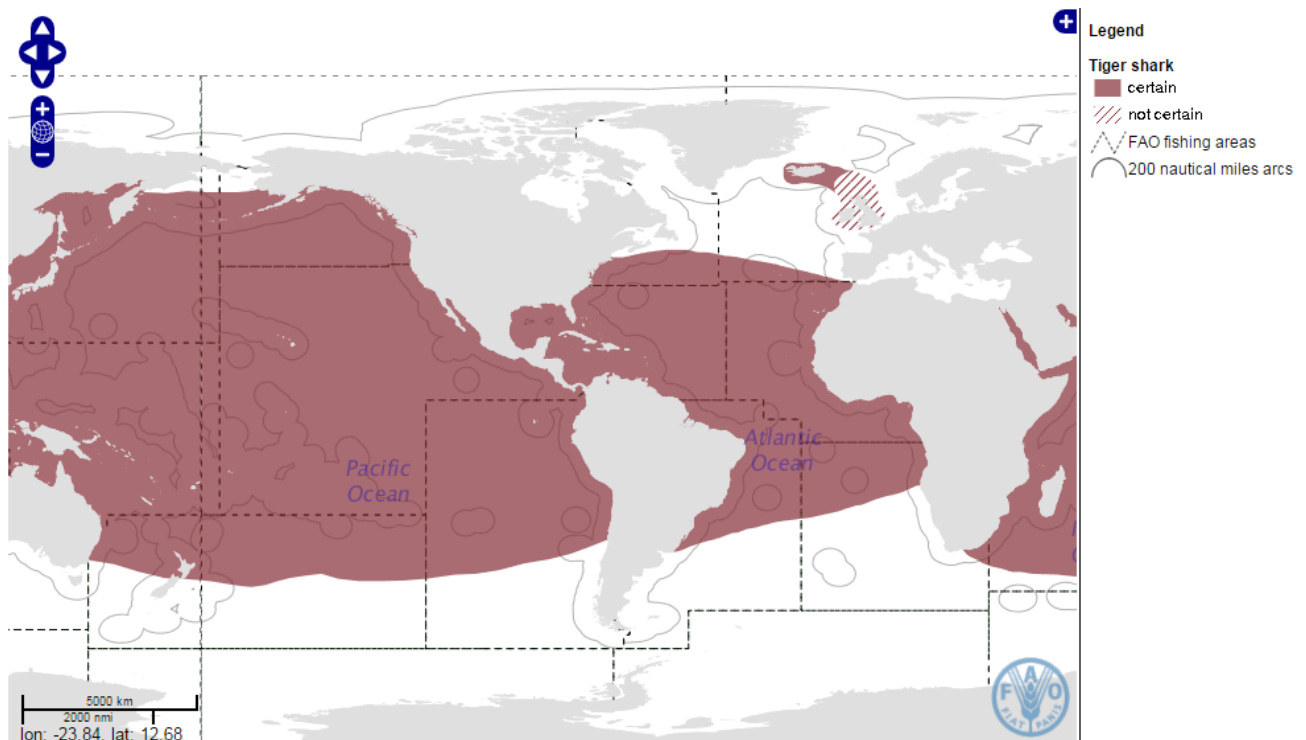


Figure 2. Distribution du requin tigre (d'après FAO).

Ni strictement pélagique, ni strictement côtier, on peut le retrouver dans les lagons, les passes, sur le récif, dans les estuaires et au large. Il se déplace dans toute la colonne d'eau (Vaudo *et al.*, 2014). Si on peut le rencontrer dans quelques mètres d'eau, on sait également qu'il est capable d'évoluer à grandes profondeurs, largement sous la thermocline, jusqu'à 1136 m et à une température de 5 à 6 degrés (Werry *et al.*, 2014).

Il était couramment admis qu'il semble plutôt rester en profondeur le jour pour remonter la nuit (Tricas *et al.*, 1981) mais des études plus récentes montrent qu'il se nourrit aussi le jour près de la surface (Heithaus *et al.*, 2001).

Sa grande mobilité a été démontrée par divers auteurs, avec notamment des déplacements :

- de plus de 7500 km entre les Caraïbes et l'Atlantique Nord (Lea *et al.*, 2015) ;
- de plus de 8000 km entre l'Australie et l'Afrique du Sud (Heithaus *et al.*, 2007) ;
- de 3480 km aux îles Hawaï (Meyer *et al.*, 2010) ;
- de 1114 km en mer de Corail (Werry *et al.*, 2014) ;
- de 1800 km entre Sydney et la Nouvelle-Calédonie (Holmes *et al.*, 2014).

Les raisons d'effectuer de grandes migrations, des migrations partielles ou de rester résident sont très complexes et varient selon de nombreux critères : âge, sexe, reproduction, alimentation, température de l'eau... (Papastamatiou *et al.*, 2013). Récemment, il a été mis en évidence le peu de différences génétiques entre les individus de tout l'Indopacifique, suggérant une population unique (Holmes *et al.*, 2017).

C'est un solitaire qui ne s'observe pas en banc mais qui peut occasionnellement se regrouper en nombre (plusieurs dizaines) dans des circonstances particulières de nourrissage, notamment autour de cadavres de cétacés (Clua *et al.*, 2013). C'est à cette occasion qu'a été réalisée une étude de photo-identification du requin tigre, *a priori* la seule à ce jour.

1.2.9 Interactions avec l'homme

Le requin tigre est considéré comme un des requins les plus dangereux pour l'homme et les cas d'attaques où il est impliqué sont nombreux à travers le monde : Afrique du Sud (Cliff et Dudley 1992), Australie (Dudley 1997), Californie (Lea et Miller 1988), Floride (Iskan et McCabe 1995), Hawaï (Holland *et al.*, 1999), Brésil (Hazin *et al.*, 2013), Nouvelle-Calédonie (Clua *et al.*, 2014), La Réunion (Werbrouck *et al.*, 2014). Paradoxalement, la Polynésie française n'enregistre aucun cas d'attaque où le requin-tigre serait impliqué, y compris lors de situation de chasse (Maillaud et Van Grevelinghe 2005).

De nombreux essais de maintien en captivité sont restés des échecs, l'animal refusant de se nourrir. Peu de requins tigres ont dépassé 6 mois en captivité, à l'exception d'un individu ayant survécu 39 mois au Sea World de Floride (Crow et Hewitt 1988).

Le seul moyen de l'observer est donc de le rencontrer dans son milieu naturel. La taille, la puissance et la réputation du requin tigre en font une espèce emblématique que de nombreux plongeurs rêvent de côtoyer sous l'eau mais malgré sa dangerosité potentielle, ce requin est plutôt furtif et a tendance à éviter l'homme. Bien que largement distribué dans toutes les mers tropicales, il est très difficile à voir sans stimulus alimentaire pour l'attirer et le mettre en confiance. Il est donc souvent nécessaire d'avoir recours au nourrissage artificiel pour l'observer de près durablement et faire des images.

Dans quelques endroits au monde ont été développées des plongées spécialement dédiées aux rencontres avec le requin tigre, comme aux Bahamas à Tiger Beach, en Afrique du Sud à Aliwal Shoal et maintenant en Polynésie française à Tahiti. Cette approche marque un tournant dans les relations homme-requin tigre. La possibilité de l'approcher sans cage et en sécurité change la vision stéréotypée de ce grand prédateur et permet de promouvoir sa conservation auprès du grand public.

1.2.10 Menace sur l'espèce

Comme la plupart des espèces de requins, le requin tigre est menacé par la pêche, que ce soit par la pêche ciblée pour les ailerons, par la pêche sportive, ou encore par les prises accessoires (Castro 1999). Les mesures censées protéger les usagers de la mer aux abords des plages touristiques (pose de "*drumlines*" et de filets) sont elles aussi une menace pour l'espèce (Holmes *et al.*, 2012). L'IUCN (International Union for Conservation of Nature) a classé le requin tigre "Quasi menacé" depuis 2009. Comme tous les requins de Polynésie française, c'est une espèce protégée depuis 2006 (JOPF 2006) (*Annexe 1*).

1.3 Problématique de l'étude

Il n'existe que peu de données sur l'impact du nourrissage artificiel à but écotouristique sur le requin tigre. Cette étude tentera d'apporter une meilleure compréhension de son impact sur les écosystèmes. Pour parvenir à cet objectif, elle se propose entre autres de mettre en place de la photo-identification. Celle-ci permettra de différencier individuellement les requins tigres fréquentant un site de plongée, nous permettant d'analyser leur taux de résidence.

Nous pourrons alors tenter de répondre à certaines questions quant aux effets délétères possibles de l'activité :

- y- a-t-il une fidélisation excessive au site de nourrissage ;
- peut-on craindre des modifications des déplacements ou des migrations préjudiciables à l'écologie des individus ?

2. Matériel et méthodes

2.1 Site d'étude

Il se trouve sur l'île de Tahiti en Polynésie française, c'est une portion du récif barrière (pente externe) situé près de la pointe nord-ouest (*Fig. 13*).



Figure 13. Localisation du site de la vallée Blanche à Tahiti (d'après Google Earth).

Appelé "la vallée Blanche", le site doit son nom à une étendue de couleur claire liée à l'accumulation de débris coralliens. Des courants parfois forts et changeants caractérisent ce site. La profondeur y est de 15 à 20 mètres mais la zone pélagique est à proximité immédiate.

Par le passé, cet endroit était rarement fréquenté par les plongeurs car sans intérêt particulier ni faune abondante. En 2000, un moniteur d'un club de plongée installé à l'entrée de la ville de Papeete a commencé à y apporter des appâts. Depuis, cette pratique a perduré une ou plusieurs fois par semaine, favorisant la présence de diverses espèces de poissons et en particulier de requins.

Dès le début de l'activité, on notait la présence de requins pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*), de requins gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*), de requins citrons (*Negaprion acutidens*) de requins pointes blanches (*Triaenodon obesus*) et de requins nourrices (*Nebrius ferrugineus*). La présence de requins tigres (*Galeocerdo cuvier*), s'est significativement renforcée depuis 2011.

Outre l'intérêt scientifique, ce site est le support d'un service éco-systémique de tourisme important car il est l'une des plongées les plus riches en faune de l'île de Tahiti.

Outre les requins, on peut y observer régulièrement et en nombre conséquent :

- perches pagaies (*Lutjanus gibbus*) ;
- perches à raies bleus (*Lutjanus kasmira*) ;
- perches maories (*Lutjanus rivulatus*) ;
- carangues arc-en-ciel (*Elagatis bipinnulata*) ;
- carangues à gros yeux (*Caranx sexfasciatus*) ;
- fusiliers tricolores (*Pterocaesio tile*) ;
- rémoras communs (*Echeneis naucrates*).

Malgré la pression de chasse sur l'île de Tahiti, des napoléons (*Cheilinus undulatus*) sont quelquefois aperçus (Guide des poissons de Tahiti et ses îles, 2016).

Ce site présente aujourd'hui un intérêt capital en termes d'application d'une méthode d'identification individuelle. Celle-ci permet par ailleurs d'évaluer avec précision l'évolution de la fidélité des requins tigres à ce site de nourrissage et de recueillir des informations inédites sur l'impact du nourrissage artificiel sur cette espèce.

2.2 La méthode pour appâter

Sur le site, plusieurs dizaines de requins gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) et de requins pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) résidents permanents approchent le bateau dès son arrivée.

Les appâts sont constitués majoritairement de têtes de thons obtenues auprès d'une poissonnerie du port de pêche de Papeete. Un appât mis à l'eau sans protection serait dévoré dans les minutes qui suivent.

Or, le requin tigre pouvant se situer à plusieurs kilomètres, les appâts doivent pouvoir diffuser une trainée olfactive qui partira avec le courant, et ce durant des heures s'il le faut.

Nous avons dans un premier temps utilisé un grillage. S'il était suffisant pour protéger les appâts des petits requins, il était fréquemment endommagé par les individus plus gros, requins citrons et requins tigres. En nous inspirant d'une méthode observée à Protea Banks en Afrique du Sud, nous avons alors utilisé un tambour de machine à laver, avec d'excellents résultats (*Fig. 14*).



Figure 14. Utilisation d'un tambour de machine à laver.

L'arrivée sur le site se fait vers 9h00 et le tambour est placé sur le fond à environ 18 mètres. La quantité d'appât est sensiblement la même à chaque plongée, à savoir l'équivalent de quatre à cinq têtes de thons par tambour. Il peut arriver qu'entre un et trois tambours soient déployés en même temps sur le site long d'environ 300 m.

Le temps d'attente avant l'apparition d'un requin tigre est très variable, quelques minutes, quelques heures ou la journée et parfois des sorties infructueuses. Le placement des plongeurs par rapport à l'appât est très important. Il s'agit de prendre en compte :

- la direction de courant (un positionnement dans la trainée olfactive serait potentiellement dangereux) ;
- la configuration du fond (positionnement de préférence derrière des pâtés coralliens) ;
- la distance appât-plongeurs (rapport sécurité-intérêt).

La finalité n'est pas nécessairement de nourrir les requins mais de les appâter pour les observer. Les appâts ne sont donc pas systématiquement donnés au requin tigre dès son arrivée. En revanche, l'appât est libéré l'après-midi en fin de dernière plongée.

Les appâts sont sortis ou pas en fonction du comportement de l'animal. De fait, la quantité de nourriture ingérée par le requin tigre est peu significative par rapport à ses besoins. C'est la raison pour laquelle nous préférons parler d'appâtage (*smelling*) plutôt que de *feeding* ou nourrissage.

La plupart des observations se font lors de sorties touristiques.

L'intérêt est double :

- économique : utilisation des moyens d'un centre de plongée pour l'étude ;
- pédagogique : information et sensibilisation des plongeurs à la recherche scientifique et à la protection des requins.

2.3 La photo-identification des requins tigres

2.3.1. Généralités

La photo-identification permet de faciliter les recherches sur des sujets comme la composition et l'abondance des populations, la résidence et les migrations ou le comportement social (Marshall et Pierce 2012). Dans l'étude des raies ou des requins, elle permet d'évaluer la fréquentation d'un site donné, d'où pourront être tirées des données sur la biologie et l'écologie des animaux. Dans le milieu marin, son utilisation remonte aux années 60 avec l'étude des baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (Baker 1966). Son utilisation s'est généralisée depuis les années 2000, notamment avec l'apparition de la photographie et de la vidéo numérique qui ont révolutionné l'activité, la rendant plus simple, plus économique et avec des résultats plus rapides.

Ses intérêts sont multiples :

- facilité de mise en œuvre ;
- économique à l'usage ;
- non invasive ;
- non perturbante pour les animaux ;
- peut remplacer ou compléter l'utilisation de tags.

On peut éviter les erreurs :

- par une très précise définition des caractères d'identification ;
- en sélectionnant l'âge des individus (par exemple, exclusion des jeunes dépourvus de toute marque distinctive) ;
- en couplant la photo identification avec l'analyse génétique (Mourier *et al.*, 2013).

2.3.2 Principe

La technique consiste à photographier ou filmer un animal en totalité ou en partie, avec une préférence pour des zones significatives. L'animal peut alors être nommé, fiché, et éventuellement alimenter une base de données ou être comparé au sein de cette même base. Le suivi d'une blessure et sa cicatrisation seront également possibles sur des périodes plus ou moins longues (Buray *et al.*, 2009).

Dans le cas du requin tigre, cette identification est relativement simple à condition d'avoir de bonnes images, des éléments clefs du corps de l'individu vont servir pour l'identification.

Les limites en termes de fiabilité peuvent être liées aux changements éventuels de certaines colorations en fonction de l'âge ou aux modifications dues aux blessures et cicatrisations.

2.3.3 Le matériel de prise de vues

Nous avons commencé la photo-identification avec un Nikon D80, caisson Patima, puis un Nikon D600, caisson Ikelite. Le matériel utilisé actuellement est un Nikon D800 dans un caisson Nauticam avec deux flashes Inon (*Fig. 15*). La haute définition du capteur numérique permet dans certains cas où la prise de vue est éloignée de pouvoir zoomer dans l'image pour obtenir plus de détails.

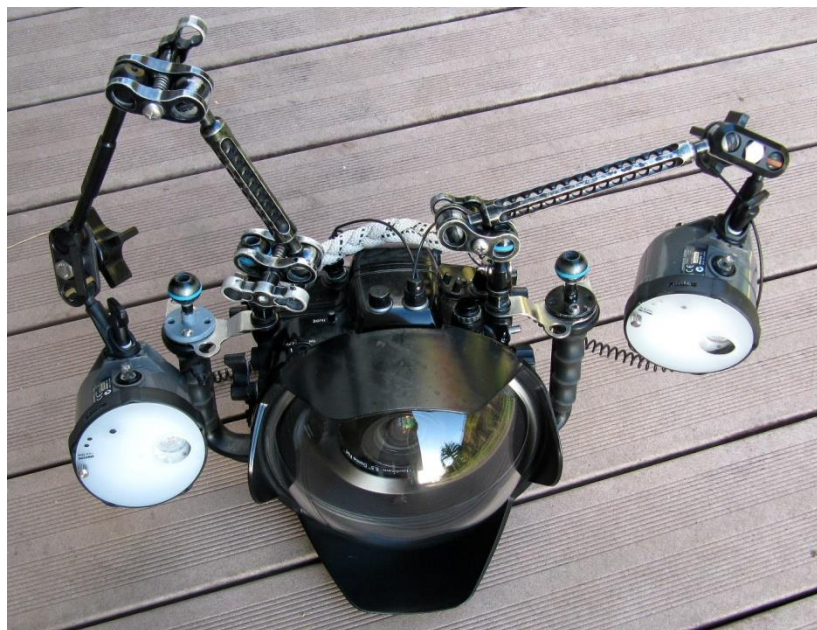


Figure 15. Nikon D800, boîtier Nauticam, 2 flashes Inon.

2.4 La mesure des individus

2.4.1 Définition

On entend par longueur totale (LT), la distance de l'extrémité du museau à la verticale passant par le lobe supérieur de la nageoire caudale (Branstetter *et al.*, 1987) (*Fig. 16*).

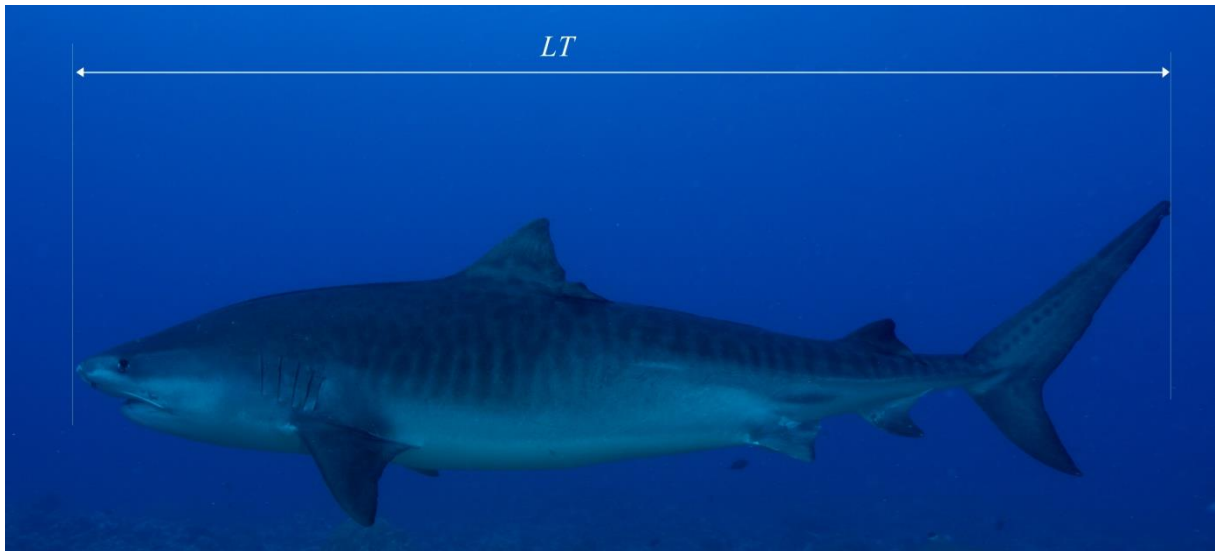


Figure 16. Définition de la longueur totale (LT).

Il est particulièrement intéressant de posséder des données fiables quant à la LT des individus étudiés. Or, de par sa taille et sa mobilité, le requin tigre est difficilement mesurable et l'estimation "à vue" de la taille d'un individu reste très observateur-dépendant et sujet à discussion.

2.4.2 Méthodes visuelles

Nous avons dans un premier temps utilisé une perche de 2 mètres graduée tous les 50 cm (*Fig. 17*). Il fallait pour cela faire une prise de vue à la verticale de l'animal, ce dernier le plus près possible de la perche.



Figure 17. Requin tigre de 250 cm de longueur totale mesuré par une perche graduée.

Puis pour obtenir plus de précision, nous y avons ajouté une toise graduée initialement destinée à l'archéologie (*Fig. 18*).



Figure 18. Requin tigre de 400 cm de longueur totale mesurée par une toise graduée.

Le principal inconvénient de cette méthode était la grande difficulté à obtenir un individu "étiré" juste à côté des toises. Les résultats obtenus ne nous ont pas semblé satisfaisants en termes de précision, c'est la raison pour laquelle nous nous sommes tournés vers la photogrammétrie.

2.4.3 La photogrammétrie

Cette technique est d'une utilisation assez récente. Les premières études datent des années quatre-vingt et portent sur les baleines boréales (*Balaena mysticetus*) (Cubbage et Calambokidis 1987).

Le principe est de projeter les deux points laser sur l'animal tout en faisant des images. Le film est préféré à la photo car une capture d'écran saisira l'instant où la perpendicularité de l'animal est la meilleure. Un traitement informatique consistera à compter les pixels entre les deux points et l'extrapolation permettra d'obtenir une mesure précise (Fig. 19).



Figure 19. Requin tigre de 382 cm de longueur totale mesuré par photogrammétrie, on visualise les deux points laser sur le flanc.

Un montage a été réalisé pour cette étude. Il s'agit d'une plaque de base en aluminium à l'extrémité de laquelle sont soudés deux tubes. Chacun est garni de six trous filetés recevant des boulons. Ces derniers servent à caler et régler le parallélisme de deux lasers sous-marins Apinex. Au centre est fixé un caisson Nauticam NA-RX100 recevant un appareil photo numérique Sony RX-100 (Fig. 20). Les faisceaux des lasers sont calibrés pour être parallèles avec un écartement de 50 cm.



Figure 20. Montage pour photogrammétrie réalisé pour la mesure de requins tigres.

Les principales difficultés sont liées à :

- la précision de l'étalonnage des lasers ;
- la nécessité d'une prise de vue strictement à la perpendiculaire du sujet.

De plus, la grande flexibilité de la nageoire caudale dans le plan horizontal peut occasionner des variations non négligeables. Des marges d'erreur conséquentes peuvent être retrouvées si ces conditions ne sont pas remplies.

Les requins ont été mesurés à chaque occurrence, ce qui a permis pour certains de suivre une croissance. Nous avons ensuite calculé des tailles moyennes des requins et nous avons affecté les requins dans des classes de taille pour donner une vue d'ensemble de notre population. Nous avons aussi comparé les tailles de certains individus qui avaient été mesurés visuellement avec les longueurs obtenues par photogrammétrie et ce, afin d'évaluer la fiabilité des mesures visuelles.

2.5 Dénomination des individus

Le premier travail de fichage a consisté à nommer les individus pour établir les fiches individuelles. Des noms ont été attribués dans l'ordre chronologique des identifications mais sans importance particulière. Par exemple, deux numéros différents avaient été établis pour un même individu. Après correction de l'erreur, l'un des numéros a été attribué à un nouvel individu.

La dénomination est la suivante : T00F, T00M, TXF, TXM TYF, TYM.

"T" pour tigre

"00" numéro de l'individu

"F" pour femelle

"M" pour mâle

"X" ou "Y" pour "non identifié" (dans ce cas, pas de fiche individuelle établie).

