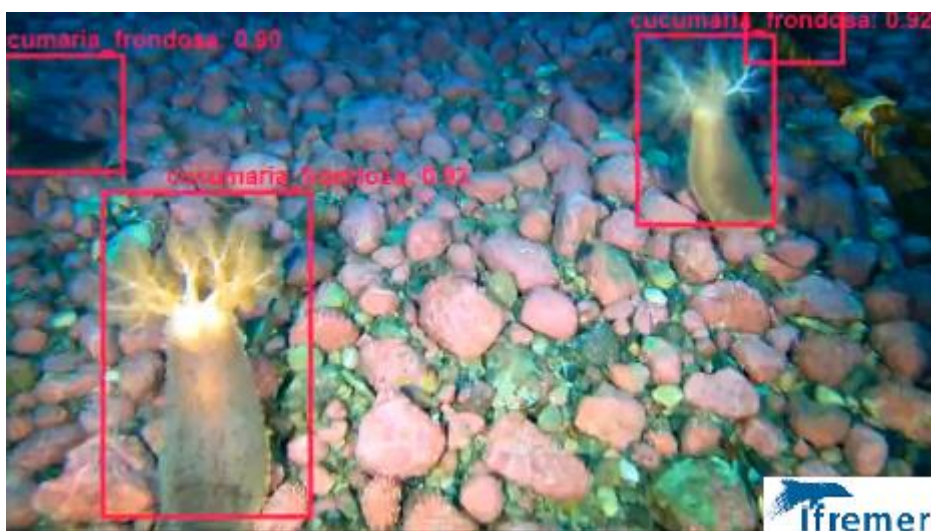


# Rapport de mission HOLOTVSPM22



Département Ressources Biologiques et Environnement

Unité Sciences et Technologies Halieutiques

Laboratoire Technologie et Biologie Halieutique

Julien Simon<sup>1</sup>, Victor Martin-Baillet<sup>2</sup>, Fanchon Varenne<sup>2</sup>, Alexandre Orban<sup>3</sup>, Herlé Goraguer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IFREMER/RBE/STH/LTBH Lorient

<sup>2</sup> IFREMER/RBE/HMMN/LRHPB

<sup>3</sup> IFREMER/RBE/SPM

Juillet 2022

RINT – RBE/HALGO/LTBH/2022/HOLOTVSPM22



## Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Description générale de la campagne .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Description détaillée de la campagne .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Méthode d'échantillonnage vidéo .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Méthode d'échantillonnage biologique .....</b>	<b>12</b>
<b>6. Résultats .....</b>	<b>13</b>
<b>7. Conclusion.....</b>	<b>16</b>
<b>ANNEXE 1 – Équipements utilisés .....</b>	<b>17</b>
<b>ANNEXE 2 – Tableau échantillonnage biologique .....</b>	<b>18</b>
<b>ANNEXE 3 : Manipulation à bord .....</b>	<b>20</b>

# 1. Introduction

La demande des marchés asiatiques en concombre de mer *Cucumaria frondosa* est en expansion ces dernières années. L'exploitation commerciale de cette espèce dans la zone économique exclusive (ZEE) de St-Pierre et Miquelon a donc fortement augmentée. *C.frondosa* est une espèce d'intérêt à la fois écologique et économique pour Saint-Pierre et Miquelon. La technique de pêche utilisée pour prélever les concombres de mer *C.frondosa* est la drague à concombre.

En 2017 une campagne d'évaluation du stock avait été réalisée à bord du N/O Antéa à l'aide d'une drague New Bedford de 8 pieds adaptée pour les pectinidés. L'efficacité de capture de cette drague pour les *C.frondosa* n'était pas connue ce qui induisait une incertitude sur l'évaluation de la biomasse par cette méthode d'échantillonnage. Deux zones avaient été prospectées lors de cette campagne, la zone « boîte à pétoncle » et la zone du « tuyau ». Les estimations de biomasse de *C.frondosa* dans ces zones étaient respectivement de 5800 tonnes et 24500 tonnes.

L'augmentation des débarquements de *C.frondosa* à Saint-Pierre et Miquelon a engendré une demande d'encadrement et de suivi de la biomasse de la part de la Direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture (DGAMPA). Ifremer a proposé un suivi sur 3 ans, reconductible, pour améliorer les connaissances et évaluer la biomasse de *C.frondosa* afin de proposer un avis de gestion.

