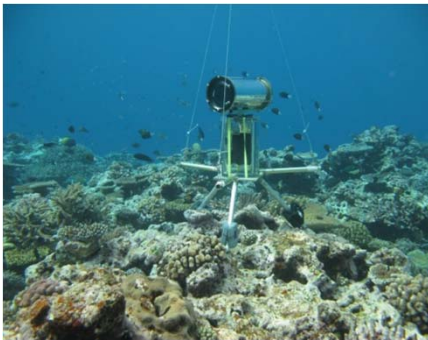




La vidéo rotative autonome pour l'observation des habitats et de la macrofaune côtiers

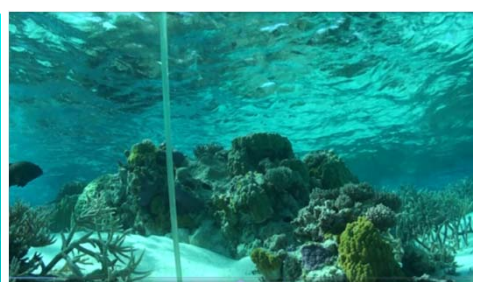


Guide méthodologique des systèmes STAVIRO et MICADO

Dominique Pelletier, Liliane Carpentier, William Roman, Thomas Bockel



Projet AMBIO, Aires Marines Protégées, Patrimoine Mondial, Biodiversité

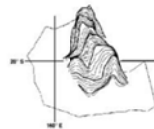


Remerciements

Ce travail est réalisé dans le cadre du projet AMBIO, « Aires Marines Protégées Biodiversité, Patrimoine Mondial », un projet de recherche construit et piloté par l'Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable de la Délégation IFREMER de Nouvelle-Calédonie. Le projet AMBIO est financé par le Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, le Conservatoire des Espaces Naturels de Nouvelle-Calédonie, la province Nord, la province Sud, la province des Iles et l'IFREMER.

Ce travail a également bénéficié du soutien financier de l'Agence des Aires Marines Protégées (Convention AAMP/12/080 – IFREMER 12/1210155/CF) et de l'IFRECOR Nouvelle-Calédonie (Convention HC/AAMP/2012/4 – IFREMER 12/1210206/CF).

Le développement des premiers systèmes vidéo STAVIRO en 2007-2008 a été rendu possible grâce à un appui financier des programmes ZONECO, du projet CRISP, de l'IRD et de l'IFREMER. De 2008 à 2010, l'IFREMER a continué à soutenir ce développement méthodologique.



Nous remercions toutes les personnes qui ont participé avec enthousiasme à ce projet depuis 2007, et **en premier lieu Gilles Hervé, Kévin Leleu et Delphine Mallet**, mais aussi Marc Bouchouca, Abigail Powell, Nicolas Guilpart, Fanny Witkowski, Matthieu Boureau, Benoît Raillard, Cyrielle Jac, Niels Gins, Charlotte Giraud-Carrier, Jessica Garcia, Bastien Preuss, Jérémy Pastor, Florent Cadé, Jérémy Drelon, ainsi que les nombreuses personnes dont l'aide sur le terrain nous a été précieuse depuis 2007.

Un grand merci également à Benoît Soulard pour le développement du masque de saisie et l'aide à la bancarisation sur Sextant.

Ce document doit être cité comme suit :

D. Pelletier, L. Carpentier, W. Roman & T. Bockel. 2015. La vidéo rotative autonome pour l'observation des habitats et de la macrofaune côtiers. Guide méthodologique des systèmes STAVIRO et MICADO. Rapport AMBIO/A/1. IFREMER Nouméa. 89 p. Version du 3 novembre 2016.

D. Pelletier, L. Carpentier, W. Roman & T. Bockel. 2015. Unbaited rotating video for observing coastal habitats and macrofauna. Methodological guide for STAVIRO and MICADO systems. Rapport AMBIO/A/1. IFREMER Nouméa. 89 p. Version of November 3th 2016.

