

**PREMIERS ESSAIS DE MARQUAGES D'ESPADON (*XIPHIAS GLADIUS*)
A L'AIDE DE MARQUES INTELLIGENTES ARCHIVES DE TYPE «POP UP»**

Poisson F. (1), Bargain R.M.(2), Taquet M.(1)

(1) Ifremer¹ Réunion

Laboratoire Ressources Halieutiques

BP 60 97822 Le Port Cedex, France, Réunion Island

SFA(2)

RESUME

*Dans le but de suivre les déplacements de l'espadon (*Xiphias gladius*), des essais de marquages à l'aide de modèles de marques de types pop up ont été effectués au cours de campagnes sur deux palangriers commerciaux dans les eaux réunionnaises et à bord du navire de recherche de la Seychelles Fishing Authority. Au total six individus d'une taille comprise entre 25 et 60 kg ont été marqués. Une seule balise a transmis ses informations, malheureusement l'espadon n'a survécu que neuf heures après le marquage. Les différentes générations de matériel employé sont présentées, les méthodes de capture et de marquage sont décrites. Des améliorations sont proposées à la lumière des enseignements tirés de ces premiers tests.*

¹ Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (French Institute for Oceanography and Fisheries Sciences)

² Seychelles Fishing Authority

Sommaire

1. Introduction	247
2. Matériel et méthodes	247
2.1. Marque archive de type pop up	247
2.2. Instrumentation de l'engin de pêche et technique de capture	247
2.3. Critères de choix des individus	248
2.4. Application de la marque	248
3. Résultats	249
3.1. Comportement de l'espadon vis à vis de l'engin de pêche	249
3.1.1. Ciblage des espèces	249
3.1.2. Survie	249
3.1.3. Comportement des individus capturés	251
3.2. Bilan des opérations de marquage	251
4. Discussion	252
4.1. Techniques de captures	252
4.2. Techniques de marquages et performances de la marque	253
4.3. contraintes d'utilisation	253
4.4. Validité des données de positionnement géographiques	253
5. Conclusion	253
6. Remerciements	253
Bibliographie	254

INTRODUCTION

Il y a quelques années, les opérations de marquage se limitaient à placer une pièce de plastique numérotée sur un grand nombre d'animaux remis ensuite dans leur milieu, en espérant que ceux-ci soient capturés une nouvelle fois et surtout signalés à l'organisme en charge du programme mis en place. Ces études ont permis de recueillir pour bon nombre d'espèces, les premières informations sur la migration, la longévité, la croissance, la mortalité et la structure des stocks.

Les innovations technologiques ont permis la construction de capteurs et d'émetteurs miniaturisés de plus en plus performants, fiables, avec des capacités de mémoire augmentées et de ce fait, élargi le champs d'investigation des chercheurs. Elles offrent la possibilité non seulement de connaître la biologie et les comportements à des échelles temporelles et spatiales différentes, mais aussi d'utiliser l'animal comme plate-forme d'enregistrements de données d'environnement.

Les marques intelligentes ouvrent la voie à une connaissance nouvelle du milieu et de l'abondance du poisson déconnecté des artefacts liés à la re-capture par la pêche. Ce document dresse le bilan des premiers marquages d'espadon effectués à La Réunion à bord des palangriers commerciaux et aux Seychelles à bord du navire de recherche de la Seychelles Fishing Authority (SFA) « l'Amitié » dans le cadre du PPR³ et d'un programme de collaboration⁴ entre ces deux organismes.

L'objectif était, après la mise au point d'une méthode de marquage adaptée à cette espèce, d'étudier le comportement de quelques individus vis à vis de leur environnement. Jusqu'à présent, les déplacements de l'espadon étaient connus à travers les résultats obtenus par Carey (1981) et Carey et Robinson (1990) sur la base de marquages, utilisant des balises ultrasoniques, effectués sur le plateau californien. Les récents résultats obtenus par une équipe japonaise (Takahashi et al, in press) apportent un nouvel éclairage sur les déplacements d'un individu à l'échelle journalière sur une période d'environ un an.

Les résultats d'études menées sur le comportement des pélagiques vis à vis de la palangre dérivante de surface ont été pris en compte pour monter ces premières opérations de marquage à petite échelle.

