

# Un guide d'annotation vidéo et de terrain pour les relevés stéréovidéo sous-marins appâtés à distance des assemblages de poissons démersaux

Tim Langlois<sup>1</sup> | Jordan Goetze<sup>2,3</sup> | Todd Bond<sup>1</sup> | Moine Jacquomo<sup>4</sup> | René A. Abesamis<sup>5</sup> | Jacob Asher<sup>6,7</sup> | Neville Barrett<sup>4</sup> | Antoine TF Bernard<sup>8,9</sup> | Phil J. Bouchet<sup>10</sup> | Matthew J. Birt<sup>11</sup> | Mike Cappo<sup>12</sup> | Leanne M. Currey-Randall<sup>12</sup> | Damon Driessen<sup>3</sup> | David V. Fairclough<sup>3,13</sup> | Laura AF Fullwood<sup>3</sup> | Brooke A. Gibbons<sup>1</sup> | David Harasti<sup>14</sup> | Michelle R. Heupel<sup>12</sup> | Jamie Hicks<sup>15</sup> | Thomas H. Holmes<sup>1,2</sup> | Charlie Huvneers<sup>16</sup> | Daniel Ierodiaconou<sup>17</sup> | Alan Jordan<sup>4</sup> | Nathan A. Knott<sup>18</sup> | Steve Lindfield<sup>19</sup> | Hamish A. Malcolm<sup>20</sup> | Dianne McLean<sup>1,11</sup> | Mark Meekan<sup>11</sup> | David Miller<sup>15</sup> | Peter J. Mitchell<sup>21</sup> | Stephen J. Newman<sup>3,13</sup> | Ben Radford<sup>11</sup> | Fernanda A. Rolim<sup>22</sup> | Benjamin J. Saunders<sup>3</sup> | Marcus Stowar<sup>12</sup> | Adam NH Smith<sup>23</sup> | Michael J. Travers<sup>3,13</sup> | Corey B. Wakefield<sup>3,13</sup> | Sasha K. Whitmarsh<sup>16</sup> | Joël Williams<sup>14</sup> | Euan S. Harvey<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The UWA Oceans Institute and School of Biological Sciences, The University of Western Australia, Perth, WA, Australie;

Science de la biodiversité et de la conservation, Département de la biodiversité, de la conservation et des attractions, Kensington, WA, Australie ;

Sciences, Curtin University, Perth, WA, Australie ;

<sup>4</sup>Institut d'études marines et antarctiques, Université de Tasmanie, Hobart, Tas, Australie ;

<sup>6</sup>Centre de recherche et de gestion environnementale, Université Silliman, Dumaguete City, Philippines ; <sup>7</sup>Center, Science Operations NOAA Fisheries, Sciences halieutiques des îles du Pacifique

Division, NOAA Inouye Regional Center, Honolulu, HI, États-Unis ; Hawai'i à Mānoa, Honolulu, HI, USA ; Université Institut commun de recherche marine et atmosphérique, Université de Rhodes, Grahamstown, Afrique du Sud ; <sup>8</sup>Institut sud-africain pour la biodiversité aquatique, Grahamstown, Afrique du Sud ;

<sup>10</sup>Centre de recherche sur la modélisation écologique et environnementale, École de mathématiques et de statistiques, Université de St Andrews, St Andrews, Royaume-Uni ; <sup>11</sup>Institut australien des sciences marines, Centre de recherche marine de l'océan Indien, Perth, WA, Australie ; <sup>12</sup>Institut australien des sciences marines, Townsville, Qld, Australie ; <sup>13</sup>Western Australian Fisheries and Marine

Research Laboratories, Department of Primary Industries and Regional Development, Government of Western Australia, North Beach, WA, Australie ; <sup>14</sup>Fisheries Research, NSW Department of Primary Industries, Taylors Beach, NSW, Australie ; <sup>15</sup>Marine Science Program, Science & Corporate Services Division, Department for Environment and Water, Adélaïde, SA, Australie ; <sup>16</sup>Southern Shark Ecology Group, College of Science and Engineering, Flinders University, Bedford Park, SA, Australie ; <sup>17</sup>École des sciences de la vie et de l'environnement, Centre d'écologie intégrative, Université Deakin, Warrnambool, Vic., Australie ; <sup>18</sup>Fisheries Research, NSW Department of Primary Industries, Huskisson, NSW, Australie ; <sup>19</sup>Fondation de recherche sur les récifs coralliens, Koror, Palaos ; <sup>20</sup>Fisheries Research, NSW

Department of Primary Industries, Coffs Harbour, NSW, Australie ; <sup>21</sup>Centre des sciences de l'environnement, de la pêche et de l'aquaculture, Lowestoft, Royaume-Uni ; <sup>22</sup>Elasmobranch Research Laboratory, Institute of Biosciences, São Paulo State University, São Vicente, SP, Brésil et <sup>23</sup>School of Natural and Computational Sciences, Massey University, Auckland, Nouvelle-Zélande

## Correspondance

Jordan Goetze

Courriel : gertza@gmail.com

## Informations sur le financement

National du gouvernement australien

programme de sciences de l'environnement ; australien

données de recherche communes ; Gorgone

Gorgone de l'île de Barrow Filet de l'île de Barrow

Fonds des avantages pour la conservation

Rédacteur en chef : Edward Codling

## Abstrait

1. Les systèmes stéréovidéo sous-marins appâtés (stéréo-BRUV) sont un outil populaire pour échantillonner les assemblages de poissons démersaux et recueillir des données sur leur abondance relative et leur structure de taille corporelle de manière robuste, rentable et non invasive. Compte tenu de l'adoption rapide de la méthode, des différences subtiles sont apparues dans la manière dont les stéréo-BRUV sont déployés et dont l'imagerie résultante est annotée. Ces disparités limitent l'interopérabilité des ensembles de données obtenus à travers les études, empêchant un aperçu à grande échelle de la dynamique des systèmes écologiques.

Tim Langlois et Jordan Goetze sont coauteurs principaux.

Il s'agit d'un article en libre accès selon les termes de la licence Creative Commons Attribution, qui autorise l'utilisation, la distribution et la reproduction sur tout support, à condition que l'œuvre originale soit correctement citée. © 2020 Les auteurs. Methods in

Ecology and Evolution publié par John Wiley & Sons Ltd pour le compte de la British Ecological Society

2. Nous fournissons le premier guide mondialement accepté pour l'utilisation de stéréo-BRUV pour l'arpentage assemblages de poissons démersaux et habitats benthiques associés.
3. Des informations sur la conception des stéréo-BRUV, les paramètres de la caméra, les opérations sur le terrain et l'annotation des images sont décrites. De plus, nous fournissons des liens vers des protocoles de validation, d'archivage et de partage des données.
4. À l'échelle mondiale, l'utilisation des stéréo-BRUV se répand rapidement. Nous fournissons un protocole standardisé qui réduira les variations méthodologiques entre les chercheurs et encouragera l'utilisation de flux de travail trouvables, accessibles, interopérables et réutilisables pour augmenter la capacité de synthétiser des ensembles de données mondiaux et de répondre à un large éventail de questions écologiques.

#### MOTS CLÉS

surveillance (écologie des populations), écologie des populations, échantillonnage

## 1 | INTRODUCTION

Notre compréhension de l'écologie des poissons et notre capacité à gérer les populations exigent de manière appropriée des données précises sur la présence, l'abondance, la taille, la distribution et le comportement corporels. Échantillonnage vidéo à distance méthodes sont de plus en plus adoptées en raison : (a) de leur non-destruction nature, (b) capacité à échantillonner des espèces rares (Goetze et al., 2019 ; Harvey, Santana-Garcon, Goetze, Saunders et Cappo, 2018), sur une grande profondeur fourchettes (Heyns-Veale et al., 2016 ; Wellington et al., 2018), (c) disposition d'un enregistrement permanent qui peut être examiné pour réduire les interobservateurs variabilité (Cappo, De'ath, Stowar, Johansson, & Doherty, 2009), (d) abilité collecte de données concomitantes sur l'habitat (Bennett, Wilson, Shedrawi, McLean, & Langlois, 2016; ex. couverture et substrat épibenthiques, Collins et al., 2017) et (e) fourniture d'images pour la communication scientifique. Les méthodes d'échantillonnage vidéo sous-marine à distance ne sont pas soumises au plongeur restrictions de sécurité, ni ne souffrent des biais comportementaux résultant de la présence de plongeurs (Gray et al., 2016 ; Lindfield, Harvey, McIlwain et Halford, 2014). Plusieurs systèmes distants peuvent être déployés sur le terrain consécutivement pour utiliser efficacement le temps de terrain et permettre échantillonnage spatialement extensif (Langlois, Radford, et al., 2012).

