

**Méthodes complémentaires d'imagerie sous-marine
déposée pour la collecte de données biologiques et
environnementales
Volume 1: dispositifs d'échantillonnage**

Pierre-Marc Scallon-Chouinard, David Lévesque et Marie-Julie Roux

Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli, Québec
Canada G5H 3Z4

2022

**Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 3507**



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Canada¹³¹

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques de Pêches et Océans Canada, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications à part entière. Le titre exact figure au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la base de données *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of Fisheries and Oceans Canada, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 3507

2022

Méthodes complémentaires d'imagerie sous-marine déposée pour la collecte de données
biologiques et environnementales
Volume 1 : Dispositifs d'échantillonnage

Pierre-Marc Scallon-Chouinard ¹, David Lévesque ¹ et Marie-Julie Roux ¹

1. Direction régionale des Sciences, Pêches et Océans Canada,
Institut Maurice-Lamontagne, 850, route de la Mer, Mont-Joli, Québec G5H 3Z4

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du ministère des
Pêches et des Océans, 2022
N° de cat. Fs97-6/3507F-PDF ISBN 978-0-660-45356-9 ISSN 1488-545X

On doit citer la publication comme suit :

Scallon-Chouinard, P.-M., Lévesque, D. et Roux, M.-J. 2022. Méthodes complémentaires d'imagerie sous-marine déposée pour la collecte de données biologiques et environnementales. Volume 1 : Dispositifs d'échantillonnage. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3507 : ix + 52 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ANNEXES	vii
RÉSUMÉ	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCTION	1
2. SYSTÈME DE CAMÉRAS VIDÉO STÉRÉOSCOPIQUES APPÂTÉ	3
2.1 Description générale	3
2.2 Description des Composantes	5
2.2.1 Cadre principal.....	5
2.2.2 Système de caméras	6
2.2.3 Caissons	7
2.2.4 Système d'éclairage	10
2.2.5 Bras et cage à appât	13
2.2.6 Appât.....	15
2.2.7 Ligne de bouées	15
2.2.8 Lest.....	19
2.2.9 Équipements complémentaires	20
2.3 Échantillonnage CVSA.....	25
2.3.1 Déploiement.....	25
2.3.2 Récupération	25
3. SYSTÈME DE CAMÉRAS PHOTO DÉPOSÉ	27
3.1 Description générale	27
3.2 Description des Composantes.....	27
3.2.1 Cadre.....	27
3.2.2 Caméras	27
3.2.3 Système d'éclairage	28
3.3 Configuration et déploiement du CPD.....	29
4. PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE	31
4.1 Paramètres d'enregistrement vidéo du système CVSA	31
4.2 Paramètres d'enregistrement photo du système CPD.....	32
4.3 Alimentation des caméras	32
4.4 Calibration vidéo stéréoscopique du système CVSA	35
4.5 Échantillons récoltés et analyses d'images	36
5. CONCLUSION.....	39
6. REMERCIEMENTs	40
7. RÉFÉRENCES	41
8. ANNEXES.....	45

LISTE DES FIGURES

- Figure 1. Système de caméras vidéo stéréoscopiques appâté pour l'échantillonnage en milieux côtiers (0-100 m au zéro des cartes). 4
- Figure 2. Le système CVSA et ses composants. 1= Cadre principal, 2= Barre de caméras, 3= Supports à caissons vidéo, 4= Caisson côtier, 5= Caisson profond, 6= Supports à lampe, 7= Lampe de plongée (éclairage côtier), 8= Lampe en caisson (éclairage profond), 9= Bras d'appât, 10= Cage à appât, 11= Support pour poids de lest (non visible). Note : les deux configurations du système CVSA incluent chacune deux caissons à caméra côtiers et deux lampes de plongée (configuration côtière) et deux caissons profonds et lampes en caissons (configuration hauturière). 5
- Figure 3. Composantes du système vidéo (A) du caisson côtier SeaGIS et (B) caisson profond Benthic 3 de GroupBinc. 1 = caméra GoPro et hublot, 2 = source d'alimentation externe, 3 = support stabilisant la batterie externe et 4 = câble avec un connecteur USB-C à angle de 90° du côté de la caméra (non visible) et à connecteur USB-A du côté de la source d'alimentation. 6
- Figure 4. Caissons de caméra Benthic 3 (caméra) et GPH10 (batterie) utilisés en eaux profondes (< 1750 m) (A1 et B1) et caissons SeaGIS pour les milieux côtiers (< 150 m) (A2 et B2) (A) en vue latérale illustrant les compartiments à caméra et (B) en vue frontale illustrant les hublots et le positionnement des caméras. 7
- Figure 5. Mécanismes de fixation et de positionnement des caméras GoPro dans les caissons côtiers SeaGIS (A) en vue latérale avec le trait de positionnement permettant d'assurer une position fixe du caisson sur son support, (B) en vue interne (intérieur du hublot) illustrant le mécanisme de fixation de la caméra, (C) en vue latérale et (D) en vue frontale du hublot. 8
- Figure 6. Mécanismes de fixation et positionnement des caméras GoPro dans les caissons profonds GroupBinc (a) vue latérale du boîtier à caméra Benthic 3 et caisson GPH 10 montrant le trait latéral de positionnement s'alignant sur le support à caisson, (b) vue arrière du boîtier à caméra Benthic 3 illustrant le mécanisme de fixation de la caméra, (c) vue latérale illustrant le passage du câble d'alimentation de la caméra et l'adaptateur permettant de visser le boîtier Benthic 3 sur le caisson GPH10 et (d) vue frontale illustrant le positionnement de la caméra dans le boîtier Benthic 3. 9
- Figure 7. Système d'éclairage du système CVSA comprenant (A) de gauche vers la droite : les lampes modifiées dans les caissons profonds GPH2 (long) et GPH1 (court) et une lampe BigBlue VLC7200 utilisée sur le système côtier; (B) vue intérieure d'une lampe modifiée dans le caisson GPH1; (C) batterie BigBlue utilisée dans tous les modèles de lampes; et (D) vue intérieure d'une lumière modifiée (double batterie) dans le caisson GPH2. 11

- Figure 8. Positionnement des lampes et de leurs supports sur le cadre du système CVSA (A) pour le système profond et (B) pour le système côtier. Les flèches indiquent les ajustements possibles et (B) le trait pointillé la bosse de sécurité. 12
- Figure 9. Les différents types de cages à appât testées et pouvant être utilisées sont (A) le sac à appât souple à gros maillage maintenu par des attaches en plastique, (B) le sac à appât souple avec une doublure antipuce (contre la prédation) maintenu par des attaches en plastique, (C) la cage cylindrique en PVC maintenue par des collets, (D) la première cage à appât de forme cylindrique en aluminium maintenue par des collets, (E) la même cage à appât de forme cylindrique avec un fini noir mât, pour éliminer les reflets, maintenue par des collets et (F) la cage à appât de forme rectangulaire avec un fini noir mât soudé sur le bras d'appât. 14
- Figure 10. Schéma général du mouillage du système CVSA. 16
- Figure 11. Les éléments facilitant le repérage du système CVSA sont (A) les bouées de surface, (B) la bouée radar optionnelle et (C) la lumière NAVISAFE employée sur les bouées radar. 19
- Figure. 12. Lest de 5,2 kg pouvant être ajouté au CVSA et CPD..... 19
- Figure 13. Protection amovible (encadré pointillé) du système d'éclairage fixé sur le cadre principal. 20
- Figure 14. Sonde CTD Star Odi (A) installée sur le cadre du système CVSA et (B) séparée de son support. 21
- Figure 15. (A) Courantomètre Lowell TCM-1, (B) support d'installation du courantomètre sur le cadre du système CVSA et (C) support séparée du cadre..... 22
- Figure 16. Télécommande GoPro Smart Remote. 23
- Figure 17. Différents modes de déploiement et récupération du système CVSA selon le type d'embarcation, incluant (A) la grue latérale du NGCC Perley, (B) la grue latérale et le support du bras en « Y » du NGCC Perley, (C) le bras latéral déployable équipé d'une poulie ouverte et d'un cabestan sur le NGCC Octopus, (D) le bras latéral équipé d'une poulie et d'un cabestan manuel de voilier actionné à l'aide d'un mandrin et d'une perceuse électrique du NGCC Colvert, (E) la récupération à partir d'un portail latéral déployable sur le NGCC Amundsen), (F) la récupération du CVSA à partir d'un portail arrière déployable sur le NGCC Leim, (G) le système de poulies et le portail arrière du NGCC Leim, (H) le cabestan utilisé sur le portail arrière du NGCC Leim, et (I) système CVSA transporté à la marche en milieu côtier à l'aide d'un bateau gonflable..... 26
- Figure 18. Système de caméras photo déposé (CPD) (A) schéma; (B) photographie incluant les supports amovibles pour les caméras; (C) support d'attache pour une des deux lampes de plongée et (D) support d'attache pour la caméra oblique. 1 = position du support

d'attache de la caméra verticale, 2 = barre horizontale d'attache de la caméra oblique et 3 = support d'attache pour la seconde lampe de plongée. 28

Figure 19. Système d'éclairage composé de deux lampes de plongée fixées de part et d'autre de la caméra du dessus pour éclairer le quadrat. 29

Figure 20. Tige rigide d'acier inoxydable d'un mètre fixée le long de la corde, entre le système CPD (A) Position au fond en bassin et (B) en opération attaché au crochet, de l'embarcation, afin d'éviter qu'il vienne choir dans le quadrat ou brise la caméra..... 30

Figure 21. (A) Cube et (B) barre de calibration SeaGIS..... 35

Figure 22. Exemples d'image tirés de vidéo échantillonnés à l'aide du système CVSA. . 37

Figure 23. Exemples de photos prises par les caméras en vue oblique avec une disposition portrait (gauche) et en vue verticale (droite) avec une disposition paysage pour un même quadrat par le système CPD..... 38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Paramètres d'enregistrement pour l'échantillonnage liés à l'éclairage et à la gestion des couleurs pour les systèmes CVSA et CPD.

Tableau 2. Durée maximale d'enregistrement vidéo pour trois modèles de caméras GoPro à température ambiante en laboratoire (22 °C) (noir) et en eau froide (2 °C) (italique et caractère gras) en fonction du type de batterie utilisé (interne ou externe), de la capacité d'alimentation en milliampère par heure (mAh) et de la capacité de la carte mémoire (exprimée en Go), pour la configuration vidéo standard sélectionnée pour l'échantillonnage avec le système CVSA (format 1080p à 30 ips, champ de vision « moyen » et une valeur ISO de 3 200).

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Spécifications des composantes des systèmes CVSA et CPD 45

Annexe 2: Protocole d'utilisation du CVSA..... 48

RÉSUMÉ

Scallon-Chouinard, P.-M., Lévesque, D. et Roux, M.-J. 2022. Méthodes complémentaires d'imagerie sous-marine déposée pour la collecte de données biologiques et environnementales. Volume 1 : dispositifs d'échantillonnage. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3507 : ix + 52 p.

Ce rapport décrit deux dispositifs complémentaires d'échantillonnage visuel non extractif utilisant des systèmes d'acquisition d'échantillons photo et vidéo pour la collecte de données biologiques et environnementales. Il s'agit d'un système de caméras vidéo stéréoscopiques appâté (CVSA) pour l'échantillonnage des poissons et invertébrés en milieux côtiers (jusqu'à 100 m de profondeur) et hauturiers (jusqu'à 1750 m de profondeur); et d'un système de caméras photo déposé (CPD) pour l'échantillonnage des habitats et organismes benthiques et la végétation aquatique submergée en milieux côtiers (jusqu'à 60 m de profondeur). Les informations nécessaires à l'assemblage, l'utilisation et l'optimisation de ces systèmes pour l'échantillonnage en eaux froides, incluant une description des différentes composantes et paramètres d'utilisation, sont consignées dans ce document. Les résultats de tests de performance des systèmes de caméras et d'éclairage sélectionnés selon différentes conditions, sont également présentés. Ces dispositifs d'imagerie sont polyvalents et adaptés aux défis de l'échantillonnage sur différents types d'embarcations et sur des fonds marins accidentés, en eaux froides, et en présence de forts courants de marée. Ils peuvent être assemblés à faibles coûts et permettre d'optimiser la collecte de données écologiques et environnementales en support à la mise en œuvre d'une gestion écosystémique. La mise au point de ces systèmes contribue au développement de techniques d'échantillonnage non invasives et non extractives permettant de minimiser l'impact de la collecte des données scientifiques sur les organismes et les habitats marins.

ABSTRACT

Scallon-Chouinard, P.-M., Lévesque, D. et Roux, M.-J. 2022. Méthodes complémentaires d'imagerie sous-marine déposée pour la collecte de données biologiques et environnementales. Volume 1 : dispositifs d'échantillonnage. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3507 : ix + 52 p.

This report describes two complementary and non-invasive sampling methods for photo and video sampling and data acquisition using underwater image analyses. This includes a baited stereoscopic underwater video system (BRUV) for fish and invertebrates sampling in coastal environments (up to 100 m depth) and offshore environments (up to 1750 m depth) and a deposited photo camera system (DPC) for the characterization of benthic habitats and coastal aquatic vegetation. The information required for assembling, using and optimising these systems in cold waters, including a description of their various components and sampling parameters, are provided in the document. Results from performance tests of selected cameras and lighting systems under a range of conditions are also presented. The BRUV and DPC are well adapted to the particular conditions and challenges posed by the heterogeneous and dynamic character of aquatic habitats encountered in the Estuary and Gulf of St Lawrence (e.g., presence of steep slopes, very cold waters, and strong tidal currents). Image sampling systems contribute to the development of non invasive and non extractive sampling techniques, allowing to minimize the impact of scientific data collection on the marine environment.

1. INTRODUCTION

La collecte de données en appui à la gestion écosystémique des ressources halieutiques représente un défi logistique important en raison de sa complexité, particulièrement dans les milieux dynamiques et sensibles tels que les zones côtières et les aires marines protégées. Les méthodes d'échantillonnage conventionnelles telles que le chalutage ne sont pas applicables dans les aires marines protégées (Côté et al. 2021) ni sur les fonds marins caractérisés par un relief accidenté, la présence de gros rochers et/ou des pentes trop abruptes (Cappo et al. 2004). Pour ces raisons, le développement de méthodes alternatives permettant d'accéder à des habitats peu ou pas échantillonnés et minimiser l'impact de l'acquisition des données scientifiques sur le milieu marin est souhaitable, voire nécessaire (Wallace et al. 2015; Trenkel et al. 2019). La mise au point et l'opérationnalisation de systèmes non extractifs polyvalents, permettant d'optimiser l'échantillonnage en facilitant l'acquisition simultanée de différents types de données sur l'écosystème, sont aussi à privilégier. Ces besoins peuvent être comblés par les systèmes d'imagerie sous-marine (Mallet et Pelletier 2014).

Les méthodes d'imagerie sous-marine existent depuis la fin du 19^e siècle (Boutan 1893), mais leur utilisation ne cesse de s'accroître depuis une trentaine d'années (Syvitski et al. 1983; Bicknell et al. 2016). Elles permettent d'acquérir des données sur différentes composantes des écosystèmes aquatiques; notamment sur la végétation submergée en termes d'occurrence, de couverture et de biomasse (Short et al. 2001; York et al. 2015); sur l'occurrence, la diversité spécifique, l'abondance, la taille ainsi que le comportement des poissons (Harvey et al. 2010; Bennett et al. 2016; Boldt et al. 2018) et des invertébrés (Cuvelier et al. 2012; Mallet et Pelletier 2014; Bicknell et al. 2016) ainsi que sur le type de substrat (Valentine et al. 2005; Mallet et Pelletier 2014). Les progrès constants de la technologie permettent désormais de se procurer aisément, et à un coût abordable, des caméras offrant une grande résolution d'image, une autonomie de batterie de plusieurs heures et suffisamment de capacité de stockage pour l'enregistrement de vidéos (Letessier et al. 2015; Bicknell et al. 2016).

Les systèmes d'imagerie sous-marine s'avèrent indispensables à la récolte d'informations scientifiques dans les milieux sensibles telles que les aires marines protégées (Mallet et Pelletier 2014; Côté et al. 2021) et les pouponnières et autres habitats essentiels pour les poissons et invertébrés d'importance commerciale en milieux côtiers (Dalley et al. 2017; Laurel et al. 2016; Stoner et al. 2008). De plus, la polyvalence des méthodes d'imagerie facilite l'intégration d'un volet écosystémique à un protocole d'échantillonnage puisqu'elles peuvent facilement être multi-instrumentées et combinées à diverses activités d'échantillonnage (e.g. relevés océanographiques et de biomasses de stocks commerciaux). Les échantillons d'images peuvent être archivés et référencés pour consultations ou validations ultérieures. L'analyse des images photo et vidéo peut être itérative ou séquentielle en fonction de l'information que l'on souhaite en tirer (Cappo et al. 2009). En contrepartie, l'imagerie sous-marine demande un temps d'analyse plus important en post-traitement pour l'extraction des données biologiques et écologiques, ce qui peut représenter un défi de taille (Mallet et Pelletier 2014), qui pourra être amoindri avec le

perfectionnement de l'apprentissage automatique (« machine learning »). Une autre difficulté liée à ces méthodes est la nécessité de standardiser les protocoles de déploiement et d'analyses d'images afin de faciliter le partage des données et la comparabilité des résultats (Whitmarsh et al. 2017).

Les méthodes d'échantillonnage photo et vidéo incluent des systèmes fixes ou déposés et des systèmes mobiles. Les systèmes fixes ou stationnaires sont déposés sur le fond en étant liés ou non à une embarcation et sont utilisés pour un échantillonnage sporadique ou continu (e.g. caméras déposées et vidéo sous-marines à distance appâtées). Les systèmes mobiles incluent la vidéo opérée par un plongeur, les caméras remorquées, et l'imagerie sous-marine autonome réalisée à l'aide de drones et/ou autres types de véhicules opérés à distance (Mallet et Pelletier 2014; Bicknell et al. 2016). Les principaux avantages des systèmes fixes sont les suivants : 1) ils limitent les impacts de la collecte d'échantillons visuels sur le milieu marin par rapport aux systèmes de caméras remorqués sur le fond; 2) ils facilitent l'accès à certains types de fonds marins accidentés dont les substrats rocheux; 3) leur polyvalence et facilité d'utilisation permettent de les combiner à d'autres méthodes d'échantillonnage et minimisent les besoins en personnel et temps requis pour la collecte d'échantillons; et 4) leur versatilité permet de les équiper aisément pour recueillir un volume important de données écosystémiques (Mallet et Pelletier 2014; Bicknell et al. 2016; Langlois et al. 2012).