Le bilan de ces premiers tests est présenté et des propositions d'adaptation de la technique de capture sont apportées afin d'augmenter les chances de réussite sur les prochaines expérimentations. Les données bibliographiques seront prises en compte pour argumenter certains points de la discussion.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Marque archive de type pop up

Dans le cadre de cette étude, 2 modèles de marques pop up de différentes générations provenant toutes de la société Microwave Telemetry, Inc. (Columbia, Maryland) ont été utilisés. Paul Howey, Directeur de cette société, nous a fourni gracieusement deux marques pop up pour essais dès le début de nos expérimentations. Les marques pop up simples (PTT-100 pop up tag) enregistrent une donnée de température chaque heure et une position géographique après libération de la balise. Les marques « pop up archives » (PTT-100 Archival pop up tag) mesurent toutes les heures la température (entre 0 et 35 °C) et/ou la pression⁵ et calculent une position géographique journalière. Un capteur lumineux permet de déterminer les heures de lever et de coucher du soleil permettant l'évaluation des coordonnées géographiques à partir de la durée du jour et l'heure de midi locale. L'ensemble des caractéristiques techniques est disponible sur le site internet suivant : (<http://www.microwavetelemetry.com>). Il n'existe aucune différence de forme et de poids entre ces deux modèles.

La balise est activée dès le retrait d'un aimant extérieur qui joue le rôle d'interrupteur. La mesure de la différence de potentiel entre les deux électrodes situées à l'extrémité permet de vérifier des pulsations caractéristiques attestant du bon fonctionnement du système de relargage. La durée de vie de chacune des marques est programmée à l'avance avec le constructeur en accord avec les exigences de l'utilisateur. Deux variations sont à souligner dans l'évolution des produits testés, ainsi la durée de vie des balises était choisie en fonction d'un temps de fonctionnement alors qu'ensuite une date de libération de l'appareil était programmée. En surface les données seront captées par un satellite puis transmises au centre de traitements Argos. Par ailleurs, les marques de la première génération n'étaient testés qu'à une pression de 1000 psi contre 3000 psi pour le deuxième lot.

Instrumentation de l'engin de pêche et technique de capture

Au cours de ces campagnes de marquage, une portion de la palangre a été instrumentée avec des horloges à hameçons construits par la société Micrel (figure 1). Ces horloges sont constituées d'un bloc de résine époxy dans lequel sont inclus une montre et un contacteur magnétique. Sur la partie supérieure est fixé un bouchon amovible muni d'un aimant. En position de veille ces deux parties sont solidaires. L'aimant active le contacteur magnétique, jouant le rôle d'interrupteur. La mise en marche de l'horloge intervient, lorsque sous l'effet d'une tension (supérieure à 4 kg.), le bouchon est ôté. L'horloge mesure le temps séparant le moment où le poisson mord à l'hameçon et

l'instant où celui-ci est monté à bord. L'initialisation de l'horloge a lieu lorsque le bouchon est remis en place.

Une agrafe est montée sur la partie fixe de l'horloge, l'avançon est de la même façon agrafé dans la boucle située à l'autre extrémité coté bouchon. Ce montage permet d'accrocher le dispositif directement sur la ligne mère en amont de l'avançon et aux opérateurs de s'insérer dans l'opération de mise à l'eau des hameçons sans gêner le travail de l'équipage. Des capteurs pression /température sont également placés sur la ligne mère pour suivre les mouvements de l'engin de pêche ainsi que la température à la profondeur atteinte. Ces mêmes capteurs ont été utilisés pour définir des profils profondeurs/température sur les lieux de pêche.

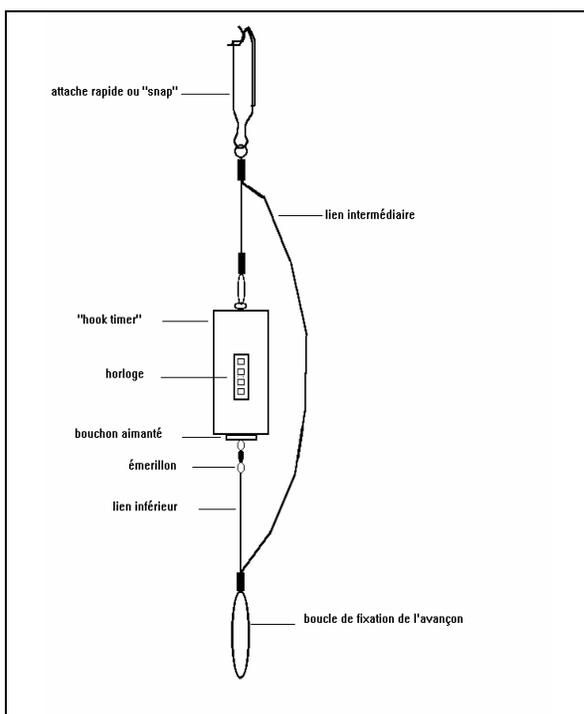


Figure 1 : Schéma de montage d'une horloge d'hameçon

Les attendus de ces expérimentations sont multiples, elles permettent de connaître le comportement des espèces vis à vis de l'engin de pêche. Ainsi les heures de pose peuvent-elles être « aménagées » pour augmenter les rendements.