1. Table des matières

Remerciements.....	2
1. Table des matières	3
2. Introduction.....	6
2.1. Suivre et évaluer la biodiversité des écosystèmes récifo-lagonaires : contexte et motivation	6
2.2. Que contient ce guide ?.....	7
2.3. A qui s'adresse ce guide ?	7
3. Origine, objectifs et intérêt de la vidéo rotative.....	9
4. Terminologie utilisée dans ce guide.....	11
5. Collecte des observations	12
4.1. Description des systèmes.....	12
5.2. Préparation des systèmes vidéo	16
5.3. Opérations de terrain	17
5.3.1. Type d'embarcation	17
5.3.2. La manipulation du STAVIRO en mer.....	19
5.3.3. La manipulation du MICADO	22
5.4. Relevé des informations sur les stations.....	23
5.5. Conditions limites d'utilisation du système	24
5.6. Prétraitement des données vidéo.....	25
5.6.1. Déchargement des données	25
5.6.2. Dérushage - premier visionnage	25
5.6.3. Saisie du fichier « Infostation ».....	26
6. Analyse des séquences vidéos pour la macrofaune.....	27
6.2. Listes d'espèces	27
6.3. Procédure d'analyse	27
6.3.1. Identification et dénombrement.....	28
6.3.2. Estimation de la distance et de la taille	29
6.3.3. Durée de l'analyse d'image.....	29
6.3.4. Saisie des données	30
6.4. Repérage d'images pour la communication	31
7. Analyses des séquences vidéo pour la caractérisation de l'habitat ...	32
7.1. Descripteurs de l'habitat	32
7.1.1. Topographie	32
7.1.2. Complexité	32
7.1.3. Recouvrement en substrat abiotique	33
7.1.4. Statut du corail dur	35
7.1.5. Corail couvert de sédiment.....	35

7.1.6.	Formes du corail vivant.....	35
7.1.7.	Recouvrement en herbier	36
7.1.8.	Recouvrement en algues	37
7.1.9.	Espèces benthiques remarquables	38
7.2.	Procédure d'analyse de l'habitat.....	38
7.2.1.	Utilisation du masque de saisie.....	38
7.2.2.	Durée de l'analyse d'image.....	39
8.	Recommandations pour la qualification des données.....	40
8.1.	Niveau d'identification et estimation de la taille/distance	40
8.2.	Procédure de double analyse.....	40
8.3.	Validation des fichiers issus de l'analyse des séquences :.....	41
9.	Exemples d'application des techniques d'observations STAVIRO et MICADO.....	42
9.2.	Exemple STAVIRO : L'évaluation d'une Aire Marine Protégée (AMP).....	42
9.2.1.	Contexte et questions.....	42
9.2.2.	Intérêt du STAVIRO.....	42
9.2.3.	Plan d'échantillonnage et exemple de campagne.....	43
9.2.4.	Espèces et habitats observés.	43
9.2.5.	Analyse des indicateurs.....	43
9.2.6.	Produits de l'évaluation	45
9.2.7.	Grilles de lecture des indicateurs.....	45
9.3.	Exemple MICADO : un suivi temporel de l'abondance des poissons.....	46
9.3.1.	Contexte et question.....	46
9.3.2.	Intérêt du MICADO	46
9.3.3.	Plan d'échantillonnage	46
9.3.4.	Résultats préliminaires	46
10.	Intérêt pour la communication et la sensibilisation.....	48
11.	Questions fréquemment posées.....	49
11.1.	Pourquoi avoir choisi la vidéo ?.....	49
11.2.	La vidéo rotative présente-t-elle un risque de double comptage ? Quelles sont les incertitudes sur les comptages ?	51
11.3.	L'analyse des vidéos rotatives est-elle sujette à un effet observateur (différence dans les résultats selon l'analyseur) ?	52
11.4.	Quelle est la fiabilité de l'estimation de la taille des poissons et de leur distance à la caméra ?.....	52
11.5.	Les observations des vidéos rotatives et des comptages UVC (Underwater Visual Census) sont-elles similaires ?.....	53
11.6.	Maximum ou moyenne par rotation, quelle est la statistique utilisée pour les métriques de densités ?	54
12.	Moyens et compétences requis	55
12.2.	Compétences requises à chaque étape.....	55
12.3.	Coût d'une campagne-type	56

13.	Bibliographie.....	57
14.	Annexes	59
14.1.	Annexe 1. Feuille de terrain	60
14.2.	Annexe 2. Check-list de fermeture des caissons	61
14.3.	Annexe 3 : Format de saisie du fichier Infostation	62
14.4.	Annexe 4. Listes des espèces pour l'analyse des images vidéo.....	66
14.4.1.	Contexte	66
14.4.2.	Critères d'élaboration des listes.....	66
14.4.3.	Liste complète vidéos (ou liste « toutes espèces »)	67
14.4.4.	Liste des espèces IEHE (Intérêt Halieutiques, Emblématiques et présentant un intérêt Ecologique).....	74
14.4.5.	Les complexes d'espèces vidéos	80
14.4.6.	La liste d'espèce simplifiée	81
14.5.	Annexe 5 : Masque de saisie sous Excel pour l'identification et le dénombrement de la macrofaune.....	82
14.6.	Annexe 6. Masque de saisie sous Excel pour la caractérisation de l'habitat.....	83
14.7.	Annexe 7. Métriques/indicateurs calculables avec les données vidéo	84
14.8.	Annexe 8. Exemple de fiche indicateur : la richesse spécifique (RS) par unité d'observation	86
	Résumé français.....	88
	English abstract.....	89