Plusieurs initiatives du ministère de Pêches et Océans Canada (MPO), dont l'intégration de l'approche écosystémique dans les évaluations de stock de pêcheries commerciales (Pepin et al. 2020), l'atteinte des cibles internationales quant à la protection des aires marines (Gouvernement du Canada 2011, 2018; Benoît et al. 2020) ainsi que l'augmentation des activités de recherche et de monitoring en zone côtière (Gouvernement du Canada 2020), sont en phase avec le développement des méthodes non extractives d'imagerie sous-marine. Ce rapport présente deux systèmes d'échantillonnage photo et vidéo stationnaires: un système de caméras vidéo stéréoscopiques appâté (CVSA) et un système de caméras photo déposé (CPD). L'information nécessaire à l'assemblage, au déploiement et à l'utilisation optimale des systèmes CVSA et CPD pour l'acquisition d'échantillons d'imagerie en milieu marin y est consignée. Les composantes des deux systèmes ainsi que leurs paramètres d'utilisation sont détaillés ainsi que les résultats de tests sommaires de performance effectués sur les modèles de caméras et de lumières sélectionnés.

L'échantillonnage CVSA et CPD peut être intégré de façon simple et opportuniste à différentes campagnes en mer, permettant d'augmenter les données et connaissances sur les organismes et leurs habitats. Il pourra maximiser les opportunités d'échantillonnage écosystémique tout en limitant l'impact de la collecte des informations scientifiques sur le milieu marin.

2. SYSTÈME DE CAMÉRAS VIDÉO STÉRÉOSCOPIQUES APPÂTÉ

2.1 Description générale

Le système CVSA est un mouillage composé d'un cadre sur lequel est fixé un système d'éclairage, deux caméras vidéo permettant une vision stéréoscopique, et un bras à appât (Figure 1). Suite à une calibration, la configuration stéréoscopique des caméras permet d'effectuer des mesures précises sur les images récoltées (ex. taille et autres mesures morphométriques sur les organismes). Le système CVSA est déployé pour une durée déterminée afin de dénombrer, observer et mesurer les organismes marins à proximité du site de déploiement, de même que les caractéristiques de l'habitat et les conditions environnementales qui prévalent au moment de l'échantillonnage. L'utilisation d'un appât permet de maximiser la probabilité de détection et le temps de résidence des organismes dans le champ de vision des caméras. L'appât altère le milieu naturel en attirant des espèces présentes en périphérie du site de déploiement. Le type et la quantité de l'appât choisi ont donc une influence sur les organismes observés et les données recueillies (Coghlan et al. 2017).

Deux configurations du système CVSA ont été conçues à partir du système original développé par la compagnie australienne [SeaGIS](http://www.SeaGIS.com.au) (www.SeaGIS.com.au), soient une configuration côtière pour l'échantillonnage en eaux peu profondes à moins de 100 m de profondeur, et une configuration hauturière pour l'échantillonnage en eaux profondes jusqu'à 1700 m. Ces systèmes ont été adaptés et optimisés par le personnel de l'Institut Maurice-Lamontagne (IML) pour les conditions d'échantillonnage en eaux froides en présence de forts courants et de glaces dérivantes en période hivernale, et pour couvrir une vaste gamme de profondeurs sur des fonds parfois accidentés.

Les modifications effectuées au système d'origine incluent les ajouts suivants : 1) un système d'éclairage (supports et lampes), 2) des protections amovibles sous forme de tiges d'aluminium disposées sur le dessus du cadre afin de protéger le système d'éclairage, 3) une cage à appât et 4) une adaptation des caissons-caméras afin de contenir une batterie externe de grande capacité permettant d'augmenter la durée d'opération en eaux froides. Un ensemble de cordage et de bouées facilitant le déploiement ainsi que la récupération sécuritaire et efficace du système à des profondeurs variant de 5 à 500 m a aussi été conçu. Un courantomètre et une multisonde CTD ainsi que leurs supports respectifs ont été intégrés au montage afin d'échantillonner les conditions environnementales *in situ*. Les composantes des deux configurations du système CVSA sont décrites dans les sections suivantes et un résumé de leurs caractéristiques spécifiques est présenté à l'Annexe 1.

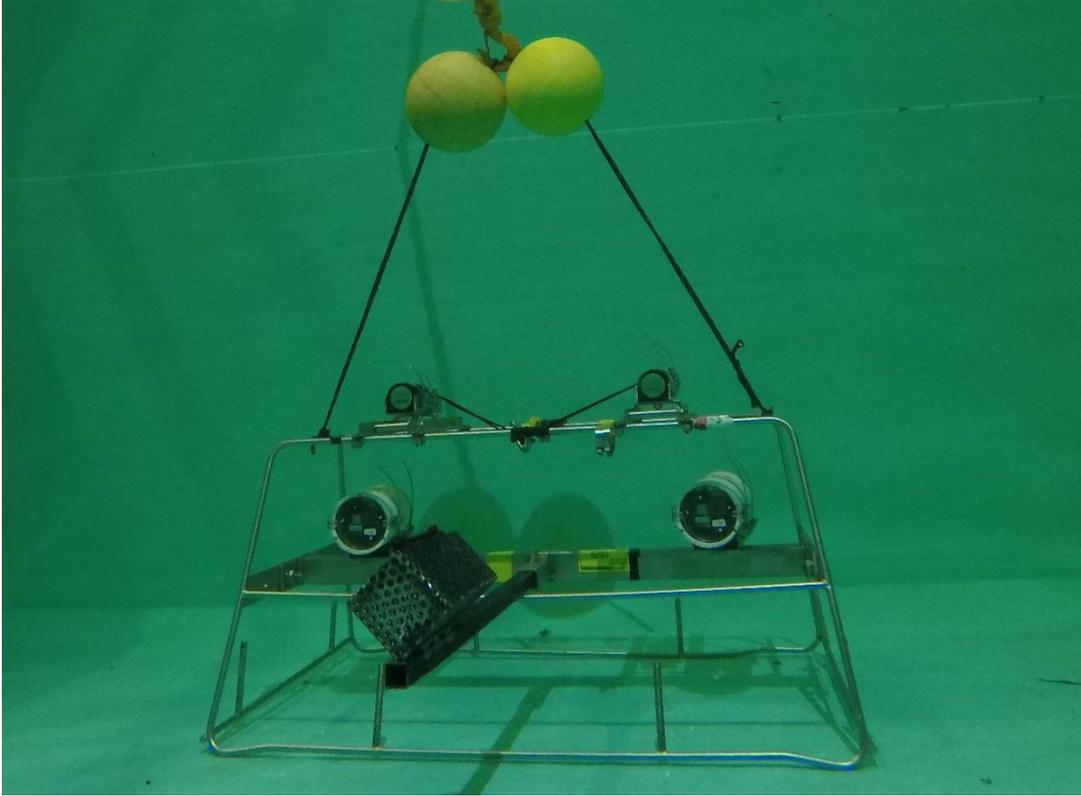


Figure 1. Système de caméras vidéo stéréoscopiques appâté pour l'échantillonnage en milieux côtiers (0-100 m au zéro des cartes).

2.2 Description des Composantes

2.2.1 Cadre principal

Le système CVSA (Figure 2) est composé d'un cadre principal de forme trapézoïdale (1) permettant la fixation des différentes composantes. La forme trapézoïdale permet d'assurer la stabilité du cadre lors de sa descente et un positionnement stable sur le fond. Sur ce cadre est fixée la barre de caméras (2) à une hauteur de 30 cm par rapport à la base. La barre de caméras contient deux supports symétriques (3) sur lesquels sont positionnés les deux caissons contenant les caméras vidéo et leur alimentation (4). Un angle de six degrés et une distance de 60 cm entre les deux supports de caméra permettent d'optimiser le champ de vision stéréoscopique (Harvey et Shortis 1995; Langlois et al. 2012). Sur le dessus du cadre sont installés deux supports (5) pour la fixation des systèmes d'éclairage (6). Une barre à appât amovible de 85 cm (7) permettant la fixation d'une cage à appât (8) est insérée au niveau de la barre des caméras. Enfin, des supports pour les poids de lestage (9), situés sur les quatre barres inférieures du cadre, viennent compléter le montage CVSA.

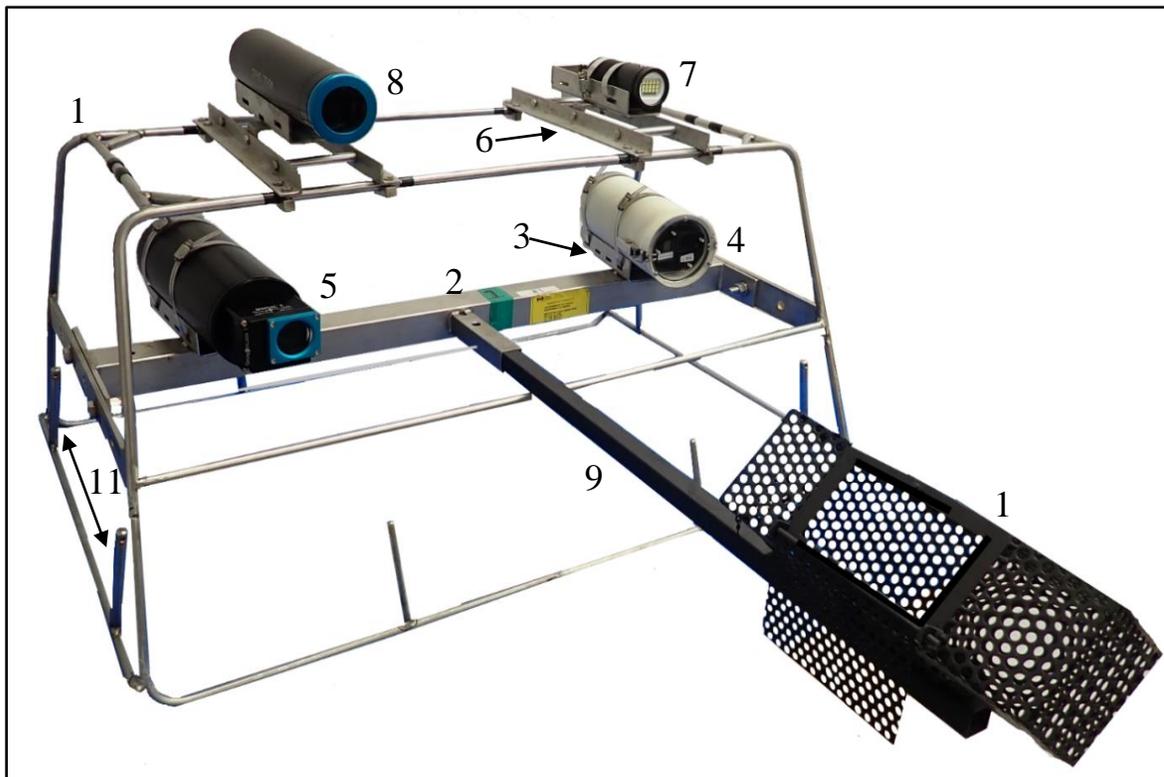


Figure 2. Le système CVSA et ses composantes. 1= Cadre principal, 2= Barre de caméras, 3= Supports à caissons vidéo, 4= Caisson côtier, 5= Caisson profond, 6= Supports à lampe, 7= Lampe de plongée (éclairage côtier), 8= Lampe en caisson (éclairage profond), 9= Bras d'appât, 10= Cage à appât, 11= Support pour poids de lest (non visible). Note : les deux configurations du système CVSA incluent chacune deux caissons à caméra côtiers et deux lampes de plongée (configuration côtière) et deux caissons profonds et lampes en caissons (configuration hauturière).

2.2.2 Système de caméras

Le système vidéo actuel est composé de deux caméras de type [GoPro](http://www.GoPro.com), modèle HERO5 Black (www.GoPro.com), et l'enregistrement des vidéos se fait sur des cartes mémoires de type Micro SD. Chaque caméra est reliée à une batterie externe d'une capacité variant de 6 000 à 20 000 mAh, dépendamment de l'autonomie recherchée (voir section : Alimentation des caméras). Cette batterie externe est reliée à la caméra GoPro par un câble Universal Serial Bus (USB). Le câble possède un connecteur USB-C avec un angle de 90° du côté de la caméra et à l'autre extrémité un connecteur USB-A (Figure 3A, B). La porte latérale de la caméra a été retirée afin de permettre la connexion de la source d'alimentation externe en continu. De plus, l'angle de 90° du câble USB est essentiel afin de permettre la connexion de la caméra à la source externe à l'intérieur du caisson. La pile interne des caméras [GoPro](http://www.GoPro.com) est retirée et seule la batterie externe est utilisée de façon à éviter le changement de source d'alimentation pendant l'échantillonnage, ce qui occasionnerait l'arrêt de l'enregistrement vidéo. La source d'alimentation est insérée dans un support de styromousse ayant un rôle stabilisateur à l'intérieur du caisson (Figure 3A-3, 3B-3).

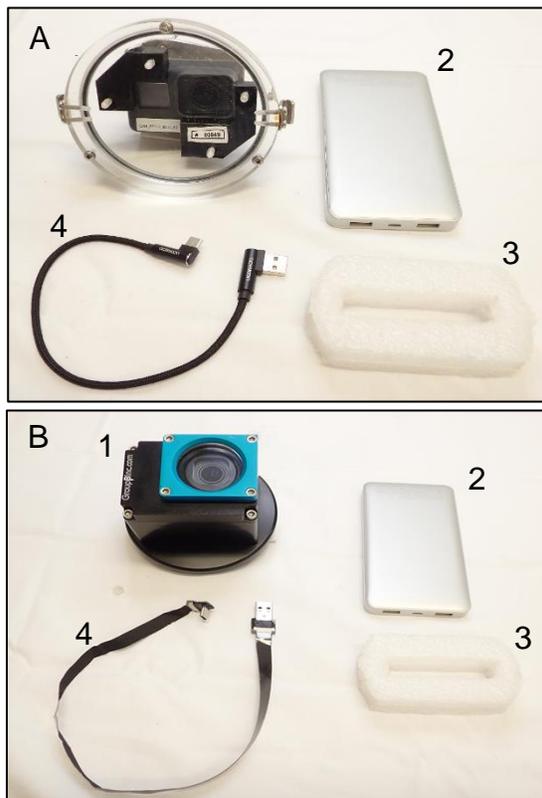


Figure 3. Composantes du système vidéo (A) du caisson côtier SeaGIS et (B) caisson profond Benthic 3 de GroupBinc. 1 = caméra GoPro et hublot, 2 = source d'alimentation externe, 3 = support stabilisant la batterie externe et 4 = câble avec un connecteur USB-C à angle de 90° du côté de la caméra (non visible) et à connecteur USB-A du côté de la source d'alimentation.

2.2.3 Caissons

Deux types de caissons vidéo étanches sont utilisés en fonction de la profondeur échantillonnée (Figure 4). Les caissons côtiers [SeaGIS](#) sont utilisés pour l'échantillonnage à des profondeurs jusqu'à 150 m alors que les caissons Benthic3 et GPH10 de [GroupBinc](#) sont utilisés pour échantillonner jusqu'à 1750 m de profondeur.

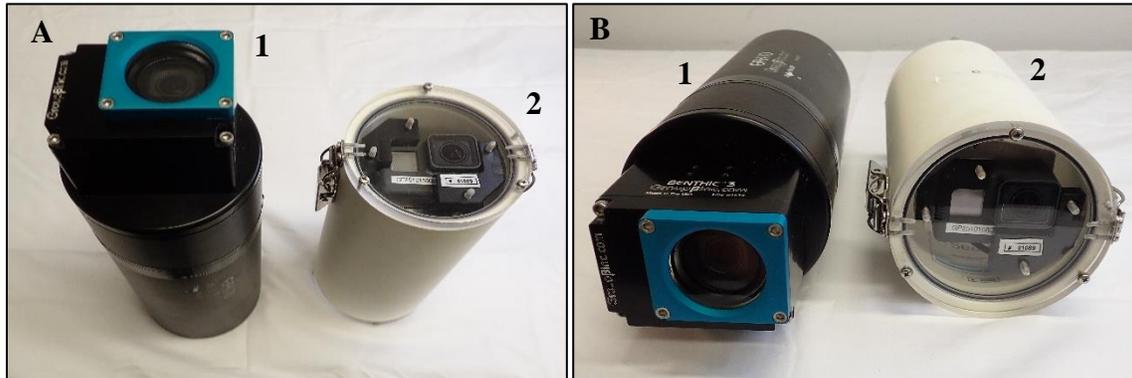


Figure 4. Caissons de caméra Benthic 3 (caméra) et GPH10 (batterie) utilisés en eaux profondes (< 1750 m) (A1 et B1) et caissons SeaGIS pour les milieux côtiers (< 150 m) (A2 et B2) (A) en vue latérale illustrant les compartiments à caméra et (B) en vue frontale illustrant les hublots et le positionnement des caméras.

Caissons côtiers

Pour l'échantillonnage en milieux côtiers, les caméras sont fixées dans le hublot des caissons [SeaGIS](#) (Figure 5). Ce mode de fixation assure un positionnement fixe des caméras lors de l'ouverture des caissons post-calibration permettant de laisser les caissons en place lors du retrait des caméras. Ceci facilite la vérification des paramètres d'enregistrement vidéo en cours de mission ou lors de manipulations nécessaires à leur utilisation comme la mise en marche et l'arrêt des caméras, les changements de batteries et la récupération des données sur les cartes mémoires entre les déploiements. Les caméras doivent impérativement maintenir leur position et configuration initiale dans les caissons pour la prise de mesures stéréoscopiques (Harvey et al. 2010). Ce positionnement assure le maintien des paramètres de calibration et permet de garantir l'exactitude et la précision des mesures 2D et 3D qui seront prises lors des analyses (Shortis et al. 2008). Les caissons doivent également conserver une position fixe sur la barre de caméra une fois la calibration effectuée et être toujours associés au même système dans le même ordre. Pour ce faire, les caissons vidéo sont numérotés et marqués d'un trait le long de leur axe longitudinal afin d'assurer le maintien de leur positionnement initial pendant toute la durée de l'échantillonnage et entre chaque déploiement. Ces indications servent de repère dans l'éventualité où les caissons seraient déplacés en cours de mission. Parmi les causes potentielles pouvant causer un déplacement des caméras, on retrouve le remplacement d'une caméra endommagée, une distorsion de la barre des caméras lors d'un impact, le bris ou la perte d'un caisson nécessitant son remplacement.