Critères de choix des individus

Plusieurs critères ont été retenus au préalable pour choisir les animaux susceptibles d'être marqués. Cette action nécessite la capture d'animaux « actifs » d'un poids

minimum de 20 kg. En effet, de part sa taille et sa résistance la marque pourrait influencer significativement sur les déplacements des poissons d'une taille inférieure. Ne seront considérés comme potentiellement « aptes », que les individus n'ayant pas ingéré l'hameçon et ne présentant aucun saignement principalement au niveau des branchies. De plus l'animal doit être maintenu en permanence immergé durant toute la manipulation.

Application de la marque

La marque est appliquée en implantant à l'aide d'un harpon (figure 2) qui permet d'ancrer la fléchette de nylon (floy tag®) solidaire de la balise, dans la chair de l'animal. Cette méthodologie s'inspirent des travaux effectués sur le thon rouge (*Thunnus thynnus*) (Chaprales *et al*, 1998). Durant cette opération l'animal est maintenu dans l'eau le long du bateau.

balise pop up	Fléchette reliée par un fil de nylon à la balise pop up
<p>Figure 2 : balise pop up et dispositif de fixation</p>	

Dans le Tableau I figurent les informations relatives aux individus marqués : les dates, heures et positions de marquage, le poids estimé des individus, la durée de vie programmée de la marque ou la date de libération et le temps écoulé depuis la capture de l'animal sur la Igne. Il est à noter que tous les animaux ont été capturés sur des fonds minimums de 2300 mètres.

Tableau 1 : Caractéristiques des marques déployées lors des campagnes expérimentales, heures et positions géographiques du marquage ainsi que la date prévue de la libération des balises.

N° marque	Type	Date et Heure de marquage	Position géographique	Poids du poisson (Kg)	Durée de vie ou date de libération	Temps de survie de l'animal sur l'hameçon
7808		17/12/99 à 6h48	21° 53' S 55° 05' E	25	5 jours	Pas capturé sur partie instrumentée
7809		16/04/00 à 9h30	20° 51' S 53° 58' E	60	30 jours	9 h10
7808	3423	15/10/00 à 8h23	4° 07' 065 S 58 19'829 E	30	23/11/00	5h46
7809	3424	16/10/00 à 7h21	4° 01' 021 S 58 18'150 E	25	23/11/00	3h28
21369	3702	25/10/00 à 7h20	4° 06' 015 S 58°21' 619 E	30	25/11/00	5h52
18710	3700	26/10/00 à 9h33	4° 09' 017 S 58 17' 012 E	25	15/01/01	Pas capturé sur partie instrumentée