2. Introduction

2.1. Suivre et évaluer la biodiversité des écosystèmes récifo-lagonaires : contexte et motivation

Le suivi et l'évaluation de la biodiversité des lagons en Nouvelle-Calédonie ont fait l'objet depuis plusieurs années de nombreuses discussions au sein de diverses instances techniques (Initiative Française pour les Récifs Coralliens (Ifrecor), Comité technique du Conservatoire des Espaces Naturels,...). De ces discussions et des études bibliographiques et consultations menées en amont du projet AMBIO, ressortent plusieurs constats :

- de nombreuses études sur la biodiversité ont été menées depuis plus de 40 ans, avec une distribution géographique privilégiant le sud de la Grande Terre, et certains habitats comme les zones récifales,
- de nombreuses études sont opérées par des prestataires privés,
- il existe une diversité de protocoles de collecte opérés par des acteurs variés, mais pas d'intercalibration, ni de standardisation,
- il existe une diversité de rendus, essentiellement sous forme de rapport de synthèse, à noter toutefois les rendus de certains indicateurs sur le site de l'CEIL,
- les données sont faiblement bancarisées, à noter toutefois les métadonnées disponibles sur le site de l'CEIL,
- les données sont souvent inaccessibles car non rendues avec les études, à l'exception des études financées par ZONECO et IFRECOR,
- les résultats ne sont pas toujours communiqués au public, à l'exception là encore du site de l'CEIL qui montre des indicateurs en ligne.

Le projet AMBIO s'est attaché à proposer des méthodes et outils pour répondre aux points qui peuvent poser problème, et en tout état de cause pour que les données et résultats du projet ne présentent pas certaines des limitations évoquées ci-dessus. C'est le cas de la méthodologie de vidéo rotative et la chaîne de traitement de ces données qui font l'objet de ce guide.

2.2. Que contient ce guide ?

Ce guide présente les systèmes vidéo rotatifs STAVIRO et MICADO, et fournit tous les éléments méthodologiques pour leur utilisation, depuis la collecte des données sur le terrain, jusqu'à l'analyse des données. Grâce à l'expérience acquise depuis 2007, le matériel et la technique ont été perfectionnés jusqu'à devenir complètement opérationnels depuis 2012, comme en témoigne le grand nombre de stations réalisées en Nouvelle-Calédonie, mais aussi en Méditerranée -dans le Var, en Corse, dans la Réserve Naturelle de Banyuls et au Parc Marin de la Côte Bleue, et plus récemment dans le Parc Naturel Marin de Mayotte, sur les bancs océaniques de Geyser et Zêlée dans l'Océan Indien, et dans la Réserve Naturelle Marine de la Réunion.

A chaque étape, des outils ont été développés visant à faciliter et standardiser la mise en œuvre de la technique. Nous restons ouverts à toute suggestion d'amélioration de ce document et des outils existants.

Les consignes pour le déploiement et l'analyse des images sont invariables. Elles garantissent la reproductibilité et la comparabilité des observations entre elles. Cependant le plan d'échantillonnage, la technique d'observation utilisée, ainsi que l'analyse des données sont liés au cas d'étude et à la question posée.

2.3. A qui s'adresse ce guide ?

A l'ensemble des utilisateurs potentiels des systèmes STAVIRO et/ou MICADO qu'ils soient gestionnaires d'Aire Marine Protégée ou plus généralement de l'environnement côtier, bureau d'étude ou chercheur. Ce guide a vocation à rendre l'utilisateur aussi autonome que possible dans la mise en œuvre de la méthodologie, Ifremer restant à disposition de l'utilisateur pour une formation et un partage d'expérience.