La distinction entre mâles et femelle nous a permis de calculer un sex-ratio (rapport nombre de mâles / nombre de femelles).

2.6 Les fiches individuelles

Avant d'envisager cette étude, nous avons commencé à établir des fiches individuelles inspirées du modèle utilisé pour le requin citron (*Negaprion acutidens*) à Moorea (Buray *et al.*, 2009).

Elles comportent :

- l'identité de l'individu ;
- la taille estimée ou mesurée par toise ou photogrammétrie ;
- la description de caractéristiques anatomiques (cicatrices, déformations...);
- les dates et lieu d'observation ;
- le nom de l'observateur ;
- l'identité des autres requins tigres observés en même temps ;
- des photos comportant :
 - des profils complets droit et gauche ;
 - des profils de la dorsale droite et gauche ;
 - des points particuliers d'identification ;
- des indications sur d'éventuelles gestations ;
- des indications comportementales.

Des photos comportant une modification visuelle peuvent y être ajoutées par la suite (Fig.21).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	T05F				lieu	date	vu avec	obs		lieu	date	vu avec	obs									
2	TAILLE MESURÉE : 4,35 m				1 Tahiti VB	24 04 2012		Bégué		40 Tahiti VB	23 10 2015		Dellere									
3	caractéristiques anatomiques				2 Tahiti VB	03 11 2015		Melard		41 Tahiti VB	27 10 2015		T29-TX(T347)									
4	2ème dorsale coupée				3 Tahiti VB	04 04 2014	T01			42 Tahiti VB	23 10 2015		Bégué									
5	observations				4 Tahiti VB	09 04 2014		Bégué		43 Tahiti VB	12 11 2015	TX	Bégué									
6	pleine le 03 11 2013 / mise bas avant le 04 04 2014				5 Tahiti VB	12 04 2014		Bégué		44 Tahiti VB	15 11 2015		Alix									
7					6 Tahiti VB	21 04 2014				45 Tahiti VB	12 12 2015		Alix									
8					7 Tahiti VB	23 04 2014	T15-T05	Bégué		46 Tahiti VB	12 01 2016		Bégué									
9					8 Tahiti VB	13 05 2014		Lu Bouil		47 Tahiti VB	28 01 2016		Alix									
10					9 Tahiti VB	15 05 2014	T15-T29+T35-T	Bégué		48 Tahiti VB	11 05 2016		Alix									
11					10 Tahiti VB	25 05 2014				49 Tahiti VB	13 05 2016	T29TX	Bégué									
12					11 Tahiti VB	10 06 2014	T35	Coulombe		50 Tahiti VB	15 05 2016		Sardis									
13					12 Tahiti VB	19 05 2015	TX	Bégué		60 Tahiti VB	04 07 2016		Buray									
14					13 Tahiti VB	17 06 2014	T01-TX	Coulombe		52 Tahiti VB	15 05 2016	T03-TX	Sardis									
15					14 Tahiti VB	21 06 2014	T35	Buray		53 Tahiti VB	20 05 2016		Alix									
16					15 Tahiti VB	25 06 2014	T01-T30	Holler		54 Tahiti VB	25 05 2016	T03	Alix									
17					16 Tahiti VB	26 06 2014	T01-T29+T35	Bégué		55 Tahiti VB	07 06 2016		Lu Bouil									
18					17 Tahiti VB	07 03 2015	TX-TY			56 Tahiti VB	12 06 2016		Flaid									
19					18 Tahiti VB	16 04 2015		Bégué		57 Tahiti VB	27 06 2016		Lu Bouil									
20					19 Tahiti VB	16 05 2015		Flaurisson		58 Tahiti VB	28 06 2016	T01T47	Alix									
21					20 Tahiti VB	17 05 2015	T16 24 35 39 X	Bégué		59 Tahiti VB	03 07 2016		Lu Bouil									
22					21 Tahiti VB	19 05 2015	T35	Bégué		60 Tahiti VB	04 07 2016		Buray									
23					22 Tahiti VB	24 05 2015	T35	Bégué		61 Tahiti VB	05 07 2016	T08	Bégué									
24					23 Tahiti VB	25 05 2015	T03	Top dive		62 Tahiti VB	10 07 2016	T25	Alix									
25					24 Tahiti VB	25 06 2015	T03	Bégué		63 Tahiti VB	11 07 2016		Alix									
26					25 Tahiti VB	02 07 2015	T01-T03	Bégué		64 Tahiti VB	12 07 2016	T03	Bégué									
27					26 Tahiti VB	04 07 2015	TX	Buray		65 Tahiti VB	13 07 2016	T16	Alix									
28					27 Tahiti VB	12 07 2015		Top dive		66 Tahiti VB	22 07 2016		Alix									
29					28 Tahiti VB	21 07 2015		Top dive		67 Tahiti VB	08 03 2017	T16	Melcher									
30					29 Tahiti VB	25 07 2015		Coulombe		68 Tahiti VB	18 03 2017		Sardis									
31					30 Tahiti VB	30 07 2015	T03	Bégué		69 Tahiti VB	19 03 2017	T29	Bégué									
32					31 Tahiti VB	02 08 2015	T01-T25	Buray		70 Tahiti VB	05 04 2017	T13	Alix									
33					32 Tahiti VB	04 08 2015	T03+T15-T23-T	Bégué		71 Tahiti VB	16 05 2017	T16	Bégué									
34					33 Tahiti VB	06 08 2015	T01-T08	Bégué		72 Tahiti VB	18 05 2017	T29	Bégué									
35					34 Tahiti VB	07 08 2015	T16-T23+TX-T	Bégué		73 Tahiti VB	14 05 2017	T16	De Ligeodis									
36					35 Tahiti VB	21 08 2015	T03	Bégué		74 Tahiti VB	15 06 2017		Bégué									
37					36 Tahiti VB	18 09 2015	T16-T30	Lu Bouil		75 Tahiti VB	21 06 2017		Bégué									
38					37 Tahiti VB	23 09 2015	T08-T24-T26-T	Bégué														
39					38 Tahiti VB	06 10 2015		Top dive														
40					39 Tahiti VB	13 10 2015	T34	Bégué														
41																						
42																						

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	T015F				lieu	date	vu avec	obs		lieu	date	vu avec	obs													
2	TAILLE MESURÉE : 4,12 m le 18 08 2016				1 Tahiti VB	18 09 2012		Flaurisson		51 Tahiti VB	02 11 2014	T25	Bégué													
3	caractéristiques anatomiques				2 Tahiti VB	21 10 2012		Rioatino		52 Tahiti VB	03 11 2014	T29-T42	Lu Bouil													
4	extrémité du lobe supérieur de la caudale coupée				3 Tahiti VB	26 02 2013		Bégué		53 Tahiti VB	01 11 2014		Bégué													
5	observations				4 Tahiti VB	22 06 2013		Rioatino		54 Tahiti VB	11 11 2014	T03-TX	Lu Bouil													
6	le 22 04 2015, tentative d'accouplement avec T29H				5 Tahiti VB	14 07 2013				55 Tahiti VB	15 11 2014		Flaurisson													
7	pleine entre le 07 11 2014 et le 21 06 2015				6 Tahiti VB	20 07 2013		Rioatino		56 Tahiti VB	23 11 2014	TX	Flaurisson													
8	pleine entre le 26 02 2013 et le 22 06 2013				7 Tahiti VB	21 07 2013		Bégué		57 Tahiti VB	25 11 2014		Flaurisson													
9	pleine entre le 09 03 2017 et le x				8 Tahiti VB	23 07 2013		Bégué		58 Tahiti VB	14 02 2015		Flaurisson													
10					9 Tahiti VB	10 08 2013				59 Tahiti VB	12 02 2015		Flaurisson													
11					10 Tahiti VB	02 08 2013	TX(M)			60 Tahiti VB	21 06 2015		Top Dive													
12					11 Tahiti VB	07 08 2013				61 Tahiti VB	02 07 2015	T03-T05	Bégué													
13					12 Tahiti VB	09 08 2013				62 Tahiti VB	13 07 2015	T25-T26	Lu Bouil													
14					13 Tahiti VB	10 08 2013				63 Tahiti VB	02 08 2015	T05-T25	Buray													
15					14 Tahiti VB	13 08 2013				64 Tahiti VB	06 08 2015	T03T05T08T2	Bégué													
16					15 Tahiti VB	17 08 2013	TX	Buray		65 Tahiti VB	03 09 2015		Buray													
17					16 Tahiti VB	22 09 2013	T22-T23	Bégué		66 Tahiti VB	07 09 2015	T26	Holler													
18					17 Tahiti VB	01 04 2014	T23	Bégué		67 Tahiti VB	02 05 2016	T26-T23	Buray													
19					18 Tahiti VB	02 04 2014		Coulombe		68 Tahiti VB	04 05 2016		Holler													
20					19 Tahiti VB	03 04 2014	T23			69 Tahiti VB	05 05 2016		Lu Bouil													
21					20 Tahiti VB	04 04 2014	T05			70 Tahiti VB	14 05 2016		Alix													
22					21 Tahiti VB	06 04 2014	T16			71 Tahiti VB	24 05 2016	T03 26 23 47	Bégué													
23					22 Tahiti VB	12 04 2014		Bégué		72 Tahiti VB	26 05 2016		Bégué													
24					23 Tahiti VB	19 04 2014	T29+TX			73 Tahiti VB	27 05 2016		Buray													
25					24 Tahiti VB	23 04 2014	T26			74 Tahiti VB	10 06 2016	T03	Melcher													
26					25 Tahiti VB	30 04 2014	T29	Lu Bouil		75 Tahiti VB	27 06 2016		Lu Bouil													
27					26 Tahiti VB	01 05 2014		Bégué		76 Tahiti VB	29 06 2016	T05T47	Alix													
28					27 Tahiti VB	05 05 2014				77 Tahiti VB	29 06 2016		Alix													
29					28 Tahiti VB	21 05 2014		Holler		78 Tahiti VB	01 07 2016		Alix													
30					29 Tahiti VB	22 05 2014	T35	Bégué		79 Tahiti VB	11 07 2016		Buray													
31					30 Tahiti VB	05 06 2014		Bégué		80 Tahiti VB	23 07 2016		Top Dive													
32					31 Tahiti VB	11 06 2014	TX			81 Tahiti VB	06 08 2016	T25	Buray													
33					32 Tahiti VB	17 06 2014	T05-TX	Coulombe		82 Tahiti VB	13 08 2016		Buray													
34					33 Tahiti VB	20 06 2014	T35			83 Tahiti VB	18 08 2016	T25	Bégué													
35					34 Tahiti VB	25 06 2014	T05-T30	Holler		84 Tahiti VB	25 08 2016		Buray													
36					35 Tahiti VB	26 06 2014	T05-T29-T35	Bégué		85 Tahiti VB	23 09 2016		Rioatino													
37					36 Tahiti VB	06 07 2014	T35+TX			86 Tahiti VB	01 09 201															

2.7 La fiche des dorsales

En parallèle, il a été établi une fiche "dorsales" où seuls figurent les profils de dorsales droit et gauche de chaque individu (*Fig. 22*). Elle doit être mise à jour à chaque modification visuelle de la dorsale.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5		T20F						
6								
7								
8								
9								
10		T21F						
11								
12								
13								
14								
15		T22M						
16								
17								
18								
19								
20		T23F						
21								
22								
23								
24								
25		T24F						
26								
27								
28								
29								
30		T25F						
31								
32								
33								
34								
35		T26F						
36								

Figure 22. Extrait de la fiche de dorsales.

2.8 La fiche d'occurrences

Une plaquette immergeable est utilisée au cours de la journée de plongée pour y noter toutes les données qui sont restituées le soir sur support informatique.

Cette fiche comporte une ligne par observation (donc plusieurs observations possibles dans la journée pour un même individu). Chaque ligne comporte les données suivantes (*Fig. 23*) :

- date ;
- identité du requin-tigre ;
- taille estimée ou mesurée en cm ;
- sexe (M, F ou NI) ;
- température de l'eau en degrés Celsius ;
- visibilité (très mauvaise, mauvais, moyenne, bonne, très bonne) ;
- sens du courant (nord-sud ou sud-nord) ;
- intensité du courant (nul, faible, moyen, fort, très fort) ;
- sens de la houle (nord-sud ou sud-nord) ;
- intensité de la houle (nulle, faible, moyenne, forte, très forte) ;
- mode de plongée (circuit ouvert, circuit fermé ou apnée) ;
- quantité et heure de pose de l'appât ;
- heure de début et de fin de l'observation ;
- nombre de plongeurs dans l'eau ;
- interaction par rapport aux plongeurs (indifférent, craintif, inquisiteur) ;
- interaction par rapport à l'appât (pas intéressé, intéressé, très intéressé) ;
- interaction par rapport aux autres requins tigres (indifférent, dominant, dominé, non applicable si seul) ;
- existence ou pas d'une photo ou vidéo ;
- nom de l'observateur ;
- nom du photographe ou vidéaste ;
- commentaires (interactions, comportements ou événements particuliers...).

L'accumulation de ces données nous a permis de tester les facteurs environnementaux dans la cadre d'une analyse linéaire globale (GLM), afin de déterminer si certains avaient une influence significative sur la présence des requins tigres. L'analyse s'est faite selon la formule suivante :

$$\text{NbRequin} \sim \text{Mois} + \text{Année} + \text{Température} + \text{ForceCourant} + \text{DirectionCourant} + \text{ForceHoule} + \text{DirectionHoule}$$

Nous avons aussi classé les occurrences par individus afin d'identifier les individus les plus fréquents, puis en fonction des saisons (mois dans l'année), tous requins confondus, puis en séparant les mâles des femelles.

2.9 Utilisation d'une thèse récente

Entre 2014 et 2016, Pierpaolo Brena a rédigé une thèse de doctorat intitulée : "Dimensions écologique et humaine de la relation homme-requin : approches fondamentale et appliquée du nourrissage artificiel de requins en Polynésie française."

Ce travail comportait entre autres l'utilisation du marquage acoustique de requins citrons et tigres afin d'étudier leurs déplacements autour de Moorea, Tahiti, Tetiaroa, Mehetia et Maiao. À cette occasion, nous avons avec l'Observatoire des requins de Polynésie et le Criobe collaboré aux identifications et à la pose de balises acoustiques émettrices sur les animaux et de réception VR2 sur le substrat. Il se trouve qu'une des balises réceptrices a été placée sur le site de la vallée blanche et nous avons eu accès aux informations concernant les requins tigres marqués qui ont été détectés sur cette balise. Ces données seront prises en compte dans le cadre de cette étude, notamment pour évaluer la présence de requins tigres sur le site de la vallée Blanche en dehors des périodes de nourrissage.

3 Résultats

3.1 Résultats en photo identification

La méthode de la photo-identification nous a permis de différencier 51 requins tigres différents sur le site de la vallée Blanche en 60 mois de suivi (entre septembre 2012 et septembre 2017).

Bien que cette méthode ne soit qu'un moyen au sein de notre étude afin d'identifier individuellement les requins, il s'agissait de la première étude aussi longue impliquant la photo-identification sur le requin tigre et il est intéressant de développer certains aspects, précieux pour sa reproductibilité.

3.1.1. La nageoire dorsale

C'est un élément principal de l'identification, on peut la comparer aux empreintes digitales chez l'homme (Mourier et al., 2017).

Chez plusieurs espèces de Carcharhinidés, il a été observé que lors de l'accouplement, le mâle mord la dorsale ou la pectorale de la femelle pour la maintenir. Ceci a été mis en évidence pour le requin nourrice (*Ginglymostoma cirratum*) (Carrier et al., 1994) et chez le requin pointe blanche du lagon (*Triaenodon obesus*) (Whitney et al., 2004). Bien qu'aucune observation directe ne semble exister, il est évident qu'il en est de même chez le requin tigre, en particulier pour la nageoire dorsale. En effet, on observe chez la plupart des femelles des cicatrices caractéristiques et parfois spectaculaires. Elles peuvent se présenter sous la forme de simples marques superficielles, de lacérations profondes, voire d'ablation de téguments ou du lobe postérieur (Fig. 24). Ces marques peuvent néanmoins varier dans le temps en cicatrisant (Fig. 25 et 26).

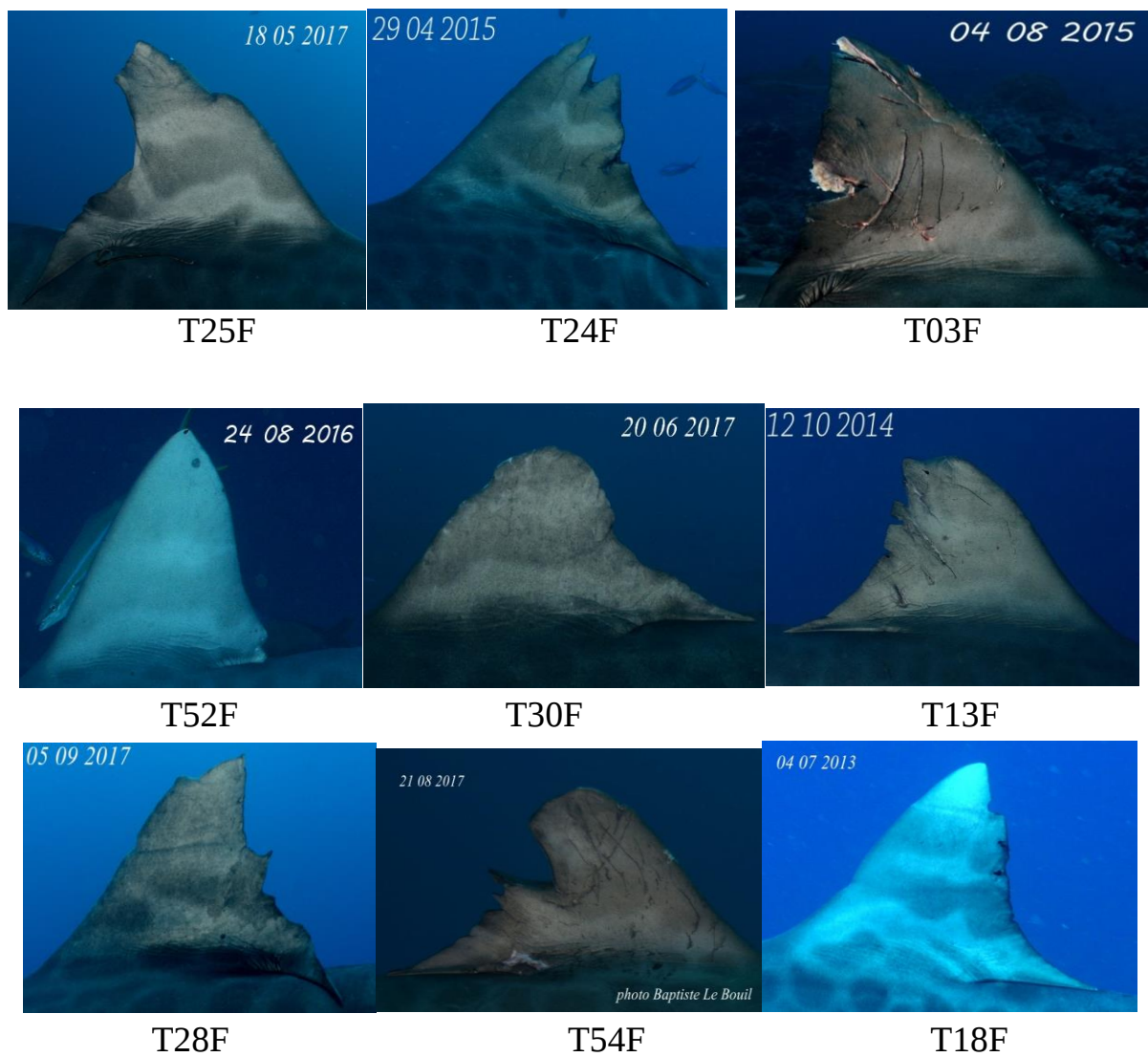


Figure 24. Exemples de nageoires dorsales présentant des cicatrices d'accouplement.

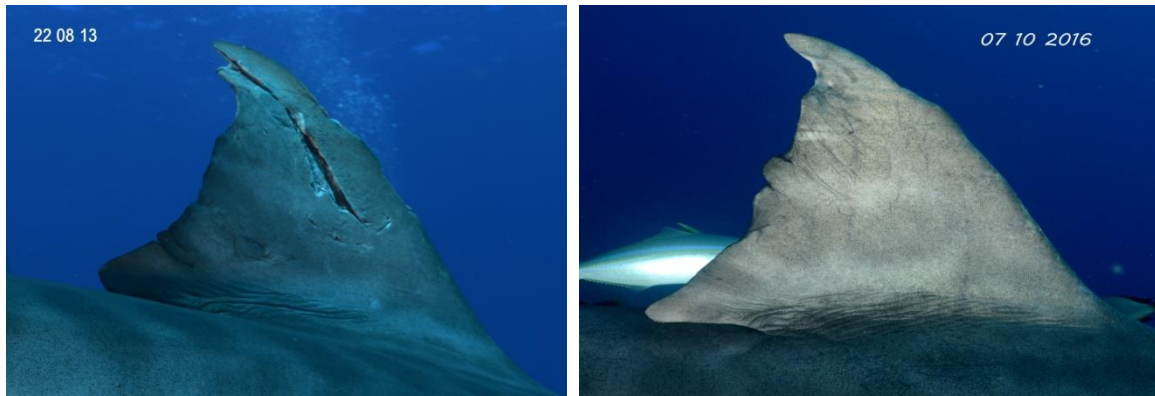


Figure 25. Cicatrisation d'une blessure à 3 ans sur T01F.



Figure 26. Cicatrisation d'une blessure à 15 mois sur T26F.

De nouvelles cicatrices peuvent aussi apparaître, on utilisera alors le dessin qui est caractéristique à chaque individu (*Fig. 27*).

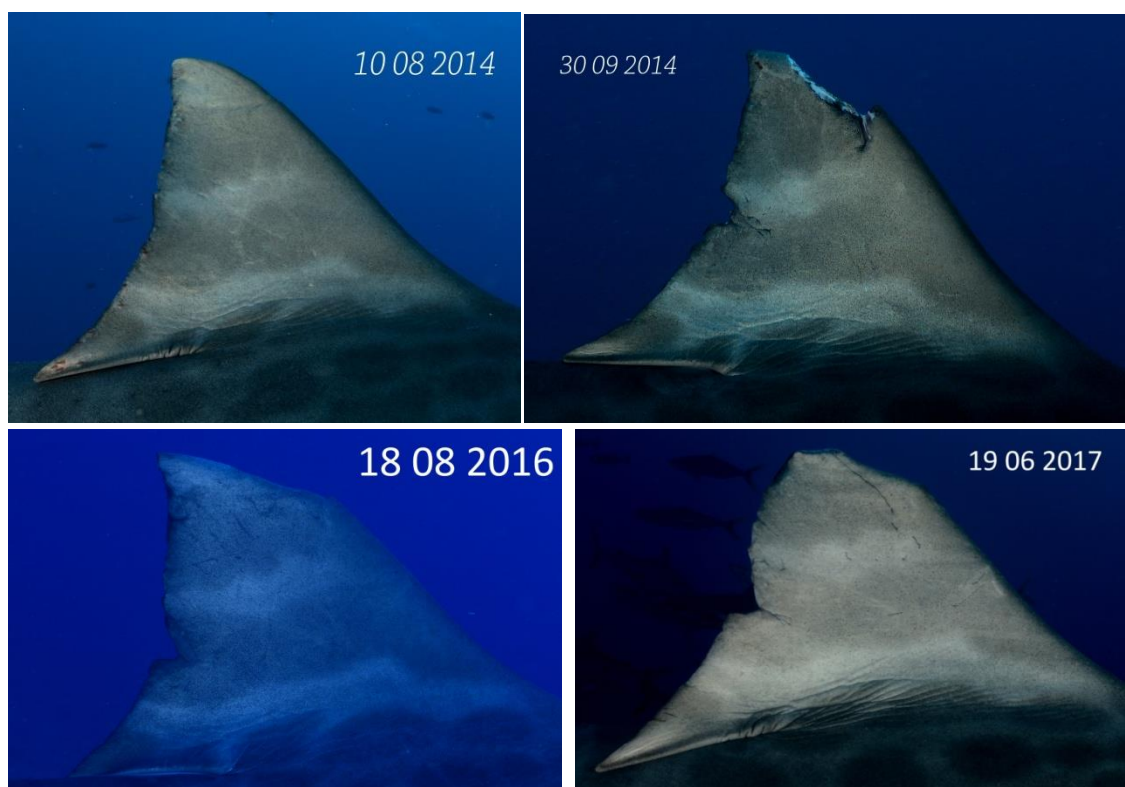


Figure 27. Utilisation du dessin de la dorsale pour identification de T25F.