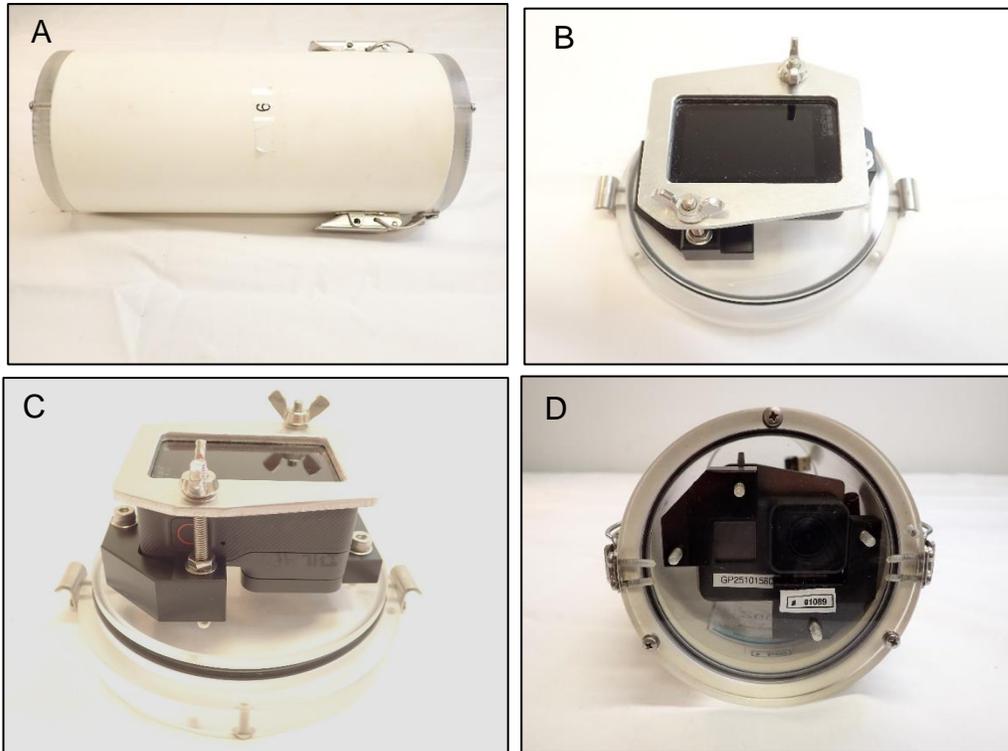


Figure 5. Mécanismes de fixation et de positionnement des caméras GoPro dans les caissons côtiers SeaGIS (A) en vue latérale avec le trait de positionnement permettant d'assurer une position fixe du caisson sur son support, (B) en vue interne (intérieur du hublot) illustrant le mécanisme de fixation de la caméra, (C) en vue latérale et (D) en vue frontale du hublot.

Caissons profonds

Pour l'échantillonnage profond en milieux hauturiers, les caméras sont positionnées dans un boîtier étanche de type Benthic3 et maintenues en place par un support en mousse (Figure 6A et 6B). Dans ce type de caisson et contrairement aux caissons côtiers, les caméras ne sont pas complètement immobilisées à l'intérieur du boîtier. L'ouverture des caissons, pour remplacer la batterie ou récupérer les données, peut donc modifier légèrement le positionnement des caméras et diminuer la précision des mesures stéréoscopiques effectuées sur les images. Le boîtier Benthic3 est fixé sur un adaptateur permettant de relier le compartiment caméra au caisson étanche GPH10 contenant la batterie externe (Figure 6C et 6D). Tout comme pour les caissons côtiers, ces caissons doivent conserver leur position sur la barre de caméra une fois la calibration effectuée et être toujours associés au même cadre dans la même configuration. Les caissons sont donc numérotés et marqués d'un trait afin d'assurer un emplacement et un axe de positionnement fixe dans leur support respectif sur la barre de caméras.

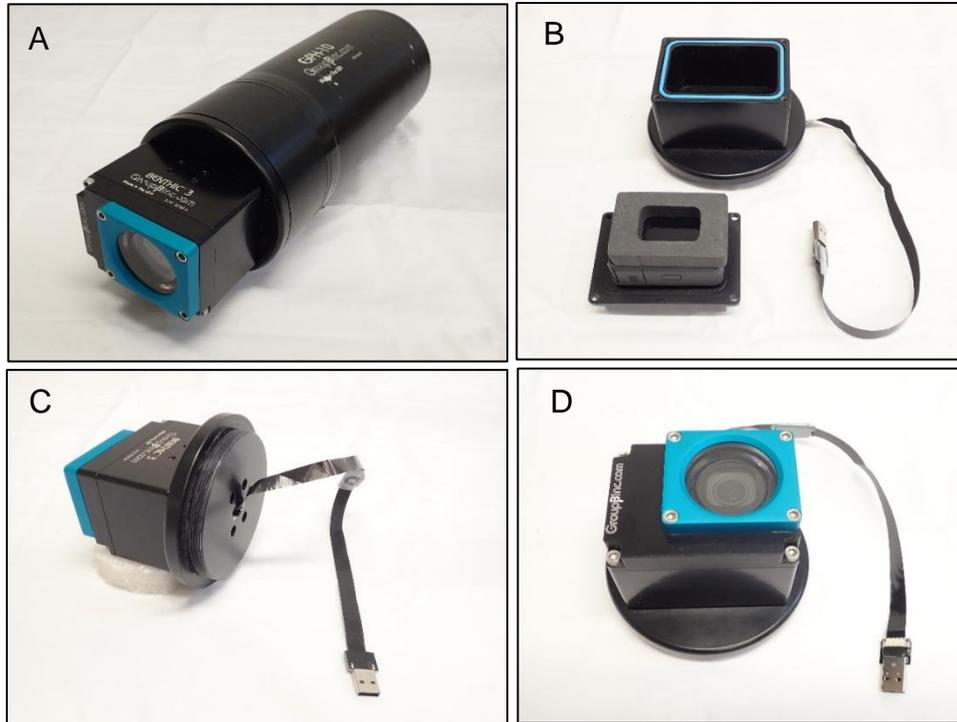


Figure 6. Mécanismes de fixation et positionnement des caméras GoPro dans les caissons profonds GroupBinc, (A) vue latérale du boîtier à caméra Benthic 3 et caisson GPH 10 montrant le trait latéral de positionnement s'alignant sur le support à caisson, (B) vue arrière du boîtier à caméra Benthic 3 illustrant le mécanisme de fixation de la caméra, (C) vue latérale illustrant le passage du câble d'alimentation de la caméra et l'adaptateur permettant de visser le boîtier Benthic 3 sur le caisson GPH10 et (D) vue frontale illustrant le positionnement de la caméra dans le boîtier Benthic 3.

2.2.4 Système d'éclairage

Lampes

Le système d'éclairage est composé de deux lampes de plongée BigBlue, modèle VLC7200 (Figure 7A) (www.bigblue.com). Ces lampes produisent deux types de lumière blanche, la chaude et la froide, qui sont respectivement de 5 500 et 6 500 K. Ces lampes possèdent également trois niveaux d'intensité lumineuse (900, 1 800, 3 600 lm pour la lumière chaude et 1 800, 3 600 et 7 200 lm pour la lumière froide), ainsi qu'une lumière rouge (500 lm). Sur la configuration côtière du système CVSA, les lampes sont fixées directement sur des supports ajustables, tandis que pour la configuration profonde, les lampes ont été modifiées et placées de façon permanente dans des caissons étanches [GroupBinc](#), modèle GHP 2. Deux types de caissons de lampes sont utilisés : le modèle court mesurant 20 cm (Figure 7B) et le modèle long mesurant 45 cm (Figure 7C). L'usage des caissons pour les lumières assure une protection supplémentaire au système d'éclairage contre la pression et les chocs. L'angle du faisceau d'éclairage des lampes BigBlue, qui est de 120°, est réduit à 100° lorsque les lampes sont modifiées et installées dans les caissons. Les modifications des lampes réalisées par [Multi-Electronique](#) (www.multi-electronique.com) consistent au transfert des lumières de type diode électroluminescente (DEL), du réflecteur et du module électronique de contrôle à l'intérieur des caissons (Figure 7D). Un support conçu à l'aide d'une imprimante 3D, et permettant de contenir une ou deux batteries selon le modèle de caisson utilisé, est inclus dans la partie arrière du caisson. Un interrupteur magnétique est installé à l'extrémité terminale de ce support de façon à limiter au minimum l'ouverture des caissons lors de la mise en fonction des lampes.

L'intensité lumineuse des lampes de plongée BigBlue décroît par palier avec le temps d'immersion. Il est recommandé de travailler seulement avec les deux premiers niveaux d'intensité de lumière blanche froide (7 200 et 3 600 lm), ce qui procure entre deux et quatre heures d'autonomie en eaux froides (entre 2 et 6 °C). Selon les observations réalisées sur des échantillons vidéo prélevés sur le terrain, seules ces intensités permettent d'effectuer des identifications taxonomiques fiables et de qualité lors des analyses d'images. Pour les modèles modifiés en caissons, seules ces deux plus fortes intensités de lumière blanche ont été conservées. Les lampes BigBlue, ainsi que leur version modifiée intégrée aux caissons [GroupBinc](#), utilisent la batterie standard fournie par le fabricant. Il s'agit de batteries lithium-ion rechargeables, modèle Batcell 18650 x 4. Ces batteries pourraient toutefois être remplacées afin d'augmenter l'autonomie des lampes pour un échantillonnage prolongé et/ou en eaux froides.



Figure 7. Système d'éclairage du système CVSA comprenant (A) de gauche vers la droite : les lampes modifiées dans les caissons profonds GPH2 (long) et GPH1 (court) et une lampe BigBlue VLC7200 utilisée sur le système côtier; (B) vue intérieure d'une lampe modifiée dans le caisson GPH1; (C) batterie BigBlue utilisée dans tous les modèles de lampes; et (D) vue intérieure d'une lumière modifiée (double batterie) dans le caisson GPH2.

Supports de lampe et fixations

Les supports pour les lampes sont montés sur le dessus du cadre CVSA (Figure 8A et 8 B). Ces supports adaptables permettent d'ajuster l'inclinaison des lampes, et donc leurs angles d'éclairage sur les plans vertical et horizontal. L'espacement entre les supports peut également être ajusté de manière à rapprocher ou éloigner les deux faisceaux lumineux. Ces ajustements permettent d'optimiser l'éclairage selon les objectifs de recherche et les conditions du milieu afin d'obtenir les meilleures images possible. Une bosse de sécurité prévenant la perte des lampes en cas de défaillance des supports ou des fixations peut être installés avec les lampes non modifiées. Elle relie les lampes au cadre principal à l'aide d'un mousqueton (Figure 8B).

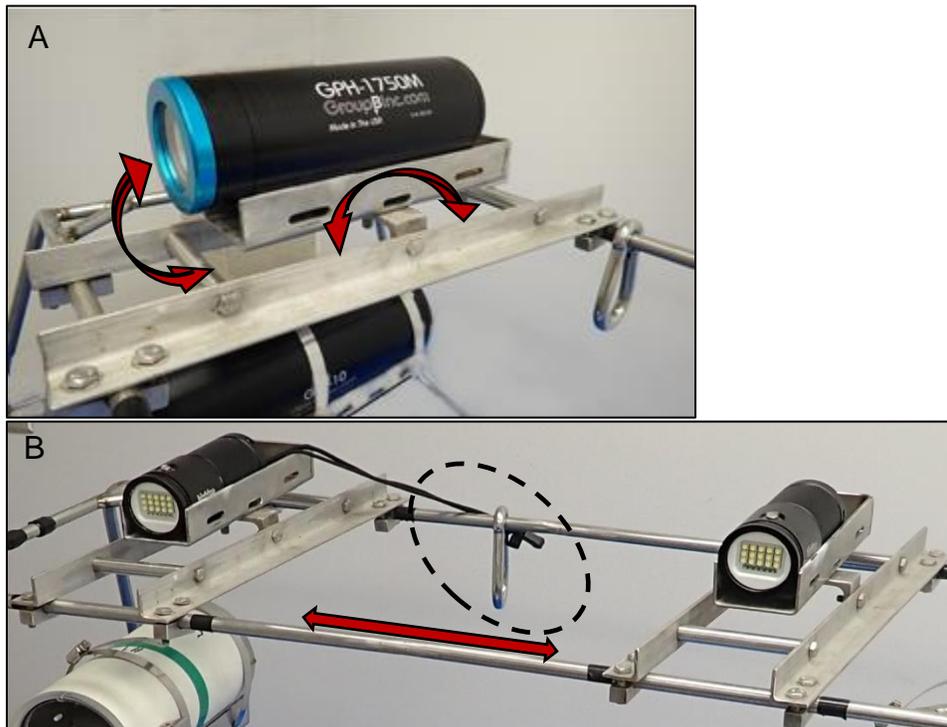


Figure 8. Positionnement des lampes et de leurs supports sur le cadre du système CVSA (A) pour le système profond et (B) pour le système côtier. Les flèches indiquent les ajustements possibles. En (B), le trait pointillé indique la bosse de sécurité.

2.2.5 Bras et cage à appât

Un bras d'appât amovible d'une longueur de 85 cm est attaché au cadre principal au niveau de la barre des caméras, à une hauteur de 30 cm par rapport à la base du cadre (Figure 2), et sécurisé à l'aide d'une goupille de verrouillage ou d'un boulon avec écrou. Le bras d'appât est élargi à l'extrémité éloignée du cadre de façon à permettre la fixation d'une cage ou d'un sac à appât. Différents contenants et modes de fixation sont utilisés pour l'appât; notamment le sac traditionnel utilisé pour la pêche, différents modèles de cages cylindriques en polychlorure de vinyle (PVC) et en métal ainsi qu'une cage rectangulaire (Figure 9). Les modes de fixations sur le bras testés sur le terrain incluent les cordes élastiques, les attaches plastiques (Figure 9A et 9B), les collets en aluminium (Figure 9C, 9D et 9E) et une version soudée sur le bras d'appât (Figure 9F)

La cage rectangulaire en métal soudée au bras d'appât a obtenu les meilleurs résultats en termes de stabilité du positionnement de l'appât sur le bras, résistance de la cage, facilité d'emploi et diffusion efficace de l'appât dans l'environnement. Cette configuration est donc le mode de fixation conseillé. La taille de la cage rectangulaire (8 x 8 x 30 cm) a été optimisée pour contenir un kilogramme d'appât, ce qui offre le meilleur compromis sur le plan de l'écoulement et diffusion de l'appât dans l'environnement, tout en minimisant l'espace occupé par la cage dans le champ de vision des caméras (Langlois *et al.* 2012). De plus, cette configuration permet une manipulation efficace et moins salissante de l'appât lors du remplissage de la cage. La cage a été peinte en noir afin de minimiser l'effet réfléchissant d'une cage métallique pouvant avoir un impact sur la qualité vidéo.

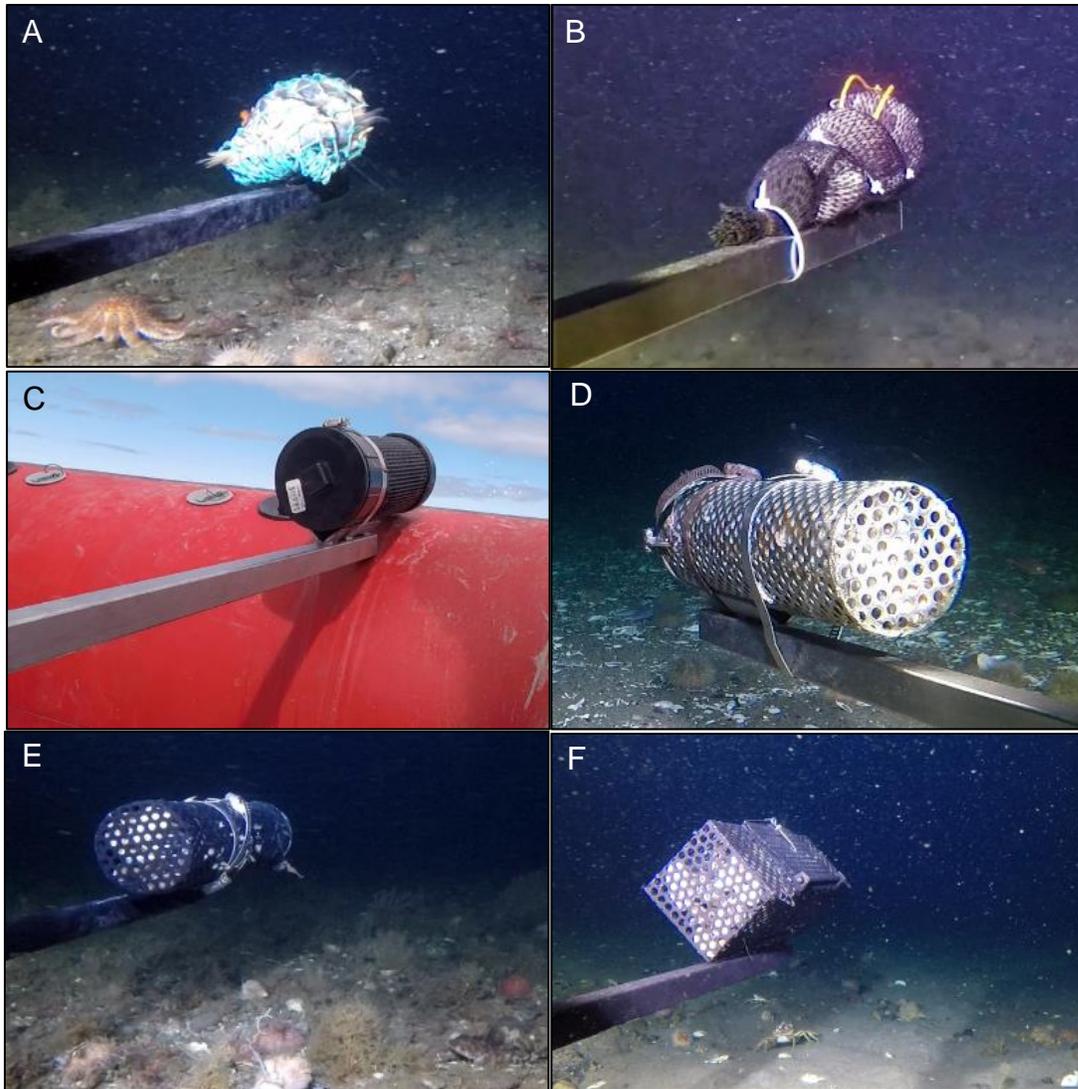


Figure 9. Les différents types de cages à appât testées et pouvant être utilisées sont (A) le sac à appât souple à gros maillage maintenu par des attaches en plastique, (B) le sac à appât souple avec une doublure antiprédation (contre la prédation) maintenu par des attaches en plastique, (C) la cage cylindrique en PVC maintenue par des collets, (D) la première cage à appât de forme cylindrique en aluminium maintenue par des collets, (E) la même cage à appât de forme cylindrique avec un fini noir mat, pour éliminer les reflets, maintenue par des collets et (F) la cage à appât de forme rectangulaire avec un fini noir mat soudé sur le bras d'appât.

2.2.6 Appât

Le type et la quantité d'appât utilisé dépendront des objectifs de l'étude (MacRae et Jackson 2006; Harvey et al. 2007). L'utilisation d'une espèce locale est généralement suggérée (Dorman et al. 2012) afin de faciliter et garantir l'approvisionnement et valoriser les produits dérivés de la pêche commerciale ou des relevées scientifiques. Le hareng atlantique (*Clupea harengus*) en format d'un kilogramme est utilisé lors des déploiements du système CVSA dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Cet appât a été sélectionné en fonction de sa disponibilité (facilité d'approvisionnement) et de son utilité démontrée dans la pêche commerciale à l'échelle locale. Le hareng atlantique est reconnu comme étant une espèce dont la chair contient et diffuse beaucoup d'huile et de gras (Spitz et al. 2010), ce qui permet de maximiser le rayon d'action de l'appât lors des déploiements (Australian CSIRO Marine Laboratories 1987). L'attraction et la rétention des organismes dans le champ de vision des caméras est l'objectif recherché dans l'utilisation d'un appât.