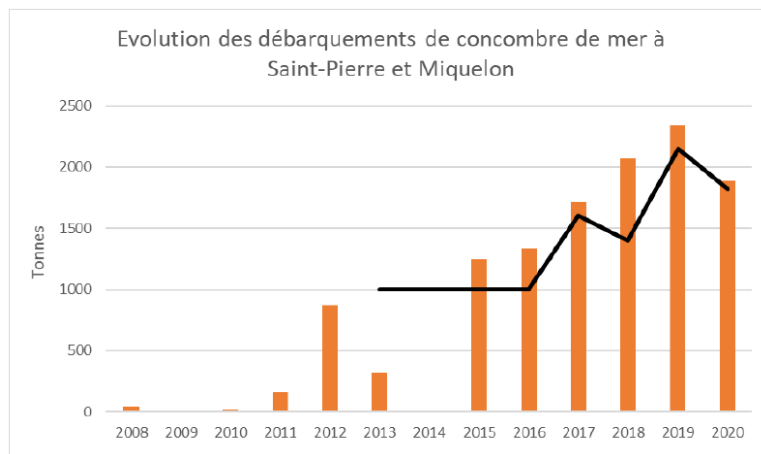


Figure 1: Evolution des débarquements de *C.frondosa* à Saint-Pierre et Miquelon

En 2021, une première campagne avait été réalisée. La campagne HOLOTVSPM21 a démontré la faisabilité technique de l'estimation du stock d'holothuries (*C.frondosa*) par vidéo, en utilisant une caméra sous-marine remorquée et par comptage des holothuries sur les vidéos. Les traitements de données qui ont suivis la campagne ont également démontré la faisabilité technique d'automatiser l'analyse des vidéos sous-marine par utilisation de réseaux de neurones profonds (Deep-learning).

Deux reportages ont été réalisés par France TV info sur la campagne réalisée :

- <https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/saint-pierre-spm/une-technologie-de-pointe-pour-ameliorer-la-peche-au-concombre-de-mer-a-saint-pierre-et-miquelon-1008589.html>
- <https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/saint-pierre-spm/concombres-de-mer-l-ifremer-satisfaite-de-sa-mission-d-exploration-1015393.html>

La campagne HOLOTVSPM22 avait pour objectif de reprendre le même plan d'échantillonnage et le même protocole d'échantillonnage que la campagne HOLOTVSPM21 et de comparer les abondances de *C. frondosa* d'une année à l'autre.



Figure 2 : Drague à concombre modifiée avec 2 spots LED et une caméra

## 2. Description générale de la campagne

La campagne s'est déroulée du 11 au 17 mai 2022 à bord du F/V Marcel Angie III (figure 3), préalablement à l'ouverture administrative de la pêche professionnelle au *C.frondosa*.

4 agents IFREMER ont participé à cette campagne :

- Fanchon Varenne (RBE/HMMN/LRHPB)
- Victor Martin-Baillet (RBE/ HMMN/LRHPB)
- Julien Simon (RBE/STH/LTBH)
- Alexandre Orban (VSC- RBE/SPM)



Figure 3 : Marcel Angie III, navire professionnel de 19m affrété pour la campagne HOLOTVSPM21 et 22

Au total 60 stations d'échantillonnage vidéo étaient programmées dans la zone du « tuyau », cette zone représente plus de 90% des captures réalisées. La carte 1 ci-dessous indique les positions initialement prévues des stations vidéo de la campagne 2022. Chaque carré statistique mesure 1 mille nautique par 1 mille nautique.

Parmi les 60 stations, 6 stations d'échantillonnage biologique étaient prévues.

14 stations d'échantillonnage vidéo étaient programmées dans la zone Miquelonnaise, dont 1 station avec échantillonnage biologique.



### 3. Description détaillée de la campagne

La campagne HOLOTVSPM22 s'est déroulée du 12 mai au 21 mai 2022.

12 mai 2022, arrivée dans la zone du tuyau vers 9h30. 10h25 mise à l'eau. 19h45 fin de virage dernier trait. 12 traits validés sur la journée.

13 mai 2022, 07h57 mise à l'eau. 19h15 fin de virage dernier trait. 16 traits validés sur la journée.

14 mai 2022, 08h20 mise à l'eau. 19h22 fin de virage dernier trait. 16 traits validés sur la journée.

15 mai 2022, 07h47 mise à l'eau. 18h13 fin de virage dernier trait. 16 traits validés sur la journée.

16 mai 2022, arrivée dans la zone Miquelonnaise, 07h48 mise à l'eau. 17h56 fin de virage dernier trait. 14 traits validés sur la journée.

Le détail des trajets journaliers est précisé sur la carte 2 ci-dessous.

