RAPPORT D'EXPERTISE

# Protocole de collecte de données sur le stock de concombre de mer (*Cucumaria frondosa*) à St-Pierre et Miquelon.

Source : Ifremer (mission d'évaluation de stock pectinidés, CCGS Templeman, 2005)

**décembre 2020**

**Rapport préparé par :** Joël Vigneau (HMMN/LRHPB), Herlé Goraguer (RBE/SPM), Eric Foucher (HMMN/LRHPB), Julien Simon (STH/LTBH) ; et la participation des experts du groupe de travail Imagerie de l'Ifremer

**Relecture :** Alain Biseau (RBE), Clara Ulrich (DS

Ce rapport est une réponse à la saisine de la DPMA 20-16044 dont l'expression des besoins est donnée en Annexe.

Les experts ayant réalisé l'expertise ont certifié l'absence de lien d'intérêts avec le demandeur et le sujet de l'expertise.

## Objet de la saisine

Par courrier du 6 octobre 2020, référencé 016044, la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA) souhaite bénéficier de l'expertise de l'Ifremer pour déterminer un protocole de collecte des données sur le stock d'holothuries (*Cucumaria frondosa*) en ZEE de St-Pierre et Miquelon: engin de prélèvement adapté, programmation de campagnes scientifiques, etc… L'objectif à terme est de procéder à une évaluation plus approfondie et régulière des stocks d'holothuries présents en ZEE française, de manière à en assurer une exploitation durable en fixant un TAC et un cadre de gestion adéquats. Ces campagnes scientifiques doivent permettre également de mieux comprendre la dynamique de population de l'holothurie, très mal connue à ce jour. Comme objectif temporel, il est précisé que le premier avis basé sur le nouveau protocole de collecte des données pourrait être rendu en mars 2022 pour une prise en compte effective en termes de gestion lors de la campagne de pêche 2022. La réponse ci-après détaille les éléments de connaissance scientifique sur l'espèce, une perspective historique des captures à St-Pierre et Miquelon, un bref résumé des connaissances acquises lors de l'évaluation *in situ* en 2017 et enfin une proposition de protocole de suivi par campagne scientifique en support aux avis de gestion.

## Contexte de la pêche de l'holothurie à St-Pierre et Miquelon

Dans la saisine, il est rappelé que l'holothurie est une espèce très convoitée par les professionnels de la pêche à Saint-Pierre et Miquelon, en raison de la hausse continue de son prix ces dernières années. Elle était en 2019 la première espèce pêchée en volume et en valeur.

| Année | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TAC (tonnes) | | | | | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1600 | 1400 | 2150 | 1940 |
| Captures (tonnes brut) | 44 | 0 | 14 | 160 | 871 | 316 | 9 | 1248 | 1331 | 1711 | 2068 | 2359 | 1813* |

Table 1 : TAC et captures de 2008 à 2020 pour l'exploitation de l'holothurie à St-Pierre et Miquelon. *Chiffre de captures 2020 provisoires.

A St-Pierre et Miquelon, la pêche a commencé en 2008 et s'est développée à partir de 2012 (table 1). Suite aux captures abondantes de 2012, l'administration de St-Pierre et Miquelon a fixé des règles de capture, avec un quota de 1000 tonnes, une ouverture du 1er juillet au 15 novembre et une taille minimale de 100 mm (information reportée dans le projet d'instruction de la délégation française pour le 20ème CCFC). La valeur du TAC est restée inchangée jusqu'en 2016. En 2015 et 2016, ce TAC a été dépassé (table 1), montrant les premiers signes d'une exploitation plus intense du stock. En 2017, le TAC a fortement augmenté, passant de 1000 à 1600 tonnes (Arrêté préfectoral 465 du 30 juin 2017), alors que la recommandation de l'Ifremer était de conserver une approche de précaution en attente des résultats de la campagne scientifique SPM-HAL à venir en août 2017.

Par la suite et procédant d'une volonté de réduire la pression de pêche sur le stock et préserver la ressource, le TAC pour la campagne de pêche 2018 a été réduit à 1400 tonnes (Arrêté préfectoral 456 du 19 juillet 2018). Néanmoins, en l'absence de précision sur ce qu'elle devait représenter, cette valeur a été considérée comme s'appliquant à du poids net, ce qui, au lieu de la diminution souhaitée a conduit, de facto, à une (forte) augmentation des possibilités de captures puisque correspondant à 2000 tonnes en poids brut, soit 42% au-delà de la valeur initiale souhaitée de 1400 tonnes, et deux fois supérieur au quota deux ans plus tôt.

En 2019, le TAC a été fixé à 2150 tonnes par l'Arrêté préfectoral 302 du 29 mai 2019, qui précise qu'il s'agit de poids vif (brut). Ce TAC est divisé en deux zones, 1860 tonnes en zone habituellement pêchée (zone 2) correspondant à 1300 tonnes en poids net (réduction de 100 tonnes par rapport à 2018), et 290 tonnes en zone plus au Nord (zone 1) en pêche exploratoire. Au total, ce TAC est presque le double de celui que nous recommandions en février 2019 (1200 tonnes en poids brut) et ne permet qu'une réduction marginale de capture en zone 2 eu égard aux augmentations des dernières années, très au-delà du niveau pouvant conduire à une exploitation durable.

En 2020, le TAC a été fixé à 1940 tonnes en poids brut (arrêté du 19 mai 2020 du ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation) correspondant à 140 tonnes en zone 1 et 1800 tonnes en zone 2. Les statistiques provisoires de la saison de pêche 2020, tout juste terminée au moment de l'écriture de ce document, font état d'une capture de 1813~~6~~ tonnes.

## Synthèse des connaissances sur l'espèce

Un résumé des connaissances globales de la biologie de l'espèce *Cucumaria frondosa* est proposé en annexe 1. Les derniers travaux publiés (Mercier *et al*, 2018) font état d'une capacité de l'espèce à parcourir des distances importantes sous l'effet d'un stress. Il a été démontré que deux espèces d'holothuries, vivant sous des climats et environnement radicalement différents (*C. frondosa et H. scabra*) réagissent systématiquement en quelques minutes à des conditions environnementales indésirables et/ou à des densités anormalement élevées. Au lieu d'utiliser leurs podia pour ramper, les holothuries activent un changement de forme corporelle, de teneur en eau (flottabilité) et de force d'attachement au substrat qui leur permet d'être emportées passivement à des vitesses plus de 1000 fois supérieures à celles du rampement. Il n'y a pas de preuve que ce phénomène existe pour le stock du banc St-Pierre, toutefois il pourrait constituer une explication plausible à la perception des professionnels d'un renouvellement rapide des densités précédemment exploitées.

## Résultats campagne SPM HAL 2017

En 2017, l'Ifremer a mené dans les eaux de Saint-Pierre et Miquelon une campagne de recherche multi-thématique (campagne SPM2017), associant océanographie physique, biologie des communautés benthiques et halieutique. Cette campagne de recherche, d'une durée totale de plus d'un mois, a eu vocation d'étudier les processus clés de l'écosystème particulier de Saint-Pierre et Miquelon, à la rencontre de deux courants opposés, l'un froid descendant de l'Arctique (Courant du Labrador) et l'autre chaud remontant des latitudes tropicales (Gulf Stream). La campagne a été effectuée sur le N/O Antéa de la Flotte Océanographique Française, la partie strictement halieutique (SPM2017-Hal) s'étant déroulée du 14 au 26 août 2017. A l'instar des campagnes de prospection précédentes, le protocole d'échantillonnage utilisé lors de SPM2017-Hal a été basé sur les méthodes d'évaluation directe des gisements de pectinidés validées et employées depuis de nombreuses années en France métropolitaine, en baie de Saint-Brieuc comme en baie de Seine, mais également mises en œuvre lors des campagnes de prospection canadiennes. Deux zones de pêche potentielles ont été ciblées lors de cette campagne, la boîte à pétoncles située au sud-ouest de Saint-Pierre, ainsi que le "Corridor" (ou "Tuyau"), partie sud de la ZEE saint-pierraise. Le "corridor", dans lequel se concentre l'essentiel de l'activité de pêche professionnelle au concombre de mer, n'avait jusqu'alors jamais été prospecté. Afin de couvrir l'ensemble de la surface exploitable, un échantillonnage

systématique a été mis en place, avec un nombre de points d'échantillonnage renforcé dans la zone de pêche du concombre située autour des 50 mètres de profondeur (Figures 1, 2 et 4 ci-dessous).

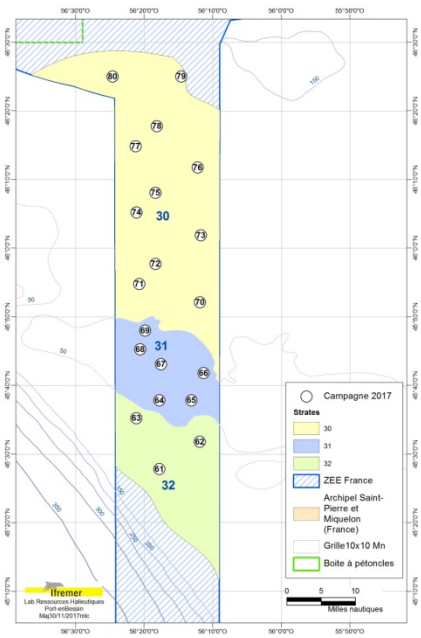



Figure 1 : Stratification du sud (“Corridor”) de la ZEE de Saint-Pierre lors de la campagne SPM2017-Hal.