L'utilisation d'appâts avec des systèmes de vidéo sous-marine à distance (BRUV) augmente l'abondance relative et la diversité des poissons observés, notamment les espèces ciblées par la pêche, sans exclusion échantillonnage de poissons non attirés par les appâts (Coghlan, McLean, Harvey, & Langlois, 2017; Harvey, Cappo, Butler, Hall et Kendrick, 2007 ; Vitesse, Rees, Cure, Vaughan et Meekan, 2019). Biais associés aux appâts l'utilisation ont été discutées dans diverses études (Coghlan et al., 2017; Dorman, Harvey et Newman, 2012 ; Goetze et al., 2015 ; Hardinge, Harvey, Saunders et Newman, 2013). Variation de la dispersion du panache d'appâts et la sensibilité des différentes espèces de poissons aux appâts est inconnue (Harvey et al., 2007), et spécifique à l'espèce (Bernard & Götz, 2012), avec des et les espèces sédentaires potentiellement sous-représentées (Stat et al., 2019 ; Watson, Harvey, Anderson et Kendrick, 2005). Malgré ces limites tions, il a été démontré que les BRUV fournissent des mesures relatives des espèces la richesse et l'abondance d'une gamme d'espèces dans un large éventail de conditions et habitats (Cappo, Harvey et Shortis, 2006).

#### Systèmes BRUV avec caméras stéréo-vidéo (stéréo-BRUV)

permettent des mesures précises de la taille du corps (Harvey, Fletcher, & Shortis, 2001), qui dépassent les estimations faites par les plongeurs (Harvey et al., 2001). Les données de distribution de la longueur et de la biomasse sont reconnues nisés comme paramètres essentiels pour la conservation de la biodiversité et la pêche rapports de gestion de série (Langlois, Harvey, & Meeuwig, 2012).

Il est important de noter que les stéréo-BRUV offrent une distribution de taille corporelle comparable transmission de données aux méthodes dépendantes de la pêche telles que les chaluts (Cappo, Speare, & De'ath, 2004), hameçon et ligne (Langlois, Fitzpatrick, et al., 2012) et la pêche au casier (Langlois et al., 2015). En dépit d'être con jugés inadaptés à l'estimation de la densité, les stéréo-BRUV fournissent une méthode rentable et statistiquement puissante pour détecter le spatio changements temporels de l'abondance relative, de la longueur et de la biomasse distribution des assemblages de poissons (Born et al., 2015 ; Harvey, Cappo, Kendrick et McLean, 2013 ; Malcolm, Schultz, Sachs, Johnstone, & Jordanie, 2015). Cependant, dans plus de 275 études utilisant des stéréo-BRUV pour une gamme d'objectifs (Informations complémentaires 1), Whitmarsh, Fairweather et Huveneres (2017) ont constaté une variation généralisée des méthodologie, ce qui peut empêcher l'interopérabilité des données.

Nous fournissons un protocole largement accepté pour l'utilisation des stéréo-BRUV, y compris des informations sur la conception, le fonctionnement sur le terrain, annotation d'images, validation de données, archivage et synthèse. Par professionnel Au moyen d'un protocole standardisé pour les sondages stéréo-BRUV, nous visons réduire la variation des méthodologies entre les chercheurs, et en courage l'utilisation de Findable, Accessible, Interoperable and Reusable (FAIR, Wilkinson et al., 2016) workflows pour augmenter la capacité à synthétiser des ensembles de données et répondre à des questions écologiques à grande échelle.

## 2 | DESIGN STÉRÉO-BRUV

Les systèmes Stereo-BRUV sont constitués d'un cadre (Figure 1a), protégeant deux caméras vidéo convergentes à l'intérieur de boîtiers étanches, attachées à une barre de base (figure 1b), avec une certaine forme de récipient appâté fixé devant les caméras (Figure 1e). Les systèmes sont généralement teth attaché par une corde aux bouées de surface pour faciliter la relocalisation et la récupération

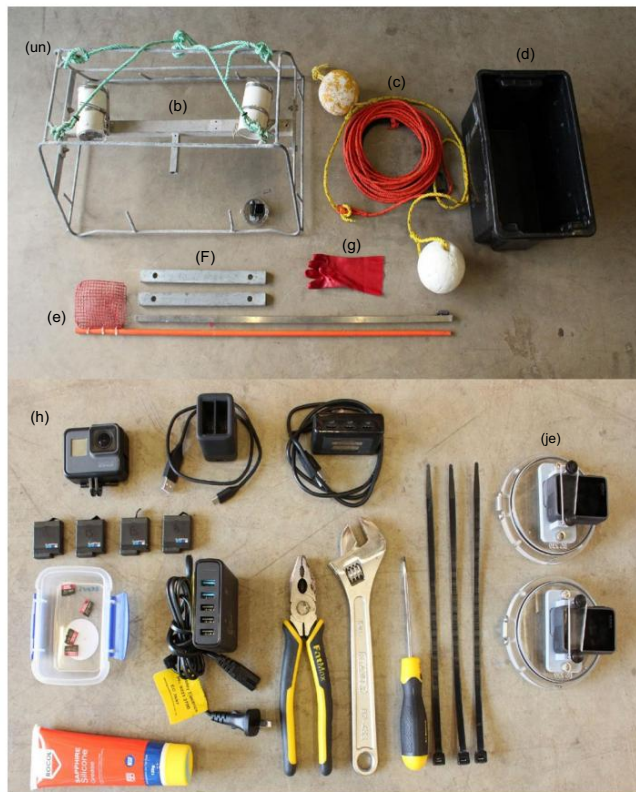


FIGURE 1 Équipement requis pour les relevés sous-marins à distance avec système stéréo-vidéo appâté, y compris (a) un cadre et une bride en acier doux galvanisé, (b) une barre de base stéréo et des boîtiers de caméra, (c) une corde avec ligne de flotteur amovible et deux flotteurs, (d) conteneur de stockage pour l'équipement et les appâts, (e) bras d'appât en PVC (renforcé avec une tige en fibre de verre) avec sac à appâts en filet et bras de diode métallique de support, (f) poids en métal pour eau profonde ou courant fort, (g) bras long gant pour manipuler les appâts, et (h) kit étanche comprenant des caméras de rechange, des batteries de rechange, un chargeur de batterie, un lecteur de carte micro-SD, des cartes micro-SD, des outils standard, des attaches de câble pour fixer les sacs d'appâts, de la graisse de silicone pour les joints toriques et (i) caméras calibrées solidement fixées aux plaques frontales

(Figure 1c). Le ballast peut être ajouté aux cadres pour une utilisation en eau profonde ou zones de fort courant (Figure 1f).