Au total stations validées :

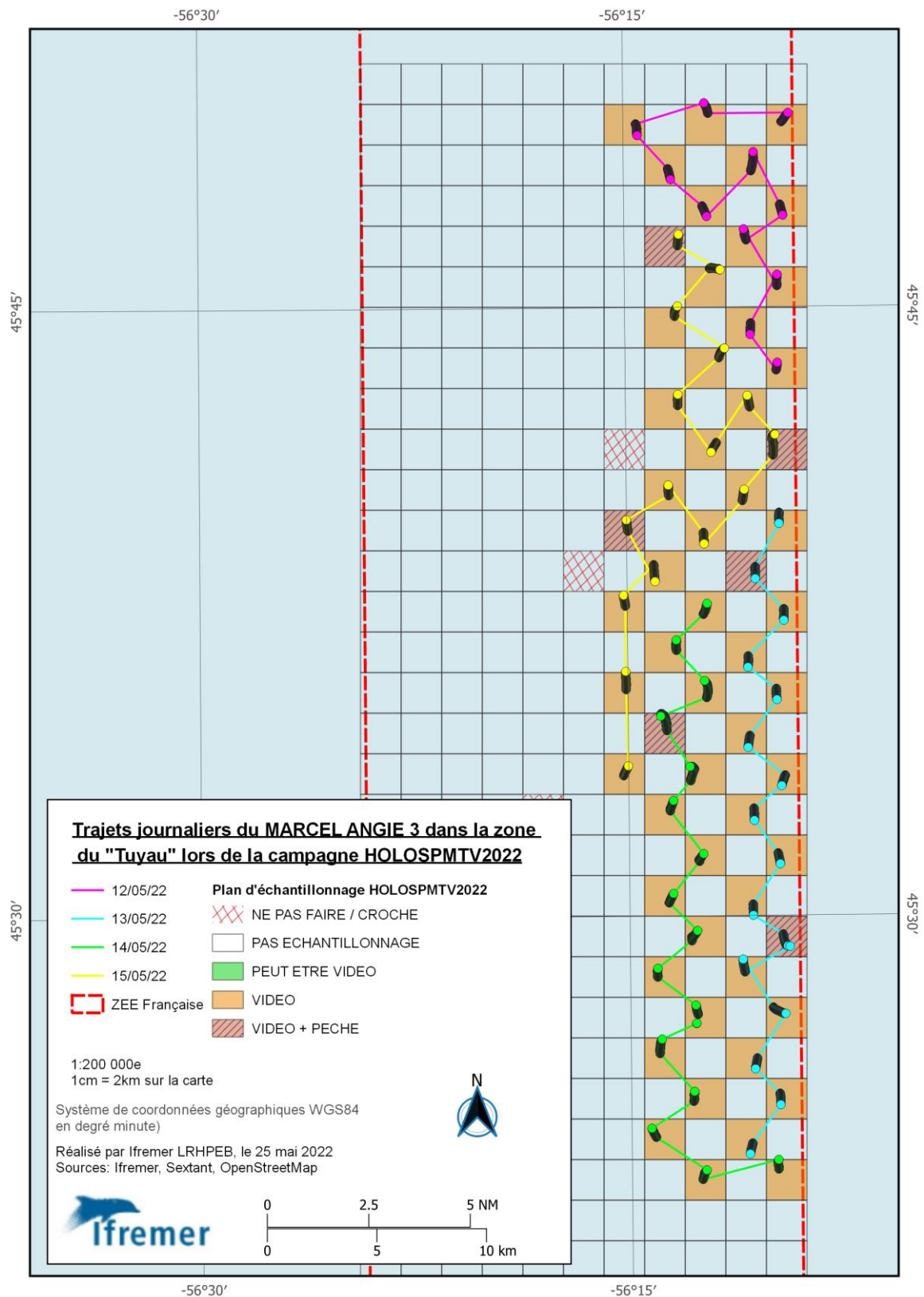
- 60 stations dans la zone du tuyau.
- 14 stations dans la zone Miquelonnaise.

**Soit au total 74 stations validées.**

Il faut souligner que la météo particulièrement clémente et l'absence d'avaries, nous ont permis de travailler tous les jours sans contrainte majeure.

Cette année encore, certaines stations échantillonnées ont été répertoriées comme « à risque d'avarie » du fait de la présence de blocs de roches volumineux. Ces stations « à risque » ne présentent pas de fortes densités d'holothuries, nous proposons donc de ne pas les échantillonner de nouveau les années futures.





Carte 2 – Trajets journaliers

## 4. Méthode d'échantillonnage vidéo

### 4.1. Acquisition vidéo

Pour réaliser cette campagne, nous avons repris la méthode d'échantillonnage vidéo utilisée l'année précédente, méthode également utilisée par les différents instituts européens pour ce genre de mission (notamment pour les évaluations de stocks de langoustines LANGOLFTV et UWTV).