Les résultats de cette campagne concernaient en premier lieu les deux espèces de pectinidés *Chlamys islandica* et *Placopecten magellanicus*, mais ont également permis de procéder à l’estimation de la biomasse de concombres de mer (*Cucumaria frondosa*). La biomasse totale moyenne dans la boîte à pétoncles a été estimée en 2017 à 5844 tonnes [3573 – 8115 tonnes, IC à 95%], en augmentation de 22% par rapport à la précédente évaluation réalisée en 2011 (4784 tonnes estimées en 2011). 90% de la biomasse exploitable de concombres de mer se trouvait alors dans les eaux françaises (contre seulement 64% en 2011). Dans le « Corridor », la biomasse estimée était importante, particulièrement sur le banc de St-Pierre. Elle représentait en 2017 un total de 24358 tonnes, réparties respectivement en 3529, 15976 et 4853 tonnes pour les trois strates identifiées (30, 31 et 32 au sud).

## Historique des évaluations canadiennes et françaises

Au Canada, l'exploitation des holothuries a commencé en 2003 en pêche expérimentale, puis est devenue officiellement pêche commerciale en 2012. La pêche commerciale se déroule généralement de juin à décembre principalement dans la portion nord de la zone nord-ouest (MPO, 2018, Figure 2). La pêche en zone sud-est n'a été rouverte qu'en 2017 avec l'octroi de permis temporaires à des pêcheurs supplémentaires accompagné d'une augmentation du TAC (Figure 3).

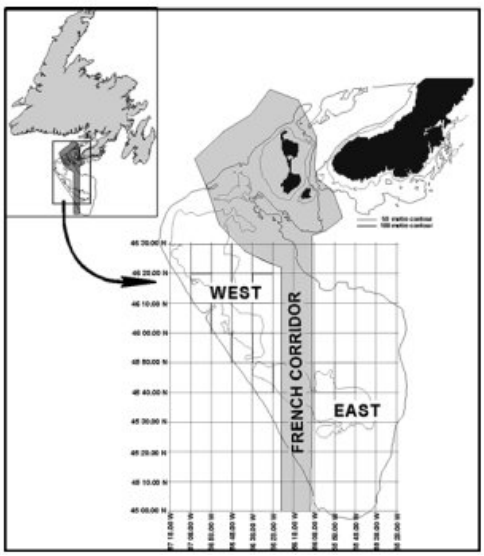



Figure 2 : Périmètre du stock de concombre de mer du banc St-Pierre (West, East et French corridor)

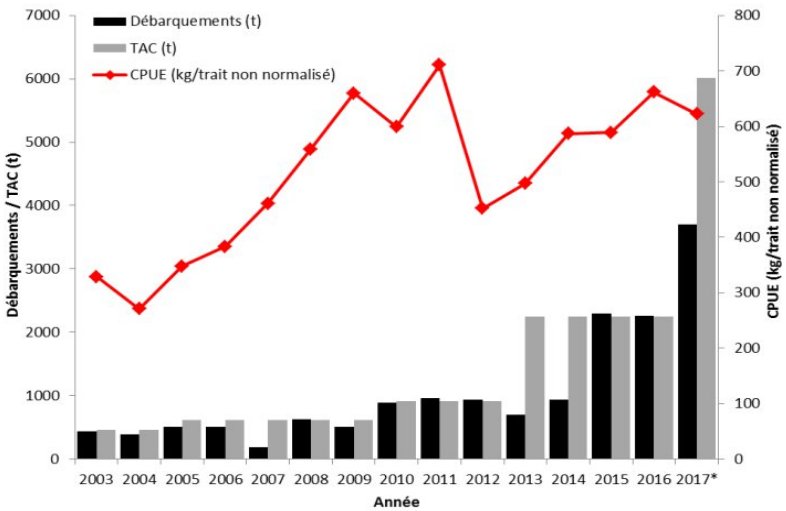



Figure 3 : Tendances sur le plan des débarquements d'holothurie au Canada, du total autorisé des captures (TAC), et des CPUE de la pêche commerciale de 2003 à 2017 au banc de Saint-Pierre.

La première évaluation du stock a eu lieu en 2005 par les canadiens (MPO, 2009). Bien que des problèmes techniques aient affecté la bonne réalisation de la campagne scientifique, et que les

estimations n'aient pas été considérées très fiables, la biomasse a été estimée à 88000 tonnes à l'ouest du corridor français et 212000 tonnes à l'est de ce corridor. En 2005 également, la France évaluait l'état de la ressource en pectinidés dans la zone dite 'boîte à pétoncles' (emplacement donné en figure 4), et estimait par la même occasion la biomasse de *C. frondosa* à 4231 tonnes.

L'évaluation scientifique des canadiens en 2008 (MPO, 2009) faisait état d'une capture de 647 tonnes ce qui correspondait à un taux d'exploitation inférieur à 1%. Les scientifiques du MPO concluaient alors qu'en raison des risques potentiels de surexploitation qui demeuraient inconnus, la pêche devait être développée avec prudence.

En septembre 2011, l'Ifremer a conduit une campagne d'évaluation des stocks de pectinidés (*Chlamys islandicus* et *Placopecten magellanicus*) dans la 'boîte à pétoncles' (Figure 4) à bord du navire professionnel Marcel Angie. Des données complémentaires ont été collectées concernant l'abondance d'holothuries (*C. frondosa*) dans cette zone. La biomasse moyenne estimée était de 4784 tonnes [+/- 1365t.], en légère augmentation par rapport à l'évaluation de 2005. Etant donné que 64% de cette biomasse exploitable se trouvait en ZEE française, on estime qu'un peu plus de 3000 tonnes de biomasse était alors potentiellement exploitable par St-Pierre et Miquelon.

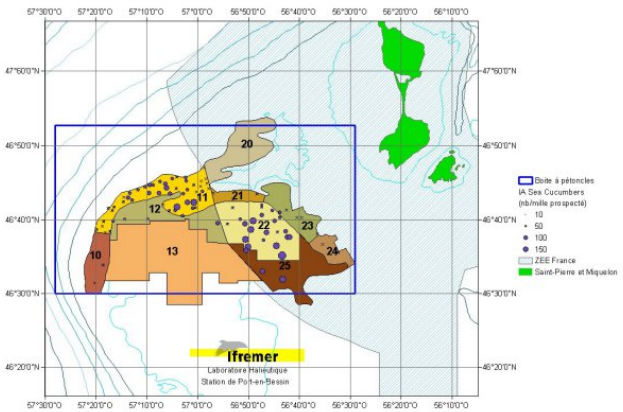



Figure 4 : Indices d'abondance de *C. frondosa* à partir de la campagne d'évaluation française (septembre 2011).

L'évaluation la plus récente du stock de concombre de mer en zone 3Ps par les canadiens date de 2016 (MPO, 2017). Le problème a été que la zone prospectée était incomplète, la zone sud-est ayant été couverte en entier, alors que seulement 23 % de la zone nord-ouest l'avait été. Pour compléter son évaluation, le MPO a réalisé une campagne scientifique dans le reste de la zone nord-ouest en septembre 2017 et mis à jour son rapport d'évaluation (MPO, 2018, Figure 5).

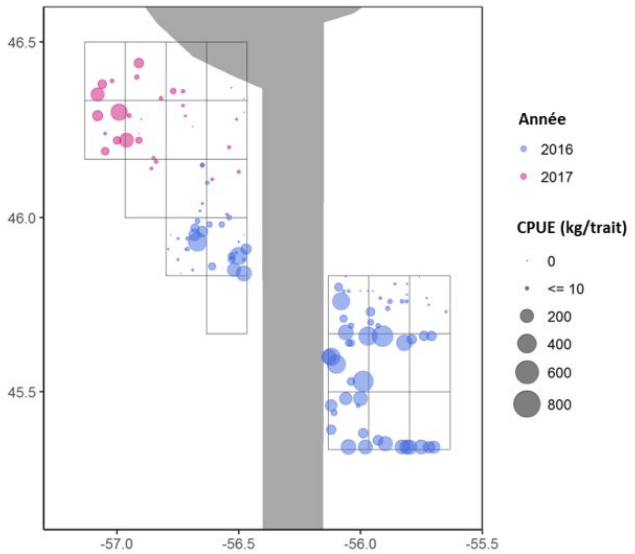



Figure 5 : CPUE (kg/trait normalisé) de l'holothurie des zones sud-est et nord-ouest du banc de Saint-Pierre des campagnes scientifiques de l'holothurie du MPO de 2016 et 2017.

Pour les figures 6 et 7 ci-dessous, l'estimation de 2005 n'est pas considérée comme fiable, en raison de problèmes liés à la configuration des engins. L'année 2005 n'est pas incluse dans la moyenne de 2004-2008. Le point pour ce qui est de la zone nord-ouest en 2017 inclut les données de 2016 et 2017.

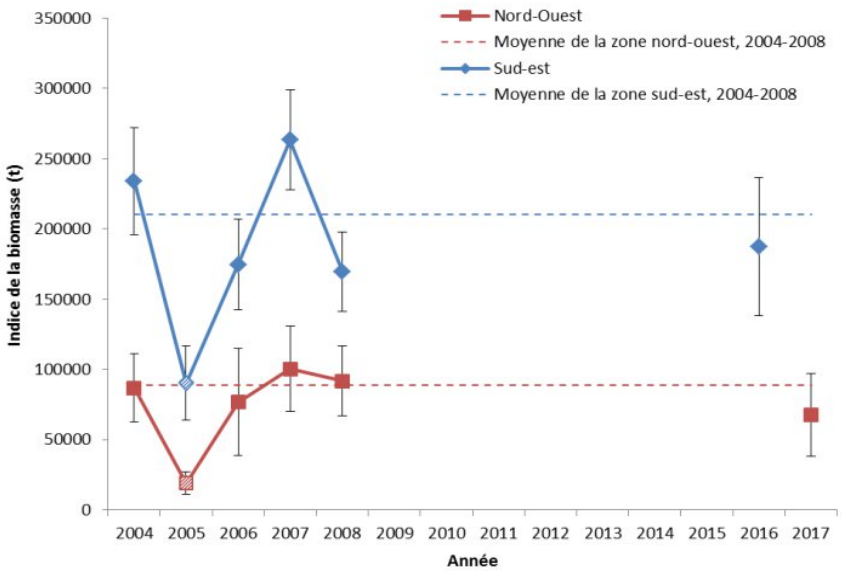



Figure 6 : Indices annuels de la biomasse de l'holothurie des zones sud-est et nord-ouest, de 2004 à 2017 (les barres d'erreur correspondent aux valeurs situées dans l'intervalle de confiance de 95 %).