2.2.7 Ligne de bouées

La ligne de bouées assure le déploiement et la récupération du système CVSA. Elle se compose de trois sections complémentaires et indépendantes de corde flottante de dimension de 1,27 cm ($\frac{1}{2}$ po) ou 1,91 cm ($\frac{3}{4}$ po) : 1) les lignes de fixation flottantes, attachées sur le cadre et soutenues par deux bouées rigides permettant de relier le cadre à la ligne principale; 2) la ligne principale, partiellement plombée, laquelle compose le corps central et relie le cadre aux bouées de surface; et 3) les bouées de surface (lignes flottantes) assurant la visibilité, le positionnement et la récupération du système CVSA à la surface de l'eau (Figure 10). Les lignes de fixation au cadre ainsi que les bouées de surface sont facilement détachables de la ligne principale grâce à l'utilisation d'une manille à libération rapide en acier inoxydable. Ainsi, la longueur de la ligne principale peut facilement être ajustée en fonction de la profondeur du site échantillonné. Pour l'instant, ces ajustements sont possibles jusqu'à 500 m de profondeur et leur efficacité a été démontrée jusqu'à 300 m. Dans le but de faciliter les opérations, plusieurs lignes principales interchangeables de différentes longueurs sont préparées à l'avance afin d'adapter rapidement le mouillage à la profondeur du site échantillonné.

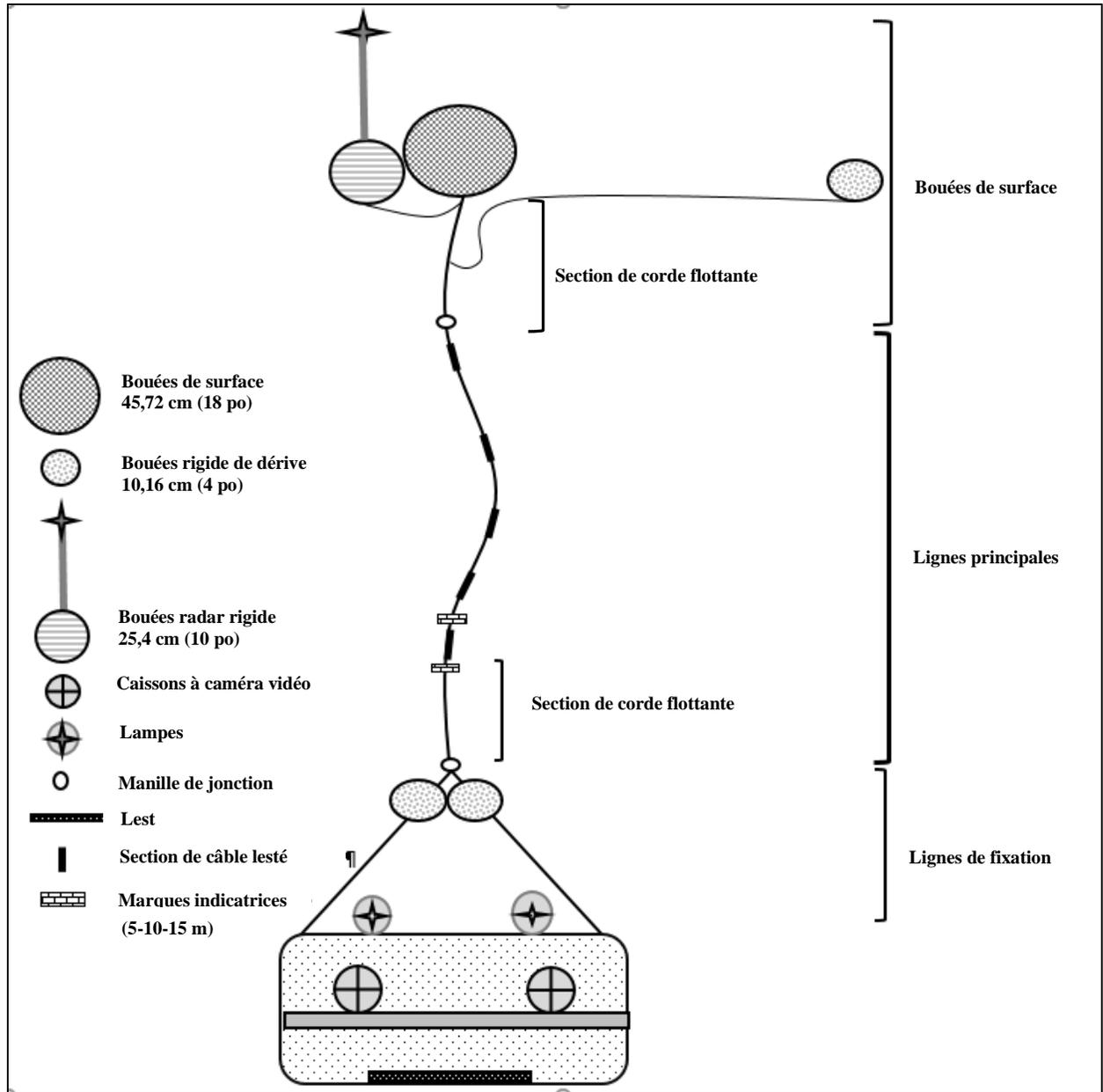


Figure 10. Schéma général du mouillage du système CVSA.

Lignes de fixation

Les lignes de fixation sont composées de cordes flottantes de 1,5 m de longueur installées de chaque côté ou fixées aux quatre coins du cadre du système CVSA (Figure 10). La longueur des cordes permet de maintenir le 1,5 m de dégagement nécessaire entre le cadre et la ligne principale pour les diverses sondes et instruments fixés sur le cadre. Deux bouées non compressibles de 10,16 cm (4 po) assurent la bonne flottabilité des cordages et des manilles. Cette flottabilité des cordages est essentielle afin d'assurer le dégagement du champ de vision des caméras et des faisceaux lumineux, ainsi qu'un positionnement stable du système CVSA sur le fond. Les cordes sont reliées entre elles et attachées à la ligne principale à l'aide d'un émerillon et d'une manille à libération rapide permettant d'ajuster aisément la longueur de la ligne principale en fonction de la profondeur, sans modifier les lignes de fixation.

Ligne principale

La ligne principale est composée de corde flottante à laquelle sont ajoutées des sections de ligne plombée d'une longueur de 45 cm chacune (Figure 10). Les premières sections plombées se situent à une distance de un mètre de la jonction avec la ligne de bouées de surface et à cinq mètres de la jonction avec les lignes de fixation sur le cadre. Cette disposition permet d'éviter que la ligne principale ne retombe devant les caméras et obstrue le champ de vision. Des sections plombées supplémentaires sont ajoutés tous les deux mètres par la suite. Cette configuration assure un positionnement vertical et un comportement stable de la ligne dans la colonne d'eau (jusqu'à 300 mètres de profondeur), limitant ainsi les mouvements du système CVSA sur le fond dû à l'influence des courants ou des marées. Cette configuration facilite aussi le déploiement et la récupération sécuritaire du système en évitant qu'une trop grande portion de la ligne ne flotte à la surface et pose un risque à la navigation. Des indicateurs marquant les quinze, dix, et cinq derniers mètres de ligne sont installés de façon à mieux contrôler la vitesse de remontée et la récupération sécuritaire du système à la surface de l'eau. Une version alternative de la ligne principale a également été testée et présente de bons résultats et un comportement similaire dans la colonne d'eau tout en étant plus simple à monter, particulièrement pour les profondeurs de plus de 100 m. Celle-ci consiste à alterner des sections de corde flottante et de corde lestée tout au long de la ligne principale. Des sections de corde flottante sont installées aux extrémités du montage correspondant aux bouées de surface et le cadre principal, suivit d'une alternance de sections flottantes et lestées de même longueur sur tout la longueur de la ligne principale.

La longueur de la ligne principale doit être adaptée en fonction de la profondeur du site et des conditions environnementales telles que les marées, les vagues, les courants, les vents et les conditions de glace. Il est nécessaire de laisser une longueur suffisante de câble pour pallier au marnage et/ou à des changements dans la hauteur des vagues. De même, les forts courants imposent un positionnement diagonal du câble déployé, exigeant une augmentation de la longueur de câble nécessaire. Ce phénomène s'accroît avec la profondeur : plus le site d'échantillonnage est profond, plus la longueur de câble sécuritaire doit être grande. Un câble trop court augmente le risque de déplacement du système CVSA sur le fond, ce qui peut compromettre la qualité des échantillons vidéo et risque même d'entraîner la perte du système (si les bouées de surface viennent à être submergées en

raison des conditions environnementales). Les sites côtiers sont généralement moins sujets aux déplacements en diagonale de la ligne principale engendrés par le courant, mais fortement exposés aux effets des vagues et des marées. Ainsi, il est suggéré d'utiliser une longueur de ligne principale correspondant à une fois et demie la profondeur du site d'échantillonnage lorsque la profondeur est de 50 m ou moins, et de deux à deux fois et demie la profondeur pour les sites plus profonds (> 50 à 300 m). Cette règle de base doit être adaptée en fonction des conditions locales, saisonnières et météorologiques telles que l'échantillonnage pendant la période des grandes marées ou par grands vents. De plus, il est recommandé d'être vigilant lors de déploiements de longue durée (du soir au matin) pendant lesquels les conditions environnementales peuvent changer radicalement.

Bouées de surface

Le système de bouées de surface (Figure 10) est composé de deux ou trois bouées reliées entre elles par une corde flottante rattachée à la ligne principale (Figure 11). La plus grande bouée a un diamètre de 45,72 cm (18 po) et sert de repère visuel lors de la récupération du système. La deuxième bouée, plus petite, a un diamètre de 10,16 cm (4 po). Il s'agit d'une bouée rigide reliée aux autres par une longueur de câble de quatre mètres (Figure 11). Cette bouée sert principalement à indiquer la direction du courant pour faciliter l'approche de l'embarcation lors de la récupération du système CVSA. Une troisième bouée rigide, d'un diamètre de 25,4 cm (10 po) est munie d'un réflecteur radar pour son repérage et d'une lumière DEL trois couleurs (rouge, vert, blanc) pour une plus grande visibilité (Figure 11). Cette bouée peut être ajoutée au besoin en fonction de la durée et des conditions d'échantillonnage ainsi que de l'embarcation utilisée pour le déploiement et la récupération du mouillage. Un système de repérage GPS peut également être fixé sur les bouées de surface afin de faciliter leur localisation en cas de dérive du système CVSA (Figure 11)

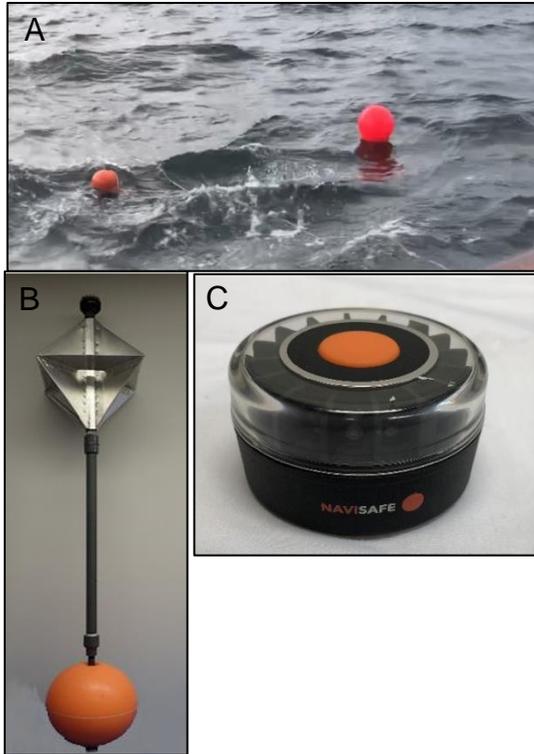


Figure 11. Les éléments facilitant le repérage du système CVSA sont (A) les bouées de surface, (B) la bouée radar optionnelle et (C) la lumière NAVISAFE employée sur les bouées radar.

2.2.8 Lest

Du lest, sous forme de barres de plomb de 5,2 kg (Figure 12), est ajouté sur les supports prévus à cet effet sur le cadre principal du CVSA (Figure 2). Quatre paires de supports, pouvant accueillir deux barres chacune, sont présentes sur chacun des côtés du cadre principal. Chaque système CVSA peut donc être lesté d'un maximum de 41,6 kg (le minimum conseillé est de 10,4 kg). Les poids sont utilisés en paires (toujours deux poids l'un en face de l'autre), de façon à maintenir l'équilibre du cadre principal et favoriser un bon positionnement du système sur le fond. Le lest est ajusté en fonction des conditions météorologiques et environnementales. Plus les conditions sont rigoureuses (fort vent, courant intense ou de cisaillement, grande profondeur), plus la quantité de lest doit être augmentée afin de maintenir une descente la plus verticale possible et éviter les mouvements ou la dérive du système CVSA en cours d'échantillonnage.



Figure 12. Lest de 5,2 kg pouvant être ajouté au CVSA et CPD

2.2.9 Équipements complémentaires

Le système CVSA peut être équipé de composantes et équipements optionnels qui ne sont pas nécessaires au bon fonctionnement du système, mais qui permettent de maximiser et optimiser la prise de données environnementales et écologiques. Notamment, il est possible d'ajouter des protections supplémentaires, une sonde multiparamétrique mesurant la conductivité, la température et la profondeur in situ (DST-CTD), un courantomètre et un système de récupération d'urgence, selon les besoins. Ces appareils sont fixés sur le cadre principal avec des collets métalliques et/ou différents supports. Les différents composantes et mécanisme de fixation exposés ici (à l'exception du système de récupération d'urgence) ont été testés et permettent le bon fonctionnement des divers appareils sans interférer avec les performances de l'échantillonnage vidéo.

Protections supplémentaires

Une protection supplémentaire amovible, formée de tiges d'aluminium fixées aux quatre coins du cadre principal CVSA, peut être ajoutée afin d'assurer une meilleure protection du système d'éclairage lors de l'échantillonnage sur des fonds marins accidentés (Figure 13). Ce dispositif protège également le système d'éclairage lors des retournements pouvant survenir au moment du dépôt du système sur le fond ou, le plus souvent, lors de la remontée. Lorsque des protections supplémentaires sont ajoutées, les lignes de fixations sont remplacées par un anneau situé sur le dessus des protections permettant la fixation de la ligne principale.

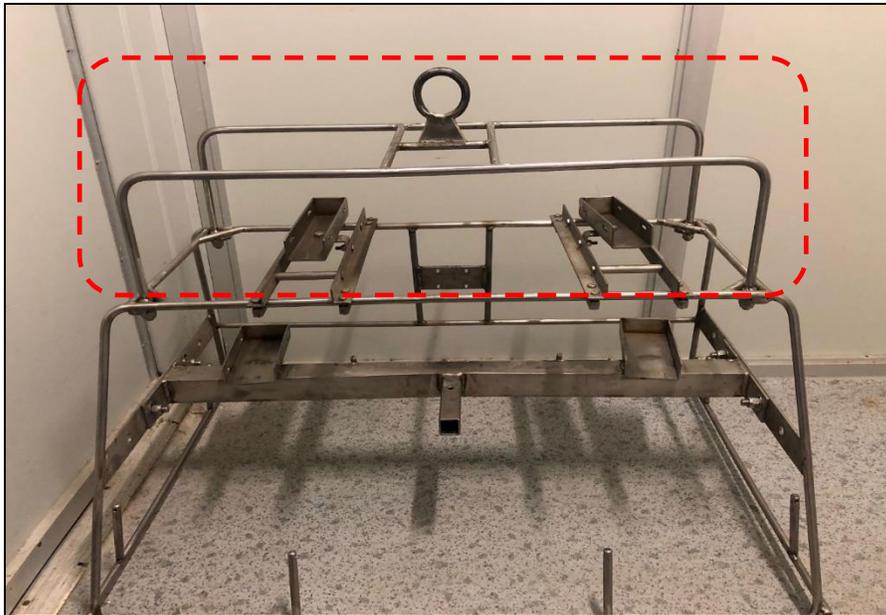


Figure 13. Protection amovible (encadré pointillé) du système d'éclairage fixé sur le cadre principal.

Multisonde CTD

Une multisonde DST-CTD de marque [Star-Oddi](mailto:star-oddi@star-oddi.com) (star-oddi@star-oddi.com), relevant la profondeur, la température et la salinité, est fixée sur la partie supérieure du cadre principal afin d'échantillonner les conditions environnementales pendant toute la durée des déploiements du système CVSA (Figure 14).

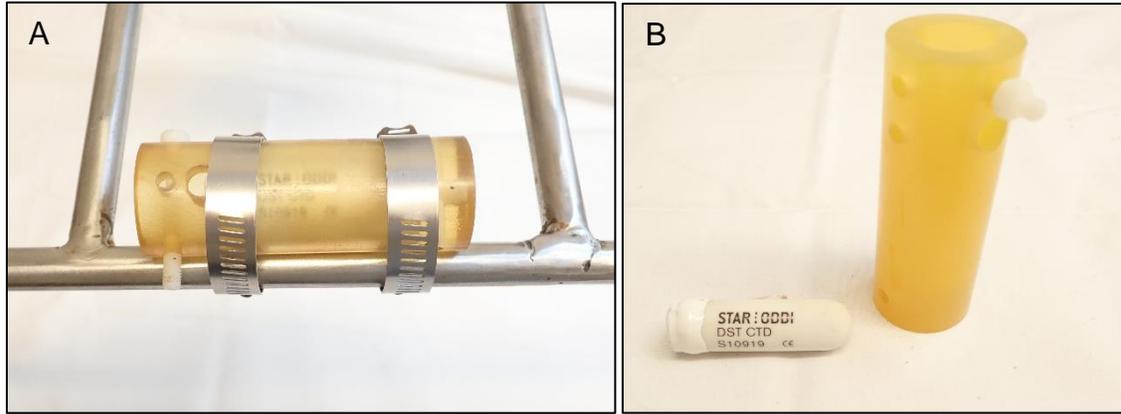


Figure 14. Sonde CTD Star Oddi (A) installée sur le cadre du système CVSA et (B) séparée de son support.

Courantomètre

Un courantomètre Lowell instrument (<https://lowellinstruments.com/>), modèle TCM-1 est fixé sur le dessus du cadre du système CVSA (Figure 15A). Cet instrument permet de mesurer la direction et l'intensité du courant et évaluer le rayon de diffusion de l'appât dans le milieu étudié. Ce courantomètre contient un accéléromètre et un magnétomètre dans un tube de PVC de 76 cm ancré à sa base du cadre principal au moyen d'une courte corde. Le courantomètre tangue avec le courant et son degré d'inclinaison est converti par l'accéléromètre en vitesse alors que son orientation, mesurée par le magnétomètre, correspond à la direction du courant. Le support conçu pour fixer le courantomètre (Figure 15B et 15C) et son positionnement sur la tige arrière du cadre principal assure la liberté de mouvement nécessaire à son bon fonctionnement. Les lignes de fixation du système CVSA ont été conçues pour laisser au courantomètre un rayon d'action de 76 cm et ne pas entraver son mouvement.