RÉSULTATS

Comportement de l'espadon vis à vis de l'engin de pêche

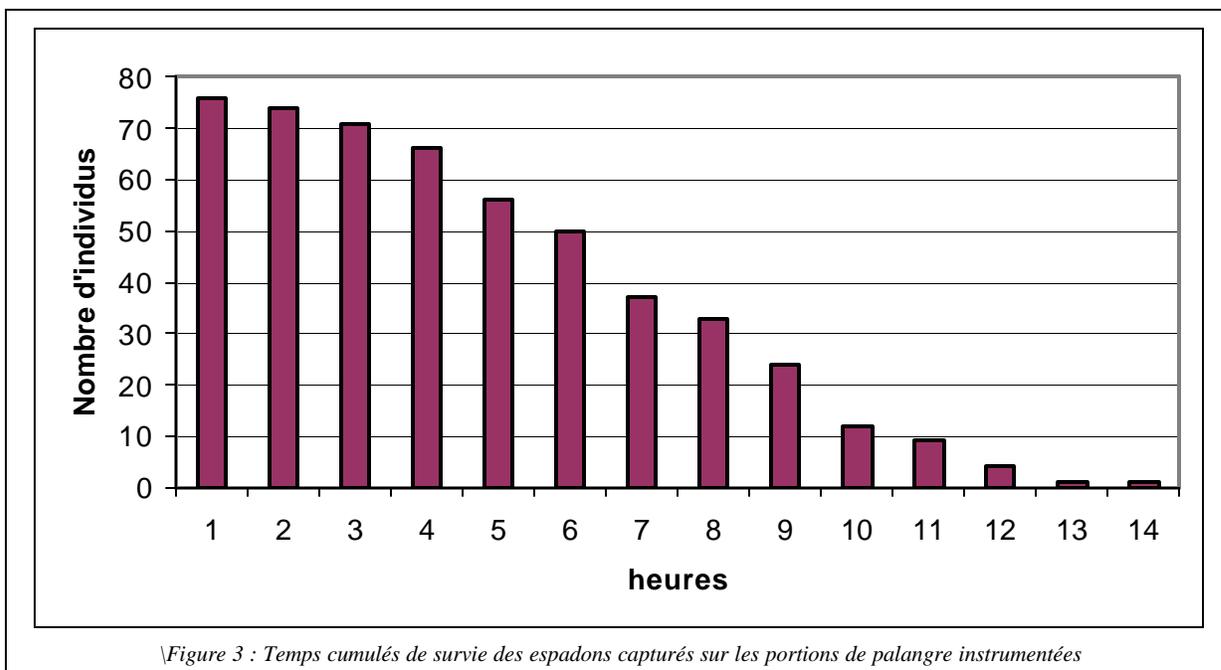
Ciblage des espèces

Les expérimentations menées au cours du programme PPR ont révélé d'une part que plus de 50% des espadons mordent dans les trois heures qui suivent la mise à l'eau de l'hameçon. D'autre part que les heures de « mordage » sont liées au cycle lunaire. Compte tenu de ces résultats et dans l'optique d'optimiser l'engin de pêche, il faut opter pour des filages expérimentaux limités en nombre d'hameçons et définir les heures de mouillage et de filage en fonction des

paramètres environnementaux identifiés (Poisson et Taquet, *in press*).

Survie

Les observations effectuées au cours des campagnes expérimentales menées à bord des palangriers commerciaux réunionnais ont montré que sur les 319 espadons pêchés sur les portions de palangre instrumentées, 53 étaient vivants, soit 16.6 % des prises. Par contre au cours des 9 filages effectués à bord de l'« Amitié » 29 individus sur 106 étaient vivants soit 27.3 %. Les temps de survie ont pu être estimés à partir des données des horloges d'hameçons validées. Les figures 3 et 4 présentent le temps de survie cumulé des individus remontés vivants à bord.



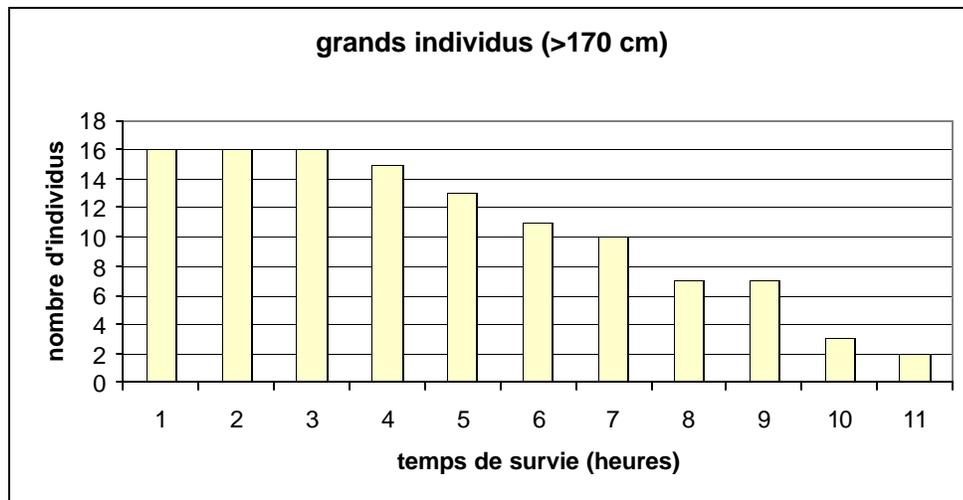
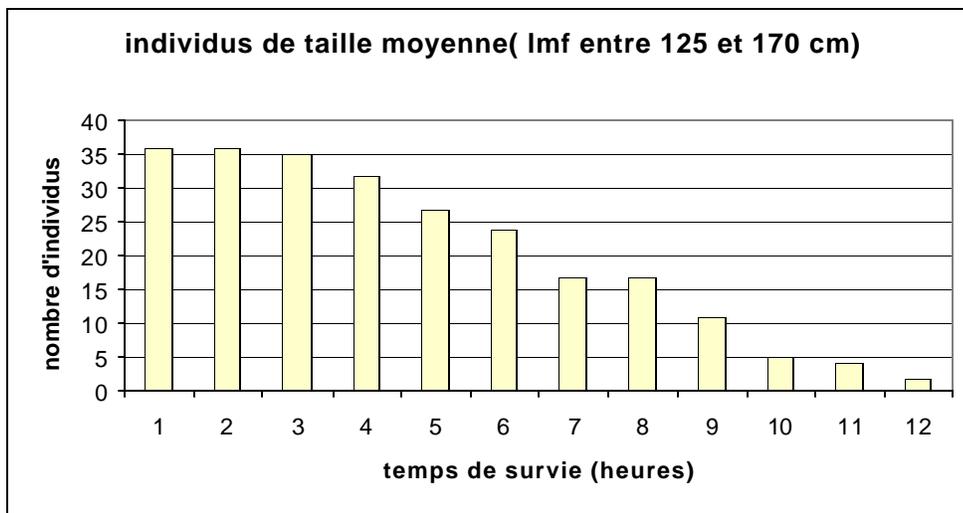
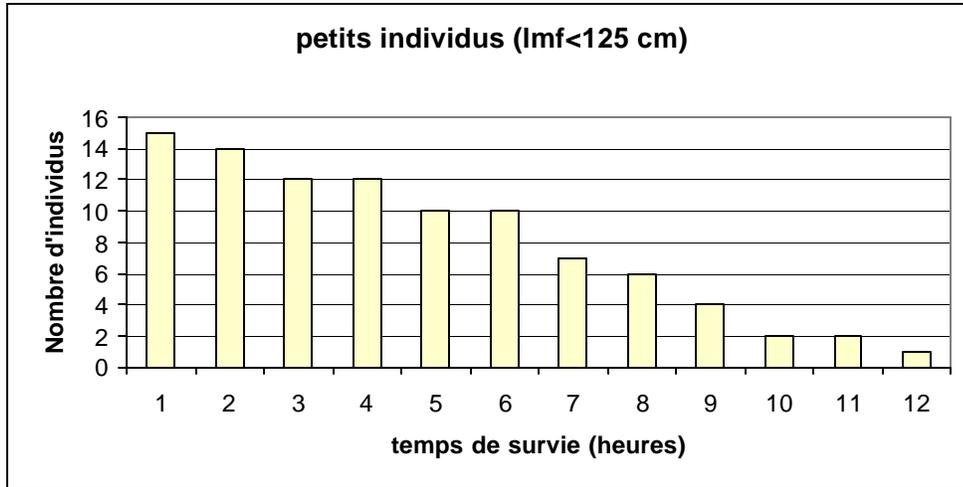
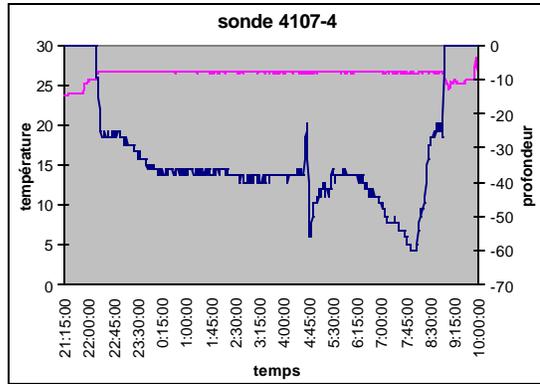