Dans leurs évaluations, les canadiens du MPO expriment leurs estimations de biomasse et abondance comme indices plutôt que valeurs absolues en raison de l'inconnue du facteur d'efficacité de l'engin de prélèvement. Le calcul des indices utilise 100% comme facteur d'efficacité en dénominateur de l'équation, ce qui conduit à une estimation de biomasse et abondance minimale. L'indice de biomasse mis à jour, obtenu en combinant les données des campagnes scientifiques du MPO de 2016 et 2017, s'élève à 67,6 kt pour ce qui est de la zone nord-ouest. Les deux zones affichent un indice de biomasse légèrement inférieur aux moyennes de 2004-2008 (Figure 6).

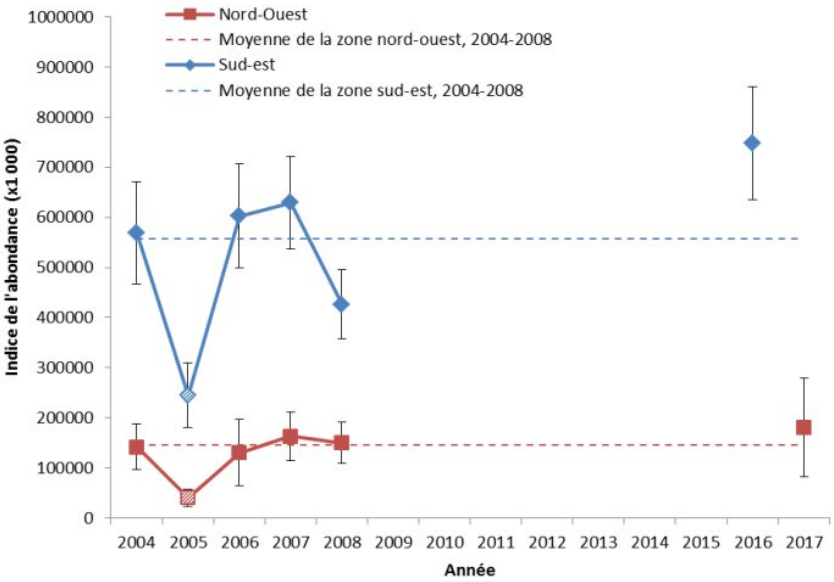



Figure 7 : Indices annuels de l'abondance de l'holothurie des zones sud-est et nord-ouest, de 2004 à 2017 (les barres d'erreur correspondent aux valeurs situées dans l'intervalle de confiance de 95 %).

L'indice d'abondance de l'holothurie, qui englobe à la fois les individus de taille commerciale et ceux de taille inférieure, est beaucoup plus élevé dans la zone sud-est que dans la zone nord-ouest. Les deux zones affichent des indices plus élevés que les moyennes de 2004-2008 (Figure 7), et l'indice d'abondance le plus élevé de la série est celui de la zone sud-est de 2016.

Le rapport scientifique du MPO (2018) conclut : "*étant donné les incertitudes entourant cette espèce sur le banc de Saint-Pierre, aucun fondement scientifique ne permet d'évaluer le risque que poserait une augmentation du niveau de capture. Les taux d'exploitation durable sont inconnus, et compte tenu du faible taux de croissance de l'holothurie de cette région, le maintien d'un taux d'exploitation relativement bas pourrait aider à maintenir la biomasse disponible pour la pêche à plus long terme*."

¶

# Développement d'un cadre pour permettre un avis de gestion annuel

La question de la donnée à acquérir et à rendre disponible pour émettre un avis de gestion annuel appelle une réponse en plusieurs dimensions :

1. Disponibilité de données déclaratives plus fines et détaillées par rapport à ce qui est disponible actuellement ;
2. Evaluation directe de la biomasse avec un plan d'échantillonnage à définir ;
3. Indicateurs à développer sur la base des deux sources de données (point 1 et 2) ;
4. Temporalité de la disponibilité des indicateurs à utiliser pour avis de gestion ;
5. Récurrence de l'évaluation directe avec alternance d'évaluations précises et de mises à jour annuelles plus légères.

## 1.1. Données déclaratives de pêche

Dès 2013, dans un document adressé à la DPMA et partagé avec les parties prenantes de la pêche à St-Pierre et Miquelon (Vigneau *et al*., 2013), l'Ifremer exprimait qu'en l'absence de campagne scientifique, l'analyse des rendements commerciaux constitue un élément de diagnostic et de support à la prise de décision facile et peu coûteux, pour peu que les renseignements concernant l'effort de pêche et les quantités prélevées existent et soient à la bonne échelle.

Malgré de nombreuses réunions sur le sujet et de nombreux essais de résoudre les points bloquants, le système de traitement des données déclaratives des pêcheurs de St-Pierre et Miquelon ne permet toujours pas d'accéder aux informations pertinentes pour un suivi des rendements de pêche. Pour rappel, une procédure combinant les données déclaratives et un suivi par estimation directe serait la solution la plus complète pour développer des avis de gestion.

## 1.2. Evaluation directe de la biomasse

Le choix de l'engin pour l'évaluation de la biomasse d'holothurie dans la ZEE de St-Pierre et Miquelon a donné lieu à une large revue des outils potentiels en lien avec le groupe de travail imagerie de l'Ifremer. Une synthèse des outils disponibles, de leurs avantages et inconvénients est présentée en annexes 2 à 8 sous forme de tableaux et descriptifs détaillés.

### 1.2.1. Choix de l'engin préférentiel

L'observation directe de la ressource en holothurie en ZEE de St-Pierre et Miquelon a eu lieu pour la première fois en 2017 avec un navire océanographique et une drague New Bedford utilisée pour la capture des bivalves (voir section synthèse des connaissances). Cette première observation a montré les possibilités mais aussi les limites de l'exercice, cf. information sur l'engin Drague New Bedford en annexe 2. La demande d'amélioration des connaissances scientifiques sur la dynamique du stock d'holothurie en ZEE/SPM et le besoin d'émettre un avis de gestion annuel sur un stock devenu première ressource exploitée de l'archipel a suscité une réflexion importante à l'Ifremer sur le choix d'un engin à utiliser pour l'estimation directe de biomasse.

De leur côté, les canadiens ont testé depuis quelques années (Hamel et al, 2018) les campagnes scientifiques par système vidéo au large de la côte sud sur le banc de Saint-Pierre dans la subdivision 3Ps de l'Organisation des pêches de l'Atlantique du Nord-Ouest (OPANO). Une première campagne a été effectuée en août 2004 à bord du N/O Shamook à des profondeurs de 45-52 m (3,5-4,5°C), et une deuxième a été réalisée en août 2005 à bord du N/O Templeman à des profondeurs de 41-57 m (2,9-5,0°C). Des images vidéo du fond marin ont été recueillies à l'aide d'un traîneau benthique déployé à l'arrière du navire. Une caméra sous-marine (Simrad OE 1367) a été montée à l'avant du traîneau et a été inclinée légèrement vers le bas. La descente du traîneau a été surveillée à l'aide d'un capteur de profondeur SCANMAR, et la température du fond a été enregistrée à l'aide d'un thermographe VEMCO Minilog-TR. Des transects vidéo ont été réalisés avec succès dans trois stations en 2004 et six en 2005, à une vitesse de remorquage de 2 nœuds et pendant une durée de 0,09 à 0,62 heure sur le fond. Tous les transects ont été effectués de jour.

Depuis le début des années 2000, les scientifiques américains de l'Université du Massachusetts (SMAST - School of Marine Science and Technology Dartmouth - MA), en lien avec l'industrie de la pêche au pétoncle géant *Placopecten magellanicus*, ont mis au point des campagnes d'évaluation de stocks non intrusives basées sur l'utilisation d'un bâti équipé d'un système d'imagerie à haute résolution. Le plan d'échantillonnage utilisé par ces équipes a été adapté à ce système d'imagerie (Stokesbury, 2002 ; Carey and Stokesbury, 2011 ; Stokesbury and Harris, 2013). Ce système de bâti vidéo est aujourd'hui utilisé en routine pour l'évaluation des stocks de pétoncles géants dans les eaux américaines. Il a été récemment testé avec succès pour l'évaluation du stock de concombres de mer dans les eaux canadiennes au sud de la Nouvelle-Écosse (Harper *et al*., 2020).

Des expériences menées par les canadiens et les américains, on peut conclure qu'un système à base de vidéo est pertinent et tout à fait adapté pour évaluer la biomasse d'holothuries. L'implication du groupe de travail Imagerie de l'Ifremer pour développer notre réponse à la saisine a permis de réfléchir à la meilleure solution pour les besoins adaptés au contexte de St-Pierre et Miquelon. Les éléments qui ont prévalu au choix final, sur la base des avantages et inconvénients détaillés en annexe, sont les suivants :

- **L'engin doit pouvoir être opéré par un navire professionnel ;** En effet, l'utilisation d'un navire océanographique peut se concevoir dans une campagne multi-thématique et anticipée (environ deux ans avant) à l'instar de la campagne SPM-HAL 2017. L'idée ici est de pouvoir intervenir dès 2021 et pouvoir procéder ensuite à des estimations annuelles plus légères.
    - Non-compatibles: Scampi, Ulyx
- **Le matériel doit être disponible sur place**; Un matériel disponible ou adapté au contexte de l'étude peut être développé, mais pour une utilisation annuelle, il est préférable que ce matériel soit sur place.
    - Non-compatible: Pagure
- **La technologie utilisée** (opérationnel et traitement de données) **doit contribuer et participer aux réflexions internes de l'Ifremer** sur les innovations à mettre en œuvre dans les estimations de ressources halieutiques.
    - Non compatible : Bâti quadrat US¶
- La technologie utilisée doit être opérée par un **engin non ou très peu perturbateur du milieu**.