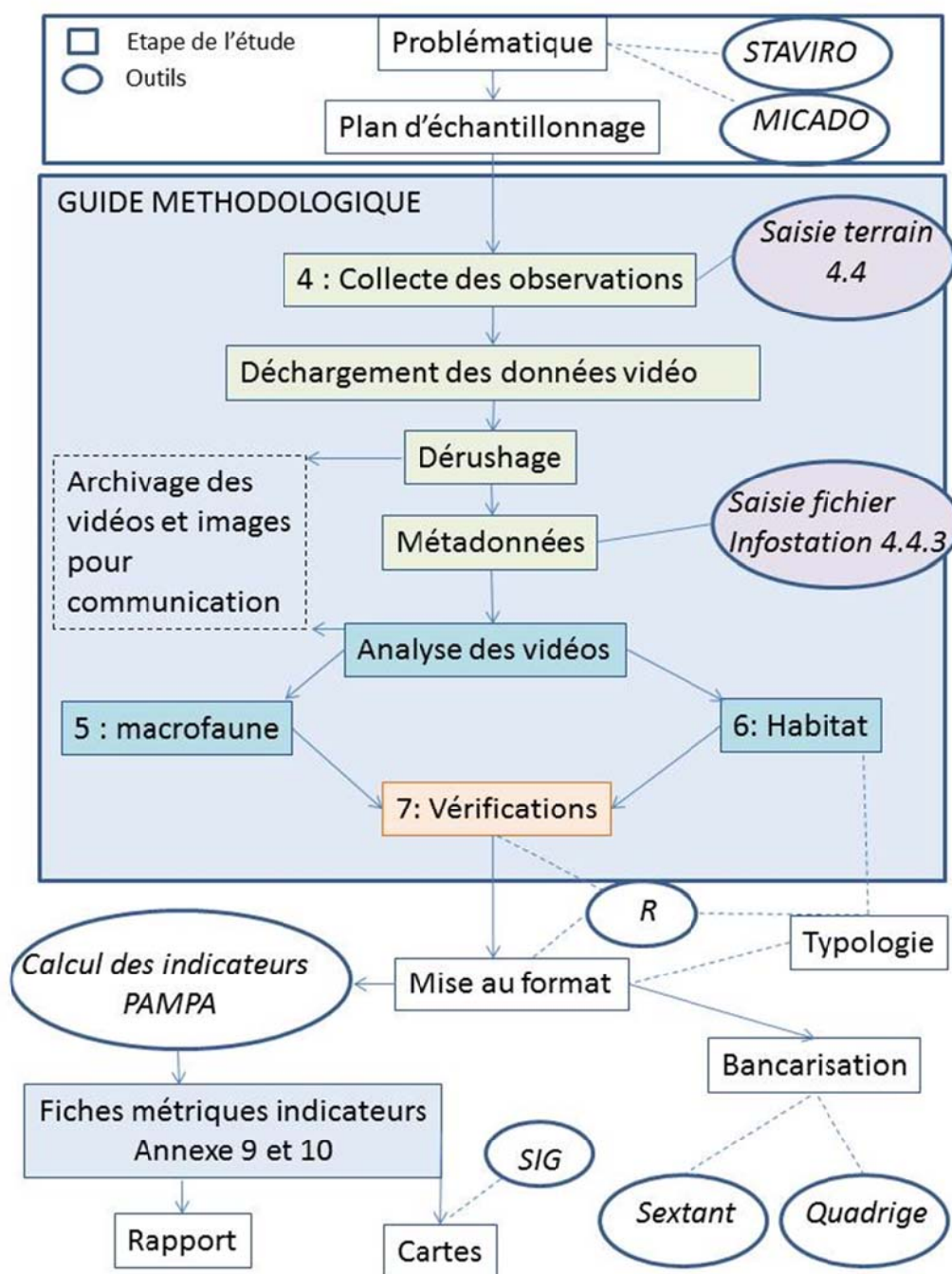


Figure 1. Schéma récapitulatif du protocole d'analyse AMBIO

3. Origine, objectifs et intérêt de la vidéo rotative

Depuis une dizaine d'années, l'utilisation de la vidéo sous-marine s'est largement développée pour l'observation des écosystèmes côtiers. Cette idée date pourtant des années 50 (Mallet et Pelletier 2014). Au cours des 5 à 10 dernières années, l'accélération du progrès technologique en matière de capteurs, d'alimentation en électricité, de stockage des informations, a conduit à la multiplication des systèmes d'observation basés sur la vidéo.

L'observation côtière en vidéo est le plus souvent réalisée avec la vidéo appâtée, une technique mise au point en Australie et Nouvelle-Zélande dans les années 90. Plus récemment, les équipes australiennes ont largement développé les transects opérés par un plongeur et le passage à des observations en stéréo utilisant deux caméras afin de pouvoir calculer les tailles des animaux observés.