L'échantillonnage consiste à réaliser des transects de 500m à environ 1 nœud. Connaissant à priori le champ de vision horizontal de la caméra (1 mètre) nous avons donc analysé 500m<sup>2</sup> pour chaque point échantillonné.

A chaque point échantillonné, en début et en fin de traine, les coordonnées GPS, la profondeur et la température de surface étaient relevés.

Les transects ont été réalisés à l'aide d'une drague à concombres modifiée de sorte à pouvoir fixer le caisson de la caméra, la batterie et les spots à LED. Le cul de la drague était laissé ouverte pour ne pas prélever d'espèces sauf dans le cas des points échantillonnés à la vidéo et biologiquement.

La réalisation de transects de 500m permet d'avoir une connaissance plus juste de la réalité, en effet en cas de forte variation de densité à fine échelle spatiale, une simple photo de quelques mètres carrés peut engendrer un biais dans l'estimation de stock. En revanche, le temps d'analyse des vidéos sur 500m<sup>2</sup> est bien plus long.

La caméra utilisée était une Gopro Hero 7 Black edition. Il n'y avait pas de retour vidéo du fond en direct sur le bateau. Les paramètres de la caméra ont été fixés manuellement pour garantir des images de bonnes qualités et sans flou de mouvement.

#### Paramètres caméra :

- Résolution : 1080p
- FPS : 30
- FOV : Large
- Obturateur : 1/400s
- ISOmin : 200
- ISOmax : 3200
- Stabilisateur : auto

#### Eclairage :

L'ajout d'éclairage artificiel est indispensable pour des acquisitions vidéo au-delà de 20 mètres de fond. Nous avons donc ajouté 2 spots LED d'une puissance de 2000 lumens chacun.

### 4.2. Analyse vidéo

L'objectif à terme est de confier l'analyse des vidéos à un logiciel de *deep-learning* qui aura été entraîné spécifiquement à reconnaître les espèces endémiques de Saint-Pierre-et-Miquelon, notamment les Holothuries *C.froncosa*.

Pour cette deuxième campagne, les vidéos ont été analysées par les agents à bord du navire, pour comparer ultérieurement les comptages réalisés par des scientifiques à ceux réalisés par l'intelligence artificielle. Les vidéos étaient lues à l'aide du lecteur vidéo VLC. Étant donné la vitesse de défilement du fond marin et la forte densité d'holothuries, les vidéos de 10 minutes étaient

analysées en vitesse de lecture vidéo 0.5 à l'aide de compteurs à main. Certains points échantillonnés présentaient des abondances tellement importantes que la vidéo devait être mise en pause pour pouvoir dénombrer les holothuries. Ces vidéos étaient sous-échantillonnées (exemple 2 minutes analysées au lieu de 10) tout en vérifiant que la densité sous-échantillonnée était bien représentative de la vidéo complète.

## 5. Méthode d'échantillonnage biologique

L'échantillonnage biologique avait pour objectif d'apporter des données complémentaires à l'échantillonnage vidéo, comme par exemple le poids moyen des individus adultes et juvéniles d'holothuries. Ce paramètre était indispensable pour pouvoir estimer la biomasse à partir des comptages d'individus pour chaque classe d'âge sur les vidéos.

L'échantillonnage biologique est réalisé par une méthode de pêche à la drague à concombres sur le fond avec un cul de chalut fermé afin de pouvoir récolter la capture.

Au cours de cette campagne, un échantillonnage biologique a été réalisé sur les stations suivantes : 173, 147, 118, 96, 161, 106 et 17C en complément de l'analyse vidéo. La drague était également équipé du système vidéo ce qui permet d'avoir des éléments de comparaison entre les deux méthodes d'échantillonnage. La comparaison de la biomasse estimée par vidéo et celle capturée par la drague permet d'estimer la capturabilité de *C.frondosa* à la drague.

Pour toutes les stations échantillonnées biologiquement, une évaluation de la biomasse de *Cucumaria frondosa* et de la faune associée a été réalisée. Le tableau récapitulatif de ces résultats se trouve en annexe 2.

L'échantillonnage biologique nous permet ici d'apporter une connaissance complémentaire sur les caractères individuels (tailles/poids) de l'espèce *Cucumaria frondosa* ainsi que sur la faune associée. Cependant, du fait que les holothuries ont une forte capacité d'échappement à travers les mailles de la drague, et notamment les juvéniles, il est difficile de calculer un indice d'abondance uniquement avec cet échantillonnage biologique.