## 2.1 | Appareils photo et photogrammétrie

Nous recommandons des caméras avec une résolution complète et haute définition d'au moins  $1920 \times 1080$  pixels (Harvey, Goetze, McLaren, Langlois, & Shortis, 2010) et un taux de capture d'au moins 30 images par seconde (Remarque : certains modèles de caméras d'action peuvent surchauffer à haute résolution. ex. 4K). Une résolution de caméra plus élevée améliorera l'identification de poissons et la sélection de pixels requise pour la mesure. Plus haut les fréquences d'images réduisent le flou sur les espèces qui se déplacent rapidement. Pour maintenir la stéréo-étalonnages, les caméras doivent avoir la stabilisation vidéo désactivée et un la distance focale fixe peut faciliter les mesures à la fois de près et de loin des systèmes de caméra correctement calibrés (Boutros, Shortis, & Harvey, 2015 ; Shortis, Harvey et Abdo, 2009). Le champ de vision doit être standardisé et choisi pour limiter la distorsion de l'image (ex. pas plus qu'un angle moyen,  $\sim 95^\circ$  H-FOV). Lors de l'échantillonnage démersal

les assemblages de poissons à une distance maximale typique (8 m) des caméras, Boutros et al. (2015) ont suggéré qu'une séparation de caméra  $< 500$  mm re entraîner une diminution de la précision des mesures, la mesure la précision étant fonction de  $1/(\text{écart caméra})$ . Les caméras sont fixes à une barre de base rigide pour préserver le stéréo-calibrage nécessaire pour caler calculer des mesures précises de longueur et de portée (Boutros et al., 2015 ; Harvey et Shortis, 1995, 1998 ; Shortis et Harvey, 1998 ; Courtis et al., 2009). Le système stéréo illustré à la figure 1 utilise deux GoPro Caméras Hero 5 Black, avec boîtiers de caméra séparés de 700 mm avec un angle de convergence de  $7^\circ$  sur une barre de base en acier, bien que 500 mm avec un angle de convergence de  $5^\circ$  est également courant.

Les stéréo-calibrages doivent être effectués avant et après un champ campagne. Compte tenu des tolérances requises pour les stéréo-BRUV conception, nous vous recommandons de demander des conseils de fabrication et d'étalonnage auprès de fournisseurs reconnus ou respectant un cahier des charges strict. N'importe quel changements de positionnement de la caméra (par exemple, si une caméra est démontée pendant remplacement de la pile) perturbera le calibrage stéréo, ce qui entraînera erreur de mesure. Pour cette raison, la plupart des boîtiers « prêts à l'emploi » re principal inadapté aux stéréo-BRUV. La figure 1i donne un exemple de une caméra qui est fixée à la façade du boîtier pour assurer la stabilité. Chaque boîtier et chaque caméra doivent être identifiés de manière unique, garantissant la ces derniers ne sont utilisés que sur le système pour lequel ils sont calibrés.

## 2.2 | Appât

En règle générale, les appâts huileux de type sardine d'origine locale sont recommandés. (Dorman et al., 2012), car le pétrole se disperse pour attirer les poissons.

L'approvisionnement local en appâts pour sardines à partir des déchets d'usine (par exemple, têtes de poisson, queues et tripes) réduira l'empreinte écologique de l'enquête, le coût de l'échantillonnage et le potentiel de transmission de la maladie. Nous recommandons 0,8 à 1 kg d'appâts grossièrement écrasés, positionnés entre 1,2 et 1,5 m devant les caméras avec le sac à appâts en filet au plus près du ben autant que possible. Un positionnement à plus de 1,5 m de la caméra réduire la capacité d'identifier et de mesurer les individus. L'appât doit être remplacé après chaque déploiement.

## 2.3 | Durée du déploiement

Les stéréo-BRUV benthiques devraient être déployés pour une durée standard. Nous recommandons des déploiements de 60 min (temps bas), pour permettre spe détection des cics (Currey-Randall, Cappo, Simpfendorfer, Farabaugh, & Heupel, 2020), et facilitent la comparaison avec les données historiques. Des déploiements de 30 min se sont avérés suffisants pour l'échantillonnage d'espèces particulières de poissons sur les récifs tempérés peu profonds (Bernard & Götze, 2012 ; Harasti et al., 2015).

## 2.4 | Conception de l'échantillonnage

Les stratégies d'échantillonnage devraient être conçues pour assurer des inférences valides et interprétations des données obtenues (Smith, Anderson et Pawley, 2017). Nous

recommander des routines statistiques spatialement équilibrées, telles que le package *rMBHdesign* (Foster et al., 2019), qui peut intégrer informations et sites hérités pour créer des plans d'échantillonnage avec des probabilités d'inclusion (Foster et al., 2017, 2018). En raison de la nécessité de revoir chaque site pour récupérer les stéréo-BRUV après déploiement, spatialement équilibrés les conceptions peuvent être inefficaces pour l'échantillonnage de grandes régions (> 10 min de transit temps entre les échantillons) et les plans d'échantillonnage en grappes peuvent être préférés (Hill et al., 2018).

Les échantillons stéréo-BRUV individuels doivent être séparés lorsqu'ils sont définis simultanément pour réduire la probabilité de non-indépendance due à les individus étant simultanément échantillonnés par des stéréo-BRUV adjacents. La distance de séparation dépendra de la mobilité des espèces et l'habitat étudié; pour les assemblages typiques de poissons démersaux, un minimum de 400 m pour des déploiements d'une heure est recommandé (Bond, Partridge, et al., 2018) ou 250 m pour des déploiements de 30 min (Cappo et al., 2001).

## 2.5 | Logistique terrain

Navires équipés d'un bras de bossoir oscillant, ou d'un basculeur de pot et d'un treuil sont idéales pour déployer et récupérer des stéréo-BRUV dans des eaux plus profondes mètres (Figure 2) ; cependant, les stéréo-BRUV légers (Supporting L'information 2) peut être récupérée à la main. Pêche au casier comparable Les méthodes de récupération sont généralement les plus efficaces. Chaque récupération de signe reste dépendant du type de navire utilisé, stéréo-BRUVs le poids et la taille et les conditions de mer dominantes. Les pêcheurs locaux connaissent bien

avec un lieu d'étude peut fournir de précieux conseils sur la logique d'échantillonnage tics. Plusieurs stéréo-BRUV peuvent être déployés simultanément, avec environ 10 systèmes stéréo-BRUVs offrant une efficacité logistique optimale pour Temps de déploiement de 60 minutes. Les périodes crépusculaires doivent être évitées (si ce n'est pas le but de l'étude) en raison de changements démontrés chez les poissons comportement pendant ces périodes (Bond, Langlois, et al., 2018; Myers, Harvey, Saunders et Travers, 2016). Lors de l'échantillonnage en basse lumière conditions, les lumières bleues (450–465 nm) et blanches (550–560 nm) peuvent être utilisé. Le blanc peut fournir la meilleure imagerie pour l'identification (Birt, Stowar, Currey-Randall, McLean et Miller, 2019), mais le bleu a été trouvé pour éviter les biais comportementaux potentiels et réduire la rétrodiffusion du plancton la nuit (Fitzpatrick, McLean et Harvey, 2013). Champ des listes de contrôle méthodologiques sont fournies dans les informations complémentaires 3.

## 2.6 | Annotations d'images

### 2.6.1 | Logiciel

Logiciel spécialement conçu pour annoter et mesurer les poissons de stéréo-vidéo augmentera considérablement la rentabilité et la cohérence de l'annotation des images (Gomes-Pereira et al., 2016). Pour la stéréo vidéo, l'enjeu n'est pas l'annotation, mais le calibrage de l'imagerie pour fournir une mesure précise de la longueur et de la portée. Annotation les logiciels et les packages avec des capacités de mesure incluent Vision Système de mesure (Harman, Harvey et Kendrick, 2003), NIH Image (Dunbrack, 2006), package *sebastes* en Python (Boldt, Williams,