Figure 4 : Décomposition par taille (petit , moyen, gros) des temps cumulés de survie des padons capturés sur les portions de palangre instrumentées.

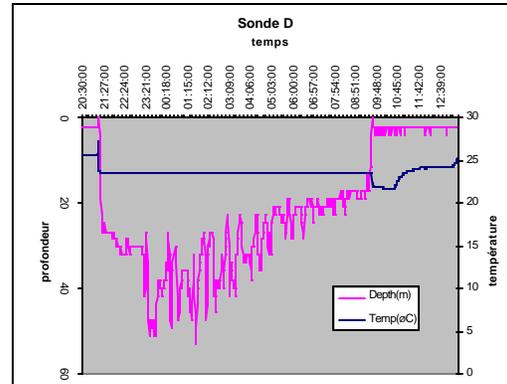
Comportement des individus capturés

Lorsqu'un espadon est capturé au voisinage d'une sonde, il est possible de suivre les mouvements de l'individu d'après

les données enregistrées par la sonde. La figure suivante représente les mouvements de la ligne à la suite du mor dage de poissons de différentes espèces (figure 5).



Mordage à 4h35 espadon d'une taille de 117 cm (lmf)



Requin peau bleue remonté vivant à bord après 9 heures

Figure 5 : Comportements de différents espadons après leur capture sur la ligne

Bilan des opérations de marquage

Le

Tableau II présente pour chacune des marques posées, les résultats obtenus. Ainsi pour deux d'entre elles aucun signal n'a été enregistré. Par contre, trois balises ont été

détectées mais n'ont pu être localisées et aucune donnée n'a pu être transmise. Seule la dernière marque a fonctionné parfaitement.