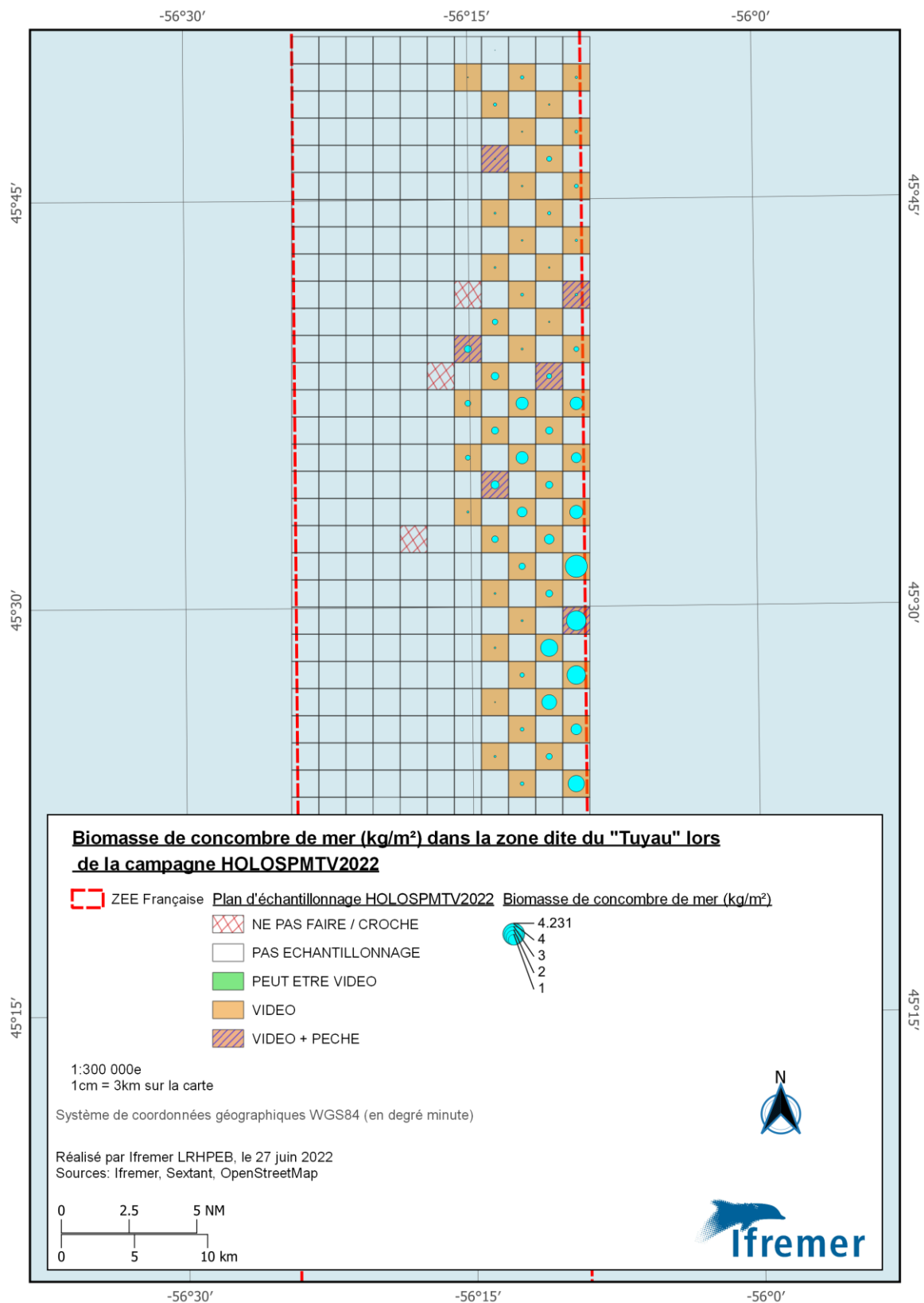
## 6. Résultats

Toutes les vidéos acquises ont été analysées manuellement à bord lors de la mission. Pour chaque station échantillonnée (STN), les temps de début d'analyse et de fin étaient reportés (10 minutes sauf sous-échantillonnage). En se basant sur les poids moyens des individus juvéniles et adultes prélevés, nous avons pu estimer des poids pour chaque échantillonnage vidéo.