L'idée de la vidéo rotative est née fin 2006, à la suite d'expériences de vidéo appâtée dans le lagon de Nouméa. A l'époque, le succès mitigé de ces observations quel que soit l'appât utilisé (Langlois et al. 2006) m'avait incitée à réfléchir autrement, en imaginant un dispositif panoramique avec une seule caméra dont la focale serait proche de celle de l'œil humain. Cette idée a été mise en pratique grâce à Gilles Hervé (Ifremer) et Francis Gallois (IRD), et à un soutien financier du programme ZONECO, de l'IFREMER et de l'IRD. Ainsi est né le STAVIRO. Son petit frère le MICADO, arrivé en 2008, résulte d'un hybride entre le STAVIRO et le système MOBIDYC de Gilles Hervé.

L'objectif de ces deux systèmes vidéo rotatifs autonomes et non appâtés est de faciliter la collecte d'observations permettant une estimation de l'abondance de la macrofaune vagile avec une perturbation minimale de l'écosystème.

Perturbation minimale : Les systèmes sont non appâtés, leur pose se passe de plongeur (surtout pour le STAVIRO) et aucun appât n'est utilisé.

Collecte de données facilitée : Les systèmes sont portables et faciles d'utilisation, même pour une personne sans formation scientifique. Leur mise en œuvre ne requiert pas d'équipement ou de bateau particulier. Solides et durables, leur coût est modéré.

Observation rapide : Le grand avantage de ces systèmes est la rapidité d'acquisition des données, avec une durée d'observation de 12 mn.

Estimation de densités d'abondance : La rotation par séquence de plans fixes produit une vision panoramique, à 5 mètres minimum, de la biodiversité. Les systèmes n'attirent pas la faune comme le fait la vidéo appâtée ; ils enregistrent une séquence brève de l'environnement de la station et ne demandent pas à être laissés longtemps en place.

Enfin, la vidéo présente l'avantage indéniable de conserver l'intégralité de l'observation, assurant traçabilité et la reproduction des analyses et en permettant l'archivage, ainsi que l'exploitation pour la communication au sens large (rapportage, sensibilisation, vulgarisation).

Le projet AMBIO a permis de finaliser les méthodologies STAVIRO et MICADO:

- fiabilisation des systèmes, sans modifier l'information recueillie qui reste pleinement compatible avec les données antérieures,
- standardisation du mode opératoire avant, pendant et après le terrain,
- production de plusieurs documents de référence et de procédure pour confier la mise en œuvre de la technique à une tierce personne, par ex. prestataire,
- tests dans des conditions très variées de profondeur, météo, visibilité, sur des bateaux très divers et avec en ensemble de personnes pour la plupart non scientifiques.
- recueil de l'avis d'un grand nombre de personnes quant à la mise en œuvre de la technique et aux résultats qu'elle produit.
- quantification des moyens et compétences requises pour la mise en œuvre de cette technique

La méthodologie a été publiée dans une très bonne revue internationale (Pelletier et al. 2012).

L'ensemble de ces résultats permet d'envisager un transfert de cette méthodologie aux acteurs de la gestion de l'environnement lagunaire.

Dominique Pelletier



4. Terminologie utilisée dans ce guide

Système	Ensemble caisson moteur et caisson caméra (avec dispositif de largage pour le STAVIRO)
Site	Zone d'étude de la campagne
Station	Unité d'observation correspondant à un déploiement d'un système à une date donnée
Infostation	Métadonnées décrivant la pose du système et les conditions de déploiement de la station
PAMPA	Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages »
Outil de calcul PAMPA	Logiciel permettant de produire, représenter et analyser des indicateurs à partir de données de suivi de la biodiversité ou des usages
Fichier Obs	Fichier contenant les données sur la macrofaune, au format analysable avec l'outil de calcul PAMPA
Fichier UnitObs	Fichier contenant les données décrivant les stations, au format analysable avec l'outil de calcul PAMPA
Sextant	Serveur cartographique de l'Ifremer. Il permet de stocker et d'accéder à l'information cartographique en ligne. http://sextant.ifremer.fr/fr/geoportail
Quadrige	base de données nationale permettant de stocker et de partager les données de surveillance du littoral. http://wwz.ifremer.fr/Les-sciences-marines/Moyens-nationaux/Centres-de-donnees/Quadrige-2

Pour en savoir plus :

Guide d'utilisation des outils du projet PAMPA (Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages). Version 2. Pelletier, Dominique, Claire Bissery & Charles Gonson. 2014. Rapport IFRECOR dans le cadre de la Convention n° AAMP/12/089 - IFREMER 12/2 212 911/F. 96 p. <https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00256/36715/>.

