

PROGRAMME DE RECHERCHE "THE ATLANTIC-WIDE RESEARCH PROGRAMME FOR BLUEFIN TUNA" (GBYP Phase 10)

(ICCAT GBYP 03/2021)

Rapport final sur les opérations d'enregistrement automatisé d'images (livrable 4)

Juillet 2021







Prospection aérienne des reproducteurs de thons rouges (*Thunnus thynnus*) en Mer des Baléares

Système numérique automatique : prospection pilote



Banc de thons rouges (Thunnus thynnus) en mer des Baléares - Juin 2021

QUEVREUX Hélène, VIGNON Estella Juillet 2021





TABLE DES MATIERES

1	Ir	ntrod	uction	2						
	1.1	Co	ntexte	2						
	1.2	Ob	ojectifs	2						
2	M	latéri	iel et Méthode	3						
	2.1	Eq	uipement	3						
	2.2	Pro	otocole	5						
3	R	Résultats								
	3.1	Ré	colte des images	6						
	3.2		st-Traitement							
	3	.2.1	Thons rouges	12						
	3	.2.2	Autres observations	19						
4	D	Discussion								
5	C	onclu	onclusion							
C	ontri	ibutio	on	. 23						
R	efere	ences		. 23						
6	А	nnex	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	25						





INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Depuis 2009, la commission internationale de conservation des thonidés de l'Atlantique nord (ICCAT), met en œuvre un programme de recherche sur le thon rouge : Grand Bluefin Tuna Year Programme (GBYP). Ce programme a pour objectif d'améliorer la collecte de données sur les bancs de thons rouges (BFT), la compréhension des processus biologiques et écologiques clés, les modèles d'évaluation et de gestion des stocks.

Un point important de ce programme est d'effectuer des relevés aériens des populations reproductrices de thons rouges en réalisant des survols de la mer Méditerranée sur des zones spécifiques en début d'été. Ces relevés permettent d'évaluer l'abondance relative du stock reproducteur.

En 2019, une ré-analyse globale de la série temporelle a permis d'améliorer la base de données et de générer une série temporelle d'indices corrigée. Néanmoins, au vu de ces résultats, l'ensemble du programme d'évaluation du stock reproducteur a été revu (Vølstad, 2020; Buckland, 2020) et des recommandations ont été proposées pour l'amélioration de ce programme. Ainsi, l'une de ces recommandations est d'utiliser des systèmes numériques d'observation et de comptage des animaux en substitution de l'observation visuelle humaine.

Pour cette saison 2021, une prospection pilote a donc été mise en place dans une zone, la mer des Baléares.

1.2 OBJECTIFS

L'objectif principal de cette mission est l'acquisition de données numériques lors des survols. Cette prospection pilote dans la zone de la mer des Baléares, effectuée en parallèle des observations visuelles, a pour but final d'améliorer l'estimation de l'abondance relative de thons reproducteurs dans les zones de fraie en Méditerranée.

Cet essai vise également à évaluer la faisabilité de l'utilisation de systèmes numériques pour le suivi des concentrations de reproducteurs de thons rouges sur l'ensemble de la zone mais aussi la précision par rapport à l'observation visuelle humaine.





2 MATERIEL ET METHODE

2.1 EQUIPEMENT

Action Air Environnement est une société spécialisée dans la télédétection aérienne environnementale, l'évaluation des ressources naturelles et de la biodiversité marine. Elle a été mandatée par l'ICCAT pour la prospection aérienne dans la zone de la mer des Baléares.

Pour cette mission, un avion type push-pull Cessna 337 immatriculé F-HCOM a été utilisé. Il est équipé de hublots bulle permettant une observation à 90° sous l'avion.



Figure 1: Avion F-HCOM

L'équipe de terrain est composée de quatre membres : un pilote, un observateur professionnel et deux observateurs scientifiques.

Pour la navigation, les observateurs scientifiques sont équipés d'un ordinateur de vol branchés à un GPS pour la récolte de données ainsi que de clinomètres pour la mesure des angles d'inclinaison des observations et d'un appareil photo pour la prise de photos à travers le hublot bulle.

Cette année, afin de répondre à l'objectif d'acquisition numérique automatique, des équipements supplémentaires ont été nécessaires. Le protocole pilote de détection nécessite un appareil photo supplémentaire, le FUJIFILM GFX100S (101,8 millions de pixels) équipé d'un objectif FUJINON GF23MM F4 R LM WR Lentille. Cet appareil photo est fixé sous le siège de l'observateur professionnel (place du copilote) afin de prendre en photo à la verticale sous l'avion. A une hauteur de vol de 300m, cet équipement permet de couvrir une bande de 574m.









Figure 2: Dispositif automatique numérique

Pour le déclanchement automatique de l'appareil photo, celui-ci est à la fois connecté à un ordinateur et à dispositif GPS, eux même connecté entre eux.

Sur l'ordinateur, le logiciel MISSION PLANNER fonctionne grâce au système GPS et est configuré pour que l'appareil photo se déclenche tous les 387,7m soit toutes les 7,54 secondes. A une vitesse moyenne de l'avion de 100 nœuds et à 300m d'altitude, ce rythme permet de prendre la bande de 574m en continu avec 10% de recouvrement sur chaque photo.



Figure 3: Interface du logiciel MISSION PLANNER

ACTION AIR environment and resources survey

Système numérique automatique Prospection pilote – Mer des Baléares - 2021



2.2 PROTOCOLE

Avant chaque début de vol, l'équipage prépare le matériel et vérifie que les branchements soient correctement établis, notamment l'appareil photo connecté au GPS afin de géoréférencé chaque photo. L'ordinateur ainsi que l'appareil photo sont allumés en début de vol mais le dispositif est déclenché avant le début du transect. Les photos sont alors prises en continu sur l'intégralité du vol.