Tableau 1 : Échantillon du tableau de résultats issus de l'analyse des vidéos

STN	Start	Stop	Nbre individus	Taux échant	Taux juvéniles	Taux adultes	Poids Estimé par Vidéo (kg)	Nbre ind/k m <sup>2</sup>
155	05:00	15:00	56	1	0	1	24	112
157	03:20	13:20	289	1	0	1	116	578
159	05:00	15:00	86	1	0	1	34	172
161	03:20	13:20	65	1	0	1	26	130
163	07:00	08:00	705	0,1	0,6	0,4	1340	14100
149	13:00	23:00	500	1	0,2	0,8	165	1000

Après traitement statistique des données brutes, les densités observées par m<sup>2</sup> lors de la campagne 2022 sont présentées sur la carte 3 ci-dessous.



Carte 3 – Densités observées (comptages par les scientifiques) dans la zone du « tuyau » sur les stations validées

Les données acquises ont été annotées en juin 2021 à l'IFREMER de Lorient pour entraîner des réseaux de neurones à détecter les holothuries mais également les autres espèces présentes sur les vidéos (coquille, étoile Astérias rubens, crabe Hyas, oursin...).

Le réseau de neurones a été entraîné de manière à distinguer les holothuries adultes, phase pré-adulte et juvéniles. Le choix d'annoter selon trois classes d'âge a été pris pour pouvoir utiliser des modèles de dynamique de populations structurés en âge. Le choix du nombre de classes d'âge (trois : juvéniles, pré-adulte et adulte) a été un compromis entre simplicité de distinction des différentes classes et finesse de l'information des classes d'âges. Avoir 2 classes d'âges nous semblait trop peu précis au regard de la qualité des images acquises et des différentes tailles visibles à l'œil nu, en revanche avoir 4 ou 5 classes d'âges nous semblait compliqué à annoter.

Après plusieurs semaines d'annotations et d'apprentissages, le réseau de neurones artificiel parvient à détecter les holothuries et à distinguer les 3 classes d'âge.

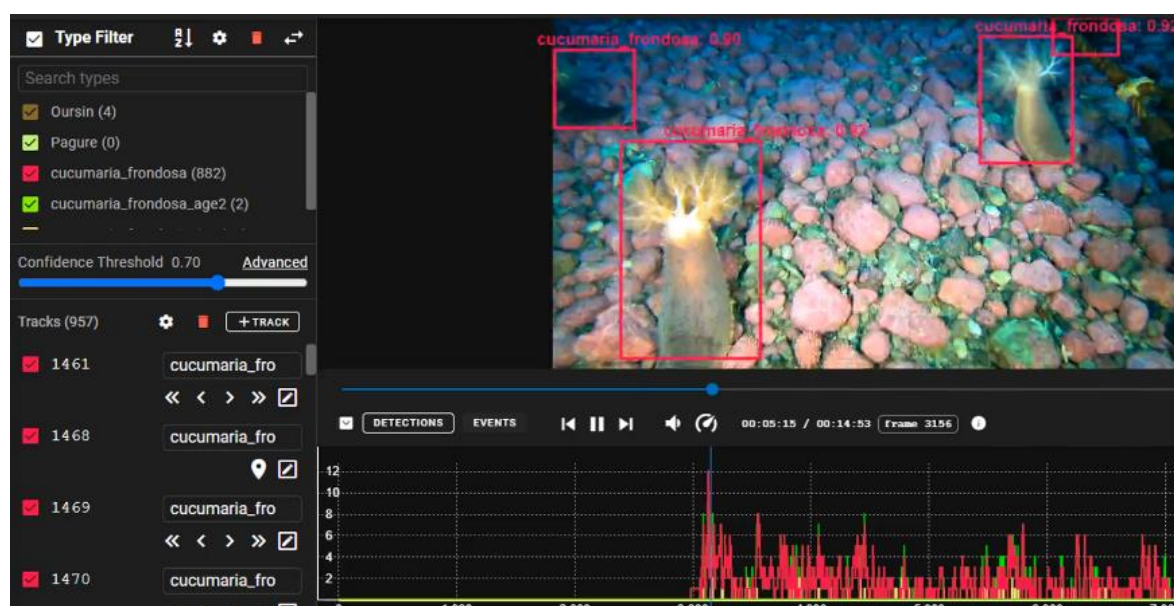


Figure 4 : exemple de détections par faible densité issu du réseau de neurones

## 7. Conclusion

Cette deuxième campagne a montré la faisabilité technique et la répétabilité de l'estimation de l'abondance d'holothuries (*Cucumaria frondosa*) de la ZEE de Saint-Pierre-et-Miquelon en utilisant un système vidéo sur un navire professionnel (Marcel Angie III).

Les conditions météo particulièrement clémentes rencontrées lors de cette campagne nous ont permis de prospecter l'intégralité des stations prévues.

Des images de très bonnes qualités ont pu être obtenues par l'usage du système vidéo et des éclairages performants; ce qui nous a permis de les analyser à la fois manuellement et automatiquement.