Chez les jeunes individus et chez les mâles, la dorsale est généralement intacte. La référence au dessin est alors indispensable (*Fig. 28*).

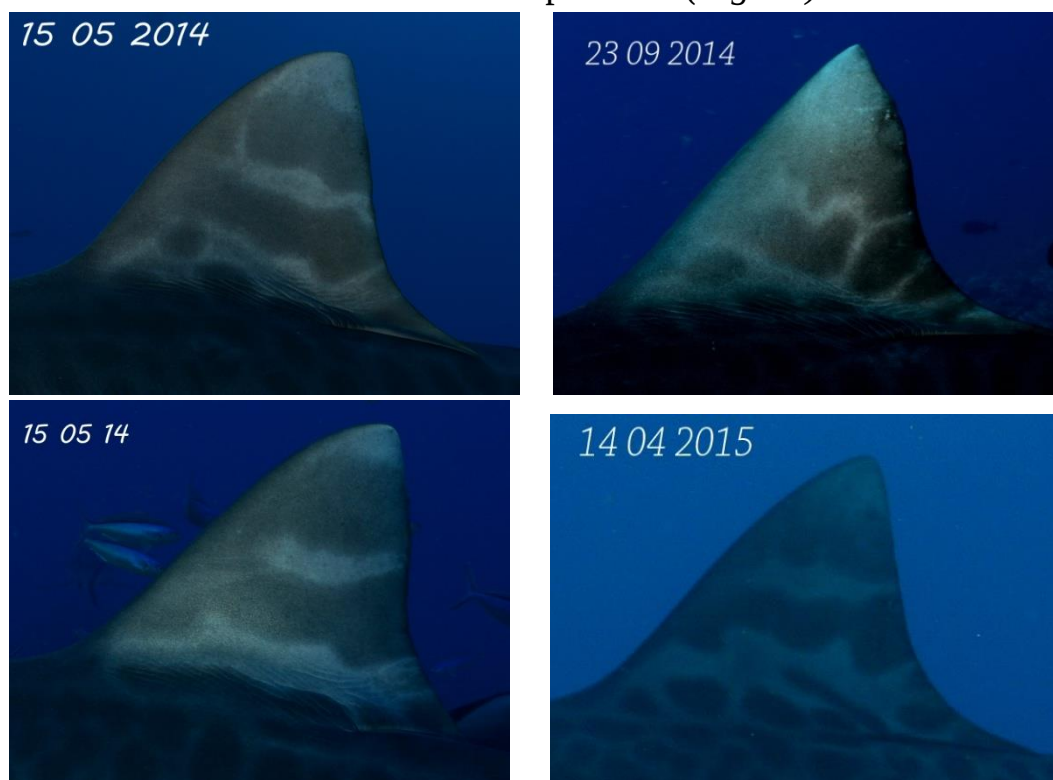


Figure 28. Utilisation du dessin de la dorsale pour identification de différents individus.

On peut toutefois rencontrer de jeunes individus, sans cicatrices et au dessin peu significatif.

3.1.2 Le dessin de la robe

Même si les différences sont parfois peu évidentes, il est lui aussi caractéristique à chaque individu (*Fig. 29*).



Figure 29. Utilisation du dessin de la robe pour identification à 4 ans d'intervalle de T16F.

3.1.3 Les taches au-dessus du sillon labial

Elles peuvent être un apport non négligeable à la différenciation (*Fig. 30*).



Figure 30. Utilisation des taches en arrière de la gueule pour identification à 5 ans d'intervalle de T03F.

3.1.4 Autres localisation de cicatrices

On peut trouver des cicatrices ailleurs que sur la dorsale, par exemple sur la partie postérieure du corps (*Fig. 31*).

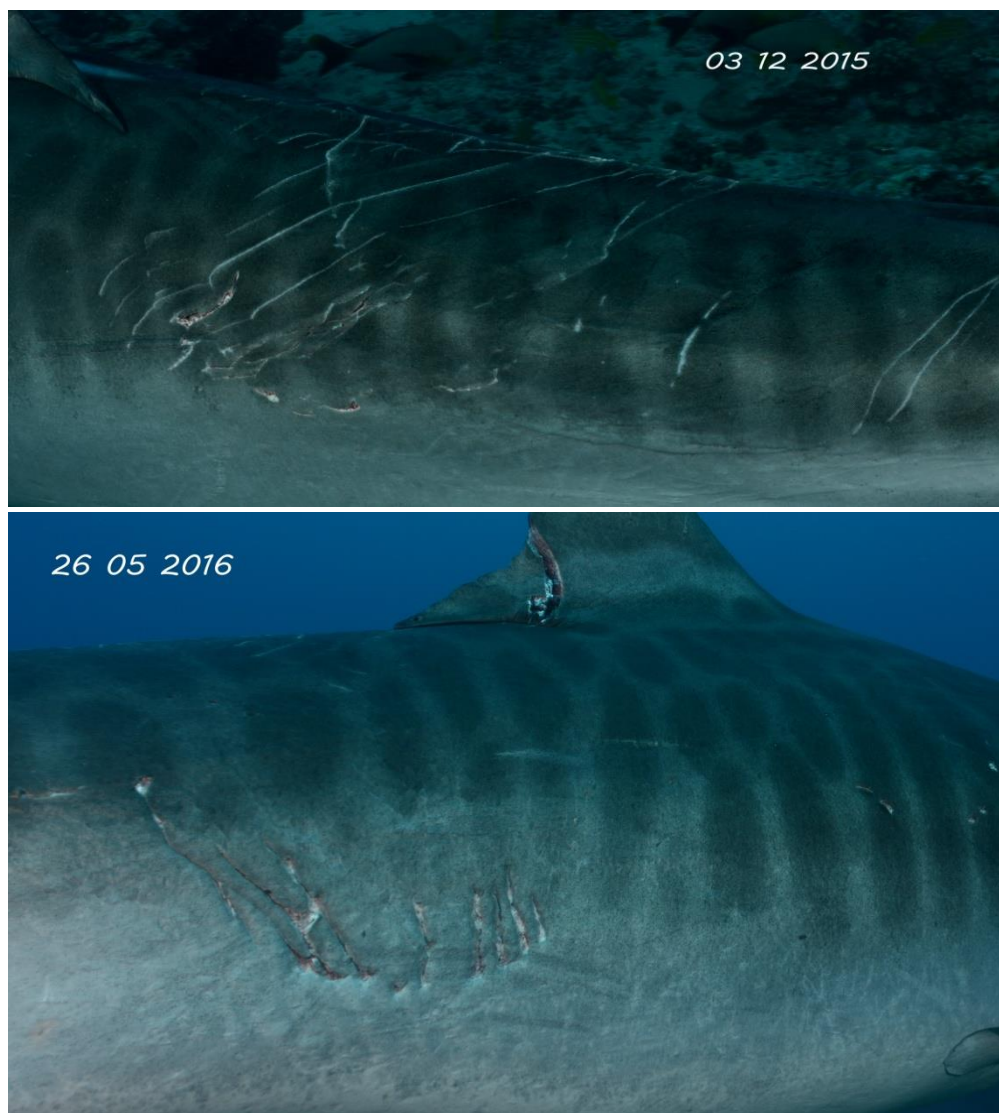


Figure 31. Cicatrice d'accouplement sur la partie postérieure du corps de T26F.

Comme il a déjà été démontré chez le requin pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) (Chin *et al.*, 2015), certaines cicatrices peuvent évoluer rapidement, quelquefois de façon spectaculaire et ne sont peu ou pas exploitables (*Fig. 32,33 et 34*).



Figure 32. Cicatrisation d'une blessure à 7 mois sur le flanc de T15F.



Figure 33. Cicatrisation d'une blessure à 2 ans sur la nageoire pectorale de T03F.



Figure 34. Cicatrisation à 7 mois d'une blessure sur la nageoire caudale de T15F.

D'autres, comme des déformations, ne se modifient peu ou pas dans le temps et sont des indicateurs fiables (*Fig. 35 et 36*).



Figure 35. Cicatrice durable sur la nageoire caudale de T30F.



Figure 36. Cicatrice durable et déformation de la machoire de T28F, probablement causée par un hameçon.

3.1.5 La morphologie générale

La morphologie générale peut être très trompeuse. La croissance peut la modifier sensiblement et rapidement, surtout chez les jeunes individus (*Fig. 37*).



Figure 37. Différence de morphologie de T08F à 4 ans d'intervalle.

Autre modification sensible, une femelle peut être bien plus imposante quand elle est gestante (*Fig. 38*).



Figure 38. Comparaison de la morphologie de T03F pré et post mise bas.

3.1.6. La présence d'hameçons

Sur les 54 individus fichés, 23 possèdent ou ont possédé un ou plusieurs hameçons au niveau du sillon labial. La plupart tombent après quelques mois ou quelques années, ce n'est donc pas un critère fiable (*Fig 39*).



Figure 39. Exemple d'hameçons disparaissant après 14 mois sur T01F.

Toutefois on note des cas où un hameçon tenace en acier inoxydable peut être un élément d'identification (*Fig. 40*).



Figure 40. Exemple d'hameçon résistant à la corrosion sur T08F.

3.1.7 Suivi des individus

La photo identification a permis sur certains individus particulièrement fidèles de suivre sur une longue durée l'évolution de l'aspect des nageoires dorsales (*Fig. 41*).

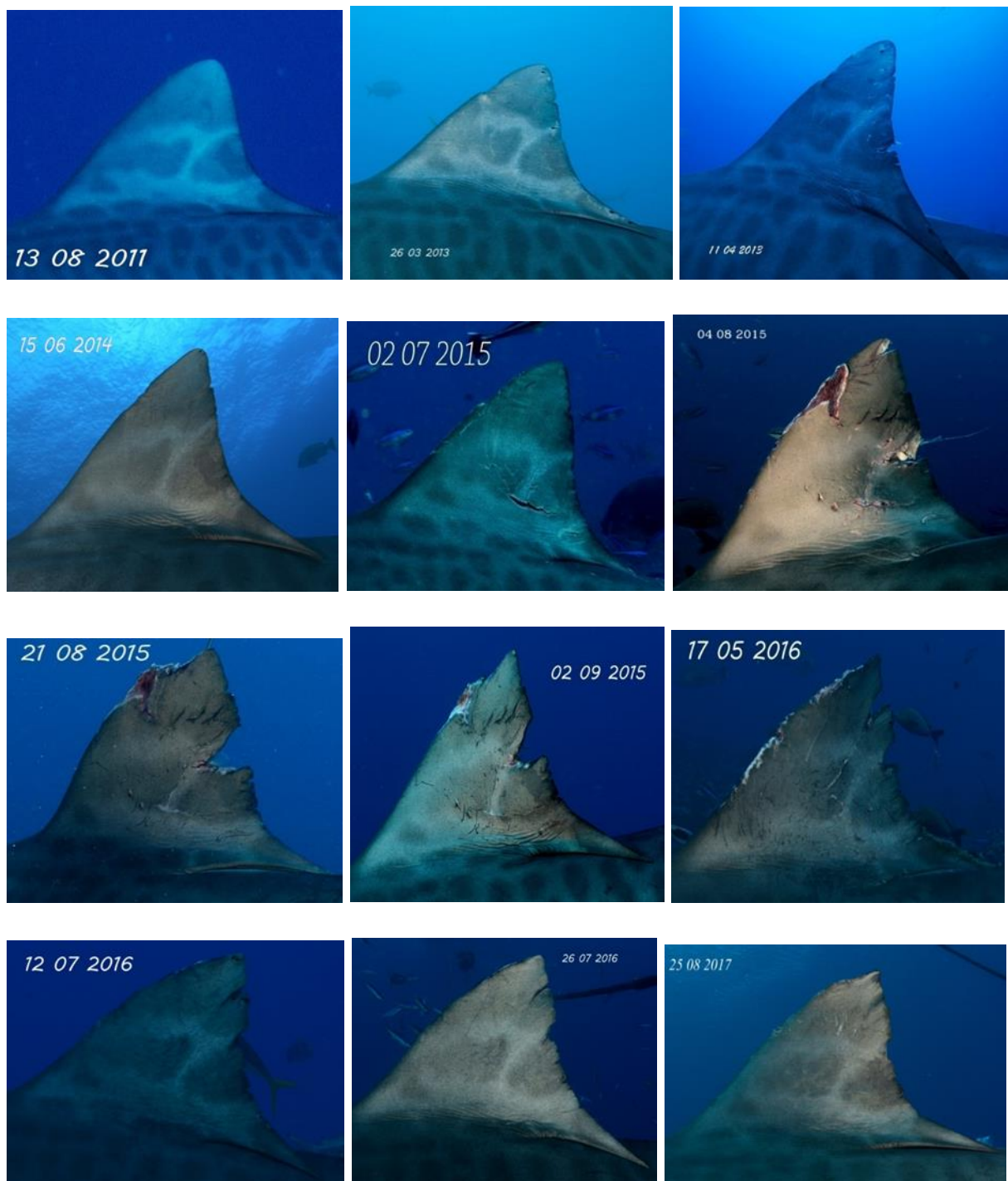


Figure 41. Suivi sur 6 ans de la nageoire dorsale de T03F.

3.2 Résultats en photogrammétrie

La mise en place tardive au cours de l'étude n'a permis de mesurer que 10 individus, certains deux fois (*Tab. 1*).

Tableau 1. Mesure de 10 individus par photogrammétrie.

ID	taille	date	taille	date
T01	382	24 05 2016	385	09 05 2017
T03	409	12 07 2016	414	13 10 2016
T05	435	12 07 2016		
T08	368	13 10 2016		
T16	392	13 03 2017		
T25	391	18 08 2016	382	22 11 2016
T26	399	10 05 2016		
T29	295	24 05 2016		
T30	399	09 05 2017		
T47	414	17 05 2016		

Les 3 individus mesurés deux fois présentent des variations de taille respectivement de 0,78 %, 1,22 % et 2,3 % entre les deux mesures ce qui semble valider la fiabilité des résultats.

Les estimations "à vue" faites par des observateurs expérimentés sont assez proches des tailles mesurées (*Tab. 2*). On relève une marge d'erreur assez faible, de l'ordre de 2,67 %.

Tableau 2. Comparaison tailles mesurées-tailles estimées

ID	taille	taille	estimation à vue
T01	382	385	400
T03	409	414	400
T05	435		410
T08	368		350
T16	392		370
T25	391	382	370
T26	399		400
T29	295		280
T30	399		400
T47	414		400

3.3 La population de requins fréquentant le site de la vallée Blanche

3.3.1 Le niveau de résidence global des requins

3.3.1.1 Nombres totaux d'individus et d'observations

En vue d'un traitement statistique, la fiche d'occurrences a été remaniée dans un autre tableau. Celui-ci reprend toutes les données pour chaque date de la totalité des individus identifiés ou non (*Fig. 42*).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
	date				Session	ID requin	présence (1) ou absence (0)	Taille	température	visibilité	sens courant	sens contraire	force houle	mode plongée	quantité d'appât	heure de pose appât	début occurrence	fin occurrence	nombre de plongeurs	interaction plongeur	interaction appât	interaction autre requin tigre	ID autre requin tigre				
1																											
27603	11	7	2017		T01F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27604	11	7	2017		T02F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27605	11	7	2017		T03F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27606	11	7	2017		T04F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27607	11	7	2017		T05F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27608	11	7	2017		T06F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27609	11	7	2017		T07F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27610	11	7	2017	1	T08F	330	1 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20	09:55	11:25	11	2	2	NA							
27611	11	7	2017		T09F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27612	11	7	2017		T10F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27613	11	7	2017		T11F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27614	11	7	2017		T12F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27615	11	7	2017		T13F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27616	11	7	2017		T14F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27617	11	7	2017		T15F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27618	11	7	2017	2	T16F	392	1 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20	12:40	13:40	6	2	2	2	T29						
27619	11	7	2017		T17F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27620	11	7	2017		T18F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27621	11	7	2017		T19M		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27622	11	7	2017		T20F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27623	11	7	2017		T21F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27624	11	7	2017		T22M		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27625	11	7	2017		T23F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27626	11	7	2017		T24F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27627	11	7	2017		T25F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27628	11	7	2017		T26F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27629	11	7	2017		T27F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27630	11	7	2017		T28F		0 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20			6		NA								
27631	11	7	2017	2	T29F	295	1 26	4 NS	1	0	0	0	2	09:20	13:10	13:50	6	0	1	1	T16						
occurrences légendes																											
Prêt																											

Figure 42. Extrait de la fiche d'occurrence remaniée.

Entre juillet 2011 et septembre 2017, 54 individus ont été identifiés et fichés à Tahiti dont 51 sur le site d'étude. Environ 20 autres ont été observés sans avoir d'image suffisante pour établir une fiche ou sans image du tout.

En juillet 2011, avant le début de l'étude exclusivement sur le site de la vallée Blanche, d'autres observations ont eu lieu sur d'autres sites. Certains individus fichés alors n'ont jamais été vus sur le site d'étude. C'est pourquoi T11F, T12F et T14F n'apparaissent pas dans le graphe.

Les observations faites ailleurs que sur le site d'étude ne sont pas comptabilisées mais des photos prises en ces occasions ont été utilisées pour identification.

L'étude proprement dite porte sur 60 mois, du 1^{er} septembre 2012 au 31 août 2017.

Nous disposons d'un total de 968 observations sur 60 mois. On y a inclus les TX représentant tous les individus non identifiés, sachant que des individus fichés peuvent s'y trouver. Le nombre total d'observations détaillées par mois est représenté en annexe 1. Les occurrences des individus vus plus d'une fois sont représentés dans la figure 43.

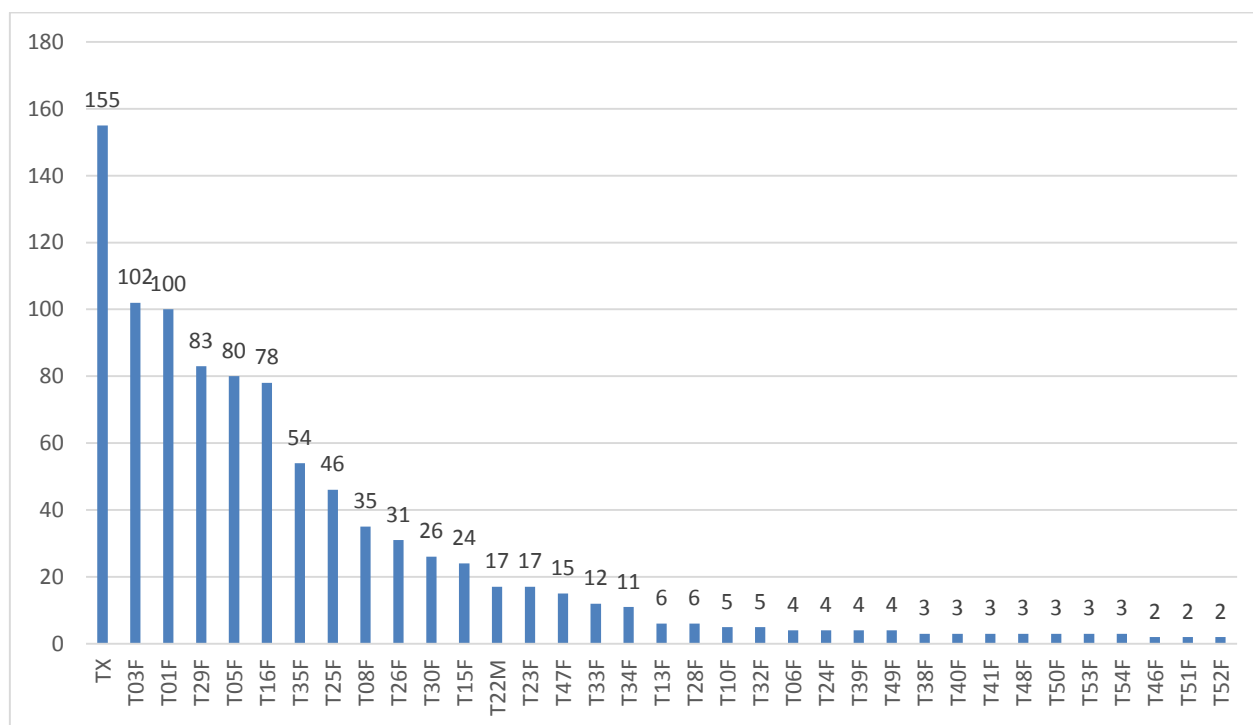


Figure 43. Nombre d'occurrences des individus identifiés vus plus d'une fois.

À noter que les cinq individus les plus présents représentent à eux seul 54 % des occurrences et que les 10 individus les plus fréquents représentent autour de 75 % des occurrences.

3.3.1.2 Effet des facteurs environnementaux

L'analyse en GLM a montré que seule la saison (corrélée avec la température de l'eau) avait une influence sur la présence des requins, avec une augmentation significative des présences à la saison froide (*Fig. 44*). L'effet du mois a été estimé hautement significatif (avec une valeur-P < 0,000853 ***).

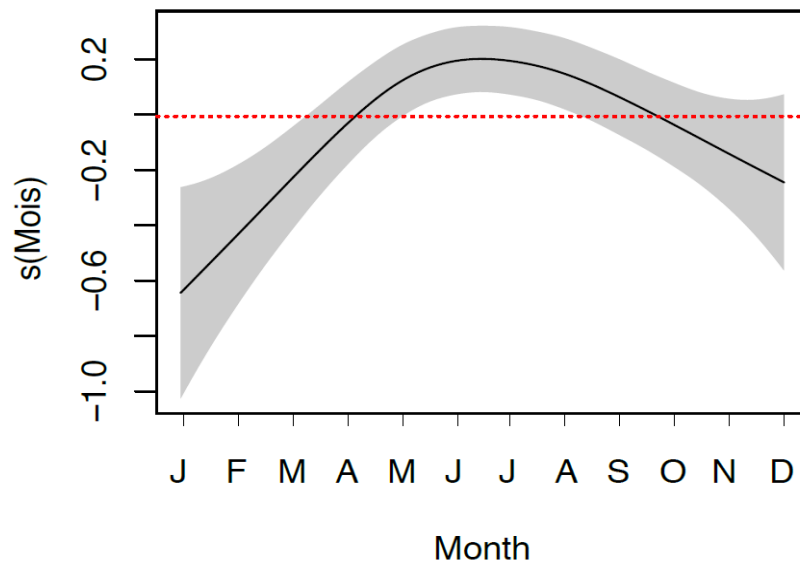


Figure 44. Courbe de représentation de l'effet du mois sur la présence des requins avec un pic entre avril et septembre.

Si on cumule les occurrences en fonction des mois, on obtient le graphe 44 bis.