5. Collecte des observations

4.1. Description des systèmes

Deux systèmes sont aujourd'hui opérationnels pour le suivi de la macrofaune et des habitats côtiers : le STAVIRO et le MICADO. Les deux systèmes sont autonomes et sans appât, ils tournent de 60° toutes les 30 secondes (Pelletier *et al.* 2012). Le caisson caméra contient une caméra Haute Définition dont le capteur est très sensible en faible luminosité et elle est équipée d'une batterie longue durée au lithium (autonomie entre 7 et 8h). Le dispositif de largage du STAVIRO (Figure 1 et Figure 2) permet de le mettre en place et le récupérer depuis le bateau. Toutes les manipulations se font donc à bord du bateau et la mise en œuvre ne nécessite pas de plongeurs.

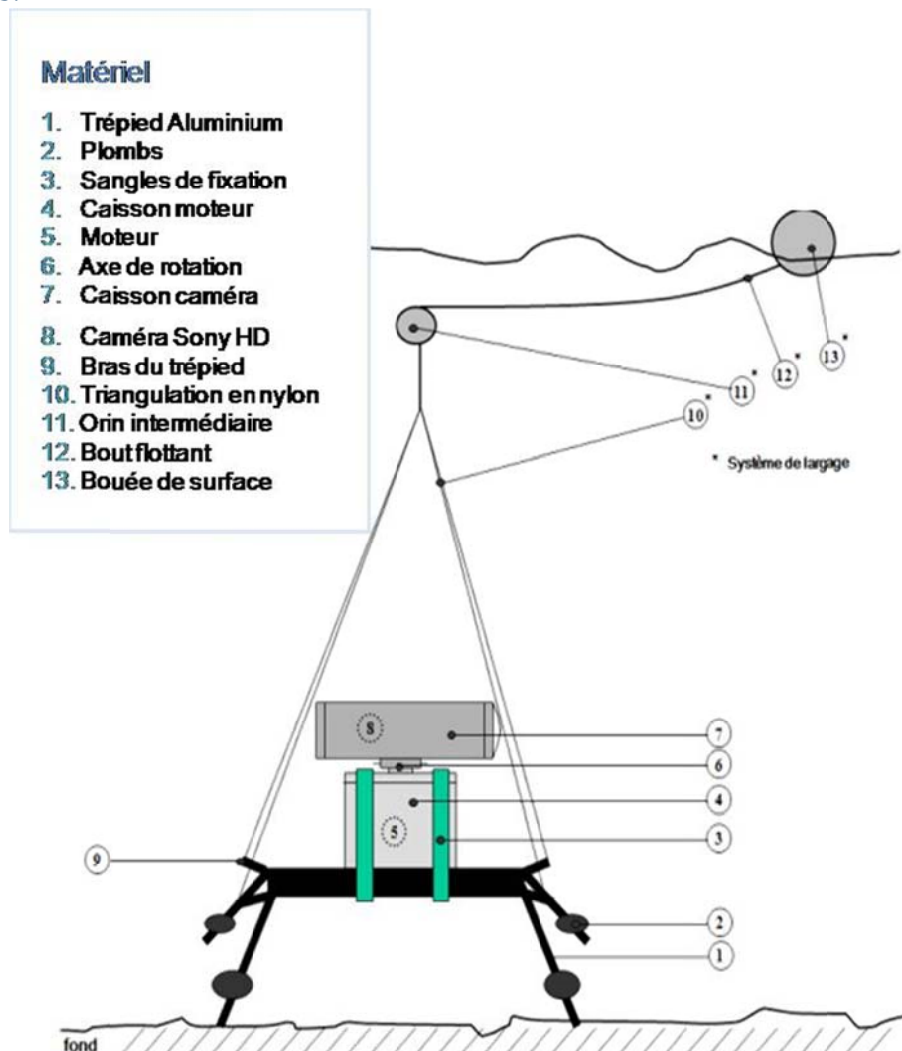


Figure 2. Schéma technique du STAVIRO.

La hauteur du système, hors dispositif de largage est de 65cm et son empattement de 68 cm (Figure 3). Ce trépied bas, lesté de 6kgs, confère une grande stabilité au système et garantit une descente verticale qui facilite la pose.



Figure 3. Vue d'ensemble et détails du système STAVIRO utilisé dans le projet AMBIO : carte électronique ARDUINO commandant le moteur et caisson caméra.

Le dispositif de largage est constitué de fil de pêche nylon de deux petits flotteurs nokalon, de garcette de diamètre 4mm, d'émerillons et de mousquetons inox. Le caisson moteur est arrimé sur le trépied avec des sangles en nylon (Figure 3) assurées par deux colliers de serrage en nylon.

La documentation technique n'est pas jointe à ce guide, mais est disponible.