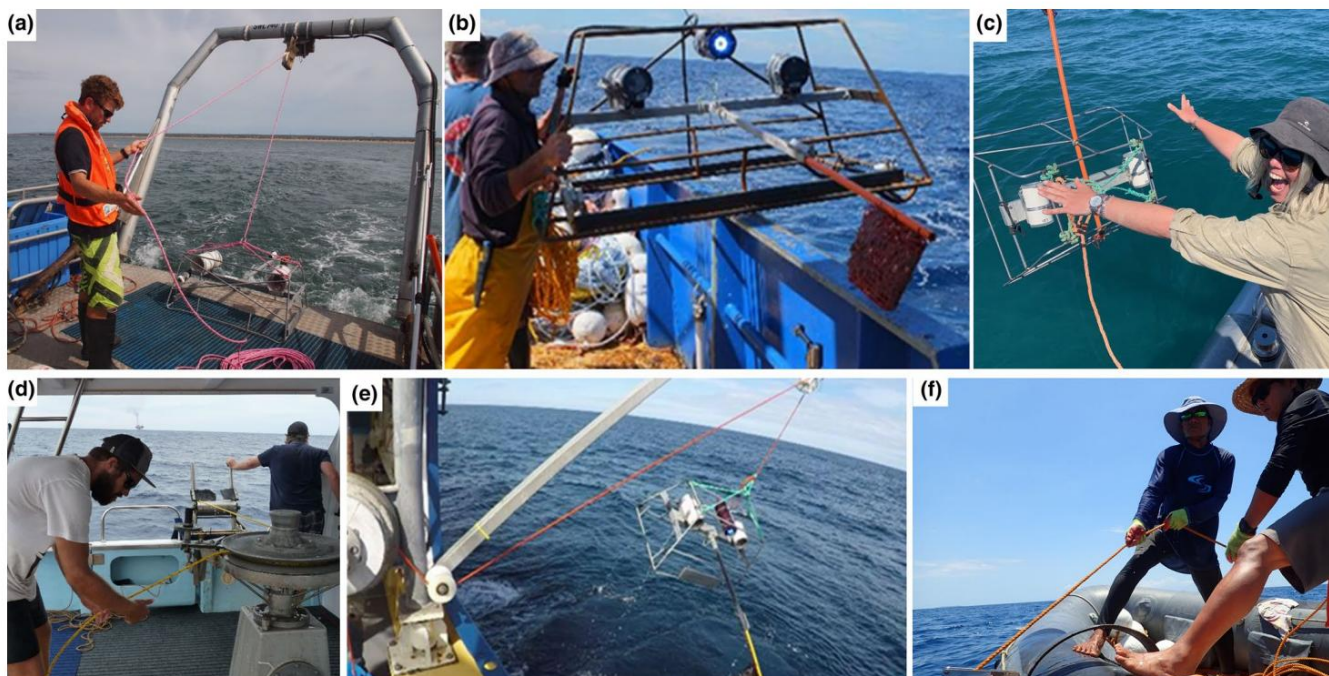


FIGURE 2 Méthodes pour déployer et récupérer en toute sécurité des systèmes stéréo-vidéo sous-marins (BRUV) appâtés à distance à partir de navires de différentes tailles utilisant différents équipements. (a) Déploiement d'un stéréo-BRUV à l'aide d'un cadre en A et d'une poulie à l'arrière du navire ; (b) déployer un stéréo-BRUV avec des poids et une lumière depuis le côté d'un navire ; (c) déploiement d'un stéréo-BRUV léger à partir d'un petit pneumatique rigide (voir les informations complémentaires 2) ; (d) utiliser un « treuil de pot » et un « basculeur de pot » pour récupérer rapidement les stéréo-BRUV en eau profonde ; (e) récupérer un stéréo-BRUV à l'aide d'un bras de bossoir du côté d'un navire ; (f) récupérer des stéréo-BRUV à la main à l'aide d'un transporteur d'ancres réutilisé aux Philippines

Rooper, Towler et Gauthier, 2018), package StereoMorph en r (Olsen & Westneat, 2015) et EventMeasure plus CAL (logiciel d'étalonnage) de SeaGIS (seagis.com.au). EventMeasure et CAL est l'option la plus largement utilisée en raison de son flux de travail établi, de sa capacité à créer des stéréo-calibrages 3D et un développement actif, ce qui permet annotation ponctuelle et stéréo économique et cohérente de la vidéo imagerie. L'annotation et la mesure manuelles des images peuvent prendre du temps consommatrice, mais le domaine émergent de l'annotation automatisée d'images offre la promesse d'une rentabilité accrue et de la collecte de nouvelles métriques (Marini et al., 2018).

## 2.6.2 | Métadonnées d'annotation

Les métadonnées de champ (informations complémentaires 4) doivent être utilisées pour popu tard un code unique pour chaque échantillon et ensemble d'annotations. Temps sur le fond marin doit être annoté pour fournir une heure de début pour la stéréo Période de déploiement des BRUV. Il est important que le lien entre un les notations et les images sont conservées.

## 2.6.3 | Estimations de l'abondance

Nous recommandons que tous les poissons soient identifiés au niveau taxonomique le plus bas possible. La métrique standard de l'abondance est MaxN, le maximum nombre d'individus d'une espèce donnée présents dans une seule image vidéo (Priede, Bagley, Smith, Creasey et Merrett, 1994). MaxN est largement utilisé pour les BRUV (Whitmarsh et al., 2017), car il est conservateur et assure qu'aucun individu n'est compté plus d'une fois (Schobernd, Bachelier, & Conn, 2013). Bien qu'il ait souvent été suggéré que MaxN sous-estime à la fois les individus de petite et de grande taille, la seule étude jusqu'à présent pour évaluer cela a trouvé MaxN fournit un représentant échantillon de distributions de taille (Coghlan et al., 2017). Synchronisé et des caméras gauche et droite calibrées permettent à l'analyste de déterminer gamme de poissons dans le champ de vision et s'assurer qu'ils sont dans un prede amende distance des caméras. Généralement, les poissons sont comptés dans un distance maximale de 8 m, au-delà de laquelle des estimations de longueur sont probables être imprécis à moins que des étalonnages spécialisés n'aient été effectués. Les annotations du MaxN actuel peuvent être mises à jour lorsque des les poissons sont plus clairement visibles, et donc plus faciles à mesurer, en prenant mesures photogrammétriques de la longueur du corps individuel au dernier MaxN annoté.

## 2.6.4 | Mesures de la taille du corps

Des flux vidéo stéréo synchronisés et calibrés sont utilisés pour accu mesurer rapidement la taille du corps. Tous les individus de chaque espèce doivent être mesuré à leur MaxN. Nous recommandons de mesurer la longueur de la fourche plutôt que la longueur totale, car il est plus facilement définissable à travers une gamme de spe cies. Les estimations de la biomasse reposent généralement sur la longueur totale, mais la longueur à la fourche des conversions de longueur totale peuvent être utilisées pour compléter ces calculs (Froese et Pauly, 2019). Pour les espèces dont la longueur totale peut ne pas être fiable

ou il n'y a pas de fourche définissable, la taille du corps est estimée à l'aide d'autres mesures ures (par exemple mesures de disque pour les rayons). Mesure de longueur photogrammétrique Les mesures sont généralement faites avec un certain degré d'erreur, qui peut être minimisé en mesurant les individus lorsqu'ils sont aussi proches des caméras que possible avec le nez et la fourche arrière clairement visibles, immobiles ou se déplaçant lentement, à un angle <45° perpendiculaire aux caméras et droit (non plié en tournant). Définition des seuils de mesure l'erreur dans les projets aidera à maintenir un corps exact et précis estimations de taille, nous fournissons la longueur de mesure stéréo recommandée règles pour EventMeasure dans les informations complémentaires 5. Si le poisson ne peut pas être mesuré à l'intérieur de ces paramètres, un 'point 3D' peut être utilisé pour anno tation, qui enregistre l'emplacement 3D du poisson pour s'assurer qu'il est dans la zone d'échantillonnage (Harvey, Fletcher, Shortis et Kendrick, 2004). Pour créer mangé une métrique d'abondance relative standardisée à un échantillon cohérent zone, l'abondance doit être additionnée à partir des longueurs et des points 3D au MaxN pour chaque espèce. Pour les estimations de la biomasse, points 3D pro fournir une base pour extrapoler une valeur de longueur médiane aux poissons qui pourraient pas être mesuré (Wilson, Graham, Holmes, MacNeil et Ryan, 2018). Lorsque de grands bancs serrés sont rencontrés, les poissons qui ne peuvent pas être mesuré doit avoir des points 3D. Lorsque des longueurs ou des points 3D sont pas possible pour tous les poissons, plusieurs individus peuvent être affectés à un longueur unique ou point 3D, mais il faut prendre soin de représenter la gamme de tailles corporelles dans une école.