- Non compatible : Drague New Bedford équipée vidéo, qui par ailleurs demanderait des adaptations lourdes pour adapter une caméra et des systèmes d'éclairage.

A ce stade, le choix se restreint au chalut perche équipé vidéo en cours de développement dans le cadre du projet Game of Trawl (GoT) et le bâti quadrat disponible à Miquelon. Le traitement des données est identique que ce soit de l'image ou de la vidéo. La comparaison du bâti quadrat US avec le bâti quadrat de Miquelon montre clairement que ce dernier est beaucoup plus petit, et donc la surface photographiée quand le bâti est posé est de l'ordre de 1/20 de $m^2$ à comparer avec $3.2m^2$ par le bâti US. La solution pour augmenter cette surface serait de ne pas poser le bâti sur le fond, mais cela risque d'affecter grandement la précision des photos.

Le choix final s'est porté sur un chalut perche de type Game of Trawl qui dispose des avantages suivants :

- (Très) Peu impactant sur le fond avec ses deux patins aux extrémités ;
- Technologie en cours de développement avec notamment la capacité, à terme, de pouvoir commander à distance une ouverture/fermeture du chalut pour procéder à des prélèvements d'individus ciblés ;
- Traitement automatique d'images en cours de développement ;
- Engin déjà développé et dont les améliorations futures pourront être aisément adaptées à l'engin disponible à St-Pierre et Miquelon ;
- Synergie avec les développements du projet Game of Trawl et configuration simple déjà disponible pour les besoins en 2021.

La proposition est de construire et équiper un chalut perche de type Game of Trawl, le tester en métropole et l'envoyer à St-Pierre et Miquelon avant mi-2021.

### ~~1.2.2.~~ Développement et mise au point du matériel

La construction d'un chalut perche et son équipement avec tout le matériel vidéo à l'identique du chalut actuellement utilisé dans le projet Game of Trawl devrait se faire au premier trimestre 2021. L'objectif serait de pouvoir ~~est de pouvoir~~ tester ce matériel en condition opérationnelle pour un envoi par bateau et une réception à St-Pierre et Miquelon au plus tard début mai 2021.

### ~~1.2.3.~~ Protocole d'échantillonnage

Malgré les précédentes missions d'estimation de biomasse effectuées en 2005, 2011 et 2017 (cf section Historique des avis français et canadiens), il convient de considérer ce protocole comme un tout premier exercice. En effet, au-delà des objectifs différents de chacune des missions précédentes, le besoin de servir de support à un avis de gestion spécifiquement pour le concombre de mer impose plusieurs contraintes :

- Estimer la biomasse dans l'ensemble de la ZEE de St-Pierre et Miquelon ;
- Être le plus précis possible sur les zones actuellement exploitées ;
- Pouvoir conduire une campagne chaque année, à une période compatible avec l'élaboration d'un avis de gestion avant ouverture ;

- Pouvoir procéder rapidement au traitement statistique des données dans le temps imparti par l'avis de gestion ;
- Le tout avec une optimisation des coûts et l'utilisation d'un navire de pêche de St-Pierre et Miquelon pour permettre une récurrence annuelle de l'estimation.

L'objet de la saisine est également clair sur l'attente d'une procédure permettant d'inscrire dans le temps l'émission d'un avis de gestion à partir de 2022, ce qui laisse 2021 en année de test et ajustements pour servir l'objectif ultime.

La procédure la plus commune lorsqu'il s'agit de conduire une première estimation est de définir un plan d'échantillonnage systématique (Cochran, 1977). Il s'agirait donc de quadriller la zone géographique d'intérêt et de procéder à un point de prélèvement par unité d'échantillonnage (transect vidéo). L'analyse de cette première étape permettrait de définir des strates en se basant sur les densités obtenues, mais aussi le substrat, la bathymétrie ou toute autre variable qui sera considérée pertinente. Dès 2022, il serait alors possible de déterminer un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié, qui permettra d'optimiser la variance de l'estimateur (e.g. abondance et biomasse totale) à un coût prédéfini.

Dans le cas d'une absence totale de connaissance sur les habitats et la répartition de la ressource exploitable sur le fond, un quadrillage de l'ensemble de la ZEE de Saint-Pierre et Miquelon devrait être adopté. Afin d'optimiser le temps navire, et pour éviter de prospecter des zones qui ne correspondent pas à l'habitat préférentiel des concombres de mer (zones rocheuses), une approche collaborative avec la profession devrait être établie en amont de la campagne pour mieux cerner les zones potentielles à explorer. Par ailleurs, un échantillonnage systématique dans la partie sud de la ZEE (« Tuyau ») a déjà été effectué lors de la campagne SPM2017-Hal. La principale zone de pêche du concombre est identifiée, et il est d'ores et déjà possible d'envisager sur cette zone un échantillonnage aléatoire stratifié. Il est également possible de s'appuyer sur l'échantillonnage aléatoire stratifié déjà en place dans la partie sud-ouest de la ZEE (« boîte à pétoncles »).

Sur ces différentes bases, à raison d'un point de prélèvement par heure (temps nécessaire entre la mise à l'eau de l'engin, durée de 10 minutes de la traîne vidéo in situ, la récupération de l'engin, et trajets entre points), il serait possible dans le meilleur des cas de prévoir 10 points par jour. Le plan envisagé pour 2021 serait d'utiliser un navire de pêche de St-Pierre et Miquelon pendant 7 jours d'affrètement, en comptant les temps de route entre les différents points et les inévitables aléas, un total de 50 points de prélèvement est envisageable : 3 jours (entre 15 et 25 points) dans le « Tuyau », 2 jours (entre 10 et 20 points) dans la « Boîte à pétoncles » et 2 jours (entre 10 et 20 points) dans les eaux de l'Ouest de l'archipel.

Les personnels impliqués dans le projet seraient :

- Le délégué Ifremer de St-Pierre et Miquelon pour la relation avec les acteurs de la filière, la logistique sur place, le suivi des actions de terrain et la relecture des livrables ;
- Les experts du laboratoire halieutique de Lorient (STH/LTBH) pour la conception de l'engin et le suivi de son utilisation en condition opérationnelle, ainsi que dans l'exploitation des images vidéo en visuel et en apprentissage machine ;
- Les experts du laboratoire halieutique de Port-en-Bessin (HMMN/LRHPB) pour la préparation des plans d'échantillonnage, la mise en œuvre de la campagne scientifique, l'écriture des livrables et la production des avis de gestion ;

- Les experts en imagerie de l'Ifremer pourraient être associés à tous les travaux pour participer et bénéficier d'une expertise collective sur le sujet.

### ~~1.2.4.~~ Location du navire

Les spécificités demandées pour un navire support à la mission sont :

- La possibilité de travailler à vitesse réduite ;
- La possibilité de traîner un engin de type chalut à perche ;
- La disponibilité d'une pièce ou d'un espace dédié au récepteur vidéo ;
- La possibilité d'embarquer au moins 3 scientifiques pour plusieurs jours ;
- Être disponible pour 5 à 7 jours de travail au mois de mai.

Sur l'archipel, un nombre très restreint de navires répond à ces contraintes. Il serait néanmoins **préférable de passer par une offre au marché pour le choix définitif du candidat** retenu. Le tarif de location par jour a été estimé arbitrairement et inclus dans les éléments de budget (table 2).

### ~~1.2.5.~~ Identification visuelle des holothuries

À terme, l'objectif est de pouvoir développer une analyse d'image automatisée pour réduire le temps de traitement des vidéos. Cette automatisation, prévue dans le cadre du projet Game of Trawl, serait intégrée au projet holothurie dès que possible, mais il conviendrait de procéder à un apprentissage logiciel (machine learning) pour une identification précise et fiable de l'espèce *Cucumaria frondosa* auparavant, ce qui pourrait nécessiter plusieurs années.

En attendant, une identification visuelle serait mise en œuvre, Une attention particulière serait accordée à cette première identification, en multipliant les lecteurs d'une même séquence et en demandant également aux lecteurs de répliquer la lecture de plusieurs de leurs propres séquences. L'objectif est de pouvoir quantifier l'erreur de lecture selon les deux perspectives intra et inter-lecteurs.

L'engin utilisé permettrait de combiner analyse vidéo et capture d'individus. Pendant la première phase il serait important de combiner vidéo+chalut pour valider les estimations basées sur la vidéo en termes de nombres, classes de taille, biomasse, etc. Dans les années suivantes, seule la vidéo pourrait être utilisée pour limiter les impacts, si les données d'imageries obtenues s'avèrent suffisamment robustes.

Les données ainsi collectées seraient saisies dans un logiciel communément utilisé lors des campagnes scientifiques pour une bancarisation dans la base de données Harmonie du SIH de l'Ifremer. Le projet pourrait ainsi bénéficier des développements continus de l'outil en termes de validation et contrôle qualité.