Durant le vol, lors d'une observation de BFT sur le transect, une première estimation visuelle de l'un des observateurs scientifiques et de l'observateur professionnel est faite en tournant autour du banc en quittant le transect. Toujours hors du transect, lorsque le Cruise leader l'estime nécessaire, l'avion passe ensuite au-dessus du banc les ailes à plat, toujours à une altitude de 300m, pour faire des images avec le dispositif placé sous l'avion.

Sans nuire à l'objectif principal sur l'espèce *Thunnus thynnus*, les observateurs scientifiques récoltent aussi les observations d'autres animaux (mammifères marins, tortues, requins et autres poissons). Il est alors possible d'avoir en photos les autres animaux présents dans la bande des 574m sous l'avion.

Après chaque vol les images sont classées dans un nouveau dossier par date, numéro de vol puis stockées sur un NAS et un second disque dur afin d'avoir une copie de secours si besoin.

A la fin de la mission de terrain, grâce au donnés GPS, les photos prises au cours des vols sont géoréférencées. A l'aide du logiciel QGIS, les photos sont catégorisées en fonction du lieu où elles ont été obtenues, c'est-à-dire sur le transect « en effort » ou hors du transect « off effort ».

Pour le post-traitement il a alors été décidé d'utiliser le logiciel CapturOne 21 Pro avec pour but de régler l'exposition de la photo et ainsi obtenir un set d'image avec la même radiométrie.

Pour une analyse optimale, un post-traitement des images a été proposé à l'aide d'un algorithme intelligent, TRACKFISH, en partenariat avec la société Créocéan possédant cet algorithme. Cette solution technique devait alors permettre de détecter les thons rouges sur les photos grâce au « machine learning ». Grâce aux photos prises lors de la mission, l'algorithme, via une étape d'apprentissage, avait pour but de détecter les animaux et autres objets flottants et définir s'il s'agissait de thons rouges ou non. En vue des détections et des nombreuses situations d'observations des BFT, il n'a pas été possible d'extraire suffisamment d'échantillon pour chaque situation d'observation. En effet, afin d'observation l'algorithme possède un set de plusieurs images.





Le comptage numérique de chaque photo où des animaux sont observés est fait à l'aide du logiciel GSA Image Analyser (v4.3.3) pour plus de rapidité et d'efficacité.

RESULTATS

RECOLTE DES IMAGES

Sur l'ensemble de la mission qui a eu lieu entre le 2 Juin et le 8 Juillet 2021, 22 vols ont pu être réalisés en 21 jours de travail, pour une durée totale de prospection de 51h 31min incluant le temps en effort sur le transect mais aussi en incluant la boucle off transect pour la caractérisation des thons. La durée entre les transects et en allant sur la zone d'étude et de retour à l'aéroport était de 32h 13 min Les autres jours les vols n'ont pu être effectués pour cause de mauvais temps (10 jours) ou pour cause de problèmes techniques de l'avion (1 jours) ou du système d'acquisition numérique automatique (2 jours). En effet, les vols 2 et 3 n'ont pas de photos car il y a eu des problèmes de déclanchement de l'appareil photo en vol. Il a donc été décidé en concertation entre l'ICCAT et Action Air Environnement d'effectuer à nouveau ces deux vols afin d'avoir des images sur l'ensemble des lignes prospectées. Le <u>Tableau 1</u> résume l'ensemble des durées de vol, des transects réalisés et la qualité de l'acquisition numérique.





Tableau 1: Résumé du système numérique et qualité des photos pour chaque vol

			Durée en			Qualité des	
Date	Vol	Transects	effort	numérique	photos	photos post-	Commentaires
			enon	opérationnel	brutes	traitement	
04-juin-21	1	IN1: A1 A2 A3	02:31:50	Oui	Sombre	Correcte	Paramètres mal ajustés par rapport aux conditions météo (très nuageux)
06-juin-21	2	IN1: A5 A6 A7 A8	02:15:29	Non	//	//	Problème de déclenchement (très peu d'images)
07-juin-21	3	IN1 : A3 A4 A5	02:59:41	Non	//	//	Déclenchement résolu mais mise au point déréglée, images beaucoup trop floues pour être exploitées
08-juin-21	4	IN2 : B12 B13	01:21:39	Oui	Correcte	Correcte	Correct mais photo légèrement floues, besoin d'un amélioration
09-juin-21	5	IN2 : B11 B12 ; OUT1 : E35	02:57:51	Oui	Sombre et flou	Correcte	Problablement un problème de fixation qui provoque un "flou de bouger"
11-juin-21	6	IN2: B10; OUT1: E34 35	12 : B10 ; OUT1 : 01:47:20		Nouveau dispositif de fixation correct mais appareil photo mal positionné		
12-juin-21	7	OUT1 : E37 E38	01:53:06	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
13-juin-21	8	IN2 : B15 ; OUT1 : E36 E37	03:28:41	Oui	Flou	Correcte	"Flou de bouger", besoin d'ajuster le dispositif de fixation
16-juin-21	9	IN3: C17 C18 C19 C20	02:34:53	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
18-juin-21	10	IN3: C18 C19	01:53:22	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
18-juin-21	11	IN3: C16 C17	01:22:41	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
22-juin-21	12	IN3: C20 C21 C22	02:23:00	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
23-juin-21	13	IN2 : B13 B14 ; OUT1 : E36	01:36:38	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
25-juin-21	14	IN4 : D26 D27 ; OUT2 : F45 F46	03:17:42	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
26-juin-21	15	IN4 : D30 ; OUT2 : F45 F46	03:20:54	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
27-juin-21	16	IN4 : D26 D27 ; OUT2 : F43 F44	02:30:26	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
28-juin-21	17	IN4 : D28 D29 ; OUT2 : F45	01:48:29	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
30-juin-21	18	IN2 : B10 ; OUT1 : E33 E34	01:54:10	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
01-juil21	19	OUT1: E31 E32	01:40:06	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
02-juil21	20	IN2 : B9 ; OUT1 : E32 E33	02:09:00	Oui	Correcte	Correcte	Bon paramétrage de l'appareil photo
03-juil21	21	IN1: A3 A4 A5	03:14:20	Oui	Correcte	Correcte	Répétition du vol 3 car pas d'images lors de ce vol
05-juil21	22	IN1: A5 A6 A7 A8	02:30:10	Oui	Correcte	Correcte	Répétition du vol 2 car pas d'images lors de ce vol