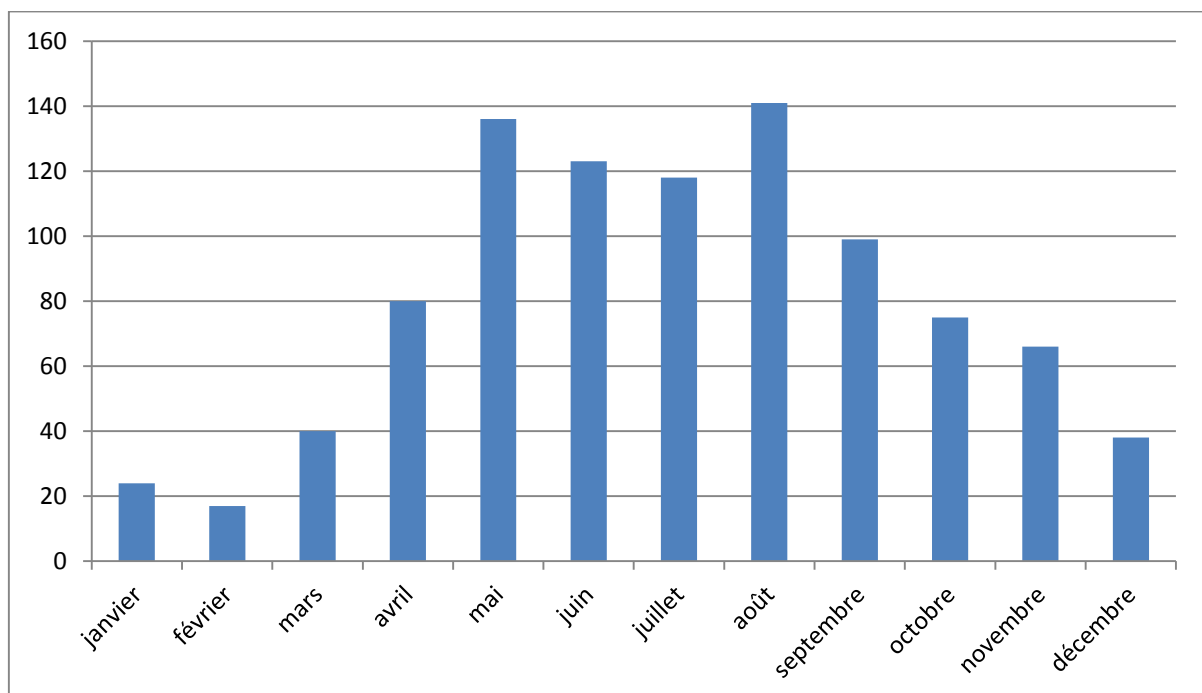


Figure 44 bis. Total mensuel des occurrences.

Le nombre d'observations le plus faible en début d'année : on observe un pic au mois d'août et une décroissance régulière jusqu'en fin d'année.

Tous les mois n'ont pas la même valeur d'échantillonnage. En effet, les conditions météo font que le nombre de sorties est plus faible certains mois, la houle du nord étant plus fréquente en saison chaude. Pour le représenter, nous avons mis sur un même graphe le nombre d'occurrences, le nombre de sorties et le pourcentage d'occurrences par sortie (*Fig. 45*). Malgré le nombre plus faible de sorties certains mois, le nombre d'occurrences mensuelles est représentatif.

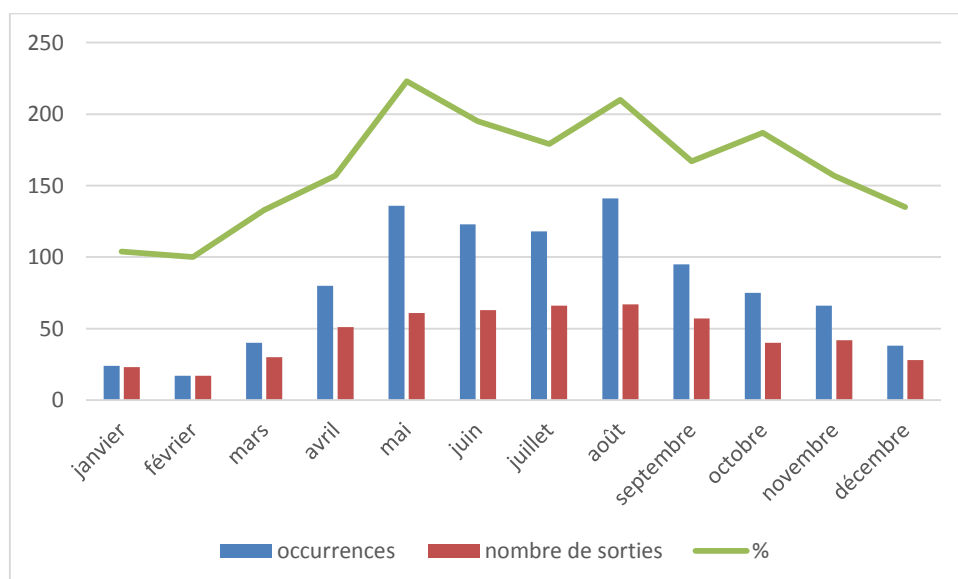


Figure 45. Nombre d'occurrences, de sorties et pourcentage d'occurrences par sortie.

On peut représenter les journées complètes passées sur le site sans observations, on remarque une quasi inversion du graphe (Fig. 46).

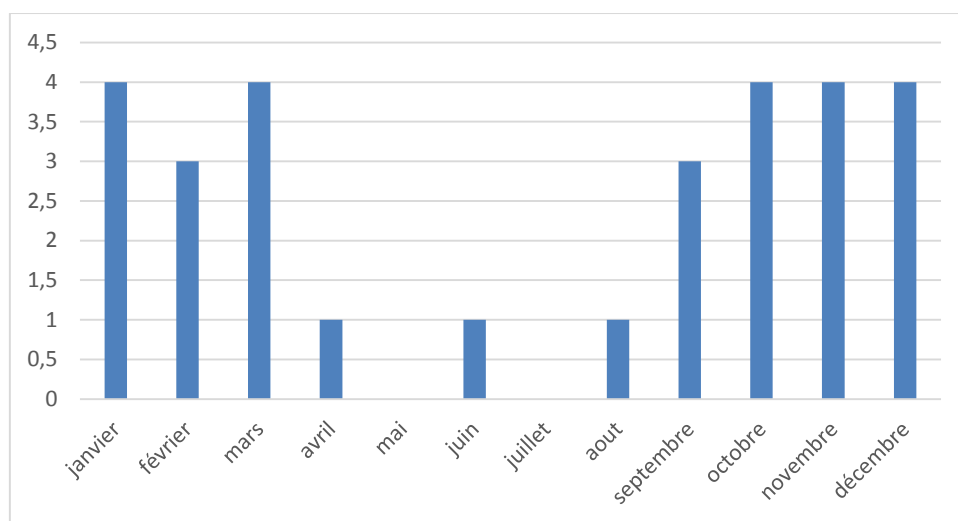


Figure 46. Nombre de sorties sans observation par mois.

3.3.1.3 Occurrences en fonction de la température

Comme on pouvait le supposer lors des observations de terrain, les occurrences sont les moins nombreuses lors des températures les plus élevées sur le site (29 et 30 °C) (Fig. 47).

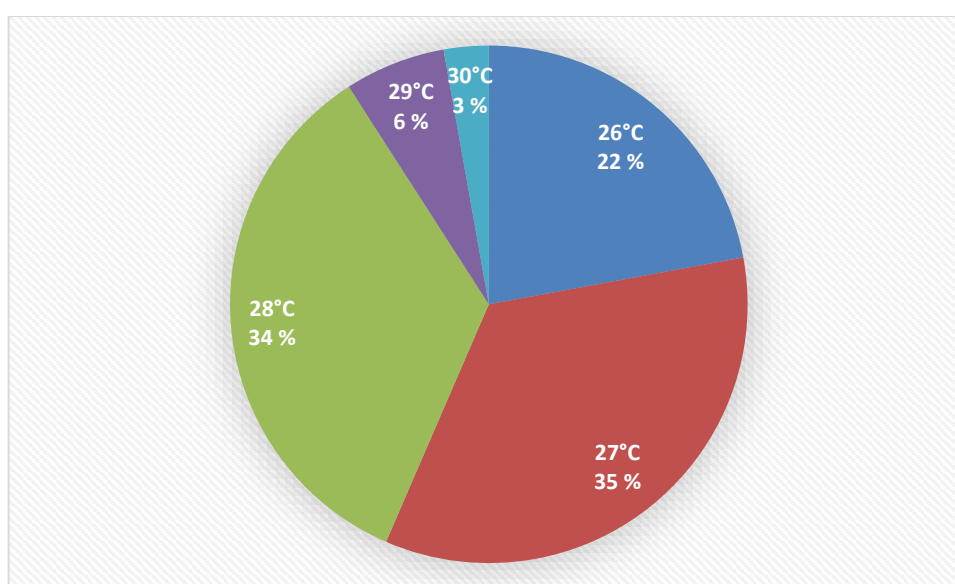


Figure 47. Pourcentage d'occurrences en fonction de la température.

Si on superpose les courbes mensuelles des températures moyennes et des occurrences, on confirme que la saison chaude et les plus hautes températures sont les moins propices à la présence de requins tigres (*Fig. 48*).

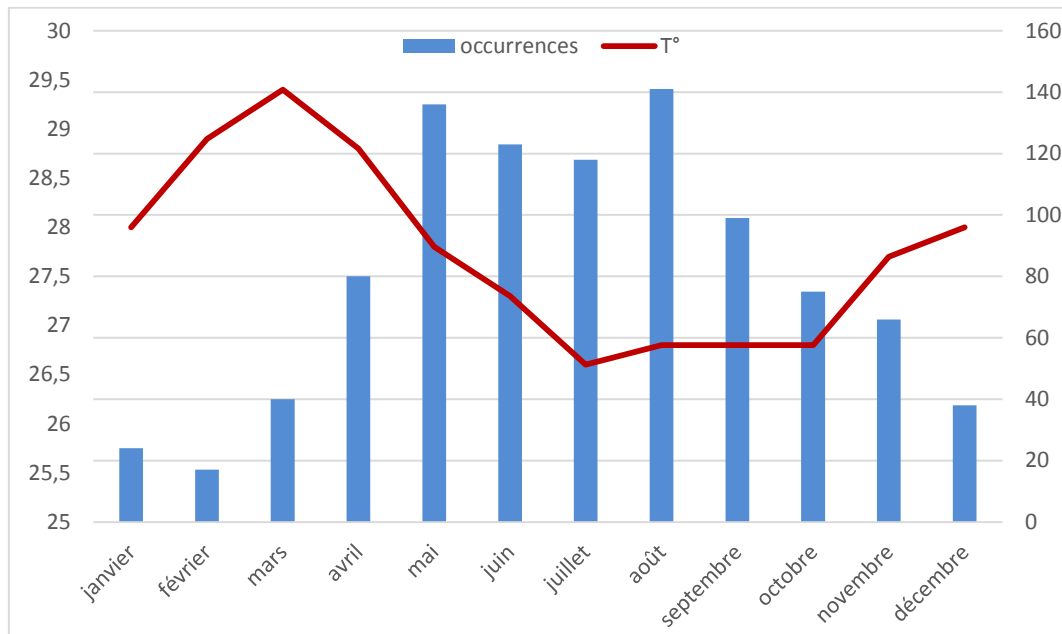


Figure 48. Occurrences mensuelles et température moyennes.

3.3.1.4 Les tailles

Les tailles attribuées peuvent être :

- mesurées à la perche ;
- mesurées à la toise ;
- mesurées en photogrammétrie ;
- estimées à vue.

Pour les 51 individus identifiés sur le site, on a défini 5 classes de tailles :

- classe 1 moins de 250 cm de LT ;
- classe 2 de 251 à 300 cm de LT ;
- classe 3 de 301 à 350 cm de LT ;
- classe 4 de 351 à 400 cm de LT ;
- classe 5 de 401 à 450 cm de LT.

Le tableau en annexe 2 indique les tailles et classe des individus identifiés, la figure 49 les exprime en pourcentages respectifs.

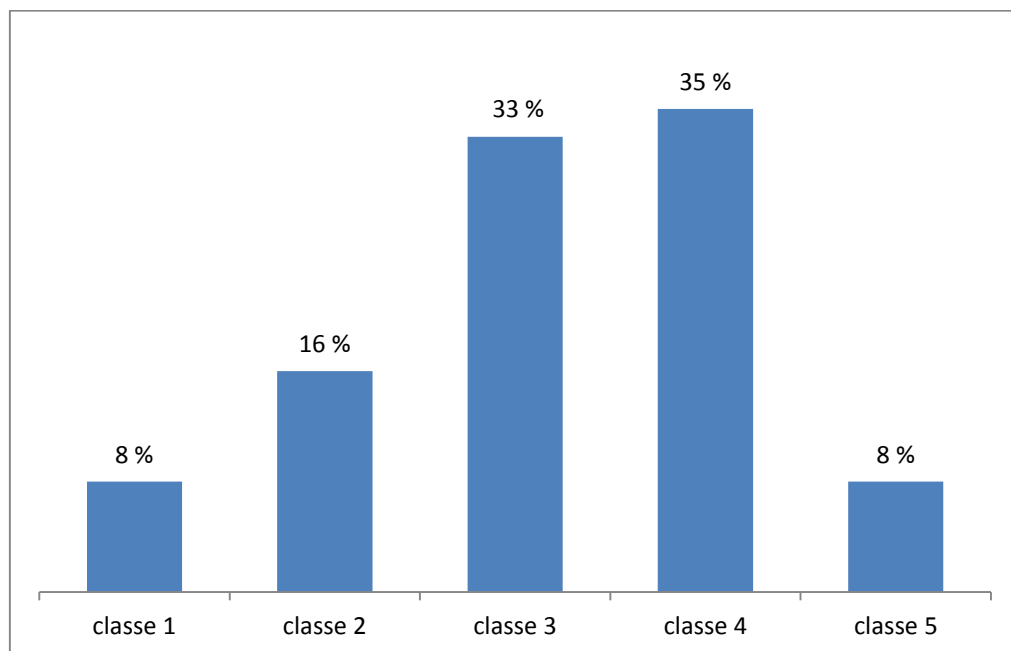


Figure 49. Répartition des classes de tailles.

Les classes 3 et 4 sont très majoritaires. La moyenne des longueurs totales de tous les individus identifiés est de 348 cm.

3.3.1.5 Le sex-ratio

En 5 ans nous avons identifié sur le site 3 mâles pour 48 femelles soit un ratio de 0,062 de mâles pour 0,9375 de femelles (*Fig. 50*). Le nombre d'observations des 3 mâles identifiés est faible, d'où un grand déséquilibre des observations mâles-femelles (*Fig. 51*).

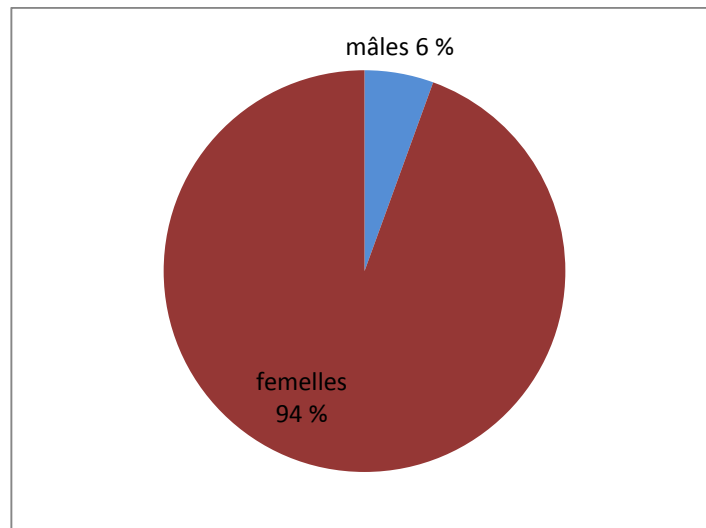


Figure 50. Sex-ratio des individus identifiés.

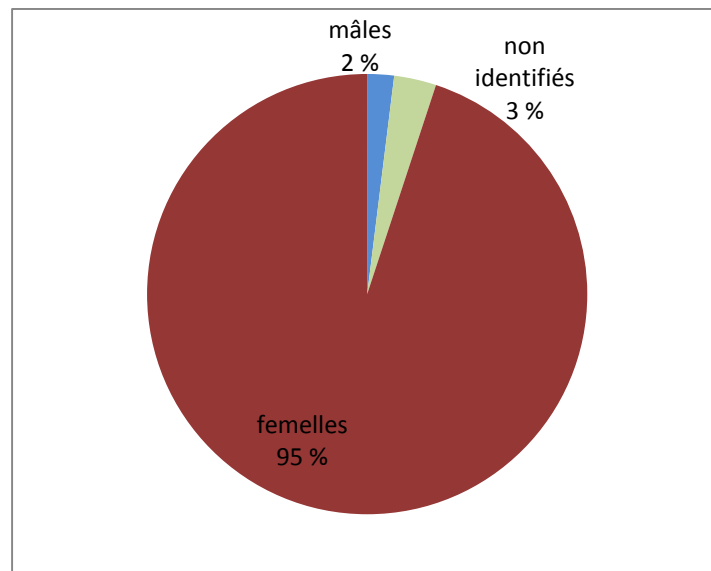


Figure 51. Total des occurrences par sexe.

Sur les 3 individus mâles identifiés, T19M et T44M n'ont été observés qu'une fois. T22M a été observé 17 fois. On constate que le plus grand nombre d'observations se situe au mois d'août (*Fig. 52*).

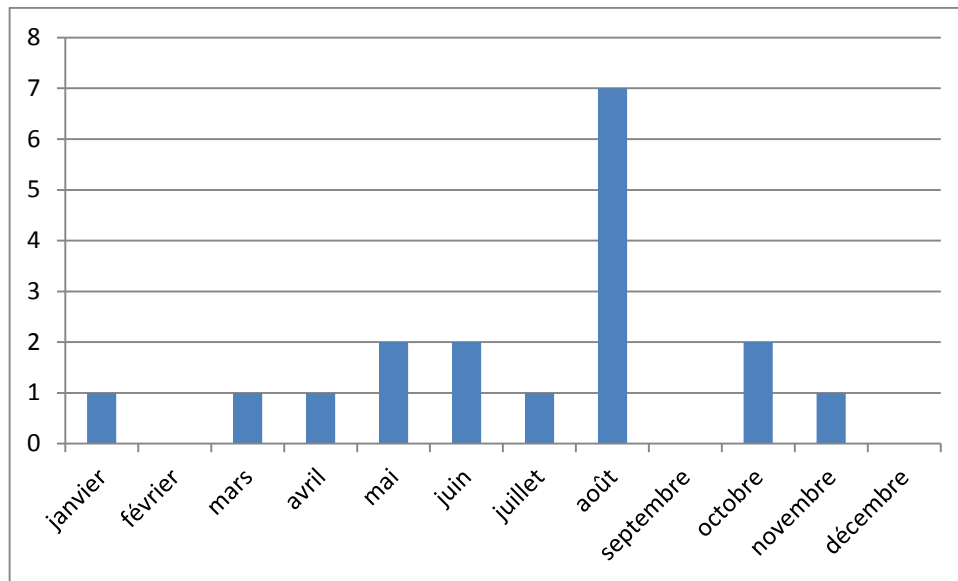


Figure 52. Occurrences mensuelles des mâles.

Il est à noter qu'au 19 septembre 2017, aucun mâle n'a été vu durant cette saison froide, la dernière occurrence datant d'octobre 2016. Néanmoins, comme chaque année, de nombreuses blessures d'accouplement ont été observées sur les femelles.

3.3.1.6 Occurrences en fonction du courant

L'orientation réelle du courant est dans un axe nord-nord-est/sud-sud-ouest mais dans un but de simplification, le sens du courant a été codé nord-sud ou sud-nord (Fig. 53).

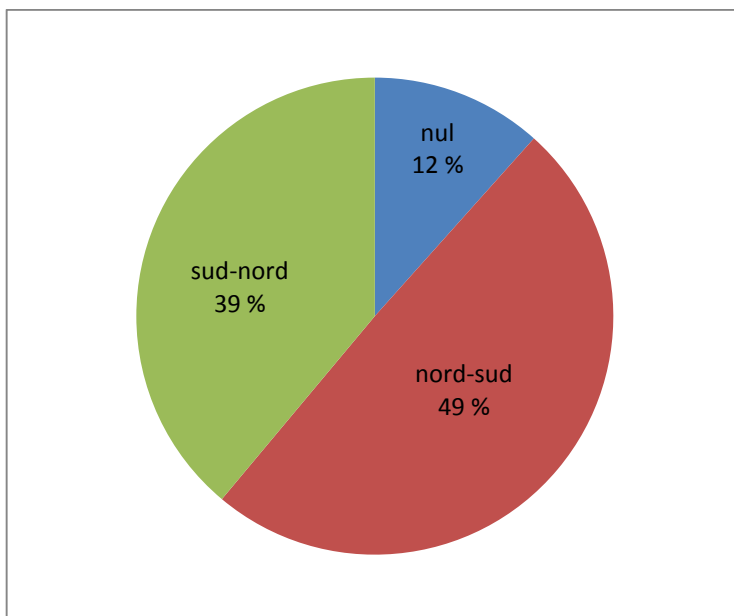


Figure 53. Occurrences en fonction du sens du courant.

Les occurrences sont les moins nombreuses en cas de courant nul. Ceci peut s'expliquer par le fait que la trainée olfactive de l'appât ne se diffuse pas suffisamment pour qu'un individu la croise et la remonte.

Les occurrences sont un peu plus nombreuses quand le courant est nord-sud. Bien que les données des récepteurs VR2 indiquent des présences de requins tigres plus importantes au nord de Tahiti (Brena 2016), on peut l'expliquer par une fréquence plus importante du courant nord-sud.

L'intensité du courant a été codée en nul, forces 1, 2, 3 et 4. Les valeurs sont respectivement de 11,53 %, 48,9 %, 24,24 %, 10,9 % et 4,43 % (Fig. 54).

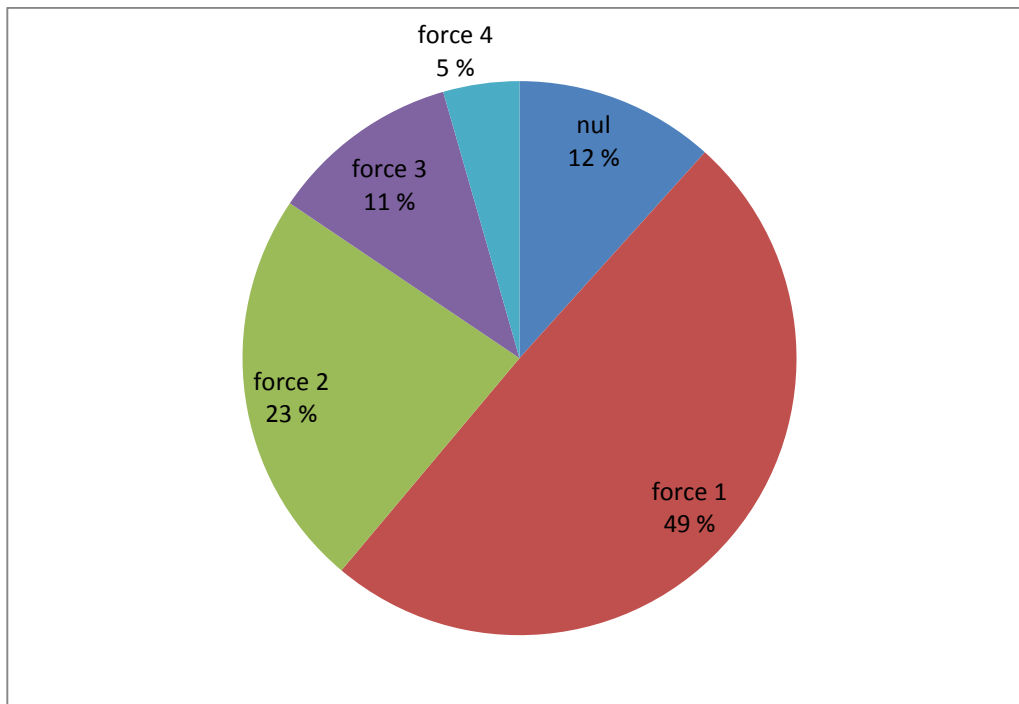


Figure 54. Occurrences en fonction de la force du courant.