Tous les points échantillonnés ont été analysés à la fois par les scientifiques et l'intelligence artificielle ce qui a permis de montrer la fiabilité de l'intelligence artificielle.

Enfin, nous remercions l'équipage du F/V Marcel Angie III pour le travail fourni, sa capacité d'écoute et de respect du protocole scientifique ainsi que pour sa bonne humeur. Nous tenons également à remercier Stéphane Poirier, patron armateur du Marcel Angie III, qui a tout mis en œuvre pour que cette campagne scientifique soit une réussite.



## ANNEXE 1 – Équipements utilisés

### Équipement sous-marin

- 1 Drague à concombre 2m de large modifiée
- 1 caméra Gopro hero 7 black avec microSD 64Go ou 128Go
- 1 caisson étanche 200m ISOTA : <https://www.plongimage.com/caisson-gopro-isotta-hd5-hd6-hd7.html>
- 2 spots LED blanches : <https://www.bersub.fr/produits/13/spot-6-led.html>
- 1 batterie BERSUB 12V@8Ah : <https://www.bersub.fr/produits/596/pc-120-gt.html>
- 1 module de câbles marinisés pour alimentation LED
- 1 sonde pression/température NKE
- 1 Platine aluminium sur mesure de fixation caméra
- Colliers de serrage pour fixation LED et caméra sur le chalut à perche

### Équipement sous-marin de rechange

- 2 caméras Gopro hero 7 avec microSD 64Go ou 128Go
- 2 spots LED blanches
- 3 batteries BERSUB 12V@8Ah
- 1 module de câbles marinisés pour alimentation LED
- 1 Platine aluminium sur mesure de fixation caméra
- Colliers de serrage pour fixation LED et caméra sur le chalut à perche

### Équipement sur le pont

- 1 ordinateur équipé des logiciels suivant :
  - VLC : lecture des vidéos par les agents
  - VIAME : traitement et analyse des images collectées
  - Winmemoll : programmation et récupération données de la sonde NKE
- 2 chargeurs batteries Bersub
- 2 disques durs 2To
- 1 multiprise
- 4 chargeurs de batterie BERSUB

## ANNEXE 2 – Tableau échantillonnage biologique

N°Trait	N° Station	Date	Cucumaria frondosa	Faune associée	Commentaires
1	147	13/05/2022	4 BACS (1bac = 100 IND) Juv : 29 = 3kg	Solaster endeca. : PT = 6,2KG / 30 IND = 1,6KG	CUCU-FRO 30 = 13,6kg, 1 = 453gr CUCU-FRO JUV 29 = 3kg, 1 = gr 100gr  1 bac noir rempli à ras bords = 80 KG
				Crossaster papposus : 1 = 50GR	
				Asterias rubens : 2 = 100GR	
				Henricia sp. : 1 = 50GR	
				Placopecten magellanicus : 150 / 30 ind = 5KG	
				Hyas : 9 = 500GR	
				Oursins ( Strongylocentrotus d.) : 5 = 225GR	
2	173	13/05/2022	Adultes: 15.5 Bacs de 200 individus chacun Juv : 196 = 3.9kg	Hyas: 10 = 430g	
				Solaster endeca: 48 = 2.17kg	
				Henricia: 3 = 150g	
				Asteria rubens: 25 = 900g	
				Oursins ( Strongylocentrotus d.) 4 = 76g	
43	118	14/05/2022	Adultes: 7 Bacs de 200 individus chacun  Juv : 3= 0,200KG	Hyas: 6 = 750g	
				Solaster endeca: 1 = 168g	
				Henricia: 7 = 61g	
				Crossaster papposus : 8 = 440g	
				Asteria rubens: 7 = 520g	
				Oursins ( Strongylocentrotus d.) 11 = 300g	
				Placopecten magellanicus : 1 = 340g	
				Ophiure: 2 = 20 gr	
Plie canadienne: 1 = 4kg					
52	96	15/05/2022	Adultes: 6 bacs de 140 individus,  Juv : 3= 640g	Oursin: 3 = 200g	
				Placopecten magellanicus : 1 = 600g	
				Hyas : 20 = 1.6kg	
				Crossaster papposus : 6 = 400g	
				Henricia : 3 = 280g	
56	161	15/05/2022	Adultes : 1 petit bac de 95 individus, (30 ind = 18kg)	Placopecten magellanicus : 1 bac (~ 40Kg)	30 Placopecten magellanicus = 8Kg
				Solaster endeca : 40 = 1,360Kg	
				Crossater papposus : 9 = 310g	
				Henricia sp. : 7 = 308g	
				Oursins ( Strongylocentrotus d.) 18 = 480g	
				Bulot : 1 = 53g	
Hyas : 6 = 300g					
63	106	15/05/2022	Adultes: 34 individus = 21.371kg  Juveniles: 1 individu = 233g	Hyas: 12 = 802g	Hippoglossoides platessoides: pris en photo pour vérif avec herlé Cancer irroratus: idem
				Buccinidae: 4 = 225g	
				Solaster endeca: 8 = 447g	
				Crossater papposus: 7 = 751g	
				Henricia sp.: 6 = 476g	
				Cancer irroratus: 1 = 280g	
				Hippoglossoides platessoides: 1 = 56cm, 2.22kg	
Chlamys islandica: 33 = 1.78kg					