Durant la mission près de 26 300 photos ont été collectées par le dispositif numérique testé. Grâce au géoréférencement, ces photos ont été classées lorsqu'elles ont été obtenues « en effort » ou « off effort » (<u>Tableau 2</u>). Une distinction a aussi été faite en fonction de la méthode d'acquisition. En effet deux méthodes ont été utilisées : la première nommée « camera avion », correspond au dispositif d'acquisition d'image testé et fixé à l'avion (Nadir). La deuxième méthode, classé « opérateur » dans le tableau, correspond à l'acquisition de photo par l'opérateur manuellement à travers les hublots bulle de l'avion.

Les deux méthodes d'acquisition des photos ont été utilisées dans deux cas différents :

- « En Effort » lorsque les photos étaient prises sur le transect
- « Out of Transect boucle » lorsque l'avion quittait le transect pour survoler le banc pour une meilleure estimation de celui-ci par l'opérateur. Bien que les observateurs étaient toujours en « En Effort », l'avion ayant quitté le transect pour survoler le banc, ces photos sont donc considérées « Off Effort ».

Entre les transects, le dispositif de la caméra fixé sur l'avion n'étant pas systématiquement arrêté, des photos ont été acquises durant ces périodes et ont été comptabilisé parmi les 26 300 photos.





<u>Tableau 2:</u> Détails des photos prises durant chaque vol

Date Vol		En l	Effort				
Situatio	n	Tra	nsect		Transect - ucle	Entre les transects	Total
Méthode d'acquisition des photos		Camera avion	Opérateur	Camera avion	Opérateur	Camera avion	Total
04-juin-21	1	1637	0	0	0	0	1637
06-juin-21	2		Systèm	e NON opé	rationnel		0
07-juin-21	3		Systèm	e NON opé	rationnel		0
08-juin-21	4	611	0	50	0	114	775
09-juin-21	5	1278	79	126	0	295	1778
11-juin-21	6	1159	35	0	0	0	1194
12-juin-21	7	730	0	38	10	198	976
13-juin-21	8	1427	0	146	39	229	1841
16-juin-21	9	1136	8	57	13	280	1494
18-juin-21	10	915	10	187	87	122	1321
18-juin-21	11	678	0	26	0	35	739
22-juin-21	12	993	0	0	0	218	1211
23-juin-21	13	722	0	0	0	47	769
25-juin-21	14	1437	0	152	67	193	1849
26-juin-21	15	1645	0	308	31	25	2009
27-juin-21	16	934	0	110	0	293	1337
28-juin-21	17	859	0	88	0	129	1076
30-juin-21	18	668	0	243	50	287	1248
01-juil21	19	828	0	70	0	31	929
02-juil21	20	976	0	11	0	129	1116
03-juil21	21	1463	0	92	0	148	1703
05-juil21	22	1134	0	0	0	125	1259
TOTAL		21230	18	1704	411	2898	26261





3.2 POST-TRAITEMENT

Toutes les photos ont subi un post traitement radiométrique (<u>Figure 4</u>), afin de permettre d'avoir une meilleure visualisation des animaux ou des objets et donc une meilleure identification et un dénombrement possible.



Figure 4: Exemples d'images d'observation de BFT lors de différents vols (14 et 15) avant (à gauche) et après (à droite) réglage radiométrique via CapturOne 21 Pro

Après le réglage radiométrique des 26 261 images, ces dernières ont été analysées par l'œil humain. Pour une obtenir une analyse précise et détecter les animaux (BFT ou autres animaux) 2 étapes ont été nécessaires. Une première pour sélectionner les images contenant un objet et la seconde pour identifier les espèces ou les objets. En moyenne, il faut 2 min/image pour réaliser la première étape, soit 875h 20min. Par cette phase 426 images avec objets ont été sélectionnées. L'étape 2 a nécessité 14h15min. Pour analyser l'intégralité des images : 889h 30min heures ont été nécessaires.

Bien que toutes les photos aient subi un même traitement, l'analyse des BFT a été focalisée sur les 21 230 images acquises « en effort » sur le transect et les 1704 photos « boucles » qui sont « off transect ».

Le but premier étant de pouvoir comparer l'observation humaine avec l'acquisition numérique sur le transect en utilisant les 21230 photo « en effort » (<u>Tableau 3</u>). Ensuite le but était aussi de comparer l'estimation numérique des photos acquises « en effort » et aussi « OffTransect » durant le « circle back » (<u>Tableau 4</u>).

Sur l'intégralité de la mission de terrain, 23 observations de BFT ainsi que 714 observations d'autres animaux marins ont été faites par les opérateurs embarqués durant le vol (<u>Tableau 3</u>).