On retrouve la faible valeur en cas de courant nul. La majorité des occurrences ont lieu avec des courants faibles et moyens. La plus faible valeur en cas de très fort courant peut s'expliquer par les difficultés à plonger dans ces conditions et donc de faire des observations. Cela ne signifie donc pas forcément qu'un très fort courant est peu propice à la présence de requins tiges.

3.3.1.7 Données du VR2 sur les présences journalières

La thèse de Pierpalolo Brena étudiait entre autre les déplacements inter-îles des requins tiges et comprenait la mise en place de récepteurs VR2 et de balises acoustiques. Le relevé du récepteur VR2 de la vallée Blanche nous permet de connaître la fréquentation précise du site par un échantillon de 12 individus. Ils sont tagués à différentes dates et les données sont enregistrées du 12 avril 2014 au 18 août 2016. On peut en extraire une image de la fréquentation horaire du site (*Fig. 55*).

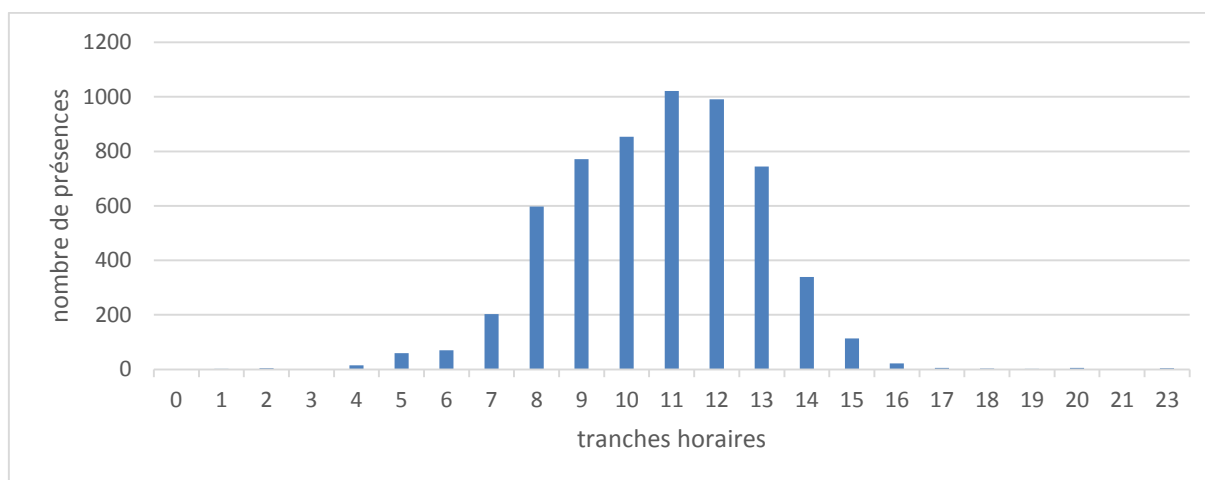


Figure 55. Présences selon les tranches horaires.

Il apparaît clairement que les individus sont quasi absents de la zone la nuit. Le temps de présence sur site correspond assez fidèlement aux heures d'appâtage, ce qui confirme que les requins tigres ne sont pas des résidents permanents du site.

3.3.2 Les profils individuels de résidence

3.3.2.1 Présences mensuelles des 10 individus les plus observés

À partir du tableau principal d'occurrences, on peut retracer la fréquentation saisonnière de chaque individu. Les données les plus étoffées fournies par 10 individus sont représentées sur la figure 56.

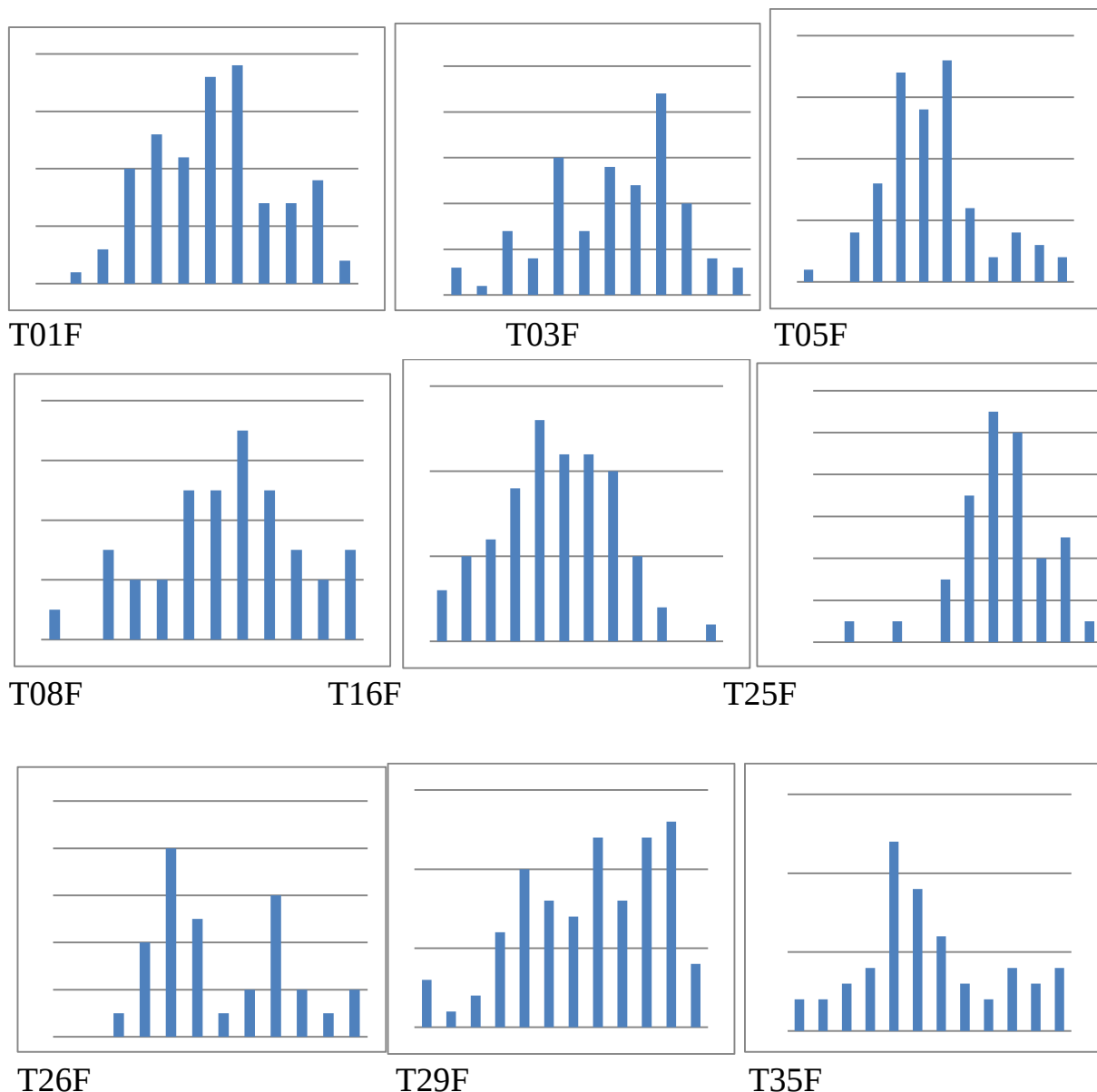


Figure 56. Occurrences mensuelles de 9 individus.

On constate que globalement, les présences individuelles sont similaires chez l'ensemble des individus. Seul l'individu T29 reste davantage en fin d'année.

3.3.2.2. L'absence des individus durant la saison chaude

Nous avons constaté sur le terrain l'absence plus ou moins prolongée de la plupart des individus à la saison chaude. En utilisant les données des 10 individus les plus observés, on peut retracer les périodes d'absences saisonnières individuelles. La figure 57 représente celles de T03F.

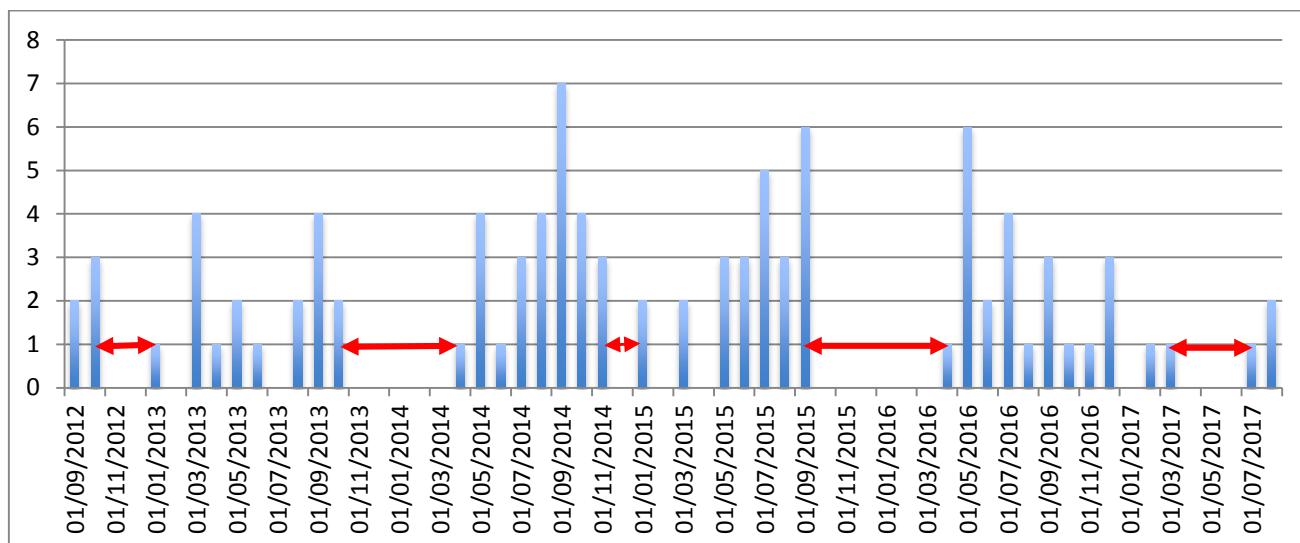


Figure 57. Occurrences et absences saisonnières (flèches) de T03F sur 5 ans.

Pour une vision globale, le tableau en annexe 3 résume leurs dates d'absence lors de la saison chaude. On peut en déduire le nombre de jours d'absences pour chaque individu au cours des quatre saisons chaudes de l'étude (Fig. 58).

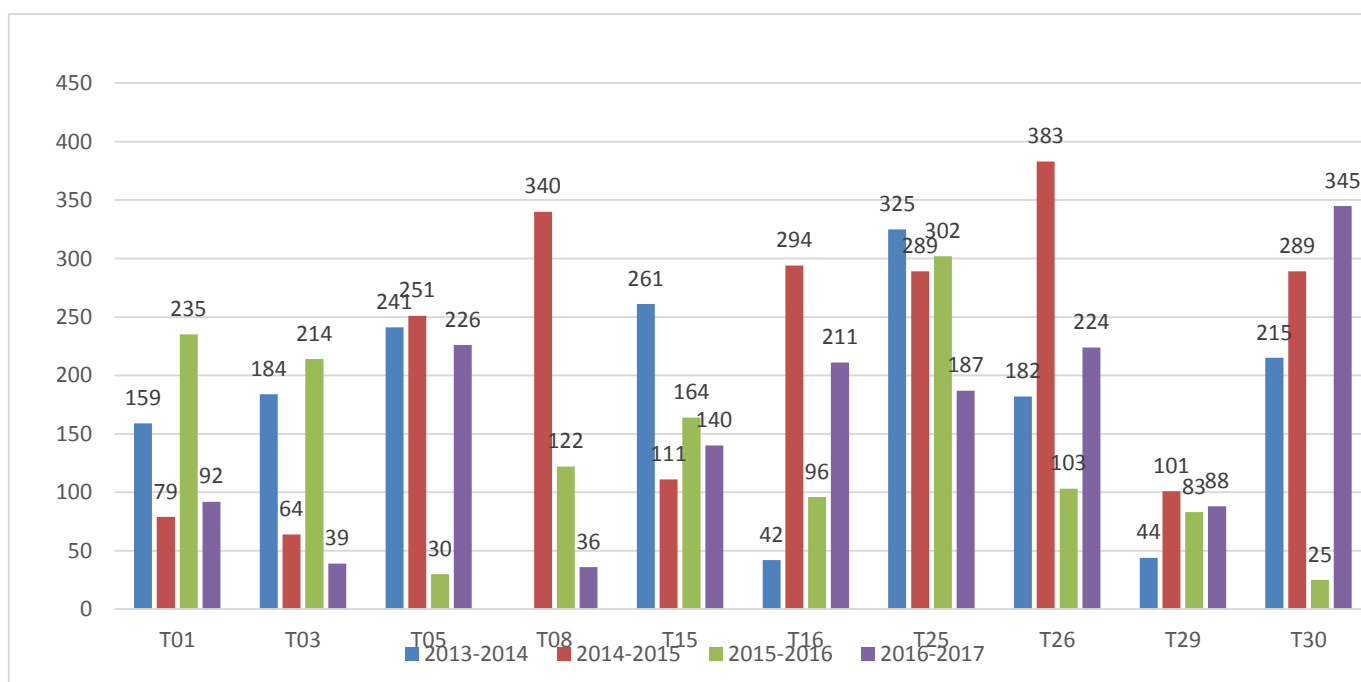


Figure 58. Nombre de jours d'absence sur le site par saison chaude pour 10 individus.

On constate la plupart du temps des absences de plus de 2 mois chaque année. Ainsi, même les individus les plus fidèles désertent systématiquement le site. Certaines absences peuvent se prolonger au-delà de la saison chaude, jusqu'à plus d'un an pour T26F. Le détail pour 10 individus est visible en annexe 4.

3.3.3 Comportement des mâles

Comme on l'a vu plus haut, les observations de mâles sont limitées, 19 au total. La plupart du temps, les passages ont été rapides et à 3 occasions seulement ils ont montré un réel intérêt pour l'appât.

En une seule occasion, nous avons pu observer un comportement intra-spécifique exceptionnel : un comportement pré-coïtal.

Le 22 août 2013, T01F et T23F étaient sur zone et tournaient calmement depuis 30 minutes autour de l'appât. T22M est alors arrivé en nageant très rapidement, de façon inhabituelle. Il ne s'est pas intéressé à l'appât mais s'est dirigé dans le bleu vers T01F. Nous avons alors pu assister à un comportement pré-coïtal qui a duré moins d'une minute avant séparation des individus (*Fig. 59*). T01F a disparu alors que T22M refaisait un passage à proximité de l'appât et des plongeurs.



Figure 59. Comportement pré-coïtal de requins tiges.

Il ne semble pas exister dans la littérature d'indication de fréquence d'accouplements durant la saison de reproduction mais nos observations de terrain semblent indiquer un nombre élevé de tentatives. En effet, les blessures caractéristiques sur les femelles peuvent être constatées plusieurs fois dans la semaine et ce, bien que les mâles ne soient pas observés.

4. Discussion

La présence d'une activité commerciale de nourrissage artificiel sur le site de la vallée Blanche nous a permis de collecter des données préliminaires sur l'impact potentiel de cette activité sur une espèce hautement emblématique et peu étudiée dans ce contexte particulier. Nous avons confirmé que la photo-identification chez le requin tigre était fiable, l'observation des nageoires dorsales étant un élément clef de la démarche. Cette photo-identification nous a permis de différencier 51 requins tigres et d'observer leur niveau de fidélité au site. Environ 10 % des animaux capitalisent quasiment 50 % des occurrences et 20 % d'entre eux, 75 % des occurrences. Il semble donc que l'effet du nourrissage soit relativement sélectif chez cette espèce, il concerne essentiellement des animaux mâtures sexuellement, en extrême grande majorité des femelles (94 %). L'effet du *feeding* n'est par ailleurs pas négligeable car le suivi d'animaux marqués acoustiquement montre que les requins tigres ne sont présents sur le site, à l'échelle d'une journée, qu'au moment du *feeding*. En revanche, nous avons pu montrer qu'à l'échelle annuelle, la fidélité au site demeurerait partielle, car les requins les plus fidèles, s'absentaient *a minima* deux mois dans l'année. Globalement, seule la saison hivernale (avec de l'eau froide) apparaît comme un facteur augmentant significativement la fidélité au site de *feeding*. La présence du courant joue aussi, mais on peut poser l'hypothèse que ce facteur ne joue qu'à une échelle spatiale et temporelle très courtes en favorisant la diffusion du stimulus olfactif auprès d'animaux étant déjà sur zone.

Nous nous proposons dans les paragraphes qui suivent d'inscrire nos résultats dans un contexte plus large du nourrissage artificiel sur les requins, en particulier les requins tigres.

4.1 La photo identification

4.1.1 Études antérieures

Des études existent sur des espèces telles que le requin baleine (*Rhincodon typus*) en Australie, (Meekan *et al.*, 2006), le requin blanc (*Carcharodon carcharias*) au Mexique (Domeier *et al.*, 2007), le requin nourrice (*Ginglymostoma cirratum*) au Brésil (Castro *et al.*, 2005) et le requin taureau (*Carcharias taurus*) en Australie (Bansemer *et al.*, 2008). Ces espèces ont probablement été choisies pour leur caractère emblématique mais le requin tigre ne semble pas avoir fait l'objet de nombreuses études de photo identification.

La seule étude sur le sujet semble être celle effectuée lors d'une agrégation sur une carcasse d'une baleine bleue (*Balenoptera musculus*) en baie de Prony, Nouvelle Calédonie (Clua *et al.*, 2013). À cette occasion, 46 individus ont été identifiés sur quatre sessions d'observation, toutefois, ces conditions très particulières diffèrent fortement de celles de notre étude sur un long terme.

4.1.2 Logiciels de reconnaissance

Il existe des logiciels de reconnaissance tels que l'I3S (*Interactive Individual Identification System*). Ils permettent de comparer un individu à ceux d'une base de données. Ils sont particulièrement bien adaptés aux animaux portant des taches comme le requin baleine (*Rhincodon typus*) ou le requin taureau (*Carcharias taurus*). Après l'avoir testé, les résultats obtenus à notre niveau avec le requin tigre sont peu satisfaisants, les rayures ne permettant pas une reconnaissance fiable par le logiciel. La reconnaissance visuelle sur photo s'est avérée plus efficace.

4.1.3. Participation des plongeurs loisirs

Les opérateurs touristiques et les plongeurs peuvent être associés aux études scientifiques, les photos collectées alimentant les bases de données. À Ningaloo Reef, en Australie, la population de requins baleines (*Rhincodon typus*) a pu être évaluée sur une longue période (de 1992 à 2004) grâce à des photos collectées par les opérateurs touristiques (Meekan *et al.*, 2006). C'est dans cet esprit que nous avons travaillé avec l'Observatoire des requins de Polynésie, les observations des plongeurs amateurs accompagnées de photos compilées sur le site Internet ont été utilisées pour étoffer cette étude (<http://www.requinsdepolynesie.com>).

4.1.4 Applications

Une étude sur le requin bouledogue (*Carcharhinus leucas*) a été effectuée dans des conditions assez similaires à Fidji dans la " Shark Reef Marine Reserve" (Brunnschweiler *et al.*, 2013). Dans ce cas, la photo-identification a aussi été couplée avec les tags acoustiques, et elle a également permis d'évaluer la fidélité d'un requin à un site de nourrissage écotouristique.

Cette méthode appliquée à l'étude a permis la création d'une base de données solide qui continue à être alimentée et exploitée. La relative facilité de l'identification du requin tigre par rapport à d'autres espèces a été mise en évidence. En effet, la majorité des individus sont des femelles matures dont la nageoire dorsale présente des cicatrices conséquentes. Les individus les plus connus sont reconnus au premier coup d'œil par un observateur expérimenté. Dans le cas contraire, un examen des photos sur ordinateur permet des différenciations avec une grande fiabilité.

4.2 La photogrammétrie

Plusieurs espèces d'élasmobranches ont été mesurées par photogrammétrie : le requin baleine (*Rhincodon typus*) (Rohner *et al.*, 2011), les raies Manta (*Manta birostris*) (Deakos 2010) et (*Manta alfredi*) (Couturier *et al.*, 2011). La mesure par photogrammétrie du requin tigre ne semble pas avoir eu lieu avant cette étude et nous ne pouvons donc pas comparer de résultat.

La précision des résultats est intéressante puisqu'elle met fin aux débats et aux digressions sur des tailles extravagantes, évaluées par des novices. D'un point de vue scientifique, elle permet d'affiner les classes de tailles de la population étudiée.

Un des inconvénients est le fait que l'opérateur de photogrammétrie doit se consacrer uniquement à cette activité et ce, au dépend de la qualité de la photo identification, le matériel utilisé étant différent. L'idéal serait de disposer de deux opérateurs, ce qui n'est pas toujours possible.

Un observateur expérimenté reste assez fiable mais la photogrammétrie apporte un supplément de précision. Malgré le court temps d'étude et le nombre relativement faible de résultats, ces derniers sont prometteurs.

Par comparaison des évaluations visuelles et mesures objective par photogrammétrie, nous avons pu montrer dans notre étude que l'évaluation visuelle, à condition d'être pratiquée par des plongeurs experts, était relativement fiable dès lors que les erreurs étaient inférieures à 5 % sur des animaux de plusieurs mètres de long.

4.3 Les effets du nourrissage artificiel

4.3.1 Résidence des individus

Sur 60 mois, 51 individus ont été identifiés et fichés et 968 observations enregistrées. Il apparait que 5 individus (T01F, T03F, T05F, T16F, T29F) ont été observés entre 78 et 102 fois, représentant à eux seuls 46 % du total des occurrences. Ce sont les plus fidèles et toutes sont de grandes femelles (à l'exception de T29F dans les premières années). Les 11 individus suivants, vus entre 11 et 54 fois, ne représentent que 30 % du total, ce sont des visiteurs plus occasionnels mais régulièrement observés. Les 18 suivants représentent moins de 7 %. Leur présence peut être ponctuelle (T49F sur un mois) ou une fois par an (T13F sur 5 ans). 17 individus n'ont été observés qu'une seule fois,

Comme nous l'indique la taille moyenne des individus, le site est essentiellement fréquenté par des individus matures (plus de 75 %). T29F est un peu atypique puisque bien que très jeune au début de ses apparitions, elle fait partie des 5 individus les plus observés. Cet individu a été mesuré à 240 cm (à la toise) en octobre 2013, 292 cm (en photogrammétrie) en mai 2016 et nous l'estimons en septembre 2017 à 330 cm (elle est par ailleurs gestante). La question reste entière quant au lieu de mise bas des femelles. Le biotope de résidence des très jeunes individus est lui aussi inconnu et nous n'avons pas connaissance d'observation de juvéniles de taille inférieure à 150 cm en Polynésie. En 2013, T03F a mis bas entre le 04 janvier et le 15 mars. En 2017, pour T01F c'est entre le 15 avril et le 08 août. Il est raisonnable de penser que la mise bas s'effectue dans une zone pas forcément très éloignée du site d'étude.

4.3.2 Facteurs jouant sur le niveau de résidence

Aux Philippines, des requins baleine (*Rhincodon typus*) sont nourris à des fins écotouristiques. Sur 208 individus identifiés en 6 ans, neuf sont devenus résidents à l'année, fixés sur le site par l'attrait d'une nourriture facile. Bien que ce nombre soit faible en proportion, la perturbation des migrations est potentiellement dommageable pour l'écologie de l'espèce (Thomson et al., 2017).

Aux Fidji, une étude des requins bouledogues (*Carcharhinus leucas*) a été effectuée sur une longue période (2004 à 2011). Sur le site de nourrissage artificiel, il a été observé que les individus pouvaient quitter la zone pour plusieurs jours ou pour de plus longues périodes, jusqu'à plusieurs mois. L'activité de nourrissage n'affecte donc pas la saisonnalité de sa présence (Brunnschweiler et al., 2013).