Le système STAVIRO est laissé en place 12 minutes, la durée nécessaire pour filmer 3 rotations complètes (1 rotation dure 3 min.) sans perturbation extérieure. Les premières minutes de la vidéo ne sont pas analysées pour éviter toute perturbation qui pourrait être liée à la pose du système, par ex. le bruit du moteur du bateau.

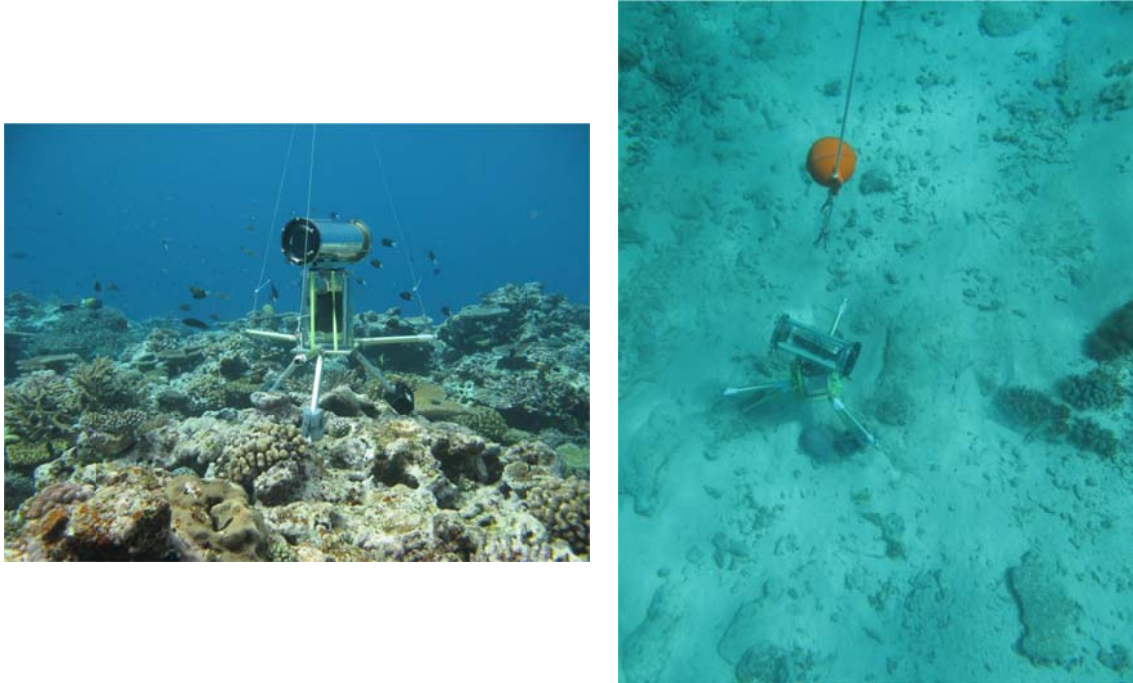


Figure 4. Le système Staviro in situ.

Dans des zones où le bateau ne peut s'approcher et où la pose est délicate, comme c'est le cas pour les fonds de corail vivant sur les pentes externes ou des zones de blocs rocheux Le STAVIRO peut parfois être posé par un nageur libre depuis la surface. Une personne équipée se voit confier le système depuis le bateau et le remorque jusqu'au point de pose. Le système est alors laissé en place un peu plus longtemps que lorsqu'il est posé depuis le bateau.

Avec un déploiement rapide sur le terrain, le STAVIRO permet l'échantillonnage de vastes zones pour un temps de terrain réduit. La technique d'observation est donc adaptée à un suivi spatial, par exemple, pour l'évaluation des Aires Marines Protégées (AMP), ou d'autres zones éventuellement vastes, ou encore pour l'inventaire ichthyologique d'habitats tels que les herbiers ou les fonds lagonaires. La possibilité de réaliser un grand nombre de stations permet de réaliser des cartes et d'obtenir une puissance élevée pour les tests statistiques réalisés sur les indicateurs.

Le système MICADO est quant à lui programmable et peut rester immergé plusieurs jours. La durée et la fréquence des séquences sont libres dans la limite d'un nombre total de séquences. Le dispositif n'a pas de bouée de repérage en surface et il est posé par un plongeur afin d'optimiser le positionnement sur le fond (Figure 5). Bien que contenu dans un unique caisson, le MICADO fonctionne exactement comme le STAVIRO.