<u>Tableau 3</u>: Nombre d'observations et de photos pour chaque vol en effort (Obs.=observation)

Date	Vol	Systàma		Nombre d'obs. de BFT en effort	Nombre de photos de BFT (Non trouvées durant le post- traitement)	Nombre d'obs. autres	Nombre de photos obs. autres	Comparaison de détection de BFT Système digital - [observateurs]
04-juin-21	1	Oui	1637	0	0	8	0	0- [0]
06-juin-21	2	Non	//	1	0	53	0	Non -[1]
07-juin-21	3	Non	//	0	0	25	0	Non -[0]
08-juin-21	4	Oui	611	0	0	24	0	0-[0]
09-juin-21	5	Oui	1278	2	(4)	52	0	0-[2]
11-juin-21	6	Oui	1159	6	0	22	0	0-[6]
12-juin-21	7	Oui	730	1	0	57	0	0-[1]
13-juin-21	8	Oui	1427	2	0	40	0	0-[2]
16-juin-21	9	Oui	1136	1	2	14	1	1-[1]
18-juin-21	10	Oui	915	3	2	19	2	1-[3]
18-juin-21	11	Oui	678	0	0	20	0	0-[0]
22-juin-21	12	Oui	993	0	0	18	1	0-[0]
23-juin-21	13	Oui	722	0	0	40	2	0-[0]
25-juin-21	14	Oui	1437	3	7	54	0	1+[3]
26-juin-21	15	Oui	1645	2	4	83	5	1-[2]
27-juin-21	16	Oui	934	0	0	96	8	0-[0]
28-juin-21	17	Oui	859	0	0	30	0	0-[0]
30-juin-21	18	Oui	668	2	0	4	0	0-[2]





01-juil21	19	Oui	828	0	0	19	0	0-[0]
02-juil21	20	Oui	976	0	0	5	0	0-[0]
03-juil21	21	Oui	1463	0	0	14	1	0-[0]
05-juil21	22	Oui	1134	0	0	17	0	0-[0]
Total			21230	23	19	714	20	3[23] + 1sup

Transmis à la suite des vols, le rapport « Prospection aérienne des reproducteurs de thons rouges » fait par Mme Quevreux et M. Quiquempois, ont inclus des observations « off effort » ce qui a porté à confusion sur le nombre total d'observation de BFT. Le nombre exact « en effort » sur le transect durant le vol est bien de 23 comme noté dans le <u>Tableau 3</u>. Cependant en comptant les 4 observations supplémentaires faites « off effort » le 9 et 27 juin, on obtient un total de 27 observations.

3.2.1 Thons rouges

Le <u>Tableau 4</u> résume 9 observations de thons, les photos associés ainsi que les estimations de densité.

Parmi ces 9 observations, 8 ont été faites durant le vol et une detecter lors du traitement d'image. Concernant les 8 faites en vol, il y a des estimations de densité des bancs faites par les observateurs/ spotter et ainsi que celle calculé depuis les photos. Seulement 1 observation supplémentaire a été recensé lors du post-traitement, avec donc seulement l'estimation faite sur la photo à l'aide du logiciel

Ce qui fait un total de 24 bancs de thon, en incluant 23 observations en vol et une identification durant le traitement d'image.

Toutefois sur les 23 observations faites en vol, 15 observations ne sont pas référencées dans le tableau, cela est dû :

- Au vol à « aile à plats » pour l'acquisition additionnel d'image, qui n'était pas toujours réalisé, suite aux directions du Cruise Leader
- A l'insuffisante qualité des photos acquises durant le vol et qui ne permettent donc aucune comparaison avec l'estimation des observateurs.

Toutes les photos acquises « hors transect » durant la boucle sont placées dans un dossier « OutOfTransect ».

Les photos utilisées pour le comptage sont celles prises « en effort » mais aussi lorsque l'avion quittait le transect pour survoler le banc de thon. En effet les photos prises « off transect » sont celles qui permettent l'obtention d'un comptage précis et donc d'obtenir une estimation qui se rapproche le plus de la réalité, valeur idéale pour comparer l'estimation faite par les observateurs. Dans la colonne « Nom photo » du <u>Tableau 4</u>, une précision a été apportée si la photo a été prise sur le transect ou off transect.

Pour chacune des observations nous pouvons remarquer une différence importante entre les estimations faites par l'observateur professionnel (PS) et le comptage fait sur images. De plus, les bancs de thons sont très souvent sur le bord de l'image et ne sont donc quasiment jamais vus en totalité sur les photos.

Considérant que la raison principale de cette mission était d'évaluer le système numérique comme une alternative aux observateurs embarqués lors d'une mission. Ici, le nombre de photos de thons obtenu durant le transect (9), montre que les deux sont complémentaires (<u>Tableau 4</u>). Le système a permis de détecter 1 bancs de thons non repérés par l'équipage, toutefois les observateurs à bord ont permis d'observer de nombreux bancs de thons qui n'auraient pas forcement été identifiés et si identifiés, ils auraient été sous-estimés. En effet, la surface couverte par les observateurs est plus importante que celle par les caméra

<u>Tableau 4</u>: Comparaison des estimations entre les observateurs (Observateur scientifique : SS et Observateur professionnel : PS) et les photos pour chaque observation de thons rouges (*Thunnus thynnus*), (NA : Non available, observations additionnelles post-traitement)

N°	Date Vol Estimation BFT		tion BFT	Nom photo En effort *Off transect*	Estimation BFT sur photos	Estimation Global du BFT (photo	Observation du banc de BFT complet	Recouvrement avec											
			SS	PS	0.12 W.W.1.5000		utilisé)	sur la photo	photos										
1	09/06/2021	5	700	900	*20210609_ICCAT_AREA_A_FLIGHT5_Image0035*	1504	1580	Oui	Non										
1	07/00/2021	J	700	900	*20210609_ICCAT_AREA_A_FLIGHT5_Image0036*	1580	(35-36)	Oui Non	INOII										
2	09/06/2021	5	_	_	_	-	-	-	-	-	1100	1000	*20210609_ICCAT_AREA_A_FLIGHT5_Image0665*	203	350	Non	Oui		
			1100	1000	*20210609_ICCAT_AREA_A_FLIGHT5_Image0666*	298	(665-666)	NOII	Oui										
3	16/06/2021	9	g	9	9	800	935	20210616_ICCAT_AREA_A_FLIGHT9_Image0001	58	68	Non	Oui							
J	10/00/2021	,	000	755	20210616_ICCAT_AREA_A_FLIGHT9_Image0002	43	(01-02)	Non	Our										
4	18/06/2021	10	10	1000	1150	20210618_ICCAT_AREA_A_Flight10_Image0617	12	71	Non	Oui									
T	10/00/2021			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1000	1130	20210618_ICCAT_AREA_A_Flight10_Image0618	71	(617-618)
5	25/06/2021	14	NA		20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image0879	310	310	Non	Non										
									20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image0922	948	1252	Non	Non						
6	25/06/2021	14	1100	1925	20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image0934	1202	1252 (934-935 & 948-	Non											
					20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image0935	121	942)	Non	Oui										