Aux Bahamas et en Floride, les migrations de deux populations de requins tigres dont la première est nourrie sur un site écotouristique ont été comparées grâce à la télémétrie satellite. Il n'a pas été mis en évidence de modification migratoire de la population des Bahamas. L'étude conclut que ce site est un excellent exemple de l'effet bénéfique de l'écotourisme pour la protection des requins, sans altérer significativement leur écologie (Hammerschlag et al., 2012).

Les résultats de notre étude s'inscrivent en cohérence avec ceux des Fidji et des Bahamas, avec un effet qui semble à ce stade modéré sur les requins tigres de Polynésie. À noter que l'exemple des Philippines, plus critiques quant aux conséquences du *feeding*, concerne un requin planctophage, alors que les études des Fidji, Bahamas et Polynésie, concerne des requins carnivores. Il se peut que ce point revête une importance particulière.

Les tests statistiques effectués ont démontré que le seul facteur environnemental jouant sur la présence des requins tigres est la saisonnalité, laquelle est liée à la température. Le nourrissage des requins tigres n'empêche pas une nette baisse de fréquentation du site à la saison chaude. À Hawaï, où aucun nourrissage n'est pratiqué, les déplacements du requin tigre ont été largement modélisés grâce aux récepteurs VR2. Une des hypothèses tirées de ces données est qu'il reste rarement sur une zone restreinte car l'effet de surprise est perdu rapidement et ses proies potentielles sont plus difficiles à capturer (Meyer et al., 2009). Comme on l'a vu, aucun individu n'est observé sans interruption toute l'année, il n'y a donc pas actuellement de « résident permanent » dont les déplacements à grande échelle seraient perturbés.

Une perturbation des migrations pourrait nuire aux requins tigres en empêchant potentiellement la rencontre entre individus matures de sexe différents mais également à l'écosystème au sein duquel ils ne joueraient plus leur rôle de prédateurs apicaux.

Sur notre site d'étude, les données du récepteur VR2 nous renseignent quant à une échelle plus réduite. La présence des requins tigres est largement favorisée par l'activité de nourrissage. Cependant, en dehors de ces heures, la fréquentation du site par les requins tigres est quasi nulle. On n'observe donc pas d'individus « fixés » sur la zone attendant l'heure du nourrissage. Il n'en est probablement pas de même pour d'autres espèces telles que le requin gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) ou les requins pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) dont le biotope et le mode d'alimentation sont sensiblement différents.

4.3.3. Présences des mâles

Le ratio de mâles observé sur le site d'étude est de 0,062. Plusieurs facteurs entrent probablement en jeu pour l'expliquer.

- La ségrégation spatiale

Pour certaines espèces de requins, il existe une ségrégation spatiale entre les sexes, les femelles étant plus résidentes en côtier et les mâles plus mobiles.

À Moorea en Polynésie française, il a été constaté que les femelles requins pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) se retrouvaient préférentiellement dans la zone lagonaire alors que les mâles fréquentaient plutôt la zone récifale. (Mourier *et al.*, 2013)

Sur le site de Tiger Beach (Bahamas), on retrouve un ratio de mâles requins tigres de 0,092, proche de celui de notre étude (Sulikowski *et al.*, 2016).

Lors d'une étude sur les migrations du requin tigre en mer de Corail, quasiment aucun mâle n'a été capturé près de la Grande Terre (Nouvelle-Calédonie). En revanche, à proximité des récifs des Chesterfield, à quelques 600 km des côtes de la Grande Terre, 75 % des individus capturés étaient des mâles (Werry *et al.*, 2014).

L'hypothèse est que la Grande Terre est fréquentée par les femelles, notamment pour mettre bas dans les lagons où les juvéniles restent jusqu'à 2 m de long puis partent au large. Les mâles séjournent en haute mer ou sur des récifs éloignés où ont lieu les accouplements (É. Clua, données non publiées).

Une étude faite à Hawaïi retrouve un ratio de mâles de 0,3929 (Meyer et al. 2014). Ce ratio est évidemment très différent de ceux de notre étude et de celle des Bahamas. Or, les captures effectuées à cette occasion ont été effectuées en zone pélagique où le sex-ratio est apparemment différent de la zone côtière. Le faible ratio de mâles sur le site d'étude n'est donc pas surprenant, les mâles vivant potentiellement plus au large, loin des zones anthropisées.

- La ségrégation par la taille

Les trois mâles connus ont des longueurs totales estimées entre 3 et 3,2 mètres. La plupart des femelles observées sur le site dépassent les 3,5 mètres. On peut donc penser que ces femelles, majoritaires et plus grosses, exercent potentiellement un effet d'expulsion hiérarchique des mâles. Cette hypothèse a déjà été émise lors d'une agrégation de requins tigres sur une carcasse de cétacé (Clua et al., 2013). De fait, les mâles ont la plupart du temps fait des apparitions plutôt furtives. À noter aussi que les rares occasions où un mâle s'est intéressé de près à l'appât, aucune femelle n'était présente.

- La ségrégation saisonnière

Dans l'Atlantique Nord, les migrations saisonnières de requins tigres enregistrées entre la zone tropicale en hiver et la zone tempérée en été concernent en très grande majorité des individus mâles (Lea et al., 2015).

Dans le cas de notre étude, le mois où les observations de mâles sont les plus nombreuses correspond lui aussi à la période où on observe le plus de cicatrices d'accouplement. Les mâles en provenance des zones pélagiques seraient donc présents préférentiellement sur le site en période de reproduction. Cette présence n'est toutefois pas très significative à Tahiti puisque comme on l'a vu plus haut, aucun mâle n'a été observé lors de la saison froide 2017.

La quasi-absence de mâles sur le site nous démontre que l'activité ne favorise pas une agrégation non naturelle qui pourrait découler d'un apport de nourriture facile. Une situation comparable se retrouve à Tiger Beach aux Bahamas où le *feeding* est largement pratiqué avec cette espèce. Pour des milliers d'observations de requins tigres femelles, il n'y a que sept observations de mâles (Hammerschlag et al., 2012).

5. Conclusion

La photo identification, méthode déjà éprouvée avec d'autres élasmodontes, a été utilisée en tant que méthode de différenciation des individus, bien adaptée à la population de requins tigrés de Tahiti. La création d'une base de données constamment alimentée peut ouvrir des perspectives nouvelles. Dans l'archipel des Tuamotu en Polynésie française, des observations de requins tigrés ne sont pas rares, à Rangiroa et Fakarava en particulier où l'activité de plongée touristique est importante. Il se peut parfaitement qu'un jour, un individu connu soit photographié dans ces circonstances, ce qui nous renseignerait sur ses déplacements inter-insulaires.

La photogrammétrie, utilisée probablement pour la première fois pour la mesure de la longueur totale des requins tigrés, a fait ses preuves en terme de mise en application et de fiabilité. Malgré le faible volume de résultats, ces mesures sont prometteuses. Elles méritent d'être poursuivies, notamment pour effectuer un suivi de la croissance des individus.

Un des objectifs de l'étude était de déterminer si le nourrissage pouvait favoriser l'agrégation des requins tigrés sur le site. Nous avons vu que le seul facteur influent sur la présence de requins tigrés est la saisonnalité. L'activité éco-touristique de nourrissage n'agrège pas les individus sur le site en permanence et n'empêche pas des absences de plusieurs mois ou plusieurs années pouvant correspondre à des périodes de migration. Ce point est particulièrement important quand on connaît le caractère hautement migratoire de cette espèce. La consanguinité ne devrait donc pas augmenter mais ceci pourrait faire l'objet d'une étude génétique future.

Les effets du nourrissage ont déjà été étudiés en Polynésie sur certaines espèces, les requins pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) (Mourier et al., 2013), et les requins citrons (*Negaprion acutidens*) (Clua et al., 2010). Nos résultats préliminaires sont prometteurs, mais ils demeurent très globaux. À ce titre, ils doivent être complétés par des analyses plus poussées permettant par exemple de déterminer certaines associations entre individus, de même que la notion de résidence sur le site doit être couplée à une étude plus large sur les mouvements des individus afin de mieux appréhender l'impact du *feeding*. Enfin, après cette étude sur le requin tigre, d'autres espèces présentes sur le site mériteraient de faire l'objet d'études similaires. Les requins gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) en particulier, dont la fréquentation est encore très mal connue. Ceci serait facilité car les méthodes et logistiques sont déjà en place et éprouvées.

Au-delà des effets du *feeding*, le programme de balisage acoustique peut aussi être utilisé pour renforcer nos connaissances sur les déplacements des requins tigres dans les îles avoisinantes de la Société ou plus lointaines sur l'ensemble de la Polynésie française. Il serait intéressant de mener des études complémentaires sur les lieux de mise bas, le biotope des juvéniles, les déplacements des mâles...

On peut aussi envisager la poursuite de l'étude à une échelle spatiale supérieure avec l'utilisation de tags satellites. Ceci serait particulièrement intéressant car aucun suivi des migrations des requins tigres n'a été effectué dans cette zone et les données sur la connectivité de ces populations sont encore très fragmentaires.

Cette étude, loin d'être exhaustive, devrait servir pour initier de nouvelles investigations et une meilleure connaissance du requin tigre en Polynésie française et dans le Pacifique.

6. Bibliographie

6.1 Publications

- Afonso, A. S., Hazin, F. H. V., Barreto, R. R., Santana, F. M., & Lessa, R. P. (2012). Extraordinary growth in tiger sharks *Galeocerdo cuvier* from the South Atlantic Ocean. *Journal of fish biology*, 81(6), 2080-2085.
- Baker, S. C. (1966). Migratory movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between New Caledonia, East Australia and New Zealand. *J. cetacean res. manage*, 2(2), 000-000.
- Bansemmer, C. S., & Bennett, M. B. (2008). Multi-year validation of photographic identification of grey nurse sharks, *Carcharias taurus*, and applications for non-invasive conservation research. *Marine and Freshwater Research*, 59(4), 322-331.
- Baum, J. K., Myers, R. A., Kehler, D. G., Worm, B., Harley, S. J., & Doherty, P. A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science*, 299(5605), 389-392.
- Branstetter, S., Musick, J. A., & Colvocoresses, J. A. (1987). A comparison of the age and growth of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, from off Virginia and from the northwestern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 85(2), 269-279.
- Brena, P. (2016). Dimensions écologique et humaine de la relation homme-requin: approches fondamentale et appliquée du nourrissage artificiel de requins en Polynésie française.
- Brena, P. F., Mourier, J., Planes, S., & Clua, E. (2015). Shark and ray provisioning: functional insights into behavioral, ecological and physiological responses across multiple scales. *Marine Ecology Progress Series*, 538, 273-283.
- Brunnschweiler, J. M., & Barnett, A. (2013). Opportunistic visitors: long-term behavioural response of bull sharks to food provisioning in Fiji. *PLoS One*, 8(3), e58522.
- Buray, N., Mourier, J., Planes, S., & Clua, E. (2009). Underwater photo-identification of sicklefin lemon sharks, *Negaprion acutidens*, at Moorea (French Polynesia). *Cybium*, 33(1), 21-27.
- Carrier, J. C., Pratt Jr, H. L., & Martin, L. K. (1994). Group reproductive behaviors in free-living nurse sharks, *Ginglymostoma cirratum*. *Copeia*, 646-656.
- Castro, J. I., Woodley, C. M., & Brudek, R. L. (1999). *A preliminary evaluation of the status of shark species* (No. 380). Food & Agriculture Org.

- Castro, A. L., & Rosa, R. S. (2005). Use of natural marks on population estimates of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 72(2), 213-221.
- Chin, A., Mourier, J., & Rummer, J. L. (2015). Blacktip reef sharks (*Carcharhinus melanopterus*) show high capacity for wound healing and recovery following injury. *Conservation physiology*, 3(1), cov062.
- Clarke, S. C., McAllister, M. K., Milner-Gulland, E. J., Kirkwood, G. P., Michielsens, C. G., Agnew, D. J., ... & Shivji, M. S. (2006). Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology letters*, 9(10), 1115-1126.
- Cliff, G., & Dudley, S. F. (1992). Protection against shark attack in South Africa, 1952-90. *Marine and Freshwater Research*, 43(1), 263-272.
- 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*, 414, 257-266.
- Clua, E., Buray, N., Legendre, P., Mourier, J., & Planes, S. (2011). Business partner or simple catch? The economic value of the sicklefin lemon shark in French Polynesia. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 764-770.
- Clua, É. (2011). Le nourrissage artificiel des requins: pour ou contre? Bulletin des pêches de la CPS. Nouméa.
- Clua, E., Chauvet, C., Read, T., Werry, J. M., & Lee, S. Y. (2013). Behavioural patterns of a tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) feeding aggregation at a blue whale carcass in Prony Bay, New Caledonia. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 46(1), 1-20.
- Clua, E., Bescond, P. M. and D. Reid (2014) Fatal attack by a juvenile tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, on a young male kitesurfer in a reef passage of New Caledonia (South Pacific). *Journal of Forensic and Legal Medicine*. DOI : 10.1016/j.jflm.2014.04.005
- Compagno, L. J. (2001). Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date (Vol. 1). Food & Agriculture Org..

- Couturier, L. I., Jaine, F. R., Townsend, K. A., Weeks, S. J., Richardson, A. J., & Bennett, M. B. (2011). Distribution, site affinity and regional movements of the manta ray, *Manta alfredi* (Krefft, 1868), along the east coast of Australia. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 628-637
- Crow, G. L., & Hewitt, J. D. (1988). Longevity records for captive tiger sharks *Galeocerdo cuvier* with notes on behaviour and management. *International Zoo Yearbook*, 27(1), 237-240.
- Cubbage, J. C., & Calambokidis, J. (1987). Size-class segregation of bowhead whales discerned through aerial stereophotogrammetry. *Marine Mammal Science*, 3(2), 179-185.
- Deakos, M. H. (2010). Paired-laser photogrammetry as a simple and accurate system for measuring the body size of free-ranging manta rays *Manta alfredi*. *Aquatic Biology*, 10(1), 1-10.
- Domeier, M. L., & Nasby-Lucas, N. (2007). Annual re-sightings of photographically identified white sharks (*Carcharodon carcharias*) at an eastern Pacific aggregation site (Guadalupe Island, Mexico). *Marine Biology*, 150(5), 977-984.
- Driggers III, W. B., Ingram Jr, G. W., Grace, M. A., Gledhill, C. T., Henwood, T. A., Horton, C. N., & Jones, C. M. (2008). Pupping areas and mortality rates of young tiger sharks *Galeocerdo cuvier* in the western North Atlantic Ocean. *Aquatic Biology*, 2(2), 161-170.
- Dudley, S. F., Anderson-Reade, M. D., Thompson, G. S., & McMullen, P. B. (2000). Concurrent scavenging off a whale carcass by great white sharks, *Carcharodon carcharias*, and tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*. *FISHERY BULLETIN-NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION*, 98(3), 646-649.
- Dudley, S. F. J. (1997). A comparison of the shark control programs of New South Wales and Queensland (Australia) and KwaZulu-Natal (South Africa). *Ocean & coastal management*, 34(1), 1-27.
- Ferretti, F., Myers, R. A., Serena, F., & Lotze, H. K. (2008). Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22(4), 952-964.
- Gallagher, A. J., & Hammerschlag, N. (2011). Global shark currency: the distribution, frequency, and economic value of shark ecotourism. *Current Issues in Tourism*, 14(8), 797-812.

- Hammerschlag, N., Gallagher, A. J., Wester, J., Luo, J., & Ault, J. S. (2012). Don't bite the hand that feeds: assessing ecological impacts of provisioning ecotourism on an apex marine predator. *Functional Ecology*, 26(3), 567-576.
- Hazin, F. H., Afonso, A. S., Castilho, P. C., Ferreira, L. C., & Rocha, B. C. (2013). Regional movements of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, off northeastern Brazil: inferences regarding shark attack hazard. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(3), 1053-1062.
- Heithaus, M. R. (2001). The biology of tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, in Shark Bay, Western Australia: sex ratio, size distribution, diet, and seasonal changes in catch rates. *Environmental Biology of Fishes*, 61(1), 25-36.
- Heithaus, M., Dill, L., Marshall, G., & Buhleier, B. (2002). Habitat use and foraging behavior of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in a seagrass ecosystem. *Marine Biology*, 140(2), 237-248.
- Heithaus, M. R., Wirsing, A. J., Dill, L. M., & Heithaus, L. I. (2007). Long-term movements of tiger sharks satellite-tagged in Shark Bay, Western Australia. *Marine Biology*, 151(4), 1455.
- Holland, K. N., Wetherbee, B. M., Lowe, C. G., & Meyer, C. G. (1999). Movements of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in coastal Hawaiian waters. *Marine Biology*, 134(4), 665-673.
- Holmes, B. J., Sumpton, W. D., Mayer, D. G., Tibbetts, I. R., Neil, D. T., & Bennett, M. B. (2012). Declining trends in annual catch rates of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) in Queensland, Australia. *Fisheries Research*, 129, 38-45.
- Holmes, B. J., Pepperell, J. G., Griffiths, S. P., Jaine, F. R., Tibbetts, I. R., & Bennett, M. B. (2014). Tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) movement patterns and habitat use determined by satellite tagging in eastern Australian waters. *Marine biology*, 161(11), 2645-2658.
- Holmes, B. J., Williams, S. M., Otway, N. M., Nielsen, E. E., Maher, S. L., Bennett, M. B., & Ovenden, J. R. (2017). Population structure and connectivity of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) across the Indo-Pacific Ocean basin. *Open Science*, 4(7), 170309.

- Işcan, M. Y., & McCabe, B. Q. (1995). Analysis of human remains recovered from a shark. *Forensic science international*, 72(1), 15-23.
- Journal Officiel de la Polynésie française (JOPF) arrêté n°396 CM du 28 avril 2006
- Lea, J. S., Wetherbee, B. M., Queiroz, N., Burnie, N., Aming, C., Sousa, L. L., ... & Shivji, M. S. (2015). Repeated, long-distance migrations by a philopatric predator targeting highly contrasting ecosystems. *Scientific reports*, 5, 11202.
- Lea, R. N., & Miller, D. J. (1984). Shark attacks off the California and Oregon coast: an update, 1980-84.
- Lison de Loma et al. (2006) Evaluation des densités d'*Acanthaster planci* sur l'île de Moorea CRIOBE (Centre de Recherches Insulaires Observatoire de l'Environnement)
- Maillaud, C., & Van Grevelinghe, G. (2005). Attaques et morsures de requins en Polynésie française: Shark attacks and bites in French Polynesia. *Journal européen des urgences*, 18(1), 37-41.
- Marshall, A. D., & Pierce, S. J. (2012). The use and abuse of photographic identification in sharks and rays. *Journal of fish biology*, 80(5), 1361-1379.
- Meekan, M., Bradshaw, C., Press, M., McLean, C., Richards, A., Quasnicka, S., & Taylor, J. (2006). Population size and structure of whale sharks (*Rhincodon typus*) at Ningaloo Reef Western Australia. *Marine Ecology-Progress Series*, 319, 275-285.
- Meyer, C. G., Clark, T. B., Papastamatiou, Y. P., Whitney, N. M., & Holland, K. N. (2009). Long-term movement patterns of tiger sharks *Galeocerdo cuvier* in Hawaii. *Marine Ecology Progress Series*, 381, 223-235.
- Meyer, C. G., Papastamatiou, Y. P., & Holland, K. N. (2010). A multiple instrument approach to quantifying the movement patterns and habitat use of tiger (*Galeocerdo cuvier*) and Galapagos sharks (*Carcharhinus galapagensis*) at French Frigate Shoals, Hawaii. *Marine Biology*, 157(8), 1857-1868.

- Meyer, C. G., O'Malley, J. M., Papastamatiou, Y. P., Dale, J. J., Hutchinson, M. R., Anderson, J. M., ... & Holland, K. N. (2014). Growth and maximum size of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in Hawaii.
- Moss, S. A. (1972). The feeding mechanism of sharks of the family Carcharhinidae. *Journal of Zoology*, 167(4), 423-436.
- Mourier, J., Mills, S. C., & Planes, S. (2013). Population structure, spatial distribution and life-history traits of blacktip reef sharks *Carcharhinus melanopterus*. *Journal of fish biology*, 82(3), 979-993.
- Mourier, J., Brown, C., & Planes, S. (2017). Learning and robustness to catch-and-release fishing in a shark social network. *Biology Letters*, 13(3), 20160824.
- Papastamatiou, Y. P., Meyer, C. G., Carvalho, F., Dale, J. J., Hutchinson, M. R., & Holland, K. N. (2013). Telemetry and random-walk models reveal complex patterns of partial migration in a large marine predator. *Ecology*, 94(11), 2595-2606.
- Rancurel, P., & Intès, A. (1984). Le requin tigre, *Galeocerdo cuvieri* Lacépède, des eaux néocalédoniennes: examen des contenus stomacaux.
- Randall, J. E. (1992). Review of the biology of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Marine and Freshwater Research*, 43(1), 21-31.
- Rohner, C. A., Richardson, A. J., Marshall, A. D., Weeks, S. J., & Pierce, S. J. (2011). How large is the world's largest fish? Measuring whale sharks *Rhincodon typus* with laser photogrammetry. *Journal of Fish Biology*, 78(1), 378-385.
- Simpfendorfer, C. A., Goodreid, A. B., & McAuley, R. B. (2001). Size, sex and geographic variation in the diet of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, from Western Australian waters. *Environmental Biology of Fishes*, 61(1), 37-46.
- Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvy, N. K., & Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57(3), 476-494.

- Sulikowski, J. A., Wheeler, C. R., Gallagher, A. J., Prohaska, B. K., Langan, J. A., & Hammerschlag, N. (2016). Seasonal and life-stage variation in the reproductive ecology of a marine apex predator, the tiger shark *Galeocerdo cuvier*, at a protected female-dominated site. *Aquatic Biology*, 24(3), 175-184.
- Thomson, J. A., Araujo, G., Labaja, J., McCoy, E., Murray, R., & Ponzo, A. (2017). Feeding the world's largest fish: highly variable whale shark residency patterns at a provisioning site in the Philippines. *Royal Society Open Science*, 4(9), 170394.
- Tricas, T. C., Taylor, L. R., & Naftel, G. (1981). Diel behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, at French Frigate Shoals, Hawaiian Islands. *Copeia*, 904-908.
- Vaudo, J. J., Wetherbee, B. M., Harvey, G., Nemeth, R. S., Aming, C., Burnie, N., & Shivji, M. S. (2014). Intraspecific variation in vertical habitat use by tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in the western North Atlantic. *Ecology and evolution*, 4(10), 1768-1786.
- Werbrouck, A., Van Grevelinghe, G., Landron, F., Charlier, P., Loire, C., & Gauthier, C. (2014). Expertise médico-légale des victimes d'attaques et de morsures de requins à La Réunion. *La Revue de Médecine Légale*, 5(3), 110-121.
- Whitney, N. M., & Crow, G. L. (2007). Reproductive biology of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) in Hawaii. *Marine Biology*, 151(1), 63-70.
- Whitney, N. M., Pratt, H. L., & Carrier, J. C. (2004). Group courtship, mating behaviour and siphon sac function in the whitetip reef shark, *Triaenodon obesus*. *Animal behaviour*, 68(6), 1435-1442.
- Werry, J. M., Planes, S., Berumen, M. L., Lee, K. A., Braun, C. D., & Clua, E. (2014). Reef-fidelity and migration of tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, across the Coral Sea. *PLoS One*, 9(1), e83249.

6.2 Sites Internet

Food and Agriculture Organization of the United Nations
(<http://www.fao.org/home/en/>)

Interactive Individual Identification System (<http://www.reijns.com/i3s/index.html>)

IUCN (International Union for Conservation of Nature) (<http://www.iucn.org/>)

Observatoire des Requins de Polynésie (<http://www.requinsdepolynesie.com>)

World Register of Marines species (<http://www.marinespecies.org>)

6.3 Ouvrages

Bacchet, P., Zysman, T., & Lefèvre, Y. (2016). *Guide des poissons de Tahiti et ses îles*. Au vent des îles.