				Oursins ( Strongylocentrotus d.): 51 = 1.878kg
				Placopecten magellanicus: 81 = 13.16kg
				Boltenia ovifera: 1 = 130g
74	17C	16/05/2022	Adultes : 51 = 40 kg Juvéniles : 6 = 760g	Chabot rouge : 1 = 100g = 22cm
				Oursins : 109 = 4,3 kg
				Hyas : 1 = 60g
				Solaster papposus : 2 = 100g
				Gorgonocephale : 2 = 210g
				Boltenia ovifera: 1 = 80g
				Ophiures : ech : 30 ind = 30g / total = 100g
				pagure spp : 1 = 40g

## ANNEXE 3 : Manipulation à bord

### Procédure de vérification avant mise à l'eau

Vérification caméra :

- Vérifier que la batterie est complètement chargée
- Vérifier que la carte micro SD est insérée et que la mémoire disponible est > que 15Go
- Fixer la caméra sur la drague au niveau de la platine prévue pour la caméra
- Démarrer l'enregistrement et vérifier qu'il a bien démarré (défilement du temps sur écran LCD frontal ou LED rouge qui clignote)

Vérification batterie :

- S'assurer que la batterie est complètement chargée (LED chargeur verte)
- Fixer la batterie sur la drague
- Vérifier le bon câblage de la batterie aux LED
- S'assurer de la bonne tenue de la batterie au chalut à perche

Vérification LED :

- Allumer les LED

### Déploiement/ Récupération du chalut

L'équipage du bord est en charge du déploiement du chalut.

Lors des manœuvres, l'équipe scientifique ne reste pas sur le pont arrière pour ne pas gêner l'équipage et pour des raisons de sécurité.

Afin de pouvoir récupérer les données de la caméra et de changer la batterie, la drague est embarquée sur le pont du navire à la fin de chaque point échantillonné. Cela évite de travailler de façon risquée au-dessus de la lisse du navire.

### Traitement des données

Une fois la caméra remontée à bord et récupérée il faut en extraire les vidéos. Par mesure de précaution les données seront stockées sur 2 disques durs. Les disques durs ne devront pas être stockés proches l'un de l'autre.

### Concaténation des vidéos

Les caméras Gopros enregistrent les données par vidéos de 17 minutes. Les transects durent 10 minutes sur le fond, avec les temps de descente et de remontée, les enregistrements durent plus de 17 minutes. Il est donc nécessaire de fusionner les fichiers vidéos en un fichier vidéo unique.

Pour fusionner les vidéos en une seule vidéo il faut commencer par créer un fichier texte nommé maliste.txt listant le nom des fichiers à fusionner :

```
file GH014377.MP4  
  
file GH024377.MP4
```

Puis il faut lancer une commande ffmpeg dans un terminal ouvert dans le dossier contenant la liste et les fichiers .mp4 :

```
ffmpeg -f concat -safe 0 -i maliste.txt -c copy output.mp4
```

Cette commande peut prendre du temps à se finaliser selon l'ordinateur utilisé et le type de disque (il est conseillé de réaliser cette opération depuis le disque interne de l'ordinateur ou depuis un disque SSD).

Ensuite nous utilisons une commande permettant de couper la vidéo concaténée pour ne garder que 10 minutes de vidéo stabilisée sur le fond et donc supprimer les phases de descente et remontée qui augmentent le volume de données et augmentent le temps d'analyse par l'IA.

```
ffmpeg -i input.mp4 -ss 00:05:00 -to 00:15:00 -c copy output.mp4
```

### **Lecture manuelle des vidéos**

Les vidéos sont analysées manuellement sur VLC en vitesse de lecture x0.5. Un compteur à main est indispensable. En cas de forte abondance d'holothuries, mettre la vidéo en pause.

Si le temps d'analyse estimé est trop long du fait d'une trop forte densité, faire un sous-échantillonnage de la vidéo en lisant uniquement 2 minutes par exemple.