## 2.6.5 | Comportement

Une série d'observations comportementales, y compris l'heure de la première arrivée, le temps de la première alimentation et la distance d'approche minimale, peuvent également être cal (Coghlan et al., 2017 ; Goetze et al., 2017).

## 2.6.6 | Annotations interopérables et reproductibles

L'imagerie vidéo permet aux annotateurs de travailler en collaboration pour s'assurer les identifications sont cohérentes. Une bibliothèque d'images de référence, comme celle soutenu par EventMeasure, aidera à l'identification et à la formation. Il est reconnu que certains genres ne peuvent pas être identifiés de manière cohérente au niveau de l'espèce à partir de l'imagerie, de sorte que les individus sont enregistrés au niveau du genre-fam ilieux (par exemple, tête plate : *Platycephalus* spp). Pour les personnes non identifiées, une convention commune est que les poissons qui sont potentiellement identifiables plus tard sont annotés Genus sp1–10, cela permet de renommer un lot ultérieurement si l'espèce est identifiée avec succès. Les personnes qui sont clairement non identifiables aux espèces sont annotés comme Genus sp.

## 2.6.7 | Classement des habitats

Informations sur le relief, les types d'habitats et la composition benthique (ex. pourcentage de couverture des types de benthos) doit être enregistré pour chaque de déploiement (Bennett et al., 2016 ; Collins et al., 2017), pour faciliter enquête sur les relations entre le poisson et l'habitat et pour permettre l'échantillonnage champ de vision à normaliser ou à contrôler pour les données ultérieures

analyse (McLean et al., 2016). Il est important que ces données soient un notés de manière cohérente et il est recommandé de les cartographier au schéma de classification CATAMI (Althaus et al., 2015) et un 0–5 estimation du relief benthique (Polunin & Roberts, 1993; Wilson, Graham, & Polunin, 2007). Un exemple de la composition de l'habitat et un relief le schéma de notation est fourni dans un référentiel GitHub (Langlois, 2017). Les images orientées vers l'avant peuvent être annotées dans une gamme de logiciels, en y compris TransectMeasure de SeaGIS (seagis.com.au), Benthobox (https://benthobox.com), CoralNet (https://coralnet.ucsd.edu/) et Squidle+ (https://squidle.org), qui fournissent tous des workflows adaptés et des sorties de données comparables.

### 2.6.8 | Contrôle qualité et conservation des données

Le contrôle de la qualité et la conservation des données sont essentiels pour garantir un travail de données FAIR flux (Wilkinson et al., 2016). Toutes les corrections doivent être faites dans les fichiers d'annotation d'origine pour assurer la cohérence des données dans le temps. Nous recommandons les approches suivantes pour assurer le contrôle de la qualité :

- Les annotateurs doivent compléter des vidéos de « formation » où les identifications d'espèces et MaxN sont connus et peuvent être utilisés pour évaluer la compétence.
- Un annotateur différent doit compléter le MaxN et la longueur mea annotations sûres pour fournir une vérification indépendante de la identifications d'espèces.
- L'assurance qualité doit être effectuée par un analyste vidéo senior ou chercheur et implique un examen aléatoire de 10 % des vidéos et données au sein d'un projet. Si la précision est inférieure à 95 % pour tous identifications et estimations de MaxN, la réannotation doit être entrepris.
- Identifiants uniques des annotateurs et dates auxquelles les images ont été annoté doit être maintenu pour fournir une piste de vérification des données (voir Informations complémentaires 4).

r les flux de travail et les packages de fonctions sont fournis dans un GitHub référentiel (Langlois, 2020) pour permettre la validation avec les espèces régionales listes et tailles minimales et maximales probables pour chaque espèce.

### 2.6.9 | Stockage, découverte et diffusion des données

Nous encourageons les politiques de données ouvertes et recommandons l'archivage et partager des annotations stéréo-BRUVs sur les données de biodiversité globale référentiels, tels que Ocean Biogeographic Information System, Global Biodiversity Information Facility et le développement récent ouvert GlobalArchive (globalarchive.org). GlobalArchive est un cen référentiel centralisé qui permet un accès ouvert et un partage privé de données d'annotation d'images de poissons provenant de stéréo-BRUV ou d'images similaires techniques d'échantillonnage basées. GlobalArchive permet aux utilisateurs de stocker données de manière standardisée et sécurisée et rend les métadonnées découvrable, encourageant ainsi la collaboration et la synthèse des données ensembles au sein de la communauté de pratique. Nous recommandons toute qualité données d'annotation contrôlées et tout étalonnage, taxons et

les données sur l'habitat doivent être téléchargées sur GlobalArchive et nous encourageons l'âge que toutes les données devraient être rendues publiques via la public possibilité de données. À titre d'exemple, les normes australiennes pour l'homme de données gestion, découvrabilité et publication sont fournies dans Supporting Informations 6.

## 3 | CONCLUSION

À l'échelle mondiale, l'utilisation des stéréo-BRUV augmente rapidement. Le stand ardisation des relevés stéréo-BRUVs et annotation facilitera la synthèse de données comparables sur le plan continental et mondial échelles et fournir des données riches et interopérables pour informer la natu gestion des ressources naturelles. La variation de la méthodologie a con mis à rude épreuve l'interopérabilité de ces données à ce jour (Whitmarsh et al., 2017), nous encourageons les chercheurs à normaliser et partager améliorations et problèmes techniques via un service en ligne établi forum ou groupe de travail (Informations complémentaires 7).

Atteindre une méthodologie de terrain cohérente et une annotation FAIR, avec des protocoles d'archivage et de partage de données, fournir la meilleure barre plus à l'adoption et à l'impact globalement cohérents des stéréo-BRUV. Nous fournissons un protocole standardisé qui réduira les contraintes méthodologiques variations entre les chercheurs et encourager l'utilisation du travail FAIR flux pour augmenter la capacité de synthétiser des ensembles de données et de répondre à une éventail de questions écologiques.

### REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier James Seager (SeaGIS.com.au) pour support avec le logiciel et à la fois James Seager et Ray Scott pour équipement stéréo et conseils. Chercheurs TL, BAG, JW, N.-B. et JM ont été soutenus par le Marine Biodiversity Hub à travers financement du National Environmental Programme scientifique. Les scripts de validation des données et GlobalArchive.org ont été soutenu par l'Australian Research Data Commons, le Gorgon Gorgone de l'île Barrow Avantages nets pour la conservation de l'île Barrow Fonds, administré par le gouvernement de l'Australie-Occidentale et le BHP/UWA Biodiversité et avantages sociétaux de l'accès restreint Collaboration des domaines. Ce manuel a été approuvé par le GOOS Groupe d'experts sur la biologie et les écosystèmes comme l'un des meilleurs pratique pour mener des recherches avec des appâts sous-marins à distance systèmes stéréo-vidéo.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont conçu les idées et conçu la méthodologie ; TL et JG a dirigé la rédaction du manuscrit. Tous les auteurs ont contribué criti ment aux brouillons et a donné son approbation finale pour la publication.

### EXAMEN PAR LES PAIRS

L'historique des revues par les pairs de cet article est disponible sur <https://publons.com/publon/10.1111/2041-210X.13470>.

### DÉCLARATION DE DISPONIBILITÉ DES DONNÉES

Aucune donnée n'a été présentée.