					20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image0948	305		Non	0 :
					20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image0949	1052		Non	Oui
7	25/06/2021	14	200	360	*20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image1707*	233	233	Non	Non
					20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0431	418		Oui	Non
8	26/06/2021	15	550	800	20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0438	43	450	Non	
					20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0439	450	(438-439)	Non	Oui
9	26/06/2021	15	400	480	*20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image1757*	312	312	Non	Non

L'estimation global de BFT est faite en sachant qu'il y a 10% de recouvrement sur 2 photos qui se suivent. Les photos utilisées ont été noté en dessous du chiffre de l'estimation globale (<u>Tableau 4</u>). Lorsque le banc de thon est présent dans la zone des 10% de recouvrement, il n'est pas nécessaire de la prendre en considération dans le calcul, car déjà pris en compte sur la première photo (n°4 et 8).

Par exemple, la <u>Figure 5</u> est une photo d'une observation d'un banc de thons rouges effectuée lors du vol 15, il s'agit plus précisément de la photo nommée : **20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0431**. Les estimations par les observateurs faites lors du vol sont entre 550 (observateur scientifique SS) et 800 (observateur professionnel PS). Sur cette image, le banc au centre de l'image et est donc visible dans son intégralité. Après comptage des individus visibles (<u>Figure 7</u>), celui-ci est estimé à 418 individus.

Autre exemple, la <u>Figure 6</u>, pour laquelle il est possible d'observer une partie d'un banc de thons rouges en bas à gauche de l'image.

20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image1707. En vol, l'estimation de ce banc était de 360 individus pour l'observateur professionnel et de 200 individus selon l'observateur scientifique. Lors de l'estimation sur photo post-traitement, 233 BFT ont été

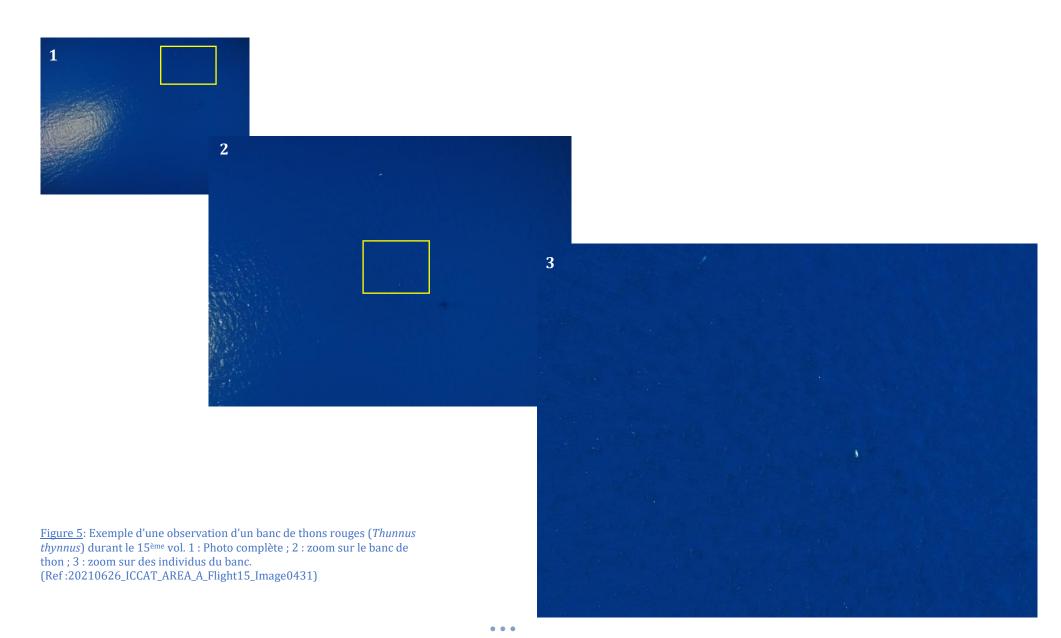




dénombrés (<u>Figure 8</u>). L'analyse de l'ensemble des 26 261 images par l'œil humain a permis de sélectionner 19 images avec des BFT, dont 1 images qui n'est pas référencées par rapport aux observations faite à bord de l'avion. Le système de caméra a donc permis d'ajouter une observation non identifier à bord lors du vol du 25 juin.

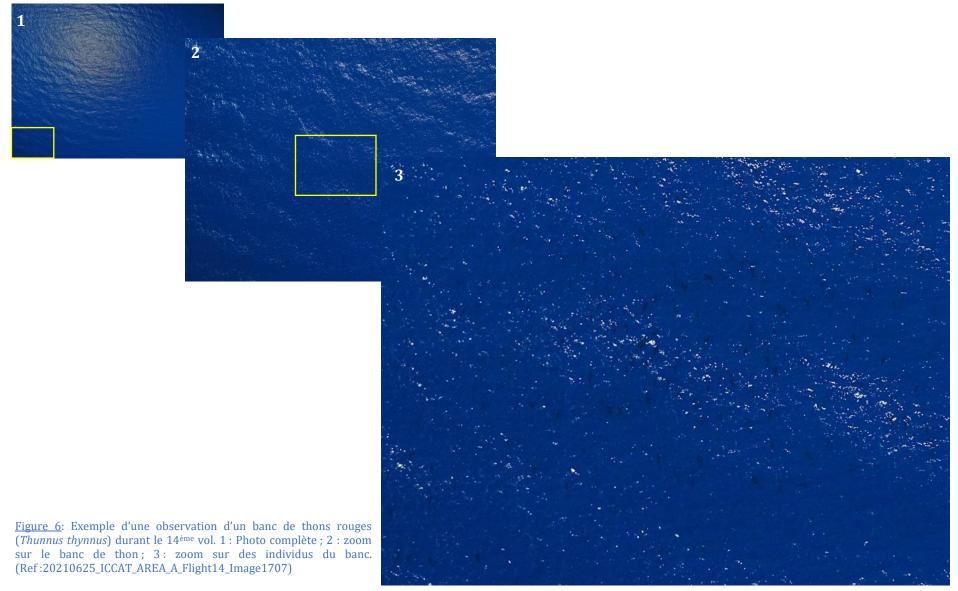
Cependant, 4 clichés prises durant le vol n'ont pas été détectés par l'analyse à l'œil humain, soit 4 clichés à la date du 9 juin. Ces différences peuvent être expliquées par :