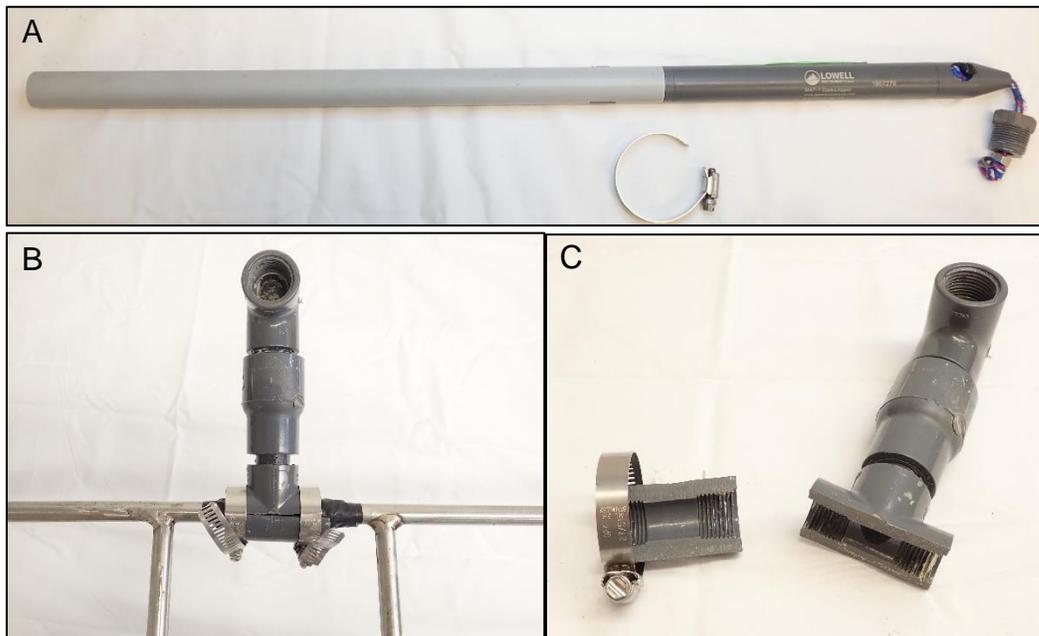


Figure 15. (A) Courantomètre Lowell TCM-1, (B) support d'installation du courantomètre sur le cadre du système CVSA et (C) support séparé du cadre.

Commande à distance

Les caméras GoPro ont pour avantage de pouvoir être actionnées à distance avec une télécommande (Figure 16). La commande à distance [GoPro Smart Remote](http://www.GoPro.com) (www.GoPro.com) permet d'éviter l'ouverture répétitive des caissons étanches pour la mise en marche et l'arrêt des caméras. Cet aspect permet d'économiser temps et énergie, en maximisant l'autonomie des batteries sur le terrain. De plus, elle assure que les caméras sont synchronisées; ce qui facilite le sous-échantillonnage des photos et des vidéos. Le fonctionnement de la télécommande GoPro est simple et il est possible d'apparier jusqu'à 50 caméras à une seule télécommande. Il s'agit simplement d'établir une communication Wifi entre la télécommande et les caméras utilisées.



Figure 16. Télécommande GoPro Smart Remote.

La télécommande perd le signal des caméras au moment de leur immersion dans l'eau, mais celles-ci poursuivent l'enregistrement en fonction des paramètres définis lors de la mise en marche. Il suffit de réactiver la télécommande lorsque les caméras sont de retour à la surface de l'eau pour que la communication se rétablisse automatiquement. Il arrive fréquemment qu'une caméra ne se reconnecte pas automatiquement à la télécommande. Ce problème peut être évité en effectuant la mise en marche des caméras avant leur installation dans les caissons et en lançant l'enregistrement juste avant la mise à l'eau. L'enregistrement peut alors être arrêté entre les stations afin d'économiser les batteries, sans toutefois mettre les caméras à l'arrêt. Il est recommandé d'utiliser une télécommande distincte pour chacun des systèmes CVSA déployés et un seul modèle de caméra GoPro par système afin de minimiser les problèmes de connexion entre les caméras et la télécommande.

Système de récupération d'urgence

Un module de récupération d'urgence, constitué d'un déclencheur acoustique [Teledyne](http://www.teledynedalsa.com/en/home), modèle R500 (<http://www.teledynedalsa.com/en/home>), est couplé à une bouée rigide de 10,16 cm (4 po) de diamètre et à une corde de récupération d'une longueur de 500 m et d'un diamètre de 36 mm (5/32 po) pouvant être installé sur le cadre principal du système CVSA. Ce déclencheur acoustique est équipé d'un système de géolocalisation permettant de déterminer la position du système CVSA sous l'eau en cas de perte. Le positionnement du lest doit être ajusté lorsque le système de récupération est utilisé de façon à maintenir l'équilibre du système et garantir son positionnement adéquat sur le fond. À noter que ce système n'a pas encore été testé.

2.3 Échantillonnage CVSA

Le principal avantage du système CVSA par rapport à d'autres méthodes conventionnelles d'imagerie sous-marine est sa polyvalence. Le système peut être aisément utilisé pour échantillonner à partir de différents types d'embarcations. Le type et la taille des embarcations ainsi que leur manœuvrabilité ont une influence sur les procédures de déploiement et de récupération. Ces procédures et l'équipement utilisé varieront d'une embarcation à l'autre (Figure 17). Pour des raisons de sécurité, il est recommandé de toujours être deux personnes pour manipuler les systèmes CVSA, et ce, peu importe la taille de l'embarcation utilisée.

2.3.1 Déploiement

Le déploiement, à partir de petites (< 10 m) et moyennes embarcations (10-25 m) peut s'effectuer de façon manuelle puisque le bastingage est souvent de moins d'un mètre. Le système est descendu librement jusqu'au fond et la vitesse de descente est contrôlée manuellement. Un léger relâchement dans la tension de la ligne principale indique lorsque le système CVSA a atteint le fond. L'excédent de ligne ainsi que les bouées de surface sont ensuite déployées. Sur les embarcations de grande taille, comme les navires de recherche (≥ 25 m,) présentant un bastingage important (2 à 5 m) ou pour les déploiements à des profondeurs de 50 m et plus, l'utilisation d'un cabestan ou d'un treuil (hydraulique ou électrique) est nécessaire. Ces équipements facilitent le déploiement du système CVSA et le rendent plus sécuritaire en assurant le contrôle de la vitesse de descente et en favorisant un positionnement adéquat du système CVSA sur le fond. Il est donc recommandé de les adapter afin de les utiliser sur tous types d'embarcations.

2.3.2 Récupération

La récupération du mouillage consiste d'abord à récupérer les bouées de surface, à l'aide d'un grappin ou d'une gaffe, et de les hisser à bord de l'embarcation. Avec les petites embarcations, qui sont très manœuvrables, l'approche des bouées de surface se fait généralement de manière directe par le côté, ce qui permet d'être très près du mouillage. Sur de plus grandes embarcations moins manœuvrables, l'approche peut être réalisée par le côté lorsqu'une grue ou un bras de déploiement est disponible, ou par l'arrière de l'embarcation à l'aide d'un portique hydraulique, en reculant vers le mouillage. La récupération des bouées peut également s'effectuer à l'aide d'une embarcation secondaire telle qu'un zodiac lorsque les conditions météorologiques et environnementales ou la présence d'obstacle ne permettent pas de s'approcher suffisamment du mouillage. Dans ce cas précis, l'embarcation secondaire récupère les bouées pour les amener jusqu'au navire chargé de la remontée.

Une fois les bouées de surface hissées à bord de l'embarcation, la ligne principale peut être remontée à la main, à l'aide de poulies et/ou d'un dispositif secondaire simple (e.g. cabestan actionné par une perceuse) ou de façon motorisée, selon l'embarcation (Figure 16). Parmi les méthodes motorisées éprouvées pour la remontée du système CVSA sont inclus les treuils, les cabestans et les poulies hydrauliques de type « *pot hauler* ». Une fois le système près de la surface, la vitesse de remontée est réduite afin de ramener le système à bord en évitant tout heurt avec le navire ou les mécanismes de remontées.

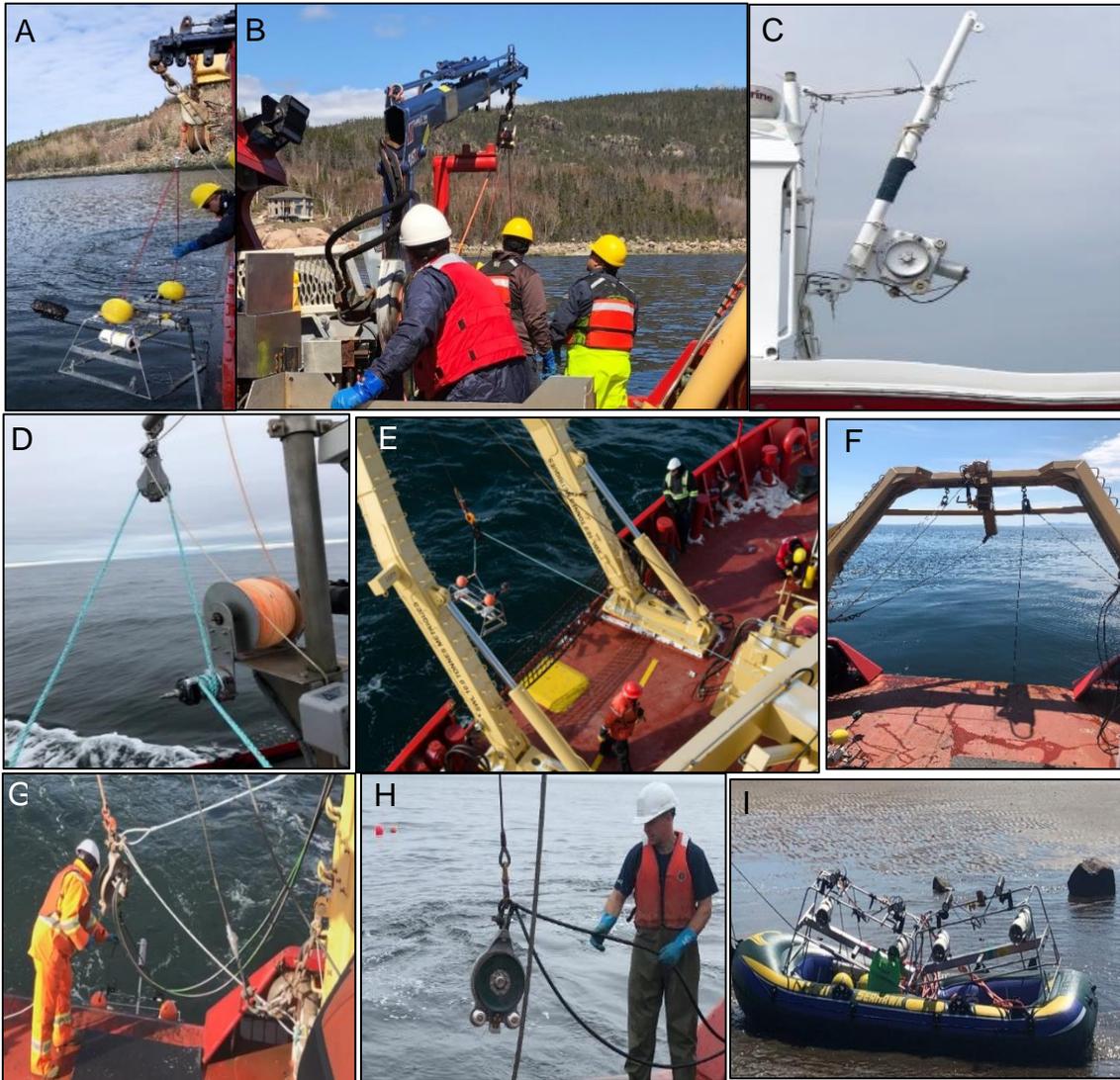


Figure 17. Différents modes de déploiement et récupération du système CVSA selon le type d'embarcation, incluant (A) la grue latérale du NGCC Perley, (B) la grue latérale et le support du bras en « Y » du NGCC Perley, (C) le bras latéral déployable équipé d'une poulie ouverte et d'un cabestan sur le NGCC Octopus, (D) le bras latéral équipé d'une poulie et d'un cabestan manuel de voilier actionné à l'aide d'un mandrin et d'une perceuse électrique du NGCC Colvert, (E) la récupération à partir d'un portail latéral déployable sur le NGCC Amundsen, (F) la récupération du CVSA à partir d'un portail arrière déployable sur le NGCC Leim, (G) le système de poulies et le portail arrière du NGCC Leim, (H) le cabestan utilisé sur le portail arrière du NGCC Leim, et (I) système CVSA transporté à la marche en milieu côtier à l'aide d'un bateau gonflable

3. SYSTÈME DE CAMÉRAS PHOTO DÉPOSÉ

3.1 Description générale

Les systèmes de caméras déposés CPD peuvent être utilisés pour caractériser la couverture et la biomasse de la végétation aquatique submergée (Short et al. 2001; York et al. 2015), la densité des organismes épibenthique (Sheehan et al. 2010; Mallet et Pelletier 2014) et la composition du substrat dans des types de fonds fragiles ou accidentés (Valentine et al. 2005; Larocque et Thorne 2012). Le système CPD présenté ici est composé d'un cadre auquel un quadrat est intégré à la base (Figure 18). Ce quadrat est éclairé par deux lampes de plongée et photographié par deux caméras. La première caméra donne une vue verticale centrée sur le quadrat et la seconde une vue oblique plus globale du quadrat. Le système CPD est conçu pour la zone côtière (≤ 50 m de profondeur) et peut être déployé à partir d'une embarcation munie d'un treuil électrique, hydraulique ou manuel. Il est aussi possible de le déployer manuellement à de faibles (≤ 10 m) profondeurs.

3.2 Description des Composantes

3.2.1 Cadre

Le système CPD est un prisme à base triangulaire de 50 cm de largeur, 100 cm de longueur et 76 cm de hauteur au niveau de l'œillet au centre de l'arrête centrale (Figure 18A). Sa base comporte une division délimitant un quadrat de 50 x 50 cm qui est utilisé dans l'évaluation du pourcentage de recouvrement (Short et al. 2001). Il est aussi possible de mesurer la biomasse par unité de surface en utilisant une relation entre la quantité de végétation visible sur une photo et la biomasse récoltée par des plongeurs avec la méthode de Short et al. (2001) modifiée par York et al. (2015). Le système CPD est muni de deux caméras et de deux lampes de plongée de 7200 ou 8000 lm (Figure 18B). La première caméra est fixée au niveau de la barre horizontale supérieure au centre du quadrat, tournée vers le bas, et permet de capter les éléments se trouvant dans le quadrat en vue verticale. La seconde caméra est fixée à la petite barre horizontale dans le triangle opposé au quadrat (Figure 18A) en mode portrait, ce qui permet d'avoir un plan oblique ($\approx 30^\circ$ sous le plan horizontal). Les photos de la caméra oblique facilitent l'évaluation de la taille relative des éléments présents dans le quadrat. Les deux prises de vues sont complémentaires et augmentent la détectabilité et la précision de l'identification des organismes.

3.2.2 Caméras

Le système CPD utilise présentement deux caméras vidéo GoPro, parmi les modèles HERO5, HERO6 ou HERO7, avec enregistrement sur des cartes mémoires internes et alimentées par la batterie d'origine des caméras. Le choix de ces trois modèles de caméras est basé sur leur compatibilité avec le boîtier d'étanchéité *Super Suit* de GoPro qui leur permet d'être immergées jusqu'à une profondeur de 60 m. Il est recommandé d'utiliser le même modèle pour la caméra en vue verticale au cours d'une campagne en mer afin de limiter tout biais possible, bien que les différences entre ces modèles sont minimales au niveau de la photographie. Ces caméras d'action sont fréquemment utilisées dans les systèmes de photos et vidéos sous-marins (Letessier et al. 2015). En effet, elles offrent un compromis entre la performance, le coût, la robustesse, la possibilité de réaliser

des photos et des vidéos de qualité ainsi que la facilité de déploiement du système CPD, i.e. minimiser la taille et le nombre de composants sur le système. Les boîtiers d'étanchéité des caméras sont fixés sur le cadre par des supports amovibles faits sur mesure (Figure 18C et 18D). Tout autre modèle de caméra de plongée pourrait être utilisé avec le système CPD, mais il faudrait s'assurer que les caméras en vue verticale et en vue oblique permettent de photographier l'entièreté du quadrat sous l'eau.

3.2.3 Système d'éclairage

Le système d'éclairage est composé de deux lampes BigBlue, parmi les modèles VLC7200 et VLC8000, qui sont réglés pour fournir respectivement une intensité lumineuse de 7 200 et 8 000 lm à 6 500 K. La lumière blanche froide est préconisée pour la collecte d'échantillons photo. Les lampes ont un angle de faisceaux d'éclairage de 120° et sont étanches jusqu'à 100 m de profondeur. Les deux lampes sont fixées, par un boulon en U, de part et d'autre de la caméra verticale de façon à éclairer le quadrat de manière uniforme (Figure 19). Ces deux lampes fournissent une intensité lumineuse adéquate pour les deux caméras.