## ORCID

Tim Langlois <https://orcid.org/0000-0001-6404-4000>  
 Jordan Goetze <https://orcid.org/0000-0002-3090-9763>  
 Todd Bond <https://orcid.org/0000-0001-6064-7015>  
 Moine Jacquomo <https://orcid.org/0000-0002-1874-0619>  
 René A. Abesamis <https://orcid.org/0000-0001-7456-1415>  
 Jacob Asher <https://orcid.org/0000-0003-3997-8439>  
 Neville Barrette <https://orcid.org/0000-0002-6167-1356>  
 Anthony TF Bernard <https://orcid.org/0000-0003-0482-6283>  
 Phil J. Bouchet <https://orcid.org/0000-0002-2144-2049>  
 Matthew J. Birt <https://orcid.org/0000-0003-2233-0716>  
 Leanne M. Currey-Randall <https://orcid.org/0000-0002-3772-1288>  
 David V. Fairclough <https://orcid.org/0000-0002-9620-5064>  
 David Harasti <https://orcid.org/0000-0002-2851-9838>  
 Michelle R. Heupel <https://orcid.org/0000-0002-8245-7332>  
 Charlie Huvneers <https://orcid.org/0000-0001-8937-1358>  
 Daniel Ierodiaconou <http://orcid.org/0000-0002-7832-4801>  
 Nathan A. Knott <https://orcid.org/0000-0002-7873-0412>  
 Steve Lindfield <https://orcid.org/0000-0002-7933-6206>  
 Hamish A. Malcolm <https://orcid.org/0000-0001-7315-1537>  
 Dianne McLean <https://orcid.org/0000-0002-0306-8348>  
 Mark Meekan <https://orcid.org/0000-0002-3067-9427>  
 Stephen J. Newman <https://orcid.org/0000-0002-5324-5568>  
 Fernanda A. Rolim <https://orcid.org/0000-0003-3761-3970>  
 Benjamin J. Saunders <https://orcid.org/0000-0003-1929-518X>  
 Adam NH Smith <https://orcid.org/0000-0003-0059-6206>  
 Michael J. Travers <https://orcid.org/0000-0002-3072-1699>  
 Sasha K. Whitmarsh <https://orcid.org/0000-0001-8934-2354>  
 Joël Williams <https://orcid.org/0000-0002-4173-3855>  
 Euan S. Harvey <https://orcid.org/0000-0002-9069-4581>

## LES RÉFÉRENCES

- Althaus, F., Hill, N., Ferrari, R., Edwards, L., Przeslawski, R., Schönberg, CHL, ...  
 Gowlett-Holmes, K. (2015). Un vocabulaire normalisé pour identifier les biotes et  
 les substrats benthiques à partir d'images sous-marines : le schéma de  
 classification CATAMI. *PLoS ONE*, 10, e0141039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141039>
- Bennett, K., Wilson, SK, Shedrawi, G., McLean, DL et Langlois, TJ  
 (2016). Les relevés vidéo stéréoscopiques opérés par des plongeurs pour les poissons  
 peuvent-ils être utilisés pour collecter des données significatives sur les communautés de  
 récifs coralliens benthiques ? *Limnologie et Océanographie : Méthodes*. <https://doi.org/10.1002/lom3.10141> Bernard, ATF, & Götz, A. (2012). L'appât augmente la précision des données  
 de comptage de la vidéo sous-marine à distance pour la plupart des poissons de récif subtidiaux dans le  
 biorégion tempérée chaude des Agulhas. *Marine Ecology Progress Series*, 471,  
 235–252. <https://doi.org/10.3354/meps10039>
- Birt, MJ, Stowar, M., Currey-Randall, LM, McLean, DL et Miller, KJ (2019). Comparaison  
 des effets de différentes illuminations artificielles colorées sur les assemblages  
 diurnes de poissons dans la zone mésophotique inférieure. *Biologie marine*, 166,  
 154. <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3595-0>
- Boldt, JL, Williams, K., Rooper, CN, Towler, RH et Gauthier, S. (2018).  
 Développement de méthodologies de caméra stéréo pour améliorer les estimations  
 de la biomasse des poissons pélagiques et éclairer la gestion des écosystèmes  
 dans les eaux marines. *Recherche halieutique*, 198, 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.10.013>
- Bond, T., Langlois, TJ, Partridge, JC, Birt, MJ, Malseed, BE, Smith, L. et McLean, DL  
 (2018). Changements quotidiens et associations d'habitats des poissons  
 assemblages sur un pipeline sous-marin. *Recherche halieutique*, 206, 220–234.  
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.05.011>
- Bond, T., Partridge, JC, Taylor, MD, Langlois, TJ, Malseed, BE, Smith, LD et McLean,  
 DL (2018). Poissons associés à un pipeline sous-marin et au fond marin adjacent  
 du plateau nord-ouest de l'Australie occidentale. *Recherche sur l'environnement  
 marin*, 141, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.08.003>
- Born, KR, McLean, DL, Langlois, TJ, Harvey, ES, Bellchambers, LM, Evans, SN et  
 Newman, SJ (2015). Les espèces de poissons démersaux ciblées présentent des  
 réponses variables à la protection à long terme contre la pêche dans les îles  
 Houtman Abrolhos. *Récifs coralliens*, 34, 1297–1312. <https://doi.org/10.1007/s00338-015-1336-5>
- Boutros, N., Shortis, MR et Harvey, ES (2015). Une comparaison des méthodes  
 d'échantillonnage et des configurations de systèmes de systèmes vidéo stéréo sous-  
 marins pour des applications en écologie marine. *Limnologie et océanographie :  
 méthodes*, 13, 224–236. <https://doi.org/10.1002/lom3.10020>
- Cappo, M., De'ath, G., Stowar, M., Johansson, C. et Doherty, P. (2009).  
 L'influence du zonage (fermeture à la pêche) sur les communautés de poissons  
 des hauts-fonds profonds et des bases récifales du sud du parc marin de la  
 Grande Barrière de Corail. Cairns, Australie : Reef and Rainforest Research  
 Center Limited.
- Cappo, M., Harvey, E. et Shortis, M. (2006). Compter et mesurer les poissons avec  
 des techniques vidéo appâtées - Un aperçu. Dans JM Lyle, D.  
 M. Furlani et CD Buxton (Eds.), *Actes de la conférence et de l'atelier 2006 de  
 l'Australian Society of Fish Biology Technologies de pointe dans les sciences  
 halieutiques et halieutiques*. Hobart. Août 2006. (pp. 101–114)
- Cappo, M., Speare, P. et De'ath, G. (2004). Comparaison des stations vidéo sous-  
 marines distantes appâtées (BRUVS) et des chaluts à crevettes (crevettes) pour  
 l'évaluation de la biodiversité des poissons dans les zones inter-récifs du parc  
 marin de la Grande Barrière de Corail. *Journal de biologie marine expérimentale  
 et d'écologie*, 302, 123–152. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.10.006>
- Cappo, M., Speare, P., Wassenberg, TJ, Rees, M., Heyward, A., & Pitcher, R. (2001).  
 Utilisation de stations vidéo sous-marines télécommandées appâtées (BRUVS)  
 pour surveiller les poissons démersaux - Quelle profondeur et quel sens. Dans ES  
 Harvey, & M. Cappo (Eds.), *Détection directe de la fréquence de taille et de  
 l'abondance de la faune cible et non cible dans les pêcheries australiennes - Un  
 atelier national* (pp. 63–71). Rottneest Island : Société de développement de la  
 recherche halieutique.
- Coghlan, AR, McLean, DL, Harvey, ES et Langlois, TJ (2017). Le comportement des  
 poissons biaise-t-il les informations sur l'abondance et la longueur recueillies par  
 la vidéo sous-marine appâtée ? *Journal de biologie marine expérimentale et  
 d'écologie*, 497, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.09.005> Collins, DL  
 , Langlois, TJ , Bond, T. , Holmes, TH , Harvey, ES  
 , Fisher, R. , & McLean, DL (2017). Une nouvelle méthode stéréo-vidéo  
 pour étudier les relations poisson-habitat. *Méthodes en écologie et évolution /  
 British Ecological Society*, 8, 116–125. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12650>  
 Currey-Randall, LM, Cappo, M.,  
 Simpfordorfer, CA, Farabaugh, NF, & Heupel, MR (2020). Temps de trempage  
 optimaux pour les relevés par station vidéo sous-marine appâtés à distance des  
 élasombrances associés aux récifs. *PLoS ONE*, 15, e0231688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231688> Dorman, SR, Harvey, ES et Newman, SJ (2012).  
 Effets d'appât dans l'échantillonnage d'assemblages de poissons de récifs coralliens  
 avec stéréo-BRUV. *PLoS ONE*, 7, e41538. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041538> Dunbrack, RL (2006). Mesure in situ de la  
 longueur du corps du poisson à l'aide d'une stéréo-vidéo à distance basée sur la  
 perspective. *Fisheries Research*, 82, 327– 331. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.08.017> Fitzpatrick, C., McLean, D., & Harvey,  
 ES (2013). Utilisation de l'éclairage artificiel pour surveiller les poissons de récif  
 nocturnes. *Recherche halieutique*, 146, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.03.016>
- Foster, SD, Hosack, GR, Lawrence, E., Przeslawski, R., Hedge, P., Caley, MJ, ...  
 Hayes, KR (2017). Conceptions spatialement équilibrées qui intègrent des sites  
 hérités. *Méthodes en écologie et*