### ~~1.2.6.~~ Mesure de la taille des holothuries

L'estimation de la biomasse d'holothuries par comptage vidéo devrait être basée sur une qualification des tailles des individus. Dans un premier temps, une approche pragmatique serait recherchée afin d'estimer une taille moyenne et discriminer a minima les pré-recrues des individus ayant la taille

minimale de capture. A terme, il serait important d'affiner l'estimation des tailles de la population, en utilisant les recommandations de Harper et al (2020). Dans sa publication de 2020, Harper et al indiquent en effet que les mesures qui tiennent compte de la taille globale du corps de l'holothurie *Cucumaria frondosa*, telles que les indices de taille intégrant la longueur et la largeur (ou les 2 axes tels que figure 8 ci-dessous), permettent une plus grande précision dans l'estimation du poids que les mesures uniques de la longueur ou de la largeur uniquement. La prise des deux mesures permet de tenir compte du fait que *C. frondosa* se contracte le long d'un axe et s'étend sur l'axe perpendiculaire. Les mesures de la longueur ou de la largeur seules entraînent une sous-estimation ou une surestimation de la biomasse, ce qui a d'importantes implications en matière de gestion.
¶

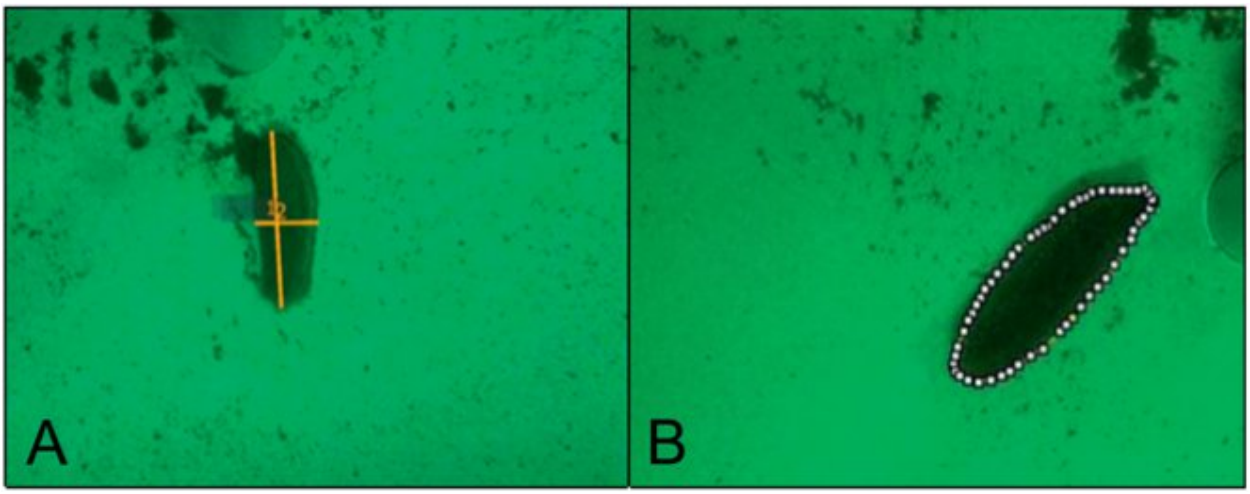



Figure 8. Exemples de mesures prises à partir d'images de concombres de mer : (Image A) les lignes de longueur et de largeur tracées perpendiculairement l'une à l'autre et (Image B) le concombre de mer détouré le long du périmètre (à l'exclusion des tentacules étendues) pour que le logiciel de traitement d'image puisse calculer la surface (Harper et al, 2020).

### ~~1.2.7.~~ Traitement statistique

Les livrables à produire en 2021 seraient une estimation de l'abondance et de la biomasse de concombre de mer dans la ZEE de St-Pierre et Miquelon, avec les incertitudes associées, et une analyse en vue de proposer un plan d'échantillonnage à mettre en œuvre en 2022. Ces livrables pourraient être l'occasion d'échanger avec la DPMA et les acteurs de la filière à St-Pierre et Miquelon pour rechercher le meilleur compromis qualité/coût à partir de 2022.

## Synthèse de la réponse à la saisine

Afin de procéder à une évaluation approfondie et régulière des stocks d'holothuries (*Cucumaria frondosa*) présents dans la ZEE française de St-Pierre et Miquelon, de nombreux experts de l'Ifremer, dont les experts en imagerie scientifique, ont mené une réflexion globale afin d'élaborer une réponse permettant de développer un protocole de collecte des données sur ce stock. L'objectif de l'Ifremer est de considérer la demande faite sur les holothuries comme un élément dans la stratégie d'acquisition de compétences dans le domaine des campagnes basées sur de l'imagerie numérique. C'est ainsi que le protocole proposé s'appuie sur un engin déjà rôdé dans le cadre d'un autre projet,

et capitalise~~ra~~ sur les compétences déjà acquises et sur les développements à venir, notamment en reconnaissance automatique d'images.

La réponse proposée tient compte également des échéances attendues, à savoir être en capacité d'émett~~er~~re un avis de gestion à partir de la saison de pêche 2022. La proposition budgétaire s'étale ainsi sur trois ans, avec une première année d'apprentissage, test grandeur nature, développement de scripts de traitement et proposition de plan d'échantillonnage optimisé. A partir de la 3ème année le projet devrait être suffisamment mature pour continuer dans une configuration optimisée en récurrence annuelle. La réflexion portée dans ce document ne concerne que les années 2021 à 2023, car de nombreux points sont susceptibles d'évoluer pendant cette période initiale par rapport à la présente proposition.

Il est noté l'importance de pouvoir commencer très tôt en 2021 à passer les commandes pour l'achat du nouveau matériel, qui sera acheminé à St-Pierre et Miquelon en avril 2021 pour une première mission à la mer en mai. Le mois de mai serait le mois préférentiel pour réaliser la campagne scientifique en mer, entre la fin de l'hiver et ses conditions météorologiques défavorables et le temps nécessaire à procéder au traitement des données et à un avis de gestion préalable à la campagne de pêche.

Les livrables proposés sont les suivants :

- Décembre 2021 : Rapport de campagne 2021, détaillant le matériel développé, les tests réalisés, le protocole mis en place et les résultats obtenus (abondance, biomasse) :
- Décembre 2021 : Rapport détaillant le protocole à mettre en place pour une évaluation du stock d'holothurie en ZEE de St-Pierre et Miquelon ;
- Juin 2022 et années suivantes : Avis de gestion basé sur les résultats de la campagne annuelle.

## Budget prévisionnel

Un budget estimatif est donné dans le tableau 2 et inclut :

- Un coût en personnel plus important en 2021 incluant le développement du prototype et le besoin pour l'expert de cette technologie de venir sur place à St-Pierre les deux premières années. A partir de 2023, seul le personnel en charge des opérations d'échantillonnage et traitement de la donnée sont comptabilisés ;
- Un investissement en matériel la première année avec un acheminement sur St-Pierre et un budget de maintenance pour les suivantes ;
- Une location de navire de 7 jours en 2021 et 5 jours les années suivantes.

| | 2021 | 2022 | 2023 + |
|---|---|---|---|
| **Coûts estimés** | **150 000** | **100 000** | **70 000** |

Table 2 : coûts par année (en euros)

¶

## Planning prévisionnel des actions

| | Jan 2021 | Fev 2021 | Mar 2021 | Avril 2021 | Mai 2021 | Juin 2021 | ... | Dec 2021 | ... | Mai 2022 | Juin 2022 | ... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Commande du matériel | | | | | | | | | | | | |
| Fabrication du chalut perche équipé vidéo | | | | | | | | | | | | |
| Envoi du chalut à SPM | | | | | | | | | | | | |
| Choix du navire | | | | | | | | | | | | |
| Mission en mer 2021 | | | | | | | | | | | | |
| Traitement des données | | | | | | | | | | | | |
| Rapport biomasse et plan d'échantillonnage | | | | | | | | | | | | |
| Mission en mer 2022 | | | | | | | | | | | | |
| Avis de gestion pour la saison de pêche 2022 | | | | | | | | | | | | |

Table 3 : planning prévisionnel des actions

## Références


Carey J.D. and Stokesbury K.D.E., 2011. An Assessment of Juvenile and Adult Sea Scallop, *Placopecten magellanicus*, Distribution in the Northwest Atlantic using High-Resolution Still Imagery. J. of Shellfish Research, 30(3):569-582 (2011). https://doi.org/10.2983/035.030.0301

Chen, J. 2004. Present status and prospects of sea cucumber industry in China. In Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 463. Edited by A. Lovatelli, C. Conand, P. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel and A. Mercier. Rome, FAO. pp. 25- 38.

Francour, P. 1997. Predation on holothurians: A literature review. Invertebr. Bioi. 116: 52-60.

Hamel, J.-F. and Mercier, A. 1996a. Early development, dettlement, growth, and spatial distribution of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Echinodermata: Holothuroidea). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 253-271.

Hamel, J.-F., and Mercier, A. 1996b. Gonad morphology and gametogenesis of the sea cucumber *Cucumaria frondosa*. S.P.C. Beche-de-mer Inf. Bull. 8: 22-33.

Hamel, J.-F., and Mercier, A. 1996c. Gamete dispersion and fertilization success of the sea cucumber *Cucumaria frondosa*. S.P.C Beche-de-mer Inf. Bull. 8: 34-40.

Hamel, J. -F. and Mercier, A. 1999. Mucus as a mediator of gametogenic synchrony in the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea: Echinodermata). J. Mar. Bio. Assoc. U.K 79: 121-129.

Hamel, J.F. and Mercier, A. 2008. Precautionary management of *Cucumaria frondosa* in Newfoundland and Labrador, Canada. In V. Toral-Granda, A. Lovatelli and M. Vasconcellos (eds.). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO. pp. 293-306.

Harper, D., Bethoney, N. D., Stokesbury, K. D., Lundy, M., McLean, M. F., Stokesbury, M. J. 2020. Standard methods for the collection of morphometric data for the commercially fished sea cucumber Cucumaria frondosa in Eastern Canada. Journal of Shellfish Research, Vol. 39, No. 2, 481–489, 2020.

Legault, C., and Himmelman, J. H. 1993. Relation between escape behaviour of benthic marine invertebrates and the risk of predation. J. Exp. Mar. Bioi. Ecol. 170: 55-74.

Levitan, D.R., and Petersen, C. 1995. Sperm limitation in the sea. Trends Ecol. Evol. 10: 228-231.