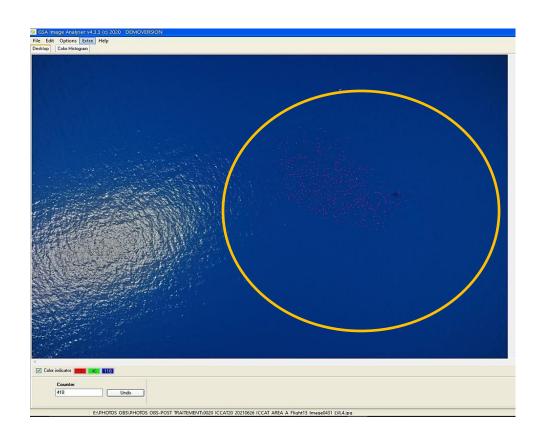
- Un fort éblouissement du soleil, créant un halo blanc sur les photos. Il est possible de réduire cet effet en effectuant les vols lorsque le soleil est au zénith soit, réaliser les acquisitions entre 11H30 et 15H30 (heure locale d'été). De plus, lors de certains vols, la couverture nuageuse a créé un « effet miroir » sur l'eau rendant la détection sous la surface difficile.
- Une prise en compte de l'intégralité des individus du banc de BFT par les observateurs professionnels. En effet contrairement aux observateurs à bord de l'avion, les images restituent de manière figée les observations du banc à temps précis. Ainsi, ne sont observable sur les images que les BFT en surface ou subsurface. Les BFT se venant de plonger ou à des profondeurs inférieures ne peuvent pas être observé. Il pourrait être à envisager de passer par des enregistrements photos à hautes fréquences ou des vidéos.



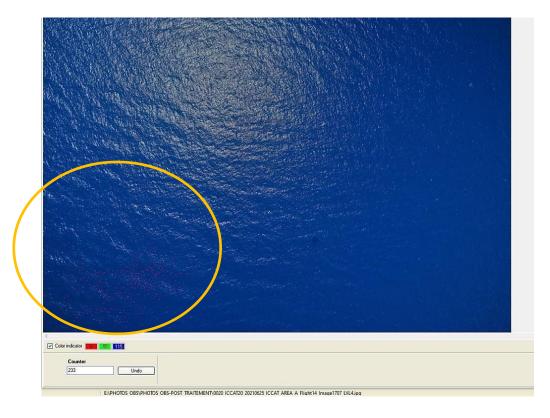








<u>Figure 7</u>: Estimation du banc de thons rouges via le logiciel GSA Image Analyser (Ref : 20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0431)



<u>Figure 8:</u> Estimation du banc de thons rouges via le logiciel GSA Image Analyser (Ref : 20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image1707)





3.2.2 Autres observations

La base de données numérique permet également d'avoir des images d'animaux autres que des BFT. De par leur taille, il est possible d'observer des mammifères marins, tels que des dauphins bleu et blanc (Figure 9), des raies Manta, des dauphins de Risso ou encore des cachalots et des rorquals communs (Figure 10). Lorsque les conditions météo le permettaient (Beaufort 0 ou 1), il également possible d'observer des espadons et des tortues caouannes qui sont des animaux de plus petite taille (Annexes 1 & 2).



<u>Figure 9:</u> Observation d'une partie d'un groupe de dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) (Ref : Vol 15, image : 20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0850)







<u>Figure 10</u>: Observation d'un rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) (Ref : Vol 15, image : 20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0885)

4 DISCUSSION

Ce projet pilote d'utilisation d'outils numériques automatiques pour la prospection de bancs de thons rouges reproducteurs dans la mer Méditerranée est une nouveauté pour le programme de recherche de l'ICCAT. Cette première année est donc un test pour la mise en place d'un futur protocole de récolte d'images ainsi que pour un traitement automatisé permettant une bonne analyse de ces données.

Le système testé durant cette mission présentait de nombreux avantages notamment une prise de vue au sol de 574 m et un système numérique en position « nadir », idéal pour l'acquisition de données sur un transect. La bonne résolution du système numérique (5cm), permettait la visualisation et l'identification du thon rouge et d'autres animaux marins comme des cétacés tels que le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) ou le cachalot (*Physeter macrocephalus*), lorsque les conditions météos le permettaient.

En effet la détection des animaux est fortement influencée par les conditions de la mer et la couverture nuageuse (Hoggard,1995). L'éblouissement, très présent en cette période de l'année, dépend de l'état de la mer, plus la mer est agitée plus l'éblouissement est étalée. Durant le vol cela affecte négativement la détection de la faune marine et lors du traitement des images, cela rend une partie de la photo inexploitable.





Lors de certains vols, la couverture nuageuse a permis de diminuer l'éblouissement mais néanmoins cela créait un « effet miroir » sur la surface de l'eau. Pour limiter l'expansion de la zone d'éblouissement et avoir une zone la plus réduite possible, il est recommandé de voler lorsque le soleil est proche du zénith (Fromentin et al., 2003).