- Évolution/Société écologique britannique, 8, 1433–1442. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12782> Foster, SD,
- Hosack, GR, Monk, J., Lawrence, E., Barrett, NS, Williams, A. et Przeslawski, R. (2019). Conceptions spatialement équilibrées pour les enquêtes basées sur des transects. *Méthodes en écologie et évolution*, 11(1), 95–105. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13321>
- Foster, SD, Monk, J., Lawrence, E., Hayes, KR, Hosack, GR et Przeslawski, R. (2018). Considérations statistiques pour la surveillance et l'échantillonnage. Dans R. Przeslawski & S. Foster (Eds.), *Manuels de terrain pour l'échantillonnage marin pour surveiller les eaux australiennes* (pp. 23–41). Programme national des sciences de l'environnement (NESP). Extrait de <https://survey-design-field-manual.github.io/>
- Froese, R., & Pauly, D. (2019). FishBase. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) Goetze, JS,
- Bond, T., McLean, DL, Saunders, BJ, Langlois, TJ, Lindfield, S., ... Harvey, ES (2019). Un guide d'analyse de terrain et vidéo pour la stéréo-vidéo opérée par un plongeur. *Méthodes en écologie et évolution*, 10, 1083–1090. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13189> Goetze, JS, Januchowski-Hartley, FA,
- Claudet, J., Langlois, TJ, Wilson, S.
- K., & Jupiter, SD (2017). La méfiance vis-à-vis des poissons est un indicateur plus sensible aux variations de la pression de pêche que l'abondance, la longueur ou la biomasse. *Applications écologiques*, 27, 1178–1189. <https://doi.org/10.1002/eap.1511>
- Goetze, JS, Jupiter, SD, Langlois, TJ, Wilson, SK, Harvey, ES, Bond, T., & Naisilisili, W. (2015). La vidéo exploitée par le plongeur détecte le plus précisément les impacts de la pêche dans les fermetures périodiquement récoltées. *Journal de biologie marine expérimentale et d'écologie*, 462, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.10.004>
- Gomes-Pereira, JN, Auger, V., Beisiegel, K., Benjamin, R., Bergmann, M., Bowden, D., ... Santos, RS (2016). Tendances actuelles et futures des logiciels d'annotation d'images marines. *Progress en océanographie*, 149, 106–120. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.07.005> Gray, AE, Williams, ID, Stamoulis, KA, Boland, RC, Lino, KC, Hauk, BB, ... Kosaki, RK (2016). La comparaison des données d'enquête sur les poissons de récif recueillies par les plongeurs en circuit ouvert et fermé révèle des différences dans les zones où la pression de pêche est plus élevée. *PLoS ONE*, 11, e0167724. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167724>
- Harasti, D., Malcolm, H., Gallen, C., Coleman, MA, Jordan, A., & Knott, NA (2015). Temps de pose appropriés pour représenter les modèles de poissons de récif rocheux à l'aide d'une vidéo appâtée. *Journal de biologie marine expérimentale et d'écologie*, 463, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.12.003>
- Hardinge, J., Harvey, ES, Saunders, BJ et Newman, SJ (2013). Un peu d'appât va loin : L'influence de la quantité d'appâts sur un assemblage de poissons tempérés échantillonné à l'aide de stéréo-BRUV. *Journal de biologie marine expérimentale et d'écologie*, 449, 250–260. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.09.018> Harman, N., Harvey, ES, & Kendrick,
- GA (2003). Différences de poissons en tant que semblages provenant de différents habitats récifaux à Hamelin Bay, au sud-ouest de l'Australie. *Recherche marine et d'eau douce*, 54, 177–184. <https://doi.org/10.1071/MF02040> Harvey, ES, Cappel, M., Butler, J., Hall, N., & Kendrick, G. (2007).
- L'attraction des appâts affecte la performance des stations vidéo sous-marines à distance dans l'évaluation de la structure de la communauté des poissons démersaux. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 245–254. <https://doi.org/10.3354/meps07192>
- Harvey, ES, Cappel, M., Kendrick, GA et McLean, DL (2013). Les assemblages de poissons côtiers reflètent des gradients géologiques et océanographiques au sein d'un zootone australien. *PLoS ONE*, 8, e80955. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080955>
- Harvey, E., Fletcher, D. et Shortis, M. (2001). Amélioration de la puissance statistique des estimations de longueur des poissons de récif : comparaison d'estimations déterminées visuellement par des plongeurs avec des estimations produites par un système vidéo stéréo. *Fishery Bulletin-Administration nationale des océans et de l'atmosphère*, 99, 72–80.
- Harvey, E., Fletcher, D., Shortis, MR et Kendrick, GA (2004). Une comparaison des estimations de distance visuelle sous-marine faites en plongée
- plongeurs et un système stéréo-vidéo : implications pour le recensement visuel sous-marin de l'abondance des poissons de récif. *Recherche marine et d'eau douce*, 55, 573–580. <https://doi.org/10.1071/MF03130> Harvey, ES,
- Goetze, JS, McLaren, B., Langlois, T., & Shortis, MR (2010). Influence de la portée, de l'angle de vue, de la résolution de l'image et de la compression de l'image sur les mesures de vidéo stéréo sous-marine : Comparaison des caméras vidéo haute définition et à résolution broadcast. *Journal de la société de technologie marine*, 44, 75–85. <https://doi.org/10.4031/MTSJ.44.1.3> Harvey, ES, Santana-Garcon, JS, Goetze, JS, Saunders, BJ et Cappel, M. (2018). L'utilisation de la vidéo sous-marine stationnaire pour l'échantillonnage des requins. Dans JC Carrier, MR Heithaus, & CA Simpfendorfer (Eds.), *Recherche sur les requins : Technologies et applications émergentes pour le terrain et le laboratoire* (pp. 111–132). Boca Raton, Floride : CRC Press.
- Harvey, E., & Shortis, M. (1995). L'invention concerne un système de mesure stéréo-vidéo d'organismes infralittoraux. *Journal de la société de technologie marine*, 29, 10–22.
- Harvey, ES, & Shortis, MR (1998). Stabilité d'échantillonnage d'un système stéréo-vidéo sous-marin : implications pour l'exactitude et la précision des mesures. *Revue de la société de technologie marine*, 32, 3.
- Heyns-Veale, ER, Bernard, ATF, Richoux, N.-B., Parker, D., Langlois, TJ, Harvey, ES et Götz, A. (2016). La profondeur et l'habitat déterminent la structure de l'assemblage des poissons de récif tempérés chauds d'Afrique du Sud. *Biologie marine*, 163, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2933-8>
- Hill, NA, Barrett, N., Ford, JH, Peel, D., Foster, S., Lawrence, E., ...
- Hayes, KR (2018). Élaboration d'indicateurs et d'une base de référence pour la surveillance des poissons démersaux dans les parcs marins hauturiers pauvres en données à l'aide d'un échantillonnage probabiliste. *Indicateurs écologiques*, 89, 610–621. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.039>
- En ligne Langlois, TJ (2017). Annotation de l'habitat sur l'imagerie benthique orientée vers l'avant. Extrait de <https://github.com/TimLanglois/Habitat-annotation-of-forward-facing-benthic-imagery>
- Langlois, TJ (2020). Workflows d'annotation vidéo stéréo ou mono. Extrait de <https://github.com/UWAMEGFisheries/Stereo-or-mono-video-annotation-workflows>
- Langlois, TJ, Fitzpatrick, BR, Fairclough, DV, Wakefield, CB, Hesp, SA, McLean, DL, ... Meeuwig, JJ (2012). Similitudes entre la pêche à la ligne et les estimations stéréo-vidéo appâtées de la fréquence de longueur : nouvelle application des estimations de densité par noyau. *PLoS ONE*, 7, e45973. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045973>
- Langlois, TJ, Harvey, ES et Meeuwig, JJ (2012). Effets directs forts et indirects incohérents de la pêche trouvés à l'aide de la stéréo-vidéo : Tester les indicateurs des fermetures de pêcheries. *Indicateurs écologiques*, 23, 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.030> Langlois, TJ, Newman, SJ, Cappel, M., Harvey, ES, Rome, BM, Skepper, CL et Wakefield, CB (2015). Sélectivité de la longueur des casiers à poissons commerciaux évaluée à partir de comparaisons in situ avec vidéo stéréo : Existe-t-il des preuves de biais d'échantillonnage ? *Recherche halieutique*, 161, 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.06.008> Langlois, TJ, Radford, BT, Van Niel, KP, Meeuwig, JJ, Pearce, A.
- F., Rousseaux, CSG, ... Harvey, ES (2012). Répartition cohérente de l'abondance des poissons marins dans un paysage marin ancien, climatiquement tamponné et infertile : répartition de l'abondance des poissons dans des paysages marins stables. *Écologie mondiale et biogéographie*, 21, 886–897. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00734.x>
- Lindfield, SJ, Harvey, ES, McIlwain, JL et Halford, AR (2014). Enquêtes silencieuses sur les poissons : la plongée sans bulles met en évidence les inexactitudes associées aux enquêtes basées sur la plongée sous-marine dans les zones fortement pêchées. *Méthodes en écologie et évolution*, 5, 1061–1069. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12262>
- Malcolm, HA, Schultz, AL, Sachs, P., Johnstone, N. et Jordan, A. (2015). Changements décennaux de l'abondance et de la longueur du vivaneau (*Chrysophrys auratus*) dans les sanctuaires marins subtropicaux. *PLoS ONE*, 10, e0127616. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127616>
- Marini, S., Fanelli, E., Sbragaglia, V., Azzurro, E., Del Rio Fernandez, J. et Aguzzi, J. (2018). Suivi de l'abondance des poissons par image sous-marine