Fourmanoir, P. (1961). Requins de la côte ouest de Madagascar. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar. Série F: Océanographie*, 4, 3-81.

Séret, B. (1990). Les requins: questions et réponses. *Revue du Palais de la Découverte*, 18(180), 19-42.

Vidthayanon, C., *Thailand red data: fishes*. Bangkok, Thailand : Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2005. Bangkok, Thailand. 108 p.

6.4 Crédits photos

Sauf mentions contraires, toutes les photos sont de l'auteur.

7. ANNEXES

Annexe 1

Tableau 3. Détail des occurrences entre le 01 09 2012 et le 31 08 2017

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	total
T01F	2	14	41	9	29	5	100
T02F	0	1	0	0	0	0	1
T03F	7	18	27	24	21	5	102
T04F	0	0	1	0	0	0	1
T05F	1	1	14	28	21	14	80
T06F	2	1	0	1	0	0	4
T07F	0	0	0	1	0	0	1
T08F	0	0	1	13	18	3	35
T09F	0	0	1	0	0	0	1
T10F	0	0	0	5	0	0	5
T11F	0	0	0	0	0	0	0
T12F	0	0	0	1	0	0	0
T13F	0	2	0	1	1	2	6
T14F	0	0	0	0	0	0	0
T15F	0	3	6	9	3	3	24
T16F	3	6	3	29	11	26	78
T17F	0	1	0	0	0	0	1
T18F	0	1	0	0	0	0	1
T19M	0	1	0	0	0	0	1
T20F	0	1	0	0	0	0	1
T21F	0	0	1	0	0	0	1
T22M	0	4	3	5	5	0	17
T23F	0	3	0	10	0	4	17
T24F	0	1	0	3	0	0	4
T25F	0	1	8	11	23	3	46
T26F	0	2	3	9	14	3	31
T27F	0	1	0	0	0	0	1
T28F	0	1	0	3	0	1	6

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	total
T29F	0	11	37	12	8	14	83
T30F	0	3	2	9	5	7	26
T31F	0	1	0	0	0	0	1
T32F	0	2	0	3	0	0	5
T33F	0	0	4	4	4	0	12
T34F	0	0	0	8	2	1	11
T35F	0	0	35	19	0	0	54
T36F	0	0	1	0	0	0	1
T37F	0	0	1	0	0	0	1
T38F	0	0	2	0	0	1	3
T39F	0	0	2	2	0	0	4
T40F	0	0	1	2	0	0	3
T41F	0	0	2	0	0	1	3
T42F	0	0	1	0	0	0	1
T43F	0	0	0	1	0	0	1
T44M	0	0	0	1	0	0	1
T45F	0	0	0	1	0	0	1
T46F	0	0	0	0	2	0	2
T47F	0	0	1	0	14	0	15
T48F	0	0	0	0	1	2	3
T49F	0	0	0	0	4	0	4
T50F	0	0	0	0	3	0	3
T51F	0	0	0	0	2	0	2
T52F	0	0	0	0	2	0	2
T53F	0	0	0	1	1	1	3
T54F	0	0	0	0	0	3	3
TX	0	13	22	33	48	39	155

Annexe 2

Tableau 4. Tailles et classe de taille des individus identifiés

ID	taille	classe
T01F	412	5
T02F	250	1
T03F	409	5
T04F	370	4
T05F	435	5
T06F	380	4
T07F	400	4
T08F	368	4
T09F	300	2
T10F	350	3
T13F	380	4
T15F	320	3
T16F	392	4
T17F	350	3
T18F	280	2
T19F	300	2
T20F	350	3

ID	taille	classe
T21F	400	4
T22F	300	2
T23F	330	3
T24F	320	3
T25F	386	4
T26F	399	4
T27F	350	3
T28F	400	3
T29F	330	3
T30F	399	4
T31F	400	4
T32F	400	4
T33F	380	4
T34F	250	1
T35F	250	1
T36F	350	3
T37F	320	3

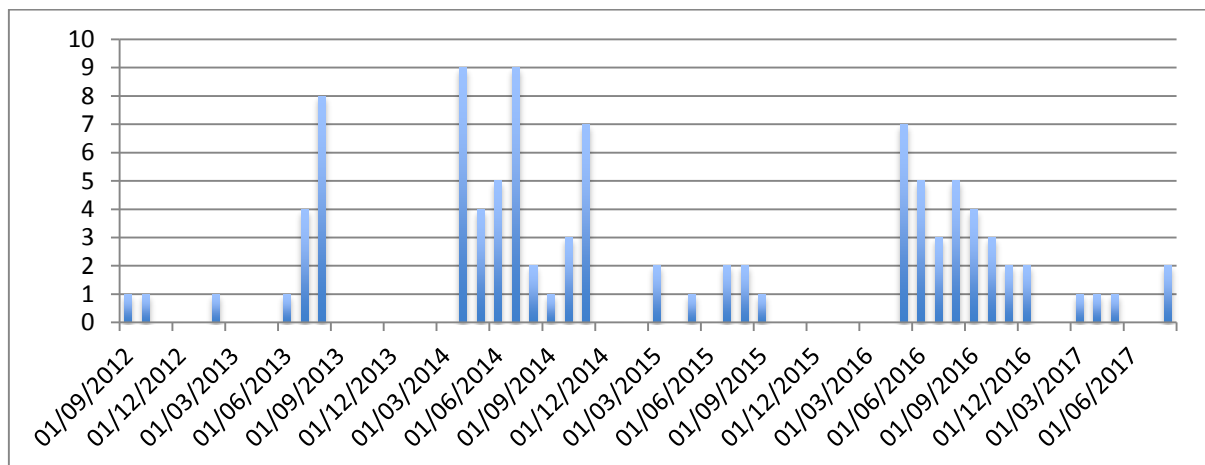
ID	taille	classe
T38F	350	3
T39F	400	4
T40F	320	3
T41F	380	4
T42F	350	3
T43F	250	1
T44F	320	3
T45F	370	4
T46F	320	3
T47F	414	5
T48F	300	2
T49F	360	4
T50F	300	2
T51F	350	3
T52F	300	2
T53F	300	2
T54F	350	3

Annexe 3

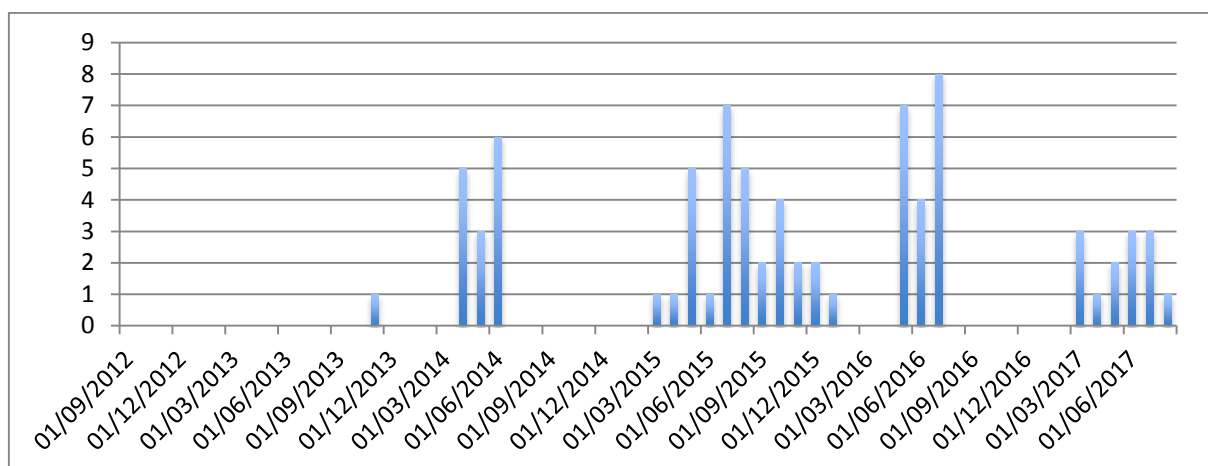
Tableau 5. Dates d'absences durant la saison chaude pour 10 individus

	fin présence	début présence	fin présence	début présence	fin présence	début présence	fin présence	début présence
T01	22/08/2013	01/04/2014	25/11/2014	14/02/2015	07/09/2015	02/05/2016	07/12/2016	09/03/2017
T03	22/10/2013	26/04/2014	11/11/2014	15/01/2015	24/09/2015	28/04/2016	24/12/2016	03/02/2017
T05	03/08/2013	04/04/2014	26/06/2014	07/03/2015	12/12/2015	12/01/2016	22/07/2016	08/03/2017
T08			23/09/2014	03/09/2015	26/12/2015	28/04/2016	06/12/2016	12/01/2017
T15	02/08/2013	23/04/2014	27/11/2014	18/03/2015	06/10/2015	20/03/2016	23/11/2016	13/04/2017
T16	18/12/2013	30/01/2014	29/04/2014	23/02/2015	08/10/2015	14/01/2016	13/07/2016	14/02/2017
T25	15/09/2013	10/08/2014	27/11/2014	23/02/2015	20/08/2015	22/06/2016	12/12/2016	19/06/2017
T26	27/09/2013	29/03/2014	29/04/2014	22/05/2015	16/12/2015	29/03/2016	08/09/2016	22/04/2017
T29	21/11/2013	05/01/2014	29/11/2014	10/03/2015	21/01/2016	14/04/2016	15/12/2016	13/03/2017
T30	19/11/2013	24/06/2014	25/06/2014	14/04/2015	28/12/2015	23/01/2016	02/05/2016	17/04/2017

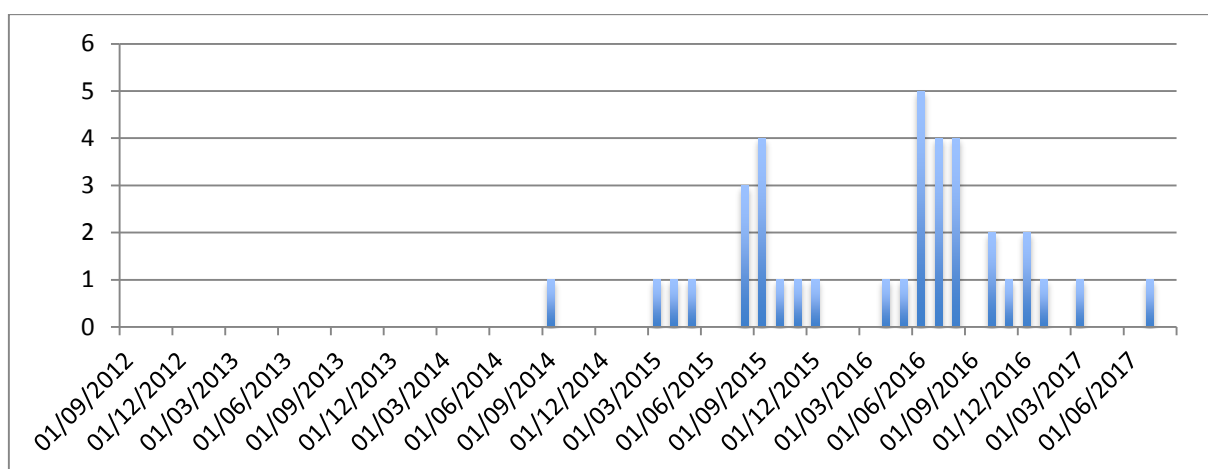
Annexe 4



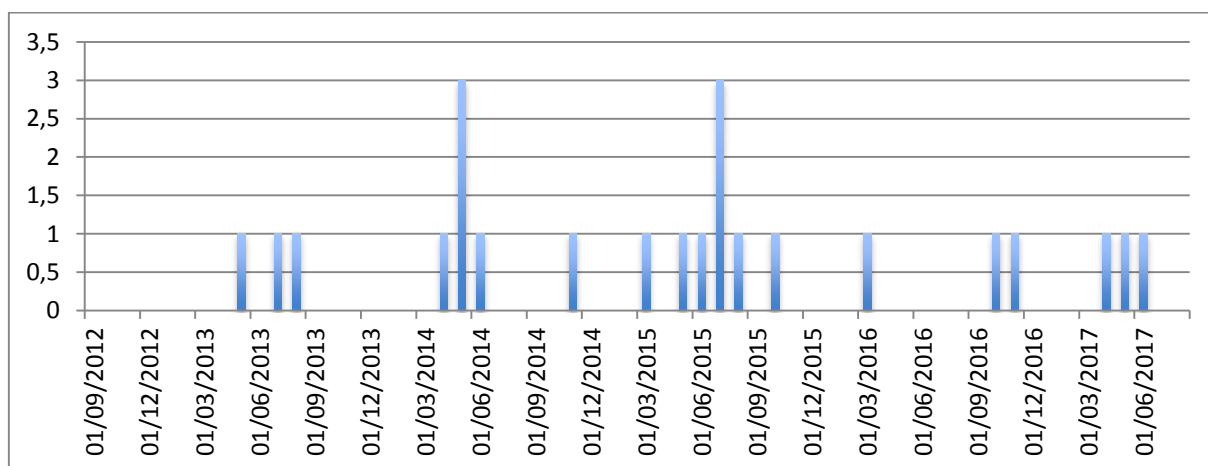
T01F



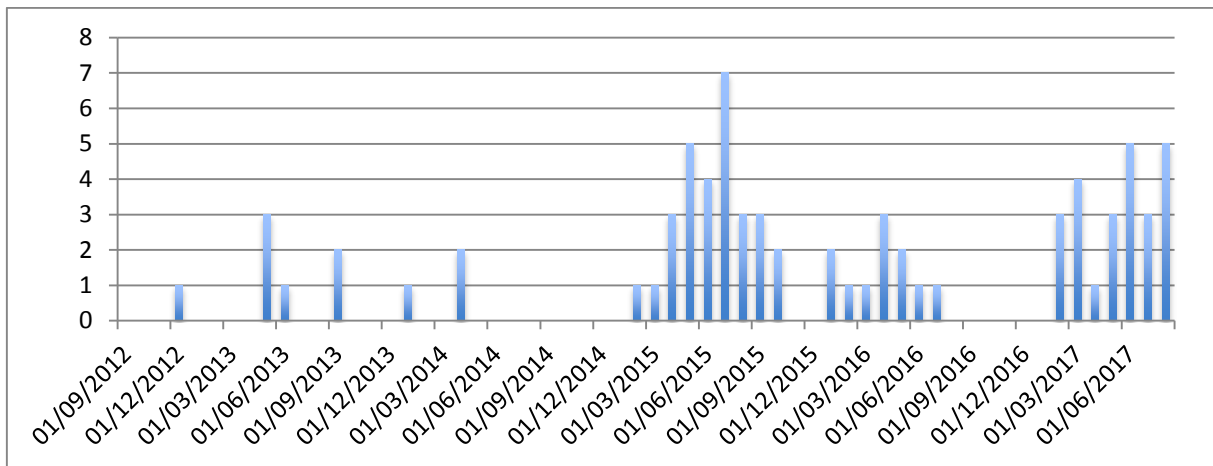
T05F



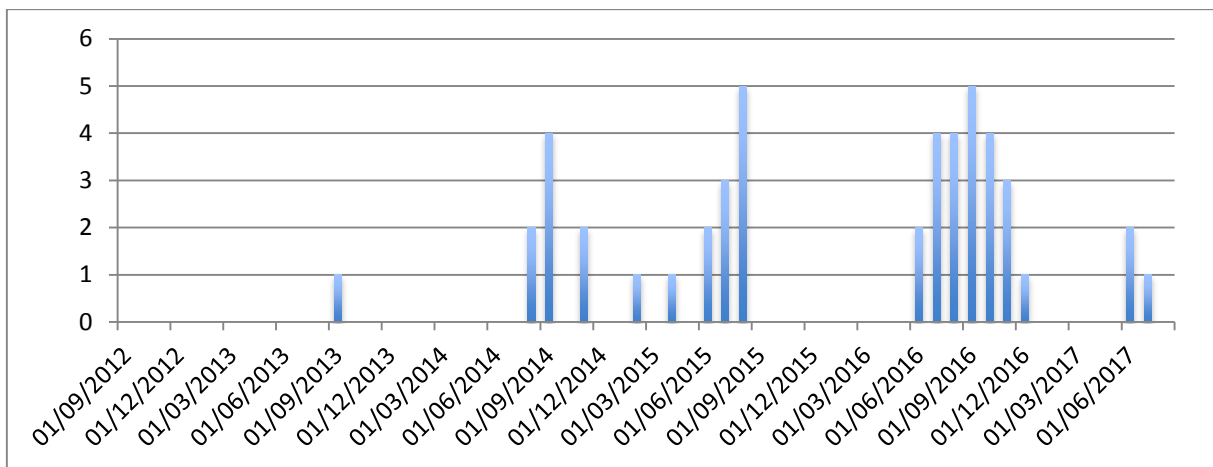
T08F



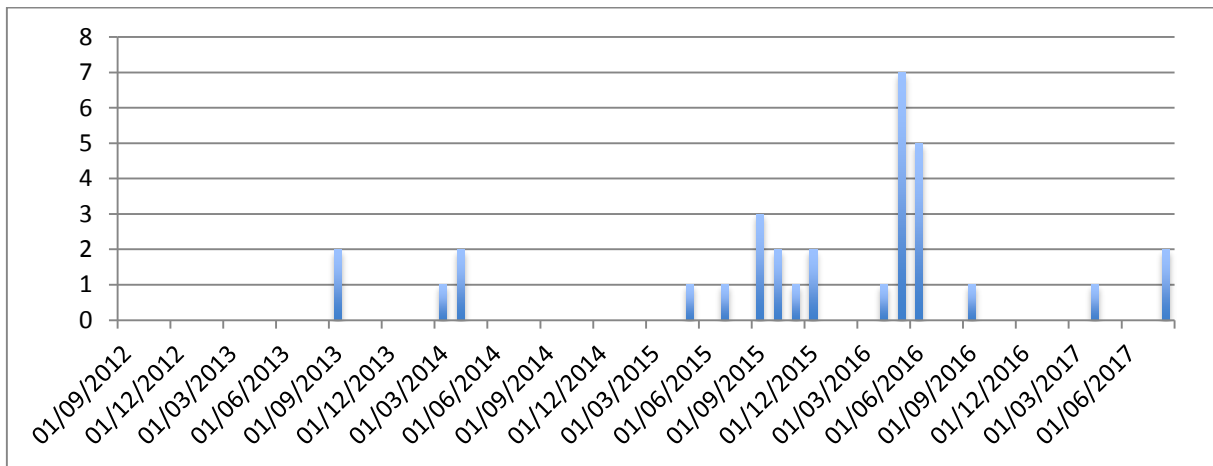
T15F



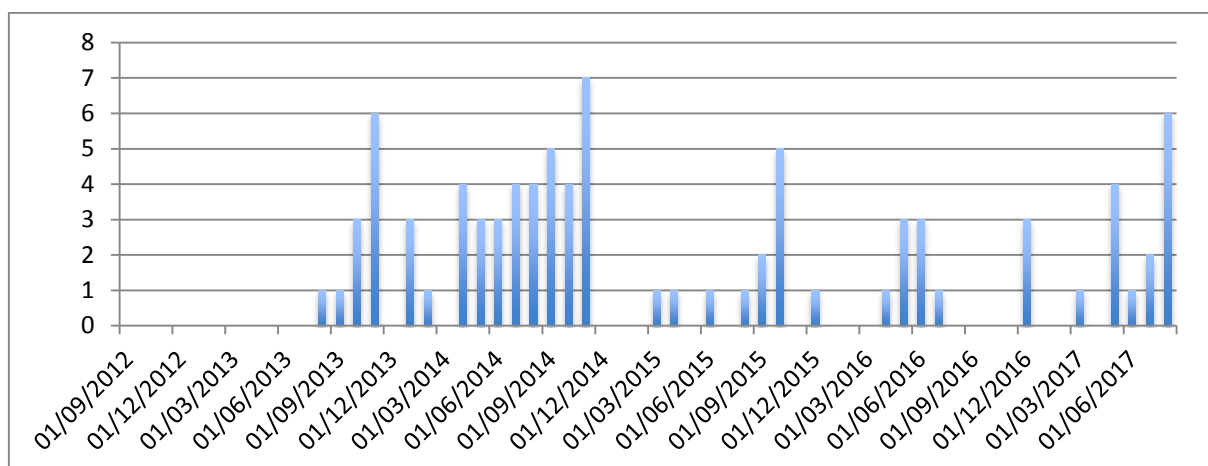
T16F



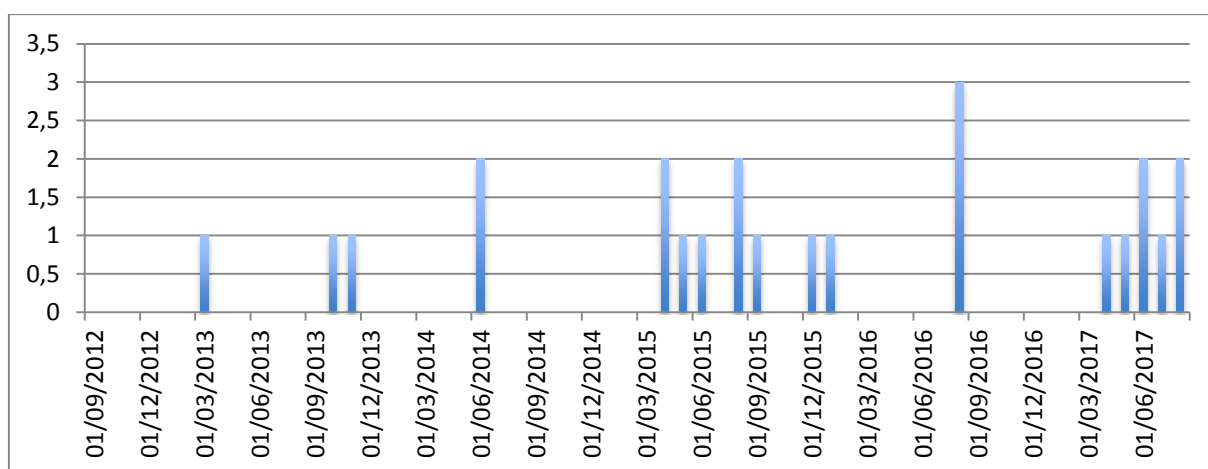
T25F



T26F



T29F



T30F

Figure 60. Occurrences par années de 9 individus.

Annexe 5

Textes officiels concernant la protection des requins en Polynésie française

TEXTE ADOPTE n° 2007-13 LP/APF du 17 décembre 2007 de la loi du pays portant modification du livre 1er du code de l'environnement quant aux dispositions relatives aux espèces et aux espaces.

L'assemblée de la Polynésie française a adopté la loi du pays dont la teneur suit :

Article LP. 1er.— L'article D. 100-1 est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 100-1.-*Définitions*

Aux fins du présent code, on entend par :

- *Diversité biologique ou biodiversité* : variété et variabilité des organismes vivants et des complexes écologiques dont ils font partie : elle comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes et des paysages.

Ecosystème : le complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle.

- *Conservation "ex situ"* : la conservation d'éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel.

- *Spécimen* : tout animal ou toute plante, vivant(e) ou mort(e), ainsi que toute partie ou tout produit issu de l'animal ou de la plante.

- *Espèce* : unité taxonomique fondamentale dans la classification du monde vivant, pouvant s'appliquer à une espèce au sens strict du terme mais aussi à une variété, une race ou tout autre taxon inférieur.

- *Espèce en danger* : espèce en danger d'extinction immédiate et dont la survie n'est pas assurée si les facteurs responsables de sa diminution agissent encore.

- *Espèce vulnérable* : espèce dont la population est en diminution et qui devra être placée dans la catégorie d'espèce en danger si les facteurs responsables de cette diminution continuent d'agir.

Espèce rare : espèce représentée par de faibles effectifs, actuellement ni "en danger", ni "vulnérable", mais à risque.