Tableau II : bilan des messages reçus

N°	Date de marquage	Position	Poids du poisson (Kg)	Pression d'épreuve	Résultats
7808	17/12/99 à 6h48	21° 53' S 55° 05' E	25	1000 psi	Aucune transmission
7809	16/04/00 à 9h30	20°51 S 53° 58 E	60	1000 psi	Déecté le 16/04/00 lors de phase d'initialisation l'initialisation avant le marquage
7808	15/10/2000 à 8h23	4° 07' 065 S 58 19'829 E	30	3000 psi	1 seul message non significatif reçu le 13/10/00 lors de la phase d'initialisation
7809	16/10/2000 à 7h21	4° 01' 021 S 58 18'150 E	25	3000 psi	Aucune transmission
21369	25/10/2000 à 7h 20	4° 06' 015 S 58°21' 619 E	30	3000 psi	1 seul message non significatif reçu le 4/10/00 lors de la phase d'initialisation
18710	26/10/2000 à 9h33	4° 09' 017 S 58 17' 012 E	25	3000 psi	Localisée lors de la phase d'initialisation par 4.037S et 58.016E, Réception dès le 15/01/01 de la totalité des enregistrements.

Les figures suivantes (6 et 7) permettent de suivre les températures enregistrées heure par heure par la marque 18710, dans la colonne d'eau, depuis sa fixation sur l'espadon jusqu'à la transmission des données. L'application de la marque s'est faite à 9h30 en heure locale soit entre la 5^{ème} et 6^{ème} heure. La température

enregistrée la sixième heure indique que l'animal a sondé jusqu'à une profondeur au moins égale à 50 mètres à la suite du marquage conformément au profil de température (figure 8). L'espadon a ensuite oscillé entre 50 et 80 mètres avant de regagner la surface 8 heures après le marquage. La chute continue de la température après cette période traduit la mort de l'animal.

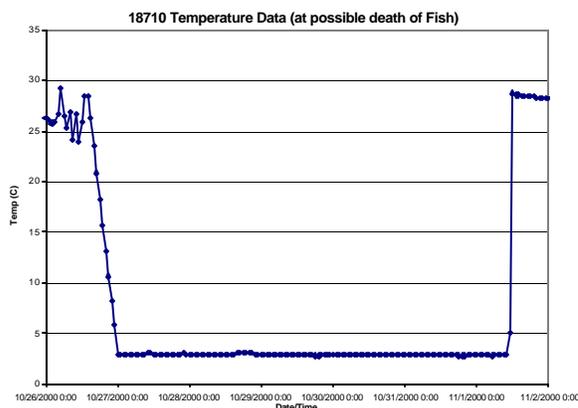


Figure 6 : Evolution des températures enregistrée par la marque pendant les premières heures qui ont suivi le marquage

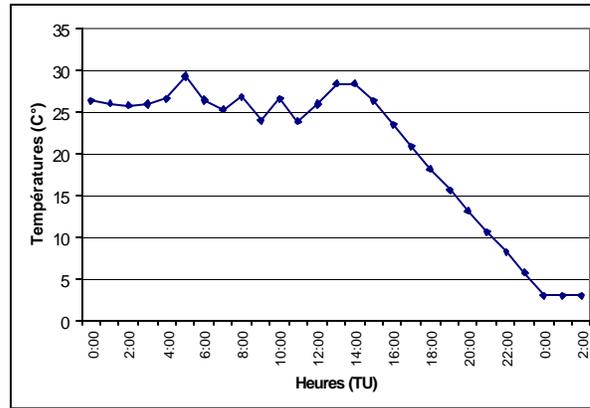


Figure 7 : Détail de l'évolution des températures enregistrées par la marque pendant les premières heures qui ont suivi le marquage.

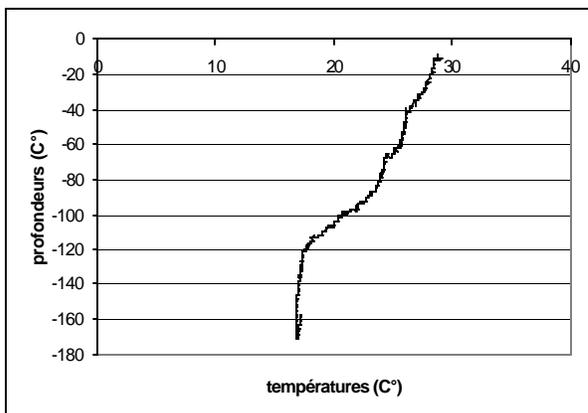


Figure 8 : Profil de température sur le lieu de marquage (marque 18710)