- reconnaissance. *Rapports scientifiques*, 8, 13748. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32089-8>
- McLean, DL, Langlois, TJ, Newman, SJ, Holmes, TH, Birt, MJ, Bornt, KR, ... Fisher, R. (2016). Distribution, abondance, diversité et associations d'habitats de poissons dans une biorégion connaissant un développement côtier rapide. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.05.026>
- Myers, EMV, Harvey, ES, Saunders, BJ, & Travers, MJ (2016). Modèles à échelle fine dans la composition diurne, nocturne et crépusculaire d'un assemblage de poissons de récifs tempérés. *Écologie marine*, 37(3), 668–678. <https://doi.org/10.1111/maec.12336>
- Olsen, AM, et Westneat, MW (2015). StereoMorph : un package R pour la collecte de repères et de courbes 3D à l'aide d'une configuration de caméra stéréo. *Méthodes en écologie et évolution*, 6(3), 351–356. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12326>
- Polunin, NVC, & Roberts, CM (1993). Augmentation de la biomasse et de la valeur des poissons cibles des récifs coralliens dans deux petites réserves marines des Caraïbes. *Marine Ecology Progress Series*, 100, 167–176. <https://doi.org/10.3354/meps100167>
- Priede, IG, Bagley, PM, Smith, A., Creasey, S. et Merrett, NR (1994). Poissons démersaux charognards profonds de la baie de Porcupine, Atlantique nord-est : observations par caméra appâtée, piège et chalut. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 74, 481–498. <https://doi.org/10.1017/S0025315400047615>
- Schobernd, ZH, Bacheler, NM, & Conn, PB (2013). Examen de l'utilité d'autres mesures de surveillance vidéo pour l'indexation de l'abondance des poissons de récif. *Revue canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, 71, 464–471. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0086>
- Shortis, MR, & Harvey, ES (1998). Conception et calibration d'un système stéréo-vidéo sous-marin pour le suivi des populations de faune marine. *Archives internationales de photogrammétrie et de télédétection*, 32, 792–799.
- Shortis, M., Harvey, E. et Abdo, D. (2009). Un examen de la mesure de l'image stéréo sous-marine pour les applications de la biologie et de l'écologie marines : un examen annuel. *Revue annuelle d'océanographie et de biologie marine*, 47, 257–292.
- Smith, ANH, Anderson, MJ et Pawley, MDM (2017). Les écologistes pourraient-ils être plus aléatoires ? Alternatives simples à l'échantillonnage spatial aléatoire. *Écographie*, 40, 1251–1255. <https://doi.org/10.1111/ecog.02821>
- Speed, CW, Rees, MJ, Cure, K., Vaughan, B., & Meekan, MG (2019). La protection contre la pêche illégale et la récupération des requins restructure les communautés de poissons méso prédateurs sur un récif corallien. *Écologie et évolution*, 9, 10553–10566. <https://doi.org/10.1002/ece3.5575>
- Stat, M., John, J., DiBattista, JD, Newman, SJ, Bunce, M. et Harvey, ES (2019). Utilisation combinée du metabarcoding eDNA et de la vidéo surveillance pour l'évaluation de la biodiversité des poissons. *Biologie de la conservation*, 33, 196–205. <https://doi.org/10.1111/cobi.13183>
- Watson, DL, Harvey, ES, Anderson, MJ et Kendrick, GA (2005). Une comparaison des assemblages de poissons de récifs tempérés enregistrés par trois techniques de stéréo-vidéo sous-marine. *Biologie marine*, 148, 415–425. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0090-6>
- Wellington, CM, Harvey, ES, Wakefield, CB, Langlois, TJ, Williams, A., White, WT et Newman, SJ (2018). Pic de biomasse entraîné par des méso-prédateurs de plus grande taille dans les communautés de poissons démersaux entre les habitats du plateau et de la pente à la tête d'un canyon sous-marin dans le sud-est de l'océan Indien. *Recherche sur le plateau continental*, 167, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.08.005>
- Whitmarsh, SK, Fairweather, PG et Huvneers, C. (2017). Que fait Big BRUVver ? Méthodes et usages de la vidéo sous-marine appâtée. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27, 53–73. <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9450-1>
- Wilkinson, MD, Dumontier, M., Aalbersberg, IJJ, Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... Mons, B. (2016). Les principes directeurs FAIR pour la gestion et l'entretien des données scientifiques. *Données scientifiques*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- Wilson, SK, Graham, NAJ, Holmes, TH, MacNeil, MA et Ryan, NM (2018). Méthodes visuelles versus vidéo pour estimer la biomasse des poissons de récif. *Indicateurs écologiques*, 85, 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.038>
- Wilson, SK, Graham, NAJ et Polunin, NVC (2007). Appréciation des évaluations visuelles de la complexité de l'habitat et de la composition benthique sur les récifs coralliens. *Biologie marine*, 151, 1069–1076. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0538-3>

## RENSEIGNEMENTS À L'APPUI

Des informations supplémentaires à l'appui peuvent être trouvées en ligne dans le Rubrique Informations complémentaires.

Comment citer cet article : Langlois T, Goetze J, Bond T, et al.

Un guide d'annotation terrain et vidéo pour les appâts à distance enquêtes sous-marines stéréo-vidéo sur les poissons démersaux assemblages. *Méthodes Ecol Evol*. 2020;11:1401–1409. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13470>