Mamelona, J., Pelletier, E, Girard-Lalancette, K., Legault, J., Karboune, S., and Kermasha, S. 2007. Quantification of phenolic contents and antioxidant capacity of Atlantic sea cucumber, *Cucumaria frondosa*. Food Chern. 104: 1040-1047.

Medeiros-Bergen, D.E., Olson, R.R., Conroy, J.A., and Kocher, T.D. 1995. Distribution ofholothurian larvae determined with species-specific genetic probes. Limnol. Oceanogr. 40: 1225-1235.

MPO. 2009. Évaluation de la ressource du concombre de mer (*Cucumaria frondosa*) sur le Banc de Saint-Pierre dans la sous-division 3Ps de l'OPANO. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis scientifique 2009/044.

MPO 2014. Evaluation de la pêche au concombre de mer des eaux côtières du Québec en 2013. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis scientifique 2014/054

MPO. 2017. Une évaluation de l'holothurie (Cucumaria frondosa) sur le banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) en 2016. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2017/029.

MPO. 2018. Mise à jour sur la situation du stock d'holothuries de la sous-division 3Ps de l'OPANO. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Réponse des sciences 2018/010.

Purcell, S.W., Mercier A., Conand C., Hamel J.F., Toral-Granda V. Lovatelli A. Uthicke S. (2013). Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries , 2013, 14, 34–59

Stokesbury K.D.E., 2002. Estimation of sea scallop abundance in closed areas of Georges Bank, USA, Transactions of the American Fisheries Society, 131 (6), 1081-1092.

Stokesbury K.D.E and B.P. Harris, 2013. Theories on the influence of environment on Atlantic sea scallop distribution, abundance and recruitment. ICES/WGScallops, Galway 2013, 45 slides.

Therkildsen N.O., Petersen C.W. (2006) A review of the emerging fishery for the sea cucumber *Cucumaria frondosa*: Biology, policy, and future prospects. SPC Beche-de-mer Information Bulletin #23 – February 2006

Uthicke, S., and Conand, C. 2005. Local examples of beche-de-mer overfishing: An initial summary and request for information. SPC Beche-de-mer Inf. Bull. 21: 9-14.

Vigneau Joel, Goraguer Herle, Biseau Alain, Mahe Jean-Claude, Laurans Martial, Foucher Eric (2013). St-Pierre et Miquelon : Perspectives pour une exploitation durable des ressources halieutiques. DPMA - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture. Ref. RBE/EDERU/13-4834 , 6p. https://archimer.ifremer.fr/doc/00125/23636/

# Annexe 0 – Fiche d'expression des besoins (saisine DPMA 20-16044) ¶

**FICHE D'EXPRESSION D'UN BESOIN DE SAISINE DE L'IFREMER**

## Objet de la saisine

Etablissement d'un protocole de collecte de données sur le stock d'holothurie (*Cucumaria frondosa*) dans la zone économique exclusive de Saint-Pierre-et-Miquelon dans le but de procéder, à terme, à une évaluation du stock permettant d'en améliorer la gestion.

## Contexte

L'holothurie, dont les stocks sont mal connus, est une espèce très convoitée par les professionnels de la pêche à Saint-Pierre-et-Miquelon, en raison de la hausse continue de son prix ces dernières années. Elle était en 2019 la première espèce pêchée en volume et en valeur à Saint-Pierre et Miquelon.

L'Ifremer a procédé, en 2017, à une estimation du stock dans la zone dite « zone 2 » ou zone du « tuyau », connue pour avoir un gisement plus abondant. Cette estimation permet aujourd'hui à l'Ifremer de rendre des avis scientifiques annuels, en appui des décisions de gestion et notamment de la fixation du TAC.

Les derniers avis scientifiques de l'Ifremer rendus en 2019 et 2020, qui s'appuient également sur les données issues des campagnes scientifiques canadiennes, ont fait part de taux d'exploitation dans la ZEE française estimés comme très supérieurs (entre 6 et 8 % entre 2018 et 2019) aux seuils couramment admis pour une exploitation durable (entre 2 et 4 %).

L'objectif est désormais de procéder à une évaluation plus approfondie et régulière des stocks d'holothurie présents en ZEE française, de manière à assurer une exploitation durable du stock en fixant un niveau de TAC et un cadre de gestion adéquats.

Dans ce contexte, la DPMA souhaite bénéficier de l'expertise de l'Ifremer pour déterminer un protocole de collecte des données : engin de prélèvement le mieux adapté, programmation de campagnes scientifiques, etc., dont l'objectif serait à terme de permettre une évaluation plus précise du stock présent en ZEE française mais également de mieux comprendre la dynamique de population de l'holothurie, très mal connue à ce jour.

En parallèle, la DPMA a pris note qu'un travail doit être fait, en lien avec la DTAM de Saint-Pierre-et-Miquelon, sur les données déclaratives des armements, de manière à ce que l'Ifremer puisse les analyser et apporter des précisions utiles dans ses avis scientifiques.

## Suites prévues et calendrier prévisionnel

Si les conclusions rendues par l'Ifremer le permettent, le premier avis scientifique basé sur ce nouveau protocole de collecte des données pourrait être rendu en mars 2022 pour une prise en compte effective en termes de gestion lors de la campagne de pêche 2022.

¶

**FICHE D'EXPRESSION D'UN BESOIN DE SAISINE DE L'IFREMER**

## Objet de la saisine

Etablissement d'un protocole de collecte de données sur le stock d'holothurie (*Cucumaria frondosa*) dans la zone économique exclusive de Saint-Pierre-et-Miquelon dans le but de procéder, à terme, à une évaluation du stock permettant d'en améliorer la gestion.

## Contexte

L'holothurie, dont les stocks sont mal connus, est une espèce très convoitée par les professionnels de la pêche à Saint-Pierre-et-Miquelon, en raison de la hausse continue de son prix ces dernières années. Elle était en 2019 la première espèce pêchée en volume et en valeur à Saint-Pierre et Miquelon.

L'Ifremer a procédé, en 2017, à une estimation du stock dans la zone dite « zone 2 » ou zone du « tuyau », connue pour avoir un gisement plus abondant. Cette estimation permet aujourd'hui à l'Ifremer de rendre des avis scientifiques annuels, en appui des décisions de gestion et notamment de la fixation du TAC.

Les derniers avis scientifiques de l'Ifremer rendus en 2019 et 2020, qui s'appuient également sur les données issues des campagnes scientifiques canadiennes, ont fait part de taux d'exploitation dans la ZEE française estimés comme très supérieurs (entre 6 et 8 % entre 2018 et 2019) aux seuils couramment admis pour une exploitation durable (entre 2 et 4 %).

L'objectif est désormais de procéder à une évaluation plus approfondie et régulière des stocks d'holothurie présents en ZEE française, de manière à assurer une exploitation durable du stock en fixant un niveau de TAC et un cadre de gestion adéquats.

Dans ce contexte, la DPMA souhaite bénéficier de l'expertise de l'Ifremer pour déterminer un protocole de collecte des données : engin de prélèvement le mieux adapté, programmation de campagnes scientifiques, etc., dont l'objectif serait à terme de permettre une évaluation plus précise du stock présent en ZEE française mais également de mieux comprendre la dynamique de population de l'holothurie, très mal connue à ce jour.

En parallèle, la DPMA a pris note qu'un travail doit être fait, en lien avec la DTAM de Saint-Pierre-et-Miquelon, sur les données déclaratives des armements, de manière à ce que l'Ifremer puisse les analyser et apporter des précisions utiles dans ses avis scientifiques.

## Suites prévues et calendrier prévisionnel

Si les conclusions rendues par l'Ifremer le permettent, le premier avis scientifique basé sur ce nouveau protocole de collecte des données pourrait être rendu en mars 2022 pour une prise en compte effective en termes de gestion lors de la campagne de pêche 2022.

## Nature du travail demandé

Déterminer un protocole de collecte des données : engin de prélèvement le mieux adapté, programmation de campagnes scientifiques, etc., dont l'objectif serait à terme de permettre une évaluation plus précise du stock d'holothurie présent en ZEE française mais également de mieux comprendre la dynamique de population de l'holothurie, très mal connue à ce jour.

## Précisions sur les données ou méthodologies à utiliser

## Rendus attendus et délais

Une première proposition de protocole de collecte des données, accompagnée d'un calendrier et d'un état des lieux des données existantes, est attendue pour le 15 décembre 2020.

Selon le protocole et le calendrier déterminés par l'Ifremer, une première campagne scientifique pourrait débuter au moment de la campagne de pêche 2021.

Par ailleurs, l'avis Ifremer habituel sur le stock est attendu pour mars 2021, de manière à adapter les mesures de gestion et le niveau du TAC avant le début de la campagne de pêche, en juin 2021.

D'une manière générale, l'objectif est que le protocole de collecte et d'analyse des données proposé permette de produire d'une part un avis scientifique annuel, se basant sur les données recueillies par exemple *via* des observateurs embarqués, et de réaliser d'autre part, à échéance moins régulière, une campagne scientifique approfondie à l'aide de moyens dédiés (navire scientifique).

La réalisation de ces actions de collecte et d'analyse des données nécessitera un paragraphe dédié dans la convention socle 2021.

## Date de publication de la saisine sur le site Archimer (accessible au grand public)

12 octobre 2020

## Annexe 1 - Biologie de l'espèce *Cucumaria frondosa*

Les holothuries, également appelés concombres de mer ou limaces de mer, sont des membres omniprésents des communautés benthiques s'étendant des pôles à l'équateur et des côtes aux fosses abyssales, où ils peuvent représenter jusqu'à 95% de la biomasse totale (Heezen & Hollister, 1971 in Mercier *et al,* 2018). L'espèce *Cucumaria frondosa* est commune dans l'Arctique et des deux côtés de l'océan Atlantique Nord (Hamel & Mercier, 2008a). Plusieurs espèces d'holothuries, dont C. frondosa, sont également exploitées commercialement dans plusieurs régions du globe (Purcell, Samyn, & Conand, 2012 ; Purcell et al., 2013). Le célèbre modèle d'expansion et d'effondrement des pêcheries commerciales a conduit les espèces les plus prisées au bord de l'extinction, ce qui leur a valu une place sur la liste rouge des espèces menacées de l'UICN (Anderson, Flemming, Watson et Lotze, 2011; Purcell, Polidoro, Hamel, Gamboa et Mercier, 2014). En plus d'être l'un des fruits de mer de luxe les plus recherchés, les holothuries jouent un rôle essentiel dans plusieurs environnements marins, de la bioturbation au recyclage des nutriments (Purcell, Conand, Uthicke, & Byrne, 2016).