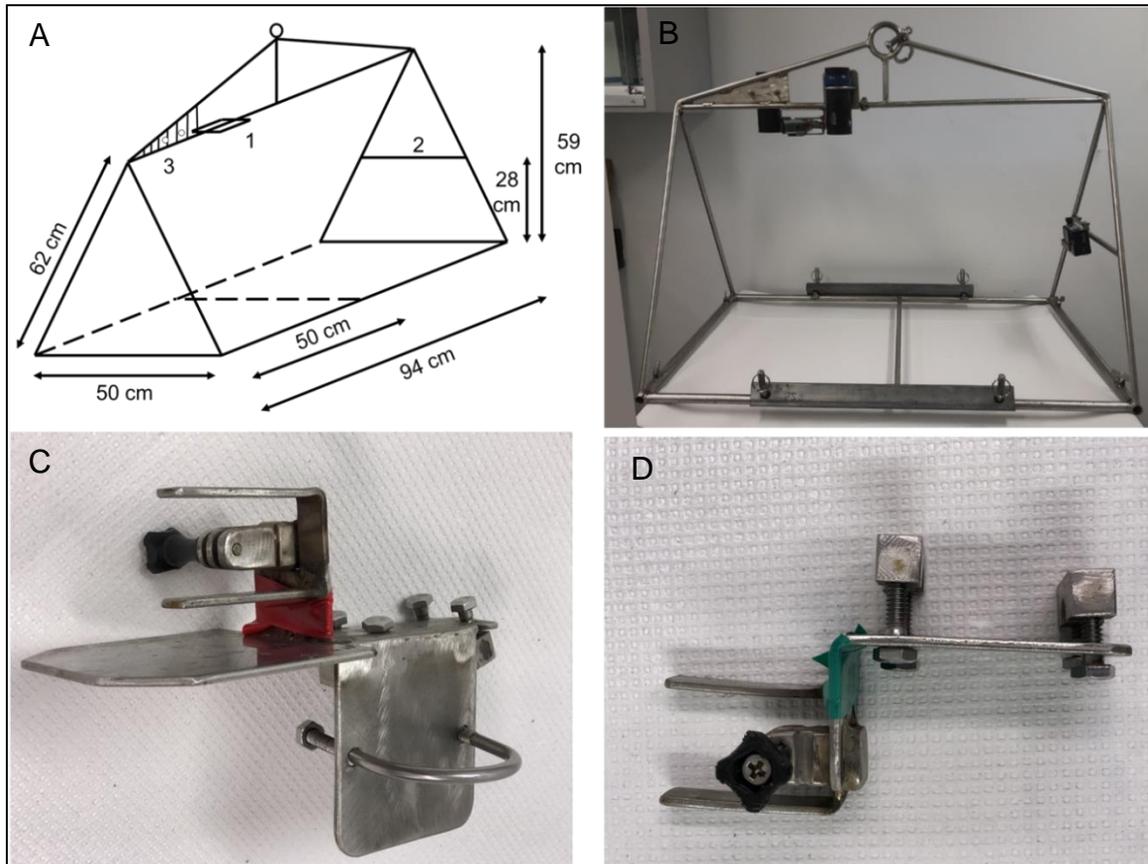


Figure 18. Système de caméras photo déposé (CPD) (A) schéma; (B) photographie incluant les supports amovibles pour les caméras; (C) support d'attache pour une des deux lampes de plongée et (D) support d'attache pour la caméra oblique. En (A), 1 = position du support d'attache de la caméra verticale, 2 = barre horizontale d'attache de la caméra oblique et 3 = support d'attache pour la seconde lampe de plongée.



Figure 19. Système d'éclairage composé de deux lampes de plongée fixées de part et d'autre de la caméra du dessus pour éclairer le quadrat.

3.3 Configuration et déploiement du CPD

Le système CPD a été conçu afin de pouvoir être déployé aisément à partir de petites ou grandes embarcations. Le système CPD est déposé sur le fond pour une courte durée (< 2 min) en demeurant rattaché à l'embarcation, puis déplacé sur une courte distance et redéposé. Les dépôts séquentiels sont à préconiser car ils permettent de maximiser le nombre de répliquas et la surface de couverture échantillonnée afin de caractériser le degré d'hétérogénéité sur un même site. Lorsqu'il est déployé en petite embarcation dans une profondeur d'eau inférieure à 10 m, le système CPD est suffisamment léger et manœuvrable pour être déployé sans treuil. Il est toutefois recommandé d'être deux personnes pour des raisons de sécurité.

Lorsque le système CPD est déployé à plus de 10 m de profondeur, l'utilisation d'un treuil électrique, hydraulique ou manuel est préconisée. L'ajout de lest assure une descente verticale et maximise la probabilité que le CPD soit en bonne position pour prendre les photos. Des disques de plomb de cinq kilogrammes chacun peuvent être fixés sur chaque coin du montage avec des cordes. Autrement, deux barres de plomb de 5.2 kg peuvent aussi être utilisées (Figure 12) et fixées sur leur ancrage Figure 18B et 20A). Le point principal à considérer dans le choix du lest utilisé est de limiter l'empiétement dans le quadrat pour la prise des photos.

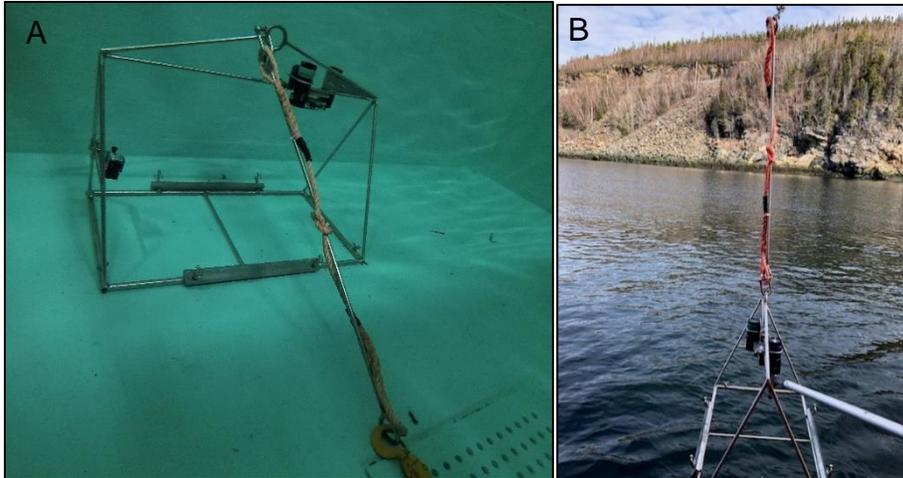


Figure 20. Tige rigide d'acier inoxydable d'un mètre fixée le long de la corde, entre le système CPD et le crochet (A) Position au fond en bassin et (B) en opération attaché au crochet de l'embarcation, afin d'éviter qu'il vienne choir dans le quadrat ou brise la caméra.

Le câble du treuil de plusieurs navires est souvent muni d'un crochet ou d'une manille de grande dimension qui risque de heurter les caméras lors du dépôt sur le fond et de choir à l'intérieur du quadrat. Pour éviter ces problèmes, une tige de métal de 1 m à laquelle un anneau a été soudé à chaque extrémité est ajoutée entre le système CPD et le crochet du bateau. Une corde de sécurité est également installée entre le crochet de l'embarcation et le système CPD en cas de défaillance des soudures (Figure 20B)

Dans le cas d'un déploiement en eau peu profonde (< 10 m) à partir d'une petite embarcation, il est plus efficace de s'ancrer en laissant l'embarcation se positionner dans le courant et de faire plusieurs déploiements du système CPD en remontant le courant tout le long de la corde lié à l'ancre, jusqu'à ce que l'ancre ne retienne plus le bateau en place. Une distance minimale d'environ 4 m entre les dépôts sur le fond est respectée. Il faut ensuite déplacer l'embarcation, s'ancrer de nouveau et procéder de la même façon jusqu'au nombre de déploiements requis. Ce nombre varie en fonction des objectifs de l'étude et de l'environnement, mais généralement entre 5 déploiements/dépôts pour les sites plutôt homogènes et 15 déploiements/dépôts pour les sites hétérogènes suffisent. Il est également possible de déployer le système CPD sans ancrage. Dans ce cas, il est préférable de laisser le moteur de l'embarcation en marche, pour maintenir sa position. Lorsque le système CPD est sur le fond, il est important de laisser suffisamment de cordage pour éviter toute tension qui risque de le renverser.

La durée des dépôts est fixée à un minimum de une minute sur le fond et est généralement de deux minutes. La plupart du temps, les particules remises en suspension sédimentent suffisamment rapidement pour obtenir des photos ayant la netteté requise pour les analyses biologiques et environnementales .

4. PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE

Dans cette section, les paramètres d'échantillonnage testés et utilisés pour les caméras GoPro et les systèmes d'éclairage sont décrits pour les systèmes CVSA et le CPD.

4.1 Paramètres d'enregistrement vidéo du système CVSA

Les paramètres d'enregistrement vidéo utilisés correspondent à la configuration des caméras GoPro HERO5 recommandée par SeaGIS et offrent un bon compromis entre la qualité de l'image et la durée des enregistrements. Le format 1080p à 30 images par seconde (ips) avec champ de vision « moyen » est utilisé. Une valeur ISO de 3 200 permet d'adapter l'échantillonnage aux conditions souvent turbides et à la source d'éclairage utilisée. Les observations jusqu'ici ont permis de conclure que la qualité des vidéos est ainsi suffisante pour l'identification des organismes. (Tableau 1).

Tableau 1. Paramètres d'enregistrement pour l'échantillonnage liés à l'éclairage et à la gestion des couleurs pour les systèmes CVSA et CPD.

Système	Couleur	Balance des blancs	ISO	Obturateur	Compensation de l'exposition	Netteté de l'image	Audio
CVSA	Plat	Auto	3200	Auto	0	Élevée	Ouvert
CPD	GoPro	Auto	400-800	NA	0	Élevée	NA

Note : NA = non applicable.

La vidéo 4K a été testée, mais avec les GoPro HERO5 elle est seulement disponible en 30 ips. Cette configuration ne permet pas d'augmenter de façon significative la qualité de la vidéo en arrêt sur image pour une meilleure identification taxonomique. De plus, elle augmente considérablement l'espace nécessaire à la sauvegarde des vidéos. Dans ces conditions il est préférable de réduire la résolution à 1080p et de maximiser le nombre d'images par seconde. Pour les versions de GoPro permettant d'augmenter l'ips à 60 ou 80, la vidéo 4k représenterait un gain de qualité, si l'espace de sauvegarde n'est pas un enjeu. L'utilisation d'une valeur ISO élevée permet de compenser la diminution de la lumière disponible avec l'augmentation de la profondeur au profit d'une image plus rugueuse, sans augmenter la puissance des lampes. Il est important d'utiliser des lampes suffisamment puissantes pour assurer une bonne visibilité sans pour autant surexposer la matière en suspension. Les particules en suspension peuvent causer des effets de réflexion et/ou de surexposition de la lumière diminuant ainsi la qualité et la clarté des images. La puissance des lampes utilisées couplée à un ISO élevé permet d'obtenir un bon compromis pour une identification taxonomique de qualité. Une quantité suffisante de lumière ajoute la possibilité d'un post-traitement des vidéos afin d'en augmenter la qualité visuelle. Un ISO moins élevé pourrait être utilisé dans les milieux où la visibilité est meilleure ou pour permettre un gain de qualité au niveau de certains détails de l'image. L'utilisation d'un champ de vue moyen permet d'éliminer la distorsion sphérique en périphérie de l'image, ce qui complique la prise de mesures stéréoscopiques en introduisant un biais. L'utilisation

de la configuration des couleurs et tonalité plat ou neutre de la GoPro permet d'obtenir une image avec moins de contrastes tout en conservant de meilleurs détails sur les tons clairs et les ombres, ce qui permet de conserver autant d'information que possible sur toute la gamme de tons de l'image. Les détails seront ainsi plus faciles à faire ressortir en post-traitement grâce à un rehaussement des couleurs lorsque nécessaire

4.2 Paramètres d'enregistrement photo du système CPD

Les deux caméras du système CPD ont les mêmes paramètres d'enregistrement, soit une photo chaque 10 s en mode intervalle de temps avec un champ de vision large (Tableau 1). Idéalement, le début de l'enregistrement devrait se faire simultanément à l'aide de la manette Smart Remote afin d'obtenir des photos synchronisées ce qui facilite la recherche lors des analyses. Le champ de vision large permet de capter l'entièreté du quadrat avec la caméra en vue verticale. Ce champ de vision large est également approprié pour la caméra en vue oblique puisqu'il donne un portrait d'ensemble du quadrat. Les photos sous-marines ainsi obtenues ont une distorsion sphérique limitée ce qui est satisfaisant lorsque la prise de mesures précises sur les organismes n'est pas requise/envisagée.

4.3 Alimentation des caméras

Une batterie interne de type GoPro d'une capacité de 1 200 mAh (modèle standard AABAT-001-CA fourni avec les caméras) et des batteries externes de différentes capacités, soit 6 000, 10 000 et 15 000 mAh (Annexe 1), sont utilisées pour alimenter les caméras dans les systèmes CPD et CVSA, respectivement. Des comparatifs en laboratoire et en bassin ont permis de déterminer la durée maximale d'enregistrement vidéo réalisable avec les différents types et capacités des batteries. La durée d'enregistrement a été évaluée en utilisant les paramètres d'enregistrement vidéo décrits dans la section 4.2. Les tests ont été réalisés à température ambiante (22 °C) en laboratoire et en eau froide (2 °C) en bassin. Les tests en eau froide ont été effectués en immergeant les caméras positionnées à l'intérieur des caissons côtiers [SeaGIS](#) dans un bassin où circulait de l'eau maintenue à 2 °C par un système de thermopompe. Trois modèles de caméras GoPro, HERO5, HERO6 et HERO8, alimentés d'une batterie interne ou externe de capacité différente, ont été comparés en utilisant trois cartes mémoires d'une capacité de stockage de 64 Go, 128 Go et 256 Go, respectivement. Les durées maximales d'enregistrement ont été compilées dans le Tableau 2.

Seule l'autonomie de la batterie interne s'est avérée limitante pour la durée d'enregistrement. La durée maximale d'enregistrement avec la batterie interne est d'environ 90 minutes, peu importe la température ou le modèle de caméra utilisé (Tableau 2). Avec les batteries externes, la durée d'enregistrement n'était pas limitée par la source d'alimentation mais par la capacité de stockage de la carte mémoire. La durée maximale de l'enregistrement vidéo était similaire pour une même capacité de stockage avec les trois batteries externes, et ce, peu importe la température (Tableau 2). La seule différence observée est entre le modèle de caméra HERO5 et les versions plus récentes HERO6 et HERO8. Les modèles récents ont démontré une durée d'enregistrement réduite de 36 % en moyenne face à la HERO5 avec les batteries externes. L'utilisation d'une source

d'alimentation externe permet d'augmenter la durée maximale d'enregistrement vidéo jusqu'à 16 h avec la caméra HERO5 équipée d'une carte mémoire de 256 Go. Il faut mentionner que ces résultats, obtenus en laboratoire et en bassin, surestiment probablement la durée maximale d'enregistrement par rapport au milieu naturel qui présente des variations de mouvements et luminosité.

Le temps de recharge des différentes batteries varie en fonction de l'état de charge et de l'usure de celles-ci ainsi que du type chargeur utilisé. La batterie interne se recharge en environ une heure, alors que les différentes batteries externes peuvent prendre entre deux et huit heures à se recharger complètement selon leur capacité initiale. Ainsi les batteries plus volumineuses prendront davantage de temps de recharge, mais permettront une plus grande autonomie.

Tableau 2. Durée maximale d'enregistrement vidéo pour trois modèles de caméras GoPro à température ambiante en laboratoire (22 °C) (noir) et en eau froide (2 °C) (italique et caractère gras) en fonction du type de batterie utilisé (interne ou externe), de la capacité d'alimentation en milliampère par heure (mAh) et de la capacité de la carte mémoire (exprimée en Go), pour la configuration vidéo standard sélectionnée pour l'échantillonnage avec le système CVSA (format 1080p à 30 ips, champ de vision « moyen » et une valeur ISO de 3 200).

Modèle GoPro	Capacité de la batterie (mAh)	Type batterie	Taille carte mémoire (Go)		
			64	128	256
HERO5	1 220	Interne	01:34	01:33	01:33
			<i>01:33</i>	<i>01:33</i>	<i>01:34</i>
	6 000	Externe	04:05	08:08	16:21
			<i>04:04</i>	<i>08:11</i>	<i>16:18</i>
	10 000	Externe	04:04	08:12	16:18
			<i>04:05</i>	<i>08:10</i>	<i>16:19</i>
	15 000	Externe	04:04	08:11	16:24
			<i>04:04</i>	<i>08:09</i>	<i>16:23</i>
HERO6	1 220	Interne	01:33	01:33	01:33
			<i>01:34</i>	<i>01:33</i>	<i>01:33</i>
	6 000	Externe	02:36	05:15	10:34
			<i>02:37</i>	<i>05:16</i>	<i>10:32</i>
	10 000	Externe	02:35	05:16	10:34
			<i>02:37</i>	<i>05:15</i>	<i>10:33</i>
	15 000	Externe	02:37	05:16	10:32
			<i>02:36</i>	<i>05:16</i>	<i>10:33</i>
HERO8	1 220	Interne	01:33	01:33	01:33
			<i>01:34</i>	<i>01:34</i>	<i>01:34</i>
	6 000	Externe	02:38	05:15	10:34
			<i>02:36</i>	<i>05:16</i>	<i>10:34</i>
	10 000	Externe	02:38	05:16	10:34
			<i>02:38</i>	<i>05:16</i>	<i>10:31</i>
	15 000	Externe	02:36	05:15	10:32
			<i>02:36</i>	<i>05:17</i>	<i>10:33</i>

4.4 Calibration vidéo stéréoscopique du système CVSA

La prise de mesures sur les échantillons vidéo stéréoscopiques prélevés avec le système CVSA nécessite la calibration des caméras (Shortis et Harvey 1998; Shortis et al. 2008). Cette calibration doit être réalisée dans un milieu aquatique suffisamment transparent (piscine, bassin ou milieu naturel) en mesurant des objets de dimensions connues sous différents angles de rotation, de manière à générer un ensemble de points en trois dimensions à partir desquels seront prises les mesures sur les images (Boutros et al. 2015). Nous utilisons la méthode de réseau photogrammétrique (Clarke et Fryer 1998) telle qu'implémentée dans le logiciel CAL ([SeaGIS](#)). La calibration consiste à submerger la barre de caméras équipée des caméras dans leurs caissons, et à prendre un ensemble de mesures sur un cube de calibration 3D (Figure 21A) et une barre de calibration 2D (Figure 21B) en variant les angles et les distances des prises de vue. Les paramètres de calibration (ensemble de points 3D) ainsi générés sont ensuite appliqués aux mesures prises sur les images analysées.

Il est fortement recommandé de procéder à une calibration avant et après chaque mission d'échantillonnage afin de mesurer toutes déviations liées à un déplacement des caméras ou des caissons pendant la mission. Ces déplacements peuvent, par exemple, survenir lors du remplacement d'une caméra endommagée ou d'une torsion de la barre de caméras lors d'un impact. Pour limiter ces mouvements, il est fortement recommandé de ne plus bouger la barre de support des caméras une fois celle-ci installée sur le cadre et ne pas retirer les caissons de leur support une fois la calibration initiale effectuée. Pour les caissons profonds, il est possible de réaliser une courbe de calibration compensatrice en simulant une utilisation normale du système CVSA de manière à évaluer l'ampleur des déviations observées dans les paramètres de calibration. Cependant, cette méthode est beaucoup moins précise.

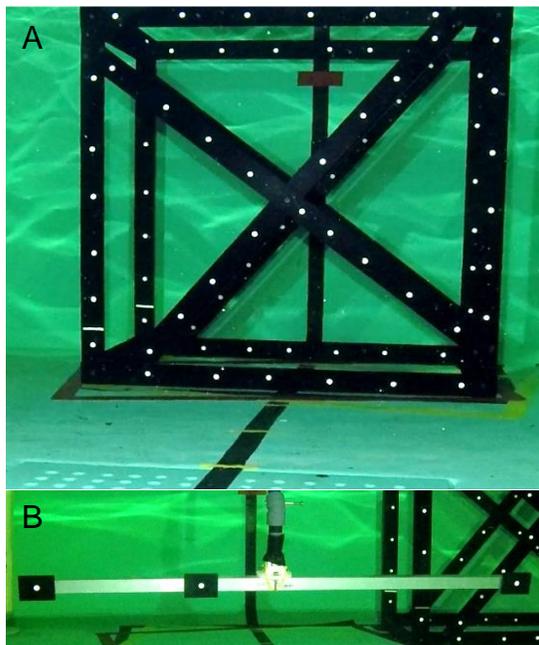


Figure 21. (A) Cube et (B) barre de calibration SeaGIS.