L'acquisition numérique entraine de nouvelles procédures à respecter, à la fois lors de l'acquisition de ces photos mais aussi lors du traitement de celles-ci. Par exemple, durant notre mission, suite à un problème de déclenchement de l'appareil, l'AAE a dû réaffecter les vols 2 et 3 qui n'avaient pas d'images lors des premiers passages sur ces transects. Concernant le post-traitement des photos, le logiciel Capture One 21 PRO a permis d'améliorer la qualité de celles-ci permettant ainsi une meilleure détection des animaux, particulièrement pour ceux sous la surface de l'eau. En effet après 2m de profondeur il est très difficile de détecter des thons adultes depuis l'avion (Fromentin et al., 2003).

Concernant les photos collectées, le logiciel de détection automatique TRACKFISH qui devait les analyser, a rencontré des problèmes pour trouver les BFT et il a donc été décidé de procéder à un traitement manuel. Le traitement manuel est toujours utilisé, cela prend beaucoup de temps (Bröker, 2019; Garcia-Garin et al., 2020) mais il a permis de recenser 1 observation de BFT supplémentaire. En effet, avoir la caméra en position Nadir permet d'éviter de manquer les bancs de BFT présent sous l'avion, car l'observateur à tendance à regarder plus loin (Vølstad, 2020).

Pour améliorer la performance de TRACKFISH il est important d'apporter un jeu de données conséquent et en adéquation avec le contexte d'observations. En d'autres termes le système d'intelligence artificiel (IA) doit être entrainés à détecter des BFT depuis l'avion à l'aide d'images aériennes plus nombreuses. Il faut donc continuer à associer le numérique et les observateurs à bord de l'avion durant les prochains vols. En effet sur le long terme, le développement d'un algorithme fiable et efficace, adapté à la prospection de thons, est indispensable.

Une autre raison pour laquelle il est nécessaire de continuer le développement d'un système numérique approprié, est d'obtenir une procédure standardisée, et d'éliminer les biais liés à l'observation humaine. A l'heure actuelle, le biais le plus important est celui dû aux estimations faites par les opérateurs embarqués dans l'avion. Ces différences peuvent s'expliquer par leurs expériences dans le milieu. Les observateurs professionnels venant de l'industrie de la pêche, ont acquis plus de pratique que les observateurs scientifiques pour repérer, mais aussi estimer les thons. Dû à leurs précédentes expériences, les observateurs professionnels ont tendance à regarder loin (trop loin du transect) (Vølstad, 2020), car certains indices pour repérer les bancs augmentent avec la distance depuis l'avion (Hoggard, 1995) (jusqu'à un certain seuil), ce qui ajoute un biais quant à la surface couverte, plus grande que celle sensée être étudiée sur le transect (Koski et al.,2013; Garcia-Garin et al., 2020).





Mais les différences d'estimations sont subjectives (Vølstad, 2020), et peuvent aussi s'expliquer quant aux intérêts économiques et environnementaux. Probablement qu'inconsciemment l'opérateur scientifique sera plus enclin à sous-estimer pour pouvoir protéger l'espèce, contrairement à l'observateur professionnel qui aura tendance à surestimer le banc pour que le quota de pêche soit plus important.

Le système numérique dispose d'un autre avantage, celui d'enchainer les transects sans temps de récupération pour les opérateurs, et donc de mettre en place le zig-zag design et de réduire le temps de vol (Vølstad, 2020). Le système numérique permettrait une meilleure approche statistique de l'estimation de l'abondance de thons reproducteurs dans une zone donnée. Cette méthode est vérifiable, comparable entre chaque vol et indépendante du facteur humain (Buckland, 2020).

Pour les raisons énumérées précédemment, ces systèmes de détection automatisée se développent de plus en plus et dans de nombreux projets de recherche (Bröker, 2019), avec des résultats très prometteurs et de plus en plus performants (Garcia-Garin et al., 2020).

Garcia-Garin et al. 2020, ont montré que l'observation humaine équivalait globalement à un système numérique. Dans le cas de pollution par débris flottants, le système numérique pouvait se révéler être même plus efficace. Mais les observateurs étaient plus performants que les systèmes numériques pour repérer les oiseaux de mer. Si le déplacement de l'animal est l'élément permettant une meilleure identification, il est nécessaire de tester privilégier une acquisition vidéo.

En effet, la vidéo permettrait par exemple d'identifier certaines espèces par leurs comportements ou permettrait une amélioration de la distinction des formes et des couleurs au niveau de l'interface de l'air et de l'eau. De plus l'enregistrement vidéo (30i/s) contre l'enregistrement de clichés (0.13i/s) permettrait d'enregistrer des espèces discrètes ou furtives.

5 Conclusion

Dans le but d'améliorer l'estimation aérienne d'abondance des thons en Méditerranée, ce projet pilote a associé pour la première fois des observateurs expérimentés à un système d'acquisition photographique embarqué. Ce dernier se révèle être un outil pertinent pour évaluer la population de thons puisqu'il a permis d'identifier un banc non détecté par l'équipage. Des améliorations sont possibles par l'enregistrement d'une vidéo au lieu de clichés ponctuels afin de saisir les comportements de déplacement de l'espèce observée. Une méthodologie appropriée doit être développée afin d'exploiter au mieux les capacités du numérique couplé à l'IA qui possède des avantages et inconvénients différents d'un observateur humain.





Cette première année, grâce à ce nouveau dispositif est un succès. En effet cela a permis de préciser les méthodes de travail et de mettre en place un protocole de récolte d'images encourageant mais perfectible. Avec des campagnes ultérieures par avion et l'acquisition de nouvelles photos/vidéo l'algorithme "TRACKFISHING" pourra être alimenté afin d'obtenir automatiquement de meilleurs résultats de détection et d'identification. Cet outil numérique sera un réel apport pour les prochaines campagnes aériennes d'estimation des populations de thons reproducteurs dans les zones de fraie en Méditerranée.