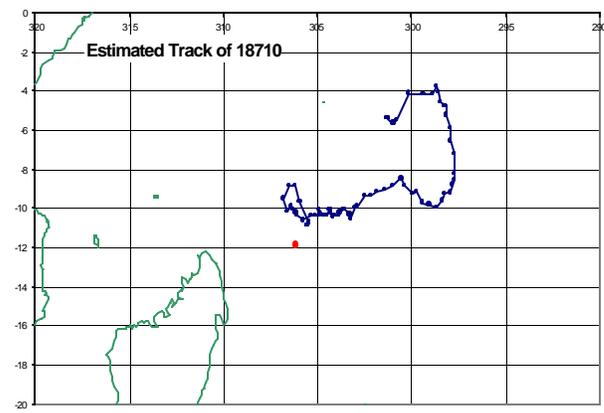


Figure 9 : Dérive estimée de la marque pop up 18710 du 26/10/00 au 15/01/01 (75 jours)

Après 10 heures, le corps de l'animal se stabilise pendant 5 jours environ, vraisemblablement sur le fond, soit d'après les cartes marines à une profondeur de 2700 m. La température minimale enregistrée est de 2.78 °C. La balise remonte ensuite en moins de 2 heures à la surface pour dériver jusqu'à la date de largage et de transmission des informations au satellite. Rien ne permet de dire si celle-ci est restée fixée au corps de l'animal pendant cette phase.

La figure 9 retrace le parcours de la marque 18710, celle-ci étant en surface il s'agit en fait du trajet de sa dérive pendant 75 jours.

DISCUSSION

Techniques de captures

Tous les animaux choisis avaient un comportement d'évitement du navire très marqué qui laissait supposer l'animal en pleine vitalité. Il est donc difficile de juger des chances de survie de l'animal. Dans le cas d'utilisation

d'horloges d'hameçons, le temps de survie pourrait intervenir dans la décision de marquer l'individu. Il paraît nécessaire de considérer cette information comme déterminante.

Ces résultats amènent des réflexions sur le type d'engin à utiliser pour favoriser la survie des individus marqués. Le choix de la palangre a déjà été retenu par Carey (1981) pour l'espadon mais aussi dans le cadre des campagnes de marquage de thons obèses du programme de l'université d'Hawaï (Pelagic Fisheries Research Program). Nos résultats montrent que le taux de survie des individus peut être augmenté lors de pêches expérimentales, en adaptant une stratégie de pêche à l'espèce ciblée. Au cours de nos campagnes à bord de l'Amitié il était difficile de gérer entièrement les temps de pêche, les virages de la ligne de nuit n'étant pas envisageables. En effet, le navire ne disposait pas d'un nombre de balises goniométriques suffisant pour assurer la récupération rapide de la ligne en cas de rupture de celle-ci. Le contrôle total de la mise à l'eau et récupération d'une palangre instrumentée (environ

300 hameçons) autoriserait des temps de pêche plus courts et devrait implicitement augmenter les taux de survie ainsi que les chances de capture d'individus ayant mordus moins d'une heure avant la remontée de l'engin de pêche.

Les seuls résultats de marque archive publiés à l'heure actuelle ont été obtenus à partir d'un espadon marqué au harpon sur la côte est du Japon (Takahashi *et al.*, in press). Cette technique avait été utilisée toujours dans le Pacifique dans les expériences ultérieures menées par Carey et Robinson (1990). Un individu sur sept n'avait d'ailleurs pas survécu à cette manipulation. Cette pêche n'est praticable qu'en raison d'un comportement particulier, le phénomène de «basking» Carey (1981) adopté par l'espadon, celui-ci demeurant immobile en surface. Cette attitude favoriserait le réchauffement du corps de l'animal à la suite de plongées à grandes profondeurs. Ce comportement observé également chez le thon rouge n'a jamais été relaté par les pêcheurs locaux.

D'autres techniques de pêche doivent être expérimentées, tel que la pêche à la dérive autour de DCP. Une alternative serait d'utiliser des « hameçons injecteurs » mis au point et testés dans le cadre d'une des actions du PPR. Ce type d'appareil permet la diffusion d'un anesthésiant au travers les branchies de l'individu ferré. Cette technique présente l'avantage de limiter le stress de l'animal lors de la capture, l'effet étant quasi immédiat mais aussi de faciliter la remontée du poisson en surface et l'application de la marque. Des expérimentations doivent être poursuivies pour favoriser un «réveil» de l'animal dans de bonnes conditions.

Techniques de marquages et performances de la marque

Dans le cas des marques de première génération, l'échec pourrait être dû, outre une mort précoce de l'individu toujours probable, à une mauvaise résistance à la pression (les travaux de Takahashi *et al.* indiquent que l'espadon suivi a atteint environ 900 mètres), ou à une déficience des batteries internes. Les marques, pendant 6 mois, n'ayant pas été stockées dans un réfrigérateur. Cette possibilité a été retenue par le constructeur.