4.5 Échantillons récoltés et analyses d'images

Les systèmes CVSA et CPD récoltent des échantillons photos et vidéos devant être traités avec des logiciels d'imagerie sous-marine afin d'en extraire des données biologiques, écologiques et environnementales. La large gamme de conditions environnementales rencontrées lors de l'échantillonnage sous-marin représente un défi d'uniformité dans la qualité d'image et le niveau d'identification taxonomique possible (Figure 22 et Figure 23, respectivement). Les organismes observés dans les images sont identifiés au plus bas rang taxonomique, ce qui correspond le plus souvent à l'espèce pour les poissons et les invertébrés mégabenthiques. Pour certains invertébrés, le niveau taxonomique le plus bas qu'il est possible d'atteindre correspond à famille ou à l'ordre (e.g. Caridea pour les crevettes). Les organismes encroûtant, notamment les bryozoaires et les algues, ainsi que les éponges (Porifera spp) nécessitent l'usage de la microscopie pour leur identification, et sont donc généralement identifiés au niveau de l'embranchement ou de la classe en imagerie sous-marine.

L'analyse des échantillons vidéo est effectuée à l'aide du logiciel [Evenmeasure](#) de SeaGIS, lequel permet l'annotation des vidéos pour l'identification des espèces et la prise de mesures stéréoscopiques directement sur les images, en utilisant les paramètres 2D et 3D définis lors de la calibration (Langlois et al. 2012). L'analyse des échantillons photo est effectuée à l'aide du logiciel libre [ImageJ](#). Ce logiciel permet une analyse quantitative des images, les annotations et l'utilisation des séquences photo récoltées en mode intervalle de temps. Les détails relatifs au traitement des échantillons photo et vidéo issus de l'échantillonnage CPD et CVSA sont disponibles dans le deuxième volume de cette série de rapports. Le catalogue taxonomique utilisé pour l'identification des organismes est le sujet du troisième volume.

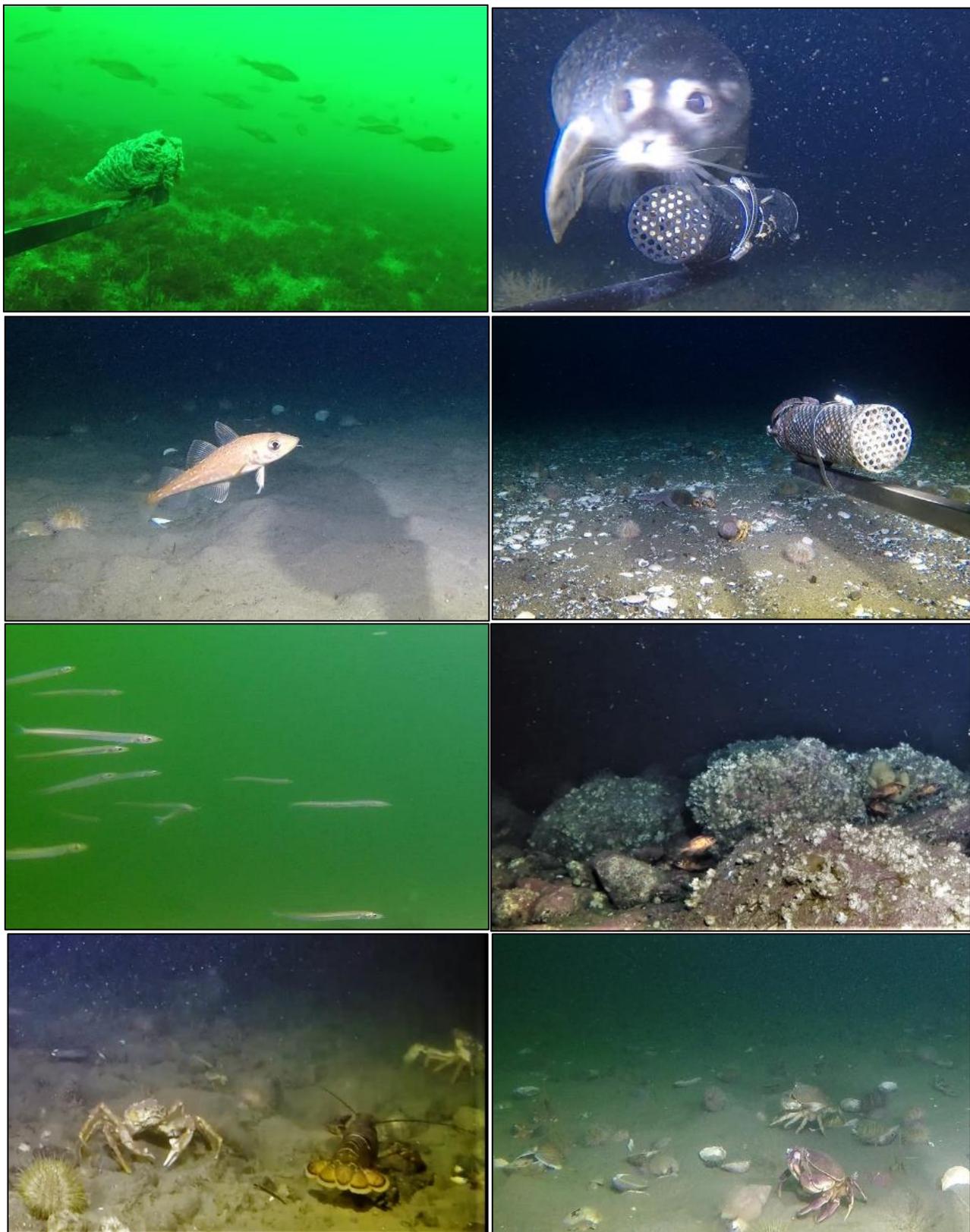


Figure 22. Exemples d'image tirés de vidéo échantillonnés à l'aide du système CVSA.



Figure 23. Exemples de photos prises par les caméras en vue oblique avec une disposition portrait (gauche) et en vue verticale (droite) avec une disposition paysage pour un même quadrat par le système CPD.

5. CONCLUSION

Ce rapport décrit deux dispositifs d'échantillonnage visuel pouvant être utilisés pour optimiser la collecte de données biologiques et environnementales dans différents milieux aquatiques, et réduire l'impact de l'échantillonnage sur les organismes et le milieu marin. Il s'agit d'un système de caméra vidéo stéréoscopique appâté (CVSA) et un système de caméras photo déposé (CPD). La description des composantes et configurations requises pour le bon fonctionnement de ces systèmes fournit une base pour l'élaboration et/ou l'adaptation de systèmes similaires, selon les besoins de recherche. Les systèmes CVSA et CPD ont été testés et ont démontré leur utilité dans une variété d'habitats (zones intertidales, côtières et hauturières) et circonstances d'échantillonnage (du petit zodiac au brise-glace en passant par les bateaux de pêche commerciale). Leur principal avantage est d'être faciles d'emploi et polyvalents. Le CVSA et le CPD peuvent être déployés sur pratiquement tout type d'embarcation et facilement intégrés à divers protocoles d'échantillonnage en mer, permettant ainsi d'optimiser le temps et les ressources disponibles pour la réalisation d'objectifs écosystémiques et multidisciplinaires. Le CVSA et le CPD facilitent l'accès à des habitats marins peu accessibles aux méthodes conventionnelles comme le chalut, en particulier les aires marines protégées et les fonds marins accidentés. Leur faible coût est un autre avantage important. Le CPD et le CVSA peuvent être élaborés et mis en fonction à des coûts initiaux variant entre 1 000-5 000 \$ et 5 000-10 000 \$, respectivement.

L'utilisation conjointe des systèmes CPD et CVSA permet de maximiser le nombre d'observations fixes et instantanées (CPD) afin de mieux caractériser l'hétérogénéité du milieu, et d'augmenter la probabilité de détection des espèces mobiles comme les poissons et les crabes, via des observations dynamiques en continu sur un même site (CVSA). Ces approches complémentaires permettent d'améliorer la caractérisation physique, biologique et écologique des habitats et communautés. L'ajout de sondes accessoires sur les systèmes CPD et CVSA permet d'obtenir simultanément des données environnementales sans efforts ou procédures supplémentaires. Compte tenu des priorités actuelles du MPO, notamment la mise en œuvre d'une approche écosystémique dans la formulation des avis scientifiques pour la gestion des pêches (Pepin et al. 2019), l'augmentation de la superficie des aires marines protégées (Gouvernement du Canada 2011, 2018), et l'augmentation des activités de recherche et de monitoring en zone côtière (Gouvernement du Canada 2020), l'importance des méthodes photo et vidéo est appelée à grandir. Déjà, plusieurs groupes du MPO développent (Larocque et Thorne 2012; Wudrick et al. 2020) et utilisent l'imagerie sous-marine dans le cadre de suivi des invertébrés commerciaux (Nozères et Roy 2021), du monitoring des aires marines protégées (Beazley et al. 2019; Côté et al. 2021), de la cartographie de l'habitat benthique à l'échelle submétrique près du littoral (Vandermeulen 2014) ainsi que dans la valorisation des habitats côtiers en tant que pouponnières des espèces commerciales (Dalley et al. 2017). La poursuite et l'harmonisation de ces initiatives ainsi que d'autres en cours de développement ouvrent la voie à des pratiques scientifiques moins dommageables pour l'environnement et une gestion écosystémique des ressources et habitats marins.

6. REMERCIEMENTS

Nous voulons remercier tous les gens qui ont contribué à rendre ce travail possible. Notamment, l'équipe de garde côtière à l'IML, dont François Gagnon-Lévesque, Sylvain Bourgeois, Sébastien Lavoie, Denis Fortin ainsi que les mécaniciens, qui nous ont fourni, réparé et adapté des embarcations pour réalisés les travaux de terrain côtiers. Nous remercions aussi les équipages du *NGCC Leim*, *Perley* et *Amundsen* qui nous ont épaulés lors des missions sur leur navire. Nous soulignons aussi la contribution de Stéphane Bouchard, patron d'embarcation à la Garde côtière (GCC) canadienne.

Remerciements à Jim Seager pour la formation sur l'utilisation et la calibration du système CVSA ainsi que le soutien technique. L'assistance technique et les idées pour la conception des montages de la part de l'équipe d'océanographie de la DAISS (Roger Pigeon, Rémi Desmarais, Félix St-Pierre, Anthony Ouellet, Michel Rousseau, Nicolas Coulombe), nous ont été précieuses, merci. Le système CPD et les adaptations du système CVSA ont été réalisés par Michel Otis, alors que les modifications des caméras et des lumières ont été effectuées par Multi-Électronique. Nous ajoutons à cette liste Jérôme Gagnon et François Tremblay qui nous ont permis d'effectuer les tests en bassin.

Nous remercions également les étudiants gradués impliqués dans les différents projets, Safouane Khamassi et David Ouellet, ainsi que nos collaborateurs à l'Institut des sciences de la mer (ISMER) Dominique Robert et Gesche Winkler pour leur implication. La contribution sur le terrain et le dévouement du personnel impliqué au fil du temps dont Sylvie St-Pierre, Sandra Vélasquez, Caroline Chavarria, Amélie Robillard et Mathilde Girard-Robert ont contribué au succès des développements technologiques dans ce rapport. Nous sommes également reconnaissants envers Marilyn Thorne et Claude Nozères pour la révision et judicieux commentaires sur le manuscrit ainsi qu'à Nathalie Simard qui en a réalisé l'édition finale. Finalement, nous soulignons la contribution du Plan de Protection des Océans (PPO), en particulier Yanick Gendreau, qui fournit le financement de ce projet.

7. RÉFÉRENCES

Australian CSIRO Marine Laboratories. 1987. Development of more efficient traps for the north-west shelf fishery. Final Report on FIRDC Project No. 1987/75. 208 p.

Beazley, L., Lirette, C. et Guijarro, J. 2019. Characterization of the corals and sponges of the Eastern Scotian Slope from a benthic imagery survey. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3302: vi + 83 p.

Bennett, K., Wilson, S.K., Shedrawi, G., McLean, D.L. et Langlois, T.J. 2016. Can diver operated stereo-video surveys for fish be used to collect meaningful data on benthic coral reef communities? *Limnol. Oceanogr.-Meth.* **14**: 874–885. <https://doi.org/10.1002/lom3.10141>

Benoît, H.P., Dunham, A., Macnab, P., Rideout, R., Wareham, V., Clark, D., Duprey, N., Maldemay, É.-P., Richard, M., Clark, C. et Wilson, B. 2020. Elements of a framework to support decisions on authorizing scientific surveys with bottom contacting gears in protected areas with defined benthic conservation objectives. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2020/011. ix + 98 p.

Bicknell, A.W.J., Godley, B.J., Sheehan, E.V., Votier, S.C. et Witt, M.J. 2016. Camera technology for monitoring marine biodiversity and human impact. *Front. Ecol. Environ.* **14**(8): 424–432, doi: 10.1002/fee.1322.

Boldt, J.L., Williams, K., Rooper, C.N., Towler, R.H. et Gauthier, S. 2018. Development of stereo camera methodologies to improve pelagic fish biomass estimates and inform ecosystem management in marine waters. *Fish. Res.* **198**: 66–77

Bourdages, H., Brassard, C., Desgagnés, M., Galbraith, P., Gauthier, J., Nozères, C., Scallion-Chouinard, P.-M. et Senay, Caroline. 2020a. Résultats préliminaires du relevé écosystémique d'août 2019 dans l'estuaire et le nord du Golfe du Saint-Laurent. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2020/009. iv + 93 p.

Bourdages, H., Marquis, M. C., Ouellette-Plante, J., Chabot, D., Galbraith, P. et Isabel, L. 2020b. Évaluation des stocks de crevette nordique de l'estuaire et du Golfe du Saint-Laurent en 2019 : données de la pêche commerciale et du relevé de recherche. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2020/012. xiii + 157 p.

Boutan, L. 1893. Mémoire sur la photographie sous-marine *Arch. Zool. Exp. Gén* **3**: 281–324.

Boutros, N., Shortis, M.R. et Harvey E.S. 2015. A comparison of calibration methods and system configurations of underwater stereo-video systems for applications in marine ecology. *Limnol. Oceanogr.-Meth.* **13**(5): 224–236.

Cappo, M., De'ath, G., Stowar, M., Johansson, C. et Doherty, P. 2009. The influence of zoning (closure to fishing) on fish communities of the deep shoals and reef bases of the southern Great Barrier Reef Marine Park. Cairns, Australia. Reef and Rainforest Research Centre Limited, Cairns and Australian Institute of Marine Science, Townsville. 53 p.

- Cappo, M., Speare, P. et De'ath, G. 2004. Comparison of baited remote underwater video stations (BRUVS) and prawn (shrimp) trawls for assessments of fish biodiversity in inter-reefal areas of the Great Barrier Reef Marine Park. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **302**: 123–152
- Clarke, T.A. et Fryer, J.G. 1998. The development of camera calibration methods and models. *Photogramm. Rec.* **16**(91): 51–66.
- Coghlan, A.R., McLean, D.L., Harvey, E.S. et Langlois, T.J. 2017. Does fish behaviour bias abundance and length information collected by baited underwater video? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **497**: 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.09.005>
- Côté, G., Faille, G. et Thorne, M. 2021. Analyse des données d'imagerie optique captées par le véhicule sous-marin ROPOS dans l'aire marine protégée du Banc-des-Américains. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 3419 : viii + 60 p.
- Cuvelier, D., de Busserolles, F., Lavaud, R., Floc'h, E., Fabri, M.C., Sarradin, P.M. et Sarrazin, J. 2012. Biological data extraction from imagery - How far can we go? A case study from the Mid-Atlantic Ridge. *Mar. Environ. Res.* **82** : 15–27. doi: 10.1016/j.marenvres.2012.09.001.
- Dalley, K.L., Gregory, R.S., Morris, C.J. et Cote, D. 2017. Seabed habitat determines fish and macroinvertebrate community associations in a subarctic marine coastal nursery. *Tran. Am. Fish. Soc.* **146**:1115–1125. <https://doi.org/10.1080/00028487.2017.1347105>
- Dorman, S.R., Harvey, E.S. et Newman, S.J. 2012. Bait effects in sampling coral reef fish assemblages with Stereo-BRUVs. *PLoS ONE* **7**(7): e41538. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041538>.
- Gouvernement du Canada. 2011. Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada. Pêches et Océans Canada, Ottawa. 34 p.
- Gouvernement du Canada. 2018. Rapport sur le réseau d'aires marines protégées du Canada : Décembre 2018. Pêches et Océans Canada. Canada. 40 p.
- Gouvernement du Canada. 2020. Canada's Oceans Protection Plan: Pan-Atlantic Report. Pêches et Océans Canada. Canada. 64 p.
- Harvey, E.S., Cappo, M., Butler, J.J., Hall, N. et Kendrick, G.A. 2007. Bait attraction affects the performance of remote underwater video stations in assessment of demersal fish community structure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **350**: 245–254.
- Harvey, E., Goetze, J., McLaren, B., Langlois, T. et Shortis, M. 2010. Influence of range, angle of view, image resolution and image compression on underwater stereo-video measurements: high-definition and broadcast-resolution video cameras compared. *Mar. Technol. Soc. J.* **44**: 75–85. 10.4031/MTSJ.44.1.3.
- Harvey, E. et Shortis, M. 1995. A system for stereo-video measurement of sub-tidal organisms . *Mar. Technol. Soc. J.* **29**: 10–22.
- Langlois, T.J., Radford, B.T., Van Niel, K.P., Meeuwig, J.J., Pearce, A.F., Rousseaux, C.S.G. et Harvey, E.S. 2012. Consistent abundance distributions of marine fishes in an old, climatically buffered, infertile seascape: Abundance distributions of fishes in stable

seascapes. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **21**: 886–897. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00734.x>.

Larocque, R. et Thorne, M. 2012. Imagerie optique benthique dans l'estuaire et le Golfe du Saint-Laurent : méthodes et répertoire de projets, 1999-2012. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 3017 : vii + 40 p.

Laurel, B. J., Knoth, B. A., & Ryer, C. H. (2016). Growth, mortality, and recruitment signals in age-0 gadids settling in coastal Gulf of Alaska. *ICES Journal of Marine Science*, *73*(9), 2227-2237.

Letessier, T.B., Juhel, J.B., Vigliola, L. et Meeuwig, J.J. 2015. Low-cost small action cameras in stereo generates accurate underwater measurements of fish. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **466**: 120–126.

MacRae, P.S.D. et Jackson, D.A. 2006. Characterizing north temperate lake littoral fish assemblages: a comparison between distance sampling and minnow traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **63**: 558–568.