L'espèce *Cucumaria frondosa* est le concombre de mer le plus courant dans l'Atlantique Nord et peut se trouver à des densités de 5 à 50 individus $m^2$ (Hamel et Mercier 1995), bien que sa répartition soit inégale dans certaines régions (Therkildsen et Petersen, 2006). Les principaux prédateurs de concombres de mer sont les étoiles de mer (Legault et Himmelman 1993; Francour, 1997) et dans une moindre mesure les poissons et les crustacés. Aux stades de larve et juvénile, les concombres de mer sont sujets à la prédation par des brouteurs comme l'oursin vert *Strongylocentrotus droebachiensis* (Hamel et Mercier 1996a, 2008).

La gamétogenèse de *C. frondosa* commence en janvier en lien avec la photopériode croissante. Le frai se produit annuellement entre février et juin avec des variations entre les régions (Hamel et Mercier 1996b, d, 2008). L'abondance élevée du phytoplancton et les cycles de marée agissent comme des signaux de fraie (Hamel et Mercier 1996b, 1999, 2008). Les mâles libèrent des spermatozoïdes d'abord qui déclenchent chez les femelles la libération ultérieure d'ovocytes rouges à forte flottaison (Hamel et Mercier 1996c, 2008). Les oeufs de concombres de mer fécondés et flottants se retrouvent à des densités élevées dans la colonne d'eau et s'y développeront pendant environ 6 semaines, selon les conditions environnementales (Hamel et Mercier 1996, Medeiros *et al*., 1995).

Le principal produit commercial de concombre de mer (*Cucumaria frondosa*) est fabriqué à partir de la paroi bouillie et séchée du corps de l'animal. Les bandes musculaires, gonades et les tentacules oraux sont également des produits comestibles, ce qui fait que près de 90% de l'animal est comestible. Le concombre de mer est faible en matières grasses, riches en protéines et contient de nombreux éléments essentiels comme des acides aminés. Les concombres de mer séchés sous forme de capsule sont commercialisés comme supplément de santé qui peut être un traitement utile pour l'anémie, l'arthrite, les ulcères et le cancer (Chen 2004; Mamelona et *al*., 2007).

La compréhension actuelle de la biologie des holothuries, y compris la stratégie du cycle de vie, la structure/connectivité des populations et la biogéographie, tourne autour de la notion d'un adulte sédentaire avec un stade larvaire dispersif. De nombreuses espèces sont classées comme sessiles (Grantham et al., 2003), et les estimations du déplacement benthique par rampement vers l'avant chez les juvéniles et les adultes vont de quelques centimètres à quelques mètres par jour. En outre, certaines espèces côtières (dont C. frondosa) peuvent présenter des contractions accrues

lorsqu'elles rencontrent un prédateur (par exemple Legault & Himmelman, 1993 ; Margolin, 1976 ; So, Hamel, & Mercier, 2010), bien que ces réactions de fuite soient de courte durée et ne soient pas considérées comme de véritables moyens de locomotion.

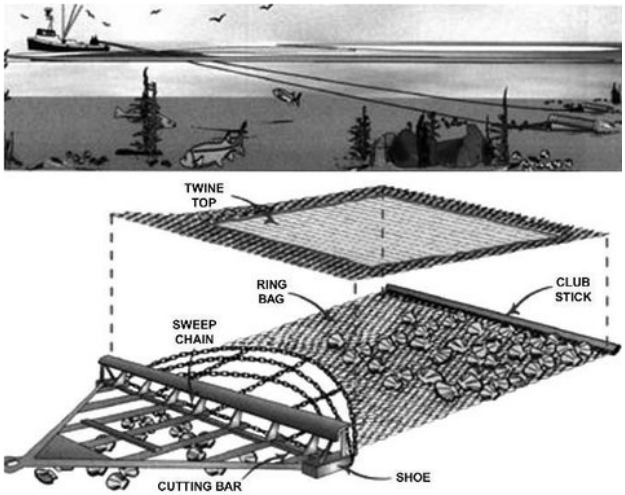
L'étude de Hamel et al (2018) met en évidence une stratégie différente, sous la forme d'une alternance active entre mouvement autodirigé et transport physique, qui évoque des schémas de locomotion benthique potentiellement plus fréquents et plus prévisibles sous contrôle environnemental. Il a été démontré que deux espèces de climats et d'environnements radicalement différents (C. frondosa et H. scabra) réagissent systématiquement en quelques minutes à des conditions environnementales indésirables et/ou à des densités congénitales anormalement élevées. Au lieu d'utiliser leurs podia pour ramper, elles activent un changement de forme corporelle, de teneur en eau (flottabilité) et de force d'attachement au substrat qui leur permet d'être emportées passivement à des vitesses plus de 1000 fois supérieures à celles du rampement.

La partie expérimentale sur C. frondosa a mis en évidence les différents avantages de l'ajustement actif de la flottabilité (AAF), qui pourrait permettre un certain niveau de contrôle sur son utilisation et ses résultats. Lorsqu'elle est déclenchée par une augmentation de la densité des congénères (faible réponse), seuls un ballonnement minimal (augmentation d'environ 40 % du rapport eau/chair) et un détachement ont été constatés chez C. frondosa. Dans les conditions de laboratoire, ce comportement a persisté pendant des jours ou des semaines, tant que la densité des congénères n'a pas diminué, et a perturbé l'alimentation normale (qui nécessite une fixation ferme au substrat et le déploiement des tentacules buccaux). Cette faible réaction de l'AAF peut s'apparenter à un état de veille, permettant à l'individu d'être emporté de manière opportuniste. Ce mécanisme peut empêcher l'accumulation d'holothuries au niveau des goulets d'étranglement en aidant à redistribuer les individus de manière plus égale après des événements de migration physique de masse. Ces derniers semblent se produire en réponse à un stress plus important, comme une baisse soudaine de la salinité ou une augmentation de la turbidité, qui a déclenché une réponse AAF plus sévère dans les essais (>700% d'augmentation du rapport eau:chair). Comme les autres échinodermes, les holothuries ont une capacité d'osmorégulation limitée qui les rend sensibles aux faibles salinités (Meng, Dong, Dong, Yu, & Zhou, 2011).

La présence d'AAF dans les Holothuries revêt également une grande importance pour leur gestion et leur conservation, car elles sont la cible d'importants programmes de pêche et d'aquaculture (Hamel & Mercier, 2008a ; Purcell et al., 2013, 2014). Des réponses rapides à l'AAF pourraient expliquer pourquoi des zones de pêche bien connues pour C. frondosa peuvent commencer à produire des prises considérablement réduites sur de courtes périodes, et se rétablir à nouveau (réunion de Quin Sea Ltd., 13 décembre 2017). L'activité de chalutage de fond est connue pour générer une turbidité accrue (Palanques, Guillén, & Puig, 2001), ce qui déclenche probablement l'AAF et réduit momentanément la capturabilité globale (car les individus à flottabilité neutre rebondissent probablement sur l'engin et peuvent dériver). Ces variations soudaines de la capturabilité de *C. frondosa* dues à l'AAF ont non seulement un impact sur les pêcheries, mais doivent également être prises en compte lors des évaluations des stocks. D'autre part, certaines zones peuvent fonctionner comme des goulots d'étranglement où les holothuries s'accumulent de façon transitoire après des événements AAF de masse, comme on le soupçonnait de se produire dans l'environnement de marée très dynamique de la baie de Passamaquoddy. Si ces zones devenaient des cibles par les pêcheries, l'augmentation des captures pourrait épuiser la ressource à un rythme beaucoup plus rapide que celui estimé par les programmes de surveillance. En outre, les changements climatiques

entraîneront probablement une augmentation de la fréquence et/ou de la gravité des tempêtes et des saisons des pluies, ce qui stimulera l'AAF et les comportements de culbutage/flottage au cours des prochaines années, ce qui pourrait modifier la dynamique des populations et l'aire de répartition des holothuries. Pour toutes ces raisons, il convient désormais d'accorder une plus grande attention à l'AAF en brossant un tableau plus holistique de l'écologie et de la biogéographie des espèces benthiques dites sédentaires.

# Annexe 2 : Drague New Bedford



| **Drague New Bedford** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : b<br>Opéré par navire Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : X<br>Temps nécessaire<br>• Au transit -<br>• A la mise en oeuvre -<br>• Au traitement -<br><br>Coût total : € | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Engin utilisé par les pros<br>• Méthode connue et éprouvée | • Impact sur le fond<br>• Efficacité et sélectivité inconnues<br>• Pas de vidéo |

| **Drague New Bedford instrumentée vidéo** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : b<br>Opéré par navire Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : X<br>Temps nécessaire<br>• Au transit **-**<br>• A la mise en oeuvre **+**<br>• Au traitement **++**<br><br>Coût total : €<br><br>possibilité pilotage chaine ? | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Engin utilisé par les pros<br>• Peut être opéré par un navire scientifique ou un navire pro<br>• Méthode connue et éprouvée<br>• Vidéo (coût relativement faible 5K€) | • Jamais essayé<br>• Impact sur le fond<br>• Efficacité et sélectivité inconnues<br>• Pas de retour vidéo en direct |

## Annexe 3 : Pagure

Photo source Ifremer

Le "PAGURE" est un traineau vidéo remorqué en contact avec le fond marin.

| **Pagure** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : p<br>Opéré par navire Scientifique : p<br>Retour vidéo en direct : X<br>Temps nécessaire<br>• Au transit +<br>• A la mise en oeuvre +<br>• Au traitement ++<br><br>Coût total : €€ | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Engin utilisé fréquemment<br>• Mise en oeuvre rapide et facile manoeuvrable à bord de petits navires pros<br>• Vitesse de traine 0,8nds à 1,5nds<br>• Algo de détection automatique qui devrait être très performant<br>• Actuellement meilleure image (45 Millions de pixels)<br>• Récupération des images à bord en mode wifi. | • Pas de retour vidéo en direct<br>• Faible impact sur le fond si pas utilisé en mode volant.<br>• Temps de dérushage |

Il a été développé pour répondre à un besoin croissant de caractérisation et de suivi des habitats benthiques, dans le but d'assurer le suivi de la biodiversité au sein des réseaux d'aires marines

protégées, mais aussi, plus généralement, pour tout suivi des indicateurs benthiques et des espèces exploitées.