CONTRIBUTION

Contribution à la rédaction des différentes parties de ce rapport :

- « Introduction » : Hélène QUEVREUX et Estella VIGNON
- « Matériel et méthode » : Hélène QUEVREUX et Estella VIGNON
- « Résultats » : Hélène QUEVREUX, Estella VIGNON et Frantz GIBAULT
- « Discussion » : Hélène QUEVREUX et Estella VIGNON
- « Conclusion »: Estella VIGNON

Et révision du document produit par Marie SOUHAUT

REFERENCES

Bröker, K. C., Hansen, R. G., Leonard, K. E., Koski, W. R., & Heide-Jørgensen, M. P. (2019). A comparison of image and observer based aerial surveys of narwhal. Marine Mammal Science, 35(4), 1253-1279.

Buckland S.T. 2020. Independent peer review of the revision of GBYP aerial survey design, implementation and statistical analyses (ICCAT GBYP 12/2020) of the Atlantic wide research programme for bluefin tuna (ICCAT GBYP Phase 10). Collect. Vol. Sci, Paps. ICCAT 77(2): 977-987.

Fromentin, J. M., Farrugio, H., Deflorio, M., & De Metrio, G. (2003). Preliminary results of aerial surveys of bluefin tuna in the western Mediterranean Sea. Collective Volume of Scientific Papers, 55(3), 1019-1027.

Garcia-Garin, O., Aguilar, A., Borrell, A., Gozalbes, P., Lobo, A., Penadés-Suay, J., ... & Vighi, M. (2020). Who's better at spotting? A comparison between aerial photography and observer-based methods to monitor floating marine litter and marine megafauna. Environmental Pollution, 258, 113680.

Hoggard, W. (1995). Aerial survey applications for assessing bluefin tuna abundance, distribution, and age structure in the northwest Atlantic: a pilot study. *Collective volume* of scientific papers-international commission for the conservation of atlantic tunas, 45, 151-154.





Koski, W. R., Thomas, T. A., Funk, D. W., & Macrander, A. M. (2013). Marine mammal sightings by analysts of digital imagery versus aerial surveyors: a preliminary comparison. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, *1*(01), 25-40.

Vølstad J.H. 2020. Review of the revision of GBYP aerial survey design, implementation and statistical analyses (ICCAT GBYP 12/2020) of the Atlantic-wide research programme for bluefin tuna (ICCAT GBYP Phase 10). Collect. Vol. Sci, Paps. ICCAT 77(2): 988-1005.

Liste des figures:

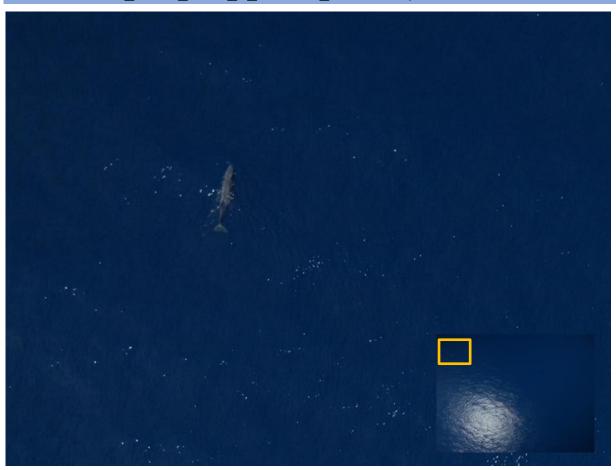
Figure 1: Avion F-HCOM3
Figure 2: Dispositif automatique numérique4
Figure 3: Interface du logiciel MISSION PLANNER4
Figure 4: Exemples d'images d'observation de BFT lors de différents vols (14 et 15) avant (à gauche) et après (à droite) réglage radiométrique via CapturOne 21 Pro9
Figure 5: Exemple d'une observation d'un banc de thons rouges (Thunnus thynnus) durant le $15^{\rm ème}$ vol. 1 : Photo complète ; 2 : zoom sur le banc de thon ; 3 : zoom sur des individus du banc. (Ref :20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0431)16
Figure 6: Exemple d'une observation d'un banc de thons rouges (Thunnus thynnus) durant le $14^{\rm ème}$ vol. 1 : Photo complète ; 2 : zoom sur le banc de thon ; 3 : zoom sur des individus du banc. (Ref :20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image1707)17
Figure 7: Estimation du banc de thons rouges via le logiciel GSA Image Analyser (Ref 20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0431)18
Figure 8: Estimation du banc de thons rouges via le logiciel GSA Image Analyser (20210625_ICCAT_AREA_A_Flight14_Image1707)18
Figure 9: Observation d'une partie d'un groupe de dauphin bleu et blanc (Stenella coeruleoalba) (Vol 15, image : 20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0850)19
Figure 10: Observation d'un rorqual commun (Balaenoptera physalus) (Vol 15, image 20210626_ICCAT_AREA_A_Flight15_Image0885)20
<u>Listes des tableaux</u> :
Tableau 1: Résumé du système numérique et qualité des photos pour chaque vol7
Tableau 2: Nombre d'observations et de photos pour chaque vol10
Tableau 3: Détails des photos prises durant chaque vol8
Tableau 4: Comparaison des estimations entre les observateurs et les photos pour chaque observation de thons rouges (Thunnus thynnus)13





ANNEXE

6.1 ANNEXE 1: OBSERVATION CACHALOT (PHYSETER MACROCEPHALUS) LORS DU VOL 12 (REF :20210622_ICCAT_AREA_A_FLIGHT12_IMAGE0248)







6.2 ANNEXE 2 : OBSERVATION D'UNE TORTUE CAOUANNE (*CARETTA CARETTA*) LORS DU VOL 16 (REF : 20210627_ICCAT_AREA_A_FLIGHT16_IMAGE0643)