Malcolm, H.A., McLean, D., Meekan, M., Miller, D., Mitchell, P.J., Newman, S.J., Radford, B., Rolim, F.A., Saunders, B.J., Stowar, M., Smith, A.N.H., Travers, M.J., Wakefield, C.B., Whitmarsh, S.K., Williams, J. et Harvey, E.S. 2020. A field and video annotation guide for baited remote underwater stereo-video surveys of demersal fish assemblage. *Methods Ecol. Evol.* **11**: 1401–1409. <http://doi.org/10.1111/2041-210X.13470>.

Mallet, D. et Pelletier, D. 2014. Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952–2012). *Fish. Res.* **154**: 44–62.

Murphy, H.M. et Jenkins, G.P. 2010. Observational methods used in marine spatial monitoring of fishes and associated habitats: a review. *Mar. Freshw. Res.* **61**, 236–252.

Nozères, C. et Roy, V. 2021. Catalogue des photos de la faune marine côtière prises lors du relevé du pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) dans le nord du Golfe du Saint-Laurent. *Rapp. manus. can. sci. halieut. aquati.* 3207 : iv + 166 p.

Pepin, P., King, J. Holt, C., Gurney-Smith, H., Shackell, N., Hedges, K. et Bundy, A. 2020. Incorporating climate, oceanographic and ecological change considerations into population assessments: A review of Fisheries and Oceans Canada's science advisory process. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2019/043. iv + 66 p.

Sheehan, E.V., Stevens, T.F. et Attril, M.J. 2010. A quantitative, non-destructive methodology for habitat characterisation and benthic monitoring at offshore renewable energy developments. *PLoS ONE* **5**(12): e14461. doi:10.1371/journal.pone.0014461.

Short, F.T., Cotes, R.G. et Short, C.A. 2001. *Global seagrass research methods*. 1st edition. Elsevier Science. 482p.

Shortis, M.R. et Harvey, E.S. 1998. Design and calibration of an underwater stereo-video system for the monitoring of marine fauna populations. *Int. Arch. Photogramm. Rem. S.* **32**: 792–799.

Shortis, M.R., Seager, J.W., Williams, A., Barker, B.A. et Sherlock, M. 2008. Using stereo-video for deep water benthic habitat surveys. *Mar. Technol. Soc. J.* **42**: 28–37.

Spitz, J., Mourocq, E., Schoen, V. et Ridoux, V. 2010. Proximate composition and energy content of forage species from the Bay of Biscay: high- or low-quality food? *ICES J. Mar. Sci.* **67**: 909–915.

Stoner, A., Laurel, B., & Hurst, T. (2008). Using a baited camera to assess relative abundance of juvenile Pacific cod: field and laboratory trials. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 354(2), 202-211.

Syvitski, J.P., Silverberg, N., Ouellet, G. et Asprey, K.W. 1983. First observations of benthos and seston from a submersible in the lower St. Lawrence estuary. *Géographie physique et Quaternaire*, 37(3): 227–240. <https://doi.org/10.7202/032520ar>

Trenkel, V.M., Vaz, S., Albouy, C., Brind'Amour, A., Duhamel, E., Laffargue, P., Romagnan, J.B., Simon, J. et Lorance, P. 2019. We can reduce the impact of scientific trawling on marine ecosystems. *Mar Ecol Prog Ser.* **609**: 277–282. <https://doi.org/10.3354/meps12834>

Valentine, P.C., Todd, B.J. et Kostylev, V.E. 2005. Classification of marine sublittoral habitats, with application to the northeastern North America region. *Am. Fish. Soc. Symp.* **41**: 183–200.

Vandermeulen, H. 2014. Cartographie des habitats côtiers au Canada atlantique : Résultats préliminaires obtenus à l'aide d'un sonar à balayage latéral haute fréquence et de caméras sous-marines et remorquées. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3092: vi + 16 p.

Wallace, S., Turris, B., Driscoll, J., Bodtker, K., Mose, B. et Munro, G. 2015. Canada's Pacific groundfish trawl habitat agreement: A global first in an ecosystem approach to bottom trawl impacts. *Mar. Policy* **60**: 240–248. doi: 10.1016/j.marpol.2015.06.028

Whitmarsh, S.K., Fairweather, P.G. et Huvneers, C. 2017. What is Big BRUVver up to? Methods and uses of baited underwater video. *Rev. Fish Biol. Fish.* **27**: 53–73. doi: 10.1007/s11160-016-9450-1

Wudrick, A., Beazley, L., Culwick, T., Goodwin, C., Cárdenas, P., Xavier, J. et Kenchington, E. 2020. A Pictorial Guide to the Epibenthic Megafauna of Orphan Knoll (northwest Atlantic) Identified from In Situ Benthic Video Footage. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3375: v + 154 p.

York, P.H., Carter, A.B., Chartrand, K., Sankey, T., Wells, L. et Rasheed, M.A. 2015. Dynamics of a deep-water seagrass population on the Great Barrier Reef: annual occurrence and response to a major dredging program. *Sci. Rep.* **5**: 13167.

8. ANNEXES

Annexe 1. Spécifications des composantes des systèmes CVSA et CPD

Composantes	Fournisseur	C V S A	C P D	Description
Cadre principal	SeaGIS : <i>Les dimensions proviennent du modèle original.</i> Entrepreneur local : <i>versions supplémentaires réalisées avec l'autorisation de SeaGIS</i>	X		Cadre principal en acier inoxydable de forme trapézoïdal, permettant de fixer les divers équipements requis pour l'échantillonnage. Il comprend notamment la barre de support pour caméras permettant la fixation et le positionnement des caissons vidéo. <u>Dimensions :</u> Base : 105 x 70 cm Dessus : 35 x 95 cm Hauteur : 50 cm
Cadre principal	Entrepreneur local		X	Cadre principal en acier inoxydable ayant la forme d'un prisme à base triangulaire, permettant de fixer les divers équipements requis pour l'échantillonnage. Sa base comporte une division délimitant un quadrat de 50 x 50 cm. <u>Dimensions :</u> Longueur : 100 cm Largeur : 50 cm Hauteur : 76 cm au niveau de l'œillet
Cadre de calibration	SeaGIS	X		Cadre permettant la calibration du système CVSA pour la prise de mesures en stéréovidéo. Dimensions : 1000 x 1000 x 500 mm
Caissons de caméra côtiers	SeaGIS	X		Caissons de protection faits de PVC permettant de fixer et de protéger les caméras GoPro. Testés et certifiés étanche jusqu'à une profondeur de 150 m. Ils assurent également le maintien du positionnement des caméras GoPro lors des manipulations et de l'entretien. Compatibles avec les modèles de GoPro HERO5, HERO6 et HERO7. <u>Dimensions</u> Longueur : 25 cm Diamètre : 11 cm
Caissons de caméra profonds	GroupBinc	X		<u>Modèles :</u> Benthic 3 et GPH10 Caissons de protection en aluminium permettant de fixer et de protéger les caméras GoPro. Testés et certifiés étanche jusqu'à une profondeur de 2600 m pour le Benthic 3 et de 2800 m pour le GPH10. Compatibles avec les modèles de GoPro HERO5, HERO6 et HERO7 Ces caissons comportent deux sections, la première (Benthic 3) assure le positionnement des caméras GoPro lors de

Composantes	Fournisseur	C V S A	C P D	Description
				l'échantillonnage. Le caisson Benthic 3 est fixé sur la deuxième section cylindrique (GPH10) contenant les batteries externes. <u>Dimensions</u> Benthic 3 : 8,6 cm de longueur x 7,6 cm de largeur x 6,3 cm de hauteur GPH10: 11,5 cm de diamètre x 27,5 cm de longueur Total: 11,5 cm de diamètre x 35cm cm de longueur
Caisson GoPro	GoPro		X	<u>Modèle</u> : Super Suit Caisson étanche jusqu'à 60m, compatible avec les caméras GoPro HERO5, HERO6 et HERO7.
Lampes	BigBlue	X	X	<u>Modèle</u> VLC7200: 7 200 lm Tri-Color Video Light Source lumineuse: 15 x XML LED + 6 XPE Red LED Température des couleurs: Blanc froid: 6500 K Blanc chaud: 5500 K Intensité lumineuse : Blanc froid : 1 800 lm (niveau 1) 3 600 lm (niveau 2) 7 200 lm (niveau 3) Blanc chaud : 900 lm (niveau 1) 1 800 lm (niveau 2) 3 600 lm (niveau 3) Angle d'éclairage : 120° <u>Dimension</u> :13 cm de longueur x 5.5 cm de diamètre <u>Alimentation</u> : Li-Ion batterie rechargeable Batcell18650 x 4
Lampes	BigBlue	X	X	<u>Modèle</u> : VLC8000: 8000 lm Tri-Color Video Light Source lumineuse: 15 x XML LED + 6 XPE Red LED Température des couleurs: Blanc froid: 6 500K Blanc chaud: 5 500k Intensité lumineuse : Blanc froid : 2000 lm (niveau 1) 4 000 lm (niveau 2) 8 000 lm (niveau 3) Blanc chaud : 1 000 lm(niveau 1) 2 000 lm (niveau 2) 4 000 lm (niveau 3) Angle d'éclairage : 120° <u>Dimension</u> :13,0 cm de longueur x 5.5 cm de diamètre <u>Alimentation</u> : Li-Ion batterie rechargeable Batcell18650 x 4
Caissons de lampe profonds	GroupBinc	X		<u>Modèle</u> : GHP-2, avec hublot Caissons de protection en aluminium permettant d'insérer une lampe BigBlue VLC7200 modifiée (voir section système d'éclairage du CVSA). Testés et certifiés étanche jusqu'à une profondeur de 1750 m. <u>Dimension</u> : 7,5 de diamètre x 19,0 cm de longueur

Composantes	Fournisseur	C V S A	C P D	Description
				Angle d'éclairage dans le caisson : 100°
Caméra GoPro	GoPro	X	X	CVSA : Le modèle HERO5 Black est utilisé sur le système CVSA. Valider la compatibilité avec les fournisseurs des différents types de caissons pour changer de modèle. CPD : Les modèles HERO5, HERO6 et HERO7 qui sont compatibles avec le caisson Super Suit.
Batterie d'alimentation de caméra	GoPro Belkin	X	X	Batterie interne GoPro : 1220 mAh Batterie externe GoPro : 6 000 mAh Batterie externe GoPro : 10 000 mAh Batterie externe Belkin : 10 000 mAh Batterie externe Belkin : 15 000 mAh
Sonde CTD	Star Odi	X		<u>Modèle</u> : DST CTD Sonde mesurant et enregistrant la salinité, la température et la profondeur. Gamme salinité : 13-50 mS / cm Gamme profondeur : 5-500 m <u>Dimension</u> 50 mm x 15 mm
Courantomètre	Lowell Instruments LLC	X	X	<u>Modèle</u> : TCM-1 Tilt Current Meter Enregistre la vitesse et la direction des courants. Testé et certifié étanche jusqu'à une profondeur 300 m. <u>Dimension</u> : 76 cm de longueur

Annexe 2: Protocole d'utilisation du CVSA

Pré-mission – Calibration du système

- Le système CVSA doit être calibré avant le départ avec logiciel CAL de SeaGIS (voir section Calibration vidéo du système CVSA).
- Une fois la calibration effectuée, les **caissons** et la **barre de caméra**, sur laquelle ils sont installés, ne devraient **plus être retirés du système** de façon à maintenir le positionnement des caméras établi lors de la calibration.
- Pour le transport, la maintenance et la gestion des caméras (batteries et cartes mémoires), retirer seulement les hublots des caissons en maintenant le positionnement des caméras fixées au hublot.
- **Si le positionnement d'une caméra devait être modifié, il est impératif de noter le moment ou le changement est survenu. Une calibration après la mission devra alors être effectuée afin de pouvoir tenir compte de cette modification de positionnement et ne pas affecter la prise de mesures lors de l'analyse.**

Sur le site d'échantillonnage

1. Vérifier que toutes les composantes du système sont bien fixées.
 - a. Vérifier que tous les boulons de la barre de caméras sont fermement vissés.
 - b. Vérifier que les manilles reliant les lignes de fixation, la ligne principale et la ligne de bouées sont bien vissées et sécurisées.
 - c. Vérifier que les supports de lampes sont bien fixés et correctement positionnés sur le cadre.
 - d. Vérifier que les vis d'ancrage des supports à lampes sont bien vissés et que les supports sont dans l'angle voulu.
 - e. Vérifier que toutes les goupilles de sécurité sont bien en place (caissons et barres de lest).
2. Vérifier les différentes lignes.
 - a. Vérifier que la ligne principale est suffisamment longue pour la profondeur du site.

Facteurs à prendre en considération pour estimer la longueur de corde nécessaire :

- | | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Profondeur de la station + 5m • Escarpement du site • Hauteur des vagues • Marnage • Courants | } | <p>longueur standard</p> <p>longueur de sécurité</p> |
|---|---|--|

**Plus la station est profonde, plus la longueur de sécurité doit être importante*

- b. Vérifier les nœuds de la ligne principale lorsqu'elle est composée de différentes sections.
- c. Vérifier l'état des cordes des lignes de fixation du système CVSA.

Avant le déploiement du CVSA

3. Préparer les caméras.
 - a. Retirer les hublots contenant les caméras, **en laissant les caissons en place**
 - b. Mettre les nouvelles cartes mémoires dans les caméras.
 - c. Brancher la caméra et la batterie avec le câble USB 90°
 - d. Formater les cartes mémoires à partir de la GoPro
 - e. Valider la configuration des caméras
 - f. Mettre la batterie dans son support.
 - g. Installer les hublots et la batterie sur les caissons

4. Préparer les lampes.
 - a. Mettre les batteries dans les lampes.
 - b. Installer les lampes sur leur support.
 - c. Attacher la bosse de sécurité des 2 lampes (version côtière)

Déploiement du système CVSA

5. Préparer l'appât.
 - a. Mettre 1 kg d'appât dans la cage à appât.
 - b. Fermer la cage à l'aide du mécanisme de fermeture de la cage et sécuriser.
 - c. Vérifier l'état des collets ou l'état de la soudure fixant la cage
 - d. Installer le bras d'appât sur le CVSA

6. Allumer les lampes

7. Déployer le système CVSA.
 - a. Démarrer les caméras manuellement ou à l'aide de la télécommande.
 - b. Présenter le tableau noir avec les informations de station devant les caméras.

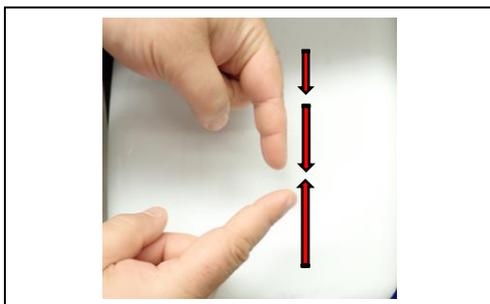
Mission :

Station :

Nom du Système + Position d'Éch. (P1 - P2)

Dates - Heure

- c. Effectuer la synchronisation des caméras à l'aide d'un geste de synchronisation à effectuer devant les caméras, à la hauteur de la cage d'appât, en position centrale et devant chaque caméra Ce geste peut consister simplement à faire se rejoindre les doigts lentement



- d. Mettre le CVSA à l'eau en veillant à ce que les bouées des lignes de fixation du CVSA remontent bien à la mise à l'eau.
- e. Laisser le CVSA descendre tranquillement, en veillant à ce que la ligne principale ne s'emmêle pas, jusqu'à sentir un léger relâchement sur la corde indiquant l'arrivée sur le fond.
- f. Déployer les bouées de surface, en les lançant afin qu'elles ne s'emmêlent pas.

Acquisition de données

8. Attendre le temps prévu par le protocole de mission.
9. Compléter formulaire de station (métadonnées).
- Noter la position du déploiement.
 - Noter la profondeur du déploiement.
 - Noter l'heure de mise à l'eau.
 - Noter l'heure de remontée.
 - Noter les conditions météorologiques.
 - Noter toutes informations circonstancielles jugées pertinentes ou pouvant affecter l'échantillonnage.

Récupération du CVSA

10. Approcher le mouillage (varie en fonction du type d'embarcation).
- Récupérer la ligne de bouées de surface à l'aide d'un grappin ou d'une gaffe.
 - Passer la corde dans le mécanisme de remontée.
 - Rapprocher l'embarcation du site jusqu'à ce que la ligne principale soit verticale.
 - Remonter la ligne principale suffisamment rapidement sur les premiers mètres afin d'éviter de le traîner sur le fond.

- e. Mettre la ligne de bouées de surface sur le côté de la panne et placer le cordage dans sa panne au cours de la remontée.
- f. Ralentir la remontée du système à l'apparition des marques indicatrices (15-10-5 m).
- g. Sécuriser le système une fois sur le pont.
- h. Placer les bouées sur le dessus de la panne de cordage.
- i. Valider que les caméras sont toujours en fonction.
- j. Arrêter les caméras manuellement ou à l'aide de la télécommande.
- k. Vider la cage à appât.

Après la récupération

- 11. Préparer le matériel pour le prochain déploiement.
 - a. Remplacer les batteries des lampes.
 - b. Vérifier l'état des batteries externes des caméras et les remplacer au besoin.
 - c. Vérifier l'espace disponible sur les cartes mémoire et la durée d'enregistrement restante et les remplacer au besoin.
 - d. Rester en attente jusqu'à la prochaine station et répéter les étapes 5 à 9.

À la fin de la journée d'échantillonnage

- 12. Récupérer les composantes du système.
 - a. Récupérer les hublots des caissons de caméra.
 - b. Récupérer les lampes.
 - c. Rincer les lampes et bien les assécher.
 - d. Récupérer les batteries externes des caméras et les batteries des lampes.
 - e. Mettre les différentes batteries à recharger.
 - f. Récupérer les cartes mémoires en identifiant **l'appariement au système et le numéro du caisson (Ex. Frame #1 – Caméra#1)**

Récupération et enregistrement des données

- 13. Copier le contenu de chaque carte mémoire sur le disque dur externe principal.
- 14. Séparer les fichiers vidéo par station/système/position d'échantillonnage/ de la caméra
- 15. Effectuer une copie du disque principal sur le disque dur de réserve.

**Suggestion d'organisation des dossiers*

Dossier au nom de la mission

- ↳ Date de l'échantillonnage
- ↳ Dossier au nom de la station
- ↳ Dossier au nom du système (CVSA #1 ou CVSA #2)
- ↳ Dossier au nom du numéro de caisson (C#1)

À la fin de la mission

16. Bien rincer à l'eau douce toutes les composantes du montage.
17. Démonter les différentes composantes du montage.
 - a. Démonter les lumières et les supports à lumière.
 - b. Retirer les hublots des caissons.
 - c. Installer les protecteurs de caissons.
 - d. Récupérer les barres de lestage et la goupille de sécurité.
 - e. Retirer les bouées des cordes de support latéral.
18. Bien assécher les différentes composantes.
19. Huiler les différentes pièces de métal du montage (principalement les boulons).
20. Remettre les différentes composantes dans leur caisse de transport.
21. Remettre les bouées, les barres de lestage et la ligne de bouée dans leur panne respective.