La réception de données de qualité dans le cas du dernier essai tend à prouver que la balise a réellement bien résisté à de très forte pression (2700 m) et apparemment sans subir de déformation importante. En effet pour que l'émission puisse s'effectuer dans de bonnes conditions, l'antenne doit sortir hors de l'eau dans une position correcte autorisant une transmission parfaite des données aux satellites.

Contraintes d'utilisation

Ces appareils performants ont quelques caractéristiques d'utilisation contraignantes. Les appareils ne sont directement utilisables et nécessitent une préparation préalable difficile à remplir. Ainsi l'initialisation doit se faire comme le préconise la notice d'utilisation loin d'une masse métallique. Ces conditions sont difficiles à remplir lors de manipulation à bord de navires professionnels. Il est par ailleurs impossible *in situ* de savoir si la balise a bien été localisée par le satellite à l'issue de la phase

d'initialisation. Le nouveau type de programmation de la durée de vie de la marque oblige une expédition au constructeur dès que la date est proche ou dépassée. L'option choisie dans le cas de la génération précédente semblait préférable.

Validité des données de positionnement géographiques

Le positionnement à partir des heures de lever et coucher du soleil pose des problèmes pour l'étude du patudo et de l'espadon (Takahashi *al.*, in press) car ces deux espèces restent à des profondeurs importantes donc dans l'obscurité pendant la journée. Devant l'impossibilité d'utiliser les données de luminosité, Takahashi *et al.* ont comparé les températures mesurées *in situ* avec les données océanographiques pour estimer le trajet suivi par l'espadon.

CONCLUSION

Les récents résultats remarquables de Takahashi *et al.* ont prouvé que l'espadon pouvait atteindre de grandes profondeurs et confirmé le comportement mis en évidence par les travaux de Carey. Comportement qui rend difficile l'estimation de la position géographique calculée d'après les données de luminosité enregistrées par le capteur de la balise. En cela, on constate clairement les limites de cet outil dans l'état actuel de son développement. Néanmoins, les marques sont des instruments susceptibles de pouvoir répondre à bon nombre d'interrogations des biologistes. Leur durée de vie doit permettre de suivre sur un cycle annuel le déplacement de certains individus et ainsi en connaître d'avantage sur les schémas migratoires. Il ressort de ces premiers tests non concluants des informations primordiales qui devraient être prises en compte dans la préparation d'une campagne de marquage de plus grande envergure. Ainsi il n'est pas raisonnable d'envisager de telles opérations à bord de navires professionnels à moins de pouvoir maîtriser tous les facteurs opérationnels. Ainsi en aménageant les techniques et en utilisant les données obtenues à partir des horloges à hameçons, la pêche à la palangre peut être retenue comme technique de capture pour le marquage. Des essais de marquage mettant en œuvre des « hameçons anesthésiant » doivent être tentés. Il faut par ailleurs garder à l'esprit que compte tenu des rendements et du nombre réduit d'animaux potentiellement « aptes » au marquage ces opérations nécessitent des embarquements longs et réguliers.

Il s'avère que le type de marque est compatible avec cette espèce, elle est susceptible de résister à des pressions de l'ordre de 900 mètres. Le problème majeur réside dans la capture d'un individu capable de survivre à la capture.

REMERCIEMENTS

A Paul Howey directeur de Microwave Telemetry et son équipe pour leur soutien, leur disponibilité et leur aide. Molly Lutcavage pour ses conseils avisés. Aux équipages du vetyver 5 et du Néréides palangriers de la flottille

réunionnais pour leur participation active à ce programme ainsi qu'aux marins du navire l'Amitié. Nous adressons également nos remerciements à nos collègues de la SFA et

à Messieurs Leravallec et Mazzocchin du service de la coopération de l'ambassade de France aux Seychelles qui ont permis la mise en place de cette collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

- CAREY, F.G.R., B.H. . 1981. Daily Patterns in the Activities of Swordfish, *Xiphias gladius* , Observed by Acoustic Telemetry. *FISH. BULL. (SEATTLE)*. vol. **79** : pp. 277-292 .
- CHAPRALES W., LUTCAVAGE M. BRILL R., CHASE B., SKOMAL G. Harpoon method for attaching ultrasonic and « popup » satellite tags to giant bluefin tuna and large pelagic fishes. *MTS Journal* Vol.32, N°1.
- POISSON P., TAQUET M. (Eds) *in press*. The french longline fishery from Reunion Island : results of the PPR program (1998-2001). Final convention report Ifremer/EU/Reunion Regional and General Council, Le Port, Reunion Island.
- TAKAHASHI M., OKAZAKI M., OKAMURA H. ET YOKAMA K. , (in press). Preliminary analysis of swimming behavior of a swordfish using an archival tag.