- *Espèce d'intérêt particulier* : espèce qui n'est pas menacée ailleurs, mais dont le maintien est incertain compte tenu de la diminution de ses effectifs et de la réduction de ses habitats. Sa présence en Polynésie française n'est pas importante pour sa survie, mais elle enrichit la biodiversité locale. Cette catégorie comporte également les espèces présentant un intérêt social, culturel ou traditionnel.

- *Habitat* : le lieu ou type de site dans lequel un organisme ou une population existe à l'état naturel.

Restauration : voie qui consiste, par le seul jeu de l'abandon ou d'un contrôle raisonné de la pression de l'homme, à arrêter la dégradation d'un écosystème et à favoriser son retour à un état antérieur.

- *Réhabilitation* : voie qui consiste à remettre un écosystème sur sa bonne trajectoire dynamique et de rétablir un bon niveau de résilience. Elle a pour objet principal de réparer les fonctions endommagées ou bloquées d'un écosystème.

Paysage : portion structurée du territoire observable globalement à partir d'un point donné, comprenant un ensemble d'éléments naturels géomorphologiques, et éventuellement hydrologiques, végétaux et/ou d'origine artificielle liés à l'action humaine.

- *Espace protégé* : tout espace géographiquement délimité, soumis à réglementation et géré en vue d'atteindre des objectifs spécifiques de conservation.

- *Aquariophilie* : tout élevage, à des fins non principalement commerciales, d'une ou plusieurs espèces marines, dans un environnement artificiel ou naturel permettant de les conserver et de les traiter avec soin, poursuivant un objectif pédagogique.

- *Aquarioculture* : tout élevage, à des fins non principalement commerciales, d'une ou plusieurs espèces marines, dans un environnement artificiel ou naturel permettant de les conserver et de les traiter avec soin, poursuivant un objectif de réhabilitation écologique et de réintroduction des espèces dans leur milieu naturel.

Les fins non principalement commerciales impliquent que l'activité autorisée, non lucrative, poursuit un objectif prioritairement pédagogique ou de repeuplement, éventuellement accessoirement touristique, et ne peut en aucun cas engendrer de bénéfices. De façon auxiliaire, elle peut donner lieu à une exploitation indirectement commerciale et limitée à la seule couverture des frais nécessaires à la réalisation de l'objectif fixé."

Art. LP. 2.— L'article D. 121-1 est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 121-1. — Après avis de la commission des sites et des monuments naturels, le conseil des ministres fixe par arrêté une liste des espèces animales et végétales en danger, vulnérables, rares ou d'intérêt particulier dont la conservation présente un intérêt conformément aux principes énoncés à l'article LP. 100-2, ci-après dénommée la liste des espèces protégées.

Cette liste est présentée sous forme d'un tableau comportant le nom scientifique de l'espèce, sa famille, son nom vernaculaire français et polynésien s'il est disponible, son statut et sa répartition.

Elle comprend deux catégories : A et B. La catégorie A comprend les espèces considérées comme vulnérables ou en danger.

La catégorie B comprend les espèces considérées comme rares ou d'intérêt particulier.

L'inscription d'une espèce dans la catégorie A s'appuie sur des éléments scientifiques permettant d'évaluer le statut de l'espèce : vulnérable ou en danger. Ces éléments scientifiques sont consultables par le public à la direction de l'environnement.

L'inscription d'une espèce dans la catégorie B est subordonnée à la production d'une notice énonçant les présomptions internationales et/ou locales justifiant de la protection envisagée. Cette notice est établie par la direction de l'environnement et est consultable par le public à la direction de l'environnement.

Selon la même procédure, il est établi une carte des parties du territoire qui représentent des habitats sensibles, notamment en tant qu'habitats d'espèces protégées."

Art. LP. 3.— L'article D. 121-2 du code de l'environnement est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 121-2.— En vue de protéger les espèces appartenant à la catégorie A de la liste des espèces protégées, sont interdits en tout temps et en tout lieu :

- la destruction, la mutilation, la perturbation intentionnelle, la capture intentionnelle ou l'enlèvement, la naturalisation des spécimens vivants de ces espèces animales et de leurs oeufs ou qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, leur importation ou leur exportation ;

- la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de spécimens vivants de ces espèces végétales, ou qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, leur importation ou leur exportation ; la destruction, l'altération, la modification ou la dégradation des habitats sensibles desdites espèces.

L'importation des espèces protégées est interdite tous régimes douaniers.

Le Président de la Polynésie française peut autoriser, dans les conditions déterminées par un arrêté pris en conseil des ministres, le transport et la détention des spécimens d'animaux morts, aux fins de destruction, analyse, et/ou autopsie."

Art. LP. 4 . - L'article D. 121-3 du code de l'environnement est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 121-3.— En vue de permettre la reconstitution des populations d'espèces appartenant à la catégorie B de la liste des espèces protégées notamment pendant les périodes ou les circonstances où elles sont particulièrement vulnérables, il est possible de :

- soumettre un habitat sensible desdites espèces à un régime particulier conformément aux dispositions de l'article LP. 111-4 du présent titre. Les habitats ainsi protégés pour une durée et selon des prescriptions limitées sont appelés : réserves temporaires ;

- prescrire sur l'ensemble de la Polynésie française, pour une durée limitée et pour certaines espèces, une partie ou la totalité des interdictions mentionnées à l'article LP. 121-2.

Un arrêté pris en conseil des ministres, après avis de la commission des sites et des monuments naturels, précise les espèces concernées et les modalités d'application de ces restrictions."

Art. LP. 5.— Le titre de la sous-section 1, de la section 3, du chapitre 1er, titre 2 du code de l'environnement est modifié comme suit :

"Sous-section 1 – Conservation"

Art. LP. 6.— L'article D. 121-4 du code de l'environnement est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 121-4.— Lorsque la protection de certaines espèces appartenant à la liste des espèces protégées s'avère insuffisante, ou dans le cas de programmes de réintroduction à des fins de conservation, la détention, l'exportation ou l'importation, et l'entretien des espèces protégées dans des installations de conservation *"ex situ"* ou dans le milieu naturel peuvent être autorisés, par arrêté du Président de la Polynésie française, et sur présentation d'un dossier explicitant précisément le programme de conservation.

Des arrêtés pris en conseil des ministres fixent les conditions d'octroi des autorisations visées à l'alinéa précédent, ainsi que celles des dérogations de capture, de cueillette ou d'enlèvement, de détention, d'importation et d'exportation des spécimens d'espèces protégées pour les personnes physiques ou morales désirant assurer leur conservation, les normes d'élevage et/ou de culture, et les pourcentages et conditions de relâcher et/ou de réimplantation dans le milieu naturel.

Toute utilisation de spécimens d'espèces protégées à des fins autres que celles expressément spécifiées dans l'arrêté portant dérogation fera l'objet d'une suspension immédiate de la dérogation."

Art. LP. 7.— Le titre de la sous-section 2, de la section 3 du chapitre 1er, titre 2 du code de l'environnement, est modifié comme suit :

"Sous-section 2 - Recherche scientifique, aquariophilie et aquarioculture"

Art. LP. 8 . - L'article D. 121-5 du code de l'environnement est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 121-5.— Des dérogations à tout ou partie des interdictions mentionnées à l'article LP. 121-2 du présent code peuvent être accordées par arrêté du Président de la Polynésie française, après avis de la commission des sites et des monuments naturels, à des fins strictement de recherche, dans les conditions et selon les modalités fixées par arrêté pris en conseil des ministres.

Des dérogations à tout ou partie des interdictions mentionnées à l'article LP. 121-2 du présent code, excepté à l'interdiction d'exportation, peuvent être accordées, par arrêté du Président de la Polynésie française, après avis de la commission des sites et des monuments naturels, pour l'aquariophilie en Polynésie française de spécimens d'espèces marines et d'eau douce protégées. Ces autorisations sont octroyées dans les conditions et selon les modalités définies par arrêté pris en conseil des ministres.

129

Des dérogations à tout ou partie des interdictions mentionnées à l'article LP. 121-2 du présent code, excepté à l'interdiction d'exportation, peuvent être accordées, par arrêté du Président de la Polynésie française, après avis de la commission des sites et des monuments naturels, pour l'aquarioculture en Polynésie française de spécimens d'espèces marines et d'eau douce protégées. Ces autorisations sont octroyées dans les conditions et selon les modalités définies par arrêté pris en conseil des ministres."

Art. LP. 9.— L'article D. 124-81 du code de l'environnement est abrogé.

Art. LP. 10.— L'article D. 124-82 du code de l'environnement est abrogé et remplacé comme suit :

"Art. LP. 124-81.— 1° Sont punies d'une peine d'emprisonnement de trois mois et d'une amende de 1 000 000 F CFP, ou de l'une de ces deux peines, les infractions aux dispositions des articles LP. 111-4, LP. 111-6, LP. 111-7, LP. 111-8, LP. 111-10,

LP. 121-2, LP. 121-3, LP. 121-4, LP. 121-5, LP. 121-6, LP. 121-7, LP. 123-1, LP. 123-2 et LP. 123-3 du présent code, ainsi que les infractions aux mesures d'application de ces dispositions.

En cas de récidive, il est prononcé une peine d'emprisonnement de six mois et une amende de 2 000 000 F CFP, ou l'une de ces deux peines seulement.

En outre, les infractions aux dispositions des articles LP. 121-2, LP. 121-3, LP. 121-4, LP. 121-5 et de leurs mesures d'application, sont passibles des sanctions suivantes :

- confiscation des armes, filets, engins et autres instruments de capture, de récolte ou d'enlèvement, ainsi que des moyens de transport (avions, bateaux, automobiles, etc.) utilisés par les contrevenants, prononcée par le tribunal en cas de condamnation;

- confiscation et, s'il y a lieu, destruction des armes, filets, engins, instruments de capture, de récolte ou d'enlèvement, moyens de transport (avions, bateaux, automobiles, etc.) abandonnés par les contrevenants restés inconnus, ordonnés par le tribunal, au vu du procès-verbal ;

- confiscation des spécimens prononcée par le tribunal. Les spécimens vivants seront dans la mesure du possible, sur proposition de la direction de l'environnement, réintroduits dans leur milieu naturel d'origine. A défaut, il sera procédé soit à leur remise contre décharge à des personnes physiques ou morales oeuvrant pour la recherche ou pour la conservation de la nature, soit à leur destruction.

En outre, les infractions aux dispositions des articles LP. 123-1, LP. 123-2 et LP. 1-23-3 et à leurs mesures d'application sont passibles des sanctions suivantes :

- confiscation des spécimens prononcée par le tribunal. Il est procédé à la destruction immédiate des spécimens vivants d'espèces végétales. Les spécimens vivants d'espèces animales sont, dans la mesure du possible, sur proposition de la direction de l'environnement, renvoyés vers leur lieu d'origine. A défaut, il est procédé à leur destruction. Les présentes sanctions pénales s'appliquent sans préjudice des dispositions du code des douanes se rapportant aux réglementations que l'administration des douanes est chargée d'appliquer.

Enfin, en cas d'infraction aux dispositions des articles LP. 111-4, LP. 111-6, LP. 111-7, LP. 111-8, LP. 111-10, LP. 121-2,

LP. 121-3, LP. 121-4, LP. 121-5, LP. 121-6, LP. 121-7, LP. 123-1, LP. 123-2 et LP. 123-3 du présent code, ainsi qu'à leurs mesures d'application, le juge peut ordonner la remise en état des lieux aux frais du contrevenant et, le cas échéant, prescrire la destruction des constructions et aménagements de toute nature ayant un caractère irrégulier."

Art. LP. 111 . - Après l'article LP. 124-81 du code de l'environnement, il est inséré un nouvel article LP. 124-82 rédigé comme suit :

"Art. LP. 124-82.- I. 1° Le fait de jeter, déverser ou laisser s'écouler dans les eaux superficielles, ou souterraines, ou dans les eaux de la mer jusqu'à la limite extérieure des eaux territoriales de la Polynésie française, directement ou indirectement, une ou des substances quelconques dont l'action ou les réactions entraînent, même provisoirement, des effets nuisibles sur la santé ou des dommages à la faune ou à la flore ou des modifications significatives du régime normal d'alimentation en eau, ou des limitations d'usage des zones de baignade, est puni de deux ans d'emprisonnement et d'une amende de 8 900 000 F CFP.

Cette disposition ne s'applique pas aux rejets des effluents traités conformément à la réglementation en vigueur.

2° Ces mêmes peines et mesures sont applicables au fait de jeter ou d'abandonner des déchets en quantité importante dans les eaux superficielles ou souterraines ou dans les eaux de la mer jusqu'à la limite extérieure des eaux territoriales de la Polynésie française, sur les plages ou sur les rivages de la mer. Ces dispositions ne s'appliquent pas aux rejets en mer effectués à partir des navires.

3° Par exception au 1°, lorsque les rejets ont lieu dans les cours d'eau, canaux, ruisseaux et plans d'eau avec lesquels ils communiquent, en amont le cas échéant de la limite de salure des eaux, et concernent des substances dont l'action ou les réactions ont détruit le poisson, nui à sa nutrition, à sa reproduction ou à sa valeur alimentaire, les peines encourues sont deux ans d'emprisonnement et 2 100 000 F CFP d'amende.

Le tribunal peut en outre ordonner la publication d'un extrait du jugement aux frais de l'auteur de l'infraction dans deux journaux.

4° Par exception au 1°, lorsque les rejets ont lieu dans la mer ou dans les eaux salées, et sont nuisibles pour la conservation ou la reproduction des mammifères marins, poissons, crustacés, coquillages, mollusques ou végétaux, ou de nature à les rendre impropres à la consommation, la peine encourue est de 2 600 000 F CFP d'amende. Le tribunal peut en outre ordonner l'affichage de la décision ou sa publication aux frais de l'auteur dans deux journaux. En cas de condamnation et lorsque les rejets sanctionnés proviennent de dépôts ou d'installations fixes, le tribunal fixe, s'il y a lieu, les mesures à prendre pour faire cesser l'infraction ou en éviter la récurrence, le délai dans lequel ces mesures devront être exécutées et le montant de l'astreinte dans la limite de 35 000 F CFP par jour de retard. L'astreinte cesse de courir le jour où les mesures prescrites sont complètement exécutées. Elle est alors liquidée par le tribunal à la demande de l'intéressé et recouvrée par le comptable du Trésor comme une amende pénale. Elle ne donne pas lieu à contrainte judiciaire.

II. Les personnes morales peuvent être déclarées responsables pénalement des infractions prévues au paragraphe I, commises pour leur compte par leurs organes ou représentants, sans préjudice de la responsabilité pénale des personnes physiques auteurs ou complices des mêmes faits.

130

Les peines encourues sont, conformément aux articles 131-38 et 131-39 du code pénal :

1° Une amende représentant le quintuple de celle applicable aux personnes physiques

2° Les peines complémentaires suivantes :

- l'interdiction à titre définitif ou pour une durée de cinq ans au plus, d'exercer directement ou indirectement l'activité dans l'exercice ou à l'occasion de l'exercice de laquelle l'infraction a été commise ;
- le placement, pour une durée de cinq ans au plus, sous surveillance judiciaire ;
- la fermeture définitive ou pour une durée de cinq ans au plus des établissements ou de l'un ou de plusieurs des établissements de l'entreprise ayant servi à commettre les faits incriminés ;
- l'exclusion des marchés publics à titre définitif ou pour une durée de cinq ans au plus ;
- l'interdiction à titre définitif ou pour une durée de cinq ans au plus, de faire appel public à l'épargne ;
- la confiscation de la chose qui a servi ou qui était destinée à commettre l'infraction ou de la chose qui en est le produit ;
- l'affichage de la décision prononcée ou la diffusion de celle-ci soit par la presse écrite soit par tout moyen de communication au public par voie électronique."

Art. LP. 12.— Jusqu'à l'entrée en vigueur de la loi d'homologation, seules les peines d'amende et les peines complémentaires sont applicables.

Art. LP. 13.— Les dispositions des articles D. 100-2, D. 111-8, D. 111-4, D. 111-10, D. 111-6, D. 111-7, D. 121-2, D. 121-3,

D.121-4, D. 121-5, D. 121-6, D. 121-7, D. 123-1, D. 123-2 et D. 123-3 prennent valeur de loi du pays ; lesdits articles sont en conséquence numérotés en LP. 100-2, LP. 111-8, LP. 111-4, LP. 111-10, LP. 111-6, LP. 111-7, LP. 121-2, LP. 121-3, LP.

121-4, LP. 121-5, LP. 121-6, LP. 121-7, LP. 123-1, LP. 123-2 et LP. 123-3.

Délibéré en séance publique, à Papeete, le 17 décembre 2007.

Travaux préparatoires :

Avis n° 9-2006 HCPF du 5 mai 2006 et n° 35-2006 HCPF du 14 novembre 2006 du haut conseil de la Polynésie française ;

Avis n° 29-2006 CESC du 21 novembre 2006 du Conseil économique, social et culturel de la Polynésie française ;

Arrêté n° 1479 CM du 31 octobre 2007 soumettant un projet de loi du pays à l'assemblée de la Polynésie française ;

Examen par la commission de l'aménagement, de l'espace naturel, rural et urbain, de l'environnement, de l'urbanisme, de la qualité de la vie et de la gestion du domaine public le 27 novembre 2007 ;

ARRETE n°396 CM du 28 avril 2006 portant inscription des requins sur la liste des espèces protégées de la catégorie B et modifiant le code de l'environnement de la Polynésie française

Le Président de la Polynésie française,

Sur le rapport du ministre du développement durable, chargé de l'aménagement, de l'environnement, de la qualité de la vie et de la prévention des risques naturels,

Vu la loi organique n° 2004-192 du 27 février 2004 portant statut d'autonomie de la Polynésie française, ensemble la loi n° 2004-193 du 27 février 2004 complétant le statut d'autonomie de la Polynésie française ;

Vu l'arrêté n° 2 PR du 7 mars 2005 modifié portant nomination du vice-président et des autres ministres du gouvernement de la Polynésie française, et déterminant leurs fonctions ;

Vu le code de procédure pénale ;

Vu le code de l'environnement de la Polynésie française ;

Vu l'avis favorable de la commission des sites et des monuments naturels en sa séance du 2 février 2006 ;

Le conseil des ministres en ayant délibéré dans sa séance du 12 avril 2006,

Arrête :

Article 1er. — Il est ajouté à la sous-section 2 du chapitre 2, titre 2, du livre 1er du code de l'environnement de la Polynésie française un "C-Poissons", après l'article A. 121-10.

Art. 2. — Il est ajouté un article A. 121-10-1 ainsi rédigé : "Les requins sont classés en catégorie B, conformément aux articles D. 121-1 et D. 121-3 du code de l'environnement de Polynésie française.

On entend par :

1° "requins" : tous poissons appartenant au taxon des Elasmobranchii, à l'exclusion des raies.

2° "nageoires de requins" : toutes nageoires de requin, y compris les nageoires caudales."

Art. 3. — Il est ajouté un article A. 121-10-2 ainsi rédigé :

"Est garanti, pendant une période de dix (10) ans, le respect des prescriptions suivantes :

- la pêche de requins et la détention de tout ou partie de l'animal, quels que soient leurs objets, sont interdites. Toutefois ces interdictions ne concernent pas le requin Mako (*Isurus oxyrinchus*). Les captures accidentelles, interdites à la pêche et à la détention, sont immédiatement rejetées à la mer;

- dans les lagons, les passes et dans un rayon de 1 kilomètre centré sur l'axe de la passe, toute activité, à titre gratuit ou onéreux, basée sur l'observation des requins préalablement attirés par l'homme, par le biais notamment de nourriture communément appelé "shark feeding", est interdite ;

- le commerce, la mise en vente, la vente et l'achat de tout ou partie du requin y compris monté en article de bijouterie sont interdits. Toutefois, le commerce et la détention de requin Mako (*Isurusoxyrinchus*) restent autorisés."

132

Art. 4. — Il est ajouté un article A. 121-10-3 ainsi rédigé :

"Dispositions transitoires : Conformément à l'article D. 121-7, les interdictions de détention édictées en application de l'article A. 121-10-2 ne portent pas sur les spécimens détenus régulièrement lors de l'entrée en vigueur du présent arrêté. Les personnes physiques ou morales détenant, avant l'entrée en vigueur des dispositions d'interdiction prévues, tout spécimen de l'espèce protégée, sont tenues de le déclarer à la direction de l'environnement dans un délai d'un (1) an à compter de la date de publication au Journal Officiel de la Polynésie française du présent arrêté."

Art. 5. — Il est ajouté un article A. 121-10-4 ainsi rédigé :

“Les infractions aux dispositions précitées sont passibles des sanctions prévues par les dispositions du livre 1er, titre 3 du présent code.”

Art. 6.— Le vice-président, ministre du tourisme, de l'économie, des finances, du budget et de la communication, chargé de la cohérence de l'action gouvernementale, porte-parole du gouvernement, le ministre de la mer, chargé de la promotion et de la valorisation des pêches, le ministre du développement durable, chargé de l'aménagement, de l'environnement, de la qualité de la vie et de la prévention des risques naturels, et le ministre de l'éducation, de l'enseignement supérieur et de la recherche, chargé du plurilinguisme et de la promotion des langues polynésiennes, sont chargés de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au Journal Officiel de la Polynésie française.

Fait à Papeete, le 28 avril 2006.

Oscar Manutahi TEMARU.

Par le Président de la Polynésie française :

Le vice-président,
ministre du tourisme, de l'économie,
des finances, du budget
et de la communication,
Jacqui DROLLET.

Le ministre de la mer,
Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU.

Le ministre du développement durable,
Georges HANDERSON.

Le ministre de l'éducation,
de l'enseignement supérieur
et de la recherche,
Jean-Marius RAAPOTO

ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

« Photo-identification et évaluation de la fidélité du requin tigre
(*Galeocerdo cuvier*) à un site de nourrissage artificiel
à Tahiti (Polynésie française) »

par Bègue Michel

Mémoire soutenu le 01 décembre 2017

Résumé: Le nourrissage artificiel des requins permet la création de revenus considérable au sein du secteur écotouristique mais pose le problème de l'effet potentiellement négatif sur l'écologie des animaux. La présence d'une activité commerciale de nourrissage artificiel sur le site de la vallée blanche à Tahiti (Polynésie française) nous a permis de collecter des données préliminaires sur l'impact potentiel de cette activité sur une espèce hautement emblématique et peu étudiée dans ce contexte particulier : le requin tigre. Nous avons confirmé que la photo-identification chez cette espèce était fiable, l'observation des nageoires dorsales étant un élément clef de la démarche. Cette photo-identification nous a permis de différencier 52 requins tigres et d'observer leur niveau de fidélité au site au cours de 60 mois. Environ 10% des animaux capitalisent quasiment 50% des occurrences et 20% d'entre eux, 75% des occurrences. Il semble donc que l'effet du nourrissage soit relativement sélectif chez cette espèce, et il concerne essentiellement des animaux mâtures sexuellement, en extrême grande majorité des femelles (94%). L'effet du *feeding* n'est par ailleurs pas négligeable car le suivi d'animaux marqués acoustiquement montre que les tigres ne sont présents sur le site, à l'échelle d'une journée, qu'au moment du nourrissage. En revanche, nous avons pu montrer qu'à l'échelle annuelle, la fidélité au site demeurerait partielle, car les requins les plus fidèles, s'absentaient à minima deux mois dans l'année. Globalement, seule la saison hivernale (avec de l'eau froide) apparaît comme un facteur augmentant significativement la fidélité au site de *feeding*. La présence du courant joue aussi, mais on peut poser l'hypothèse que ce facteur ne joue qu'à une échelle spatiale et temporelle très courtes en favorisant la diffusion du stimulus olfactif auprès d'animaux étant déjà sur zone. Nous concluons par des propositions afin de poursuivre cette investigation des effets du *feeding* sur le site de la vallée blanche à Tahiti.

Mots-clefs: requins-tigre, résidence, *shark feeding*, photo identification, Tahiti.