La conception du traineau a été modelée par la volonté de l'utiliser comme un outil complémentaire des méthodes de suivis déjà mises en œuvre, notamment en matière d'évaluation des stocks. Il est suffisamment lourd et solide pour être opérationnel dans différentes conditions de profondeurs, de compositions des fonds, de courants et de climats. En outre, sa facilité d'utilisation et de déploiement permettent de s'affranchir du recours à un personnel spécialisé. Plus important encore, il a été conçu pour produire des photographies verticales et des vidéos du fond marin, et ce en haute définition et de face. Il génère ainsi de l'information précise et de qualité sur le biote et les fonds marins, permettant des mesures de la diversité taxonomique, la taille et la densité des individus ainsi que des indicateurs d'incidence sur le fond marin.

# Annex 4 : Scampi

Photo source Ifremer

Poisson remorqué destiné à la prise de vues photo et vidéo des fonds marins, le *Scampi* est conçu pour opérer entre 5 et 10 m au-dessus du fond et jusqu'à 6 000 m de profondeur. Il est alimenté par des batteries qui lui confèrent une autonomie supérieure à 10 heures.

| **Scampi** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : X<br>Opéré par nav. Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : b<br>Temps nécessaire<br>• Au transit **+**<br>• A la mise en oeuvre **++**<br>• Au traitement **++**<br><br>Coût total : €€ | |
| Avantages | Inconvénients |
| • | • |

Il a été conçu pour répondre au besoin d'un engin d'observation profonde, simple et pouvant être mis en œuvre par une équipe réduite (2 personnes). Ce concept a été validé par la mise en œuvre d'un premier prototype sur la mission OPERA (recherche d'une épave d'avion) en mai 1987. Des améliorations importantes ont ensuite été apportées, notamment sur les caméras et les batteries d'alimentation, pour aboutir en 1991 à l'équipement tel qu'il est encore en service actuellement.

Le *Scampi* effectue habituellement 10 à 20 plongées par an. Ses principaux domaines d'action sont la géologie (DIAPICAR, CYABISH, WASP, ZAIANGO...) et la recherche d'épaves (ST-EXUPERY, ERIKA...). Il est aussi utilisé pour des missions de biologie ou de pêche.

Sa simplicité opérationnelle et sa légèreté permettent de le mettre en œuvre en alternance avec d'autres engins comme le *Nautile*.

# Annexe 5 : Chalut perche équipé vidéo

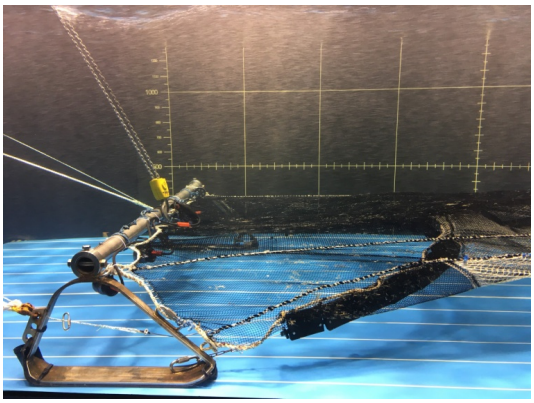
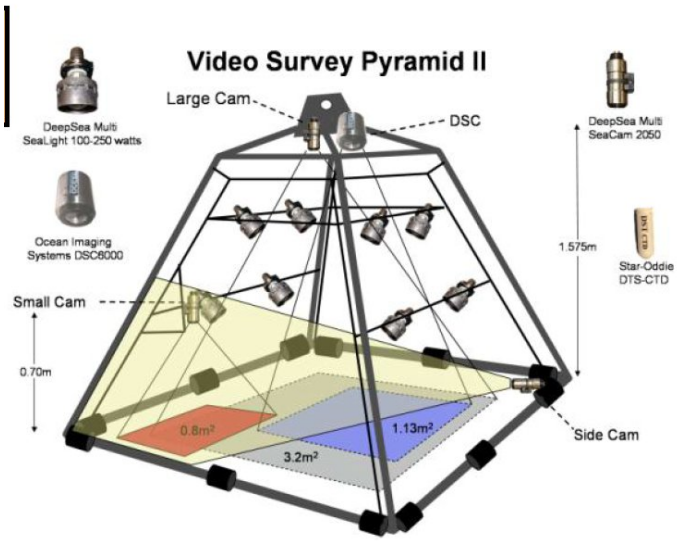


Photo source Ifremer

| **Chalut perche équipé vidéo (projet Game of Trawl)** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : b<br>Opéré par nav. Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : b<br>Temps nécessaire<br>• Au transit **+**<br>• A la mise en oeuvre **-**<br>• Au traitement **+**<br><br>Coût total : €€ | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Engin connu par les pros (perche de 2m)<br>• Enregistrement vidéo en local ou avec retour vidéo en direct à la condition de disposer d'un câble électro-porteur<br>• Possibilité de faire des prélèvements sur demande utilisateur ou sur detection algo<br>• Mise en oeuvre rapide et facile (2m de perche + 2 patins) manoeuvrable à bord de petits navires pros<br>• Vitesse de traine 0,8 nds à 1,5 nds<br>• Algo de détection automatique qui devrait être performant | • Efficacité et sélectivité inconnues<br><br>• Impact sur le fond des 2 patins (1 patin = 15cm de largeur)<br>• Système pas encore utilisé en routine et au stade de R&D pour la partie prélèvement sur demande<br>• Si retour vidéo en direct : coût et encombrement d'un treuil (navire pros ?) |

## Annexe 6 : Bâti quadrat  (Etats-Unis)




| **Bâti quadrat  (US)** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : b<br>Opéré par nav. Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : b<br>Temps nécessaire<br>• Au transit +<br>• A la mise en oeuvre +<br>• Au traitement +<br><br>Coût total : | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Adapté aux besoins<br>• Pas d'impact sur le fond | • A construire de A à Z |

# Annexe 7 : Bâti quadrat (Miquelon)

Photos source Ifremer

| **Bâti quadrat (Miquelon)** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : b<br>Opéré par nav. Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : b<br>Temps nécessaire<br>• Au transit **-**<br>• A la mise en oeuvre **+**<br>• Au traitement **+**<br><br>Coût total :<br>Remise à niveau 5.5K€ (acquisition valise contrôleur vidéo) | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Retour vidéo direct<br>• Matériel robuste | • Nécessite une mer calme<br>• Devient compliqué à utiliser au delà de 40m de profondeur.<br>• Dérushage<br>• Petit<br>• Prise d'image en survol avec difficulté de réglage de hauteur<br>• Pas vraiment adapté |

Système opérationnel après une remise à niveau (acquisition d'une nouvelle valise de contrôle vidéo).
Contraintes liées à l'utilisation : état de mer, courants, dérive due au vent, longueur du câble…
Peut-être utile pour des images captées sur fonds "durs", car matériel robuste.

# Annexe 8 : Ulyx

Photo source Ifremer

| **Ulyx** | |
|---|---|
| Opéré par navire pro : X<br>Opéré par nav. Scientifique : b<br>Retour vidéo en direct : b<br>Temps nécessaire<br>• Au transit **++**<br>• A la mise en oeuvre **+++**<br>• Au traitement **++**<br><br>Coût total : €€€€ | |
| Avantages | Inconvénients |
| • Performance | • Mise en oeuvre en 2022 |

<u>Carte d'identité</u>

5e engin submersible de la Flotte, Ulyx appartient à la famille des AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*), ces robots sous-marins autonomes qui sont en capacité de réaliser des plongées sans lien physique avec le navire de surface. Leur rôle traditionnel est d'établir des cartographies et de fournir des données haute résolution pour permettre de cibler des plongées afin de réaliser ensuite des opérations plus précises avec des engins comme *Nautile* ou Victor 6000. Ulyx vient enrichir ce rôle avec des fonctionnalités de navigation et des charges instrumentales nouvelles.

Ulyx est un AUV profond, c'est-à-dire qu'il peut plonger jusqu'à 6000 mètres de fond et y accomplir une mission en autonomie de 24 à 48h de durée, une rareté à l'échelle planétaire. Ulyx augmente ainsi considérablement le champ d'exploration possible, les AUV actuels de la Flotte ne pouvant pas descendre à plus de 3000 mètres. Au sein de la FOF, Ulyx rejoint ainsi le *Nautile* (sous-marin habité) et le robot sous-marin télé opéré Victor dans cet univers extrême des très grandes profondeurs.

¶

Entrée en Flotte

D'ici la fin de l'année 2020, Ulyx effectuera ses premières plongées. Courant 2021, il sera qualifié jusqu'à 6000 mètres d'immersion maximum ; ses fonctions et ses équipements seront mis au point en condition opérationnelle. **Ulyx sera au service des sciences océaniques au cours de l'année 2022.**¶