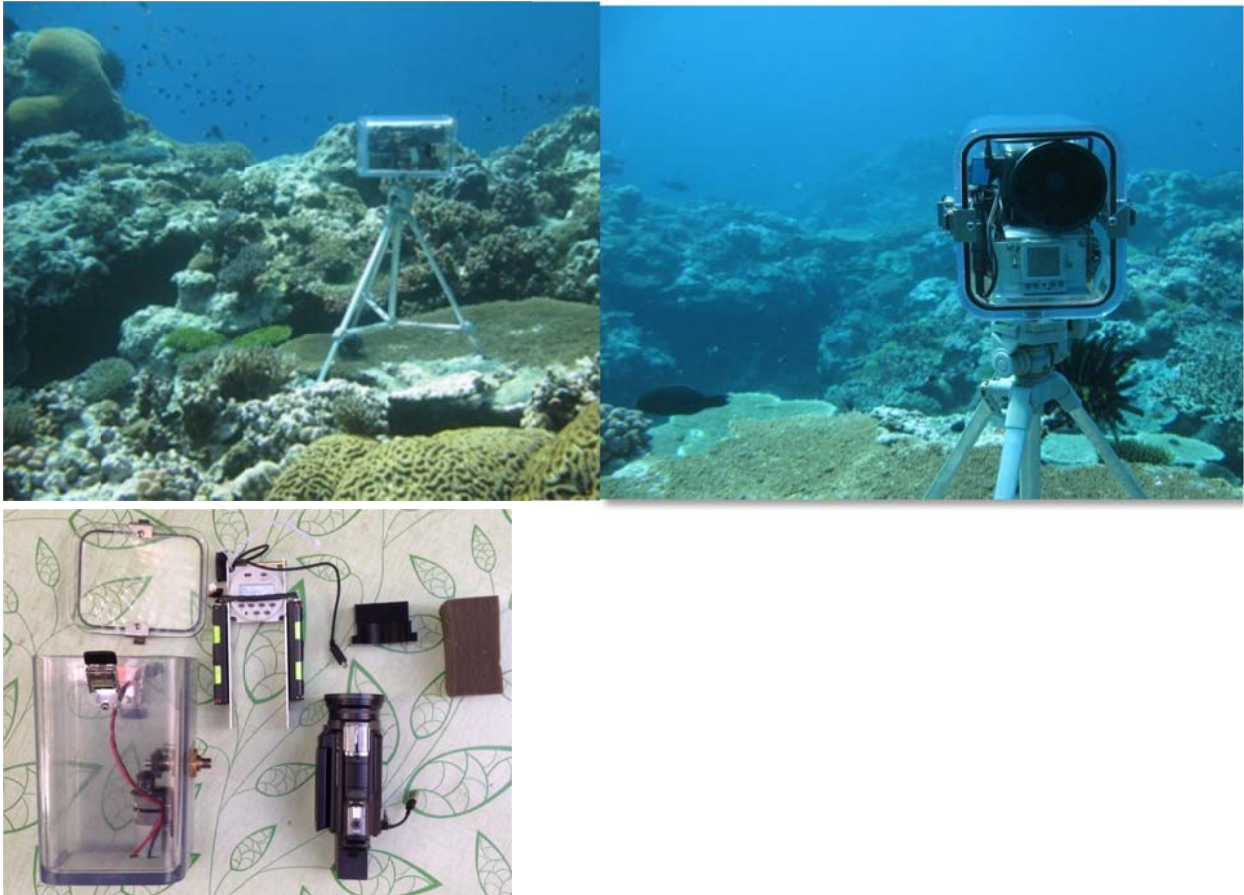


Figure 5. Le système Micado : haut : immergé sans système de largage ; bas : matériel constituant le système. La documentation technique n'est pas jointe à ce guide.

Le MICADO, parce qu'il est programmable dans le temps et selon la question étudiée est une technique d'observation particulièrement efficace pour l'étude des variations temporelles de l'abondance et du comportement de l'ichtyofaune, ou pour l'observation d'événements périodiques, imprévisibles ou requérant une observation très discrète.

Les systèmes STAVIRO et MICADO enregistrent le même type de séquences vidéo fournissant ainsi des observations entièrement compatibles.

5.2. Préparation des systèmes vidéo

La préparation du matériel est reprise sous forme de procédure simplifiée (voir check-list complète, annexe 2, p. 61).

- **Réglage des caméras**

Les batteries (« longue durée » au lithium) sont chargées complètement avant chaque sortie sur le terrain, garantissant une autonomie suffisante pour la journée.

Le focus de la caméra est positionné en mode manuel, réglé sur l'infini et non en autofocus (la molette de réglage est alors désactivée). Si cette étape n'est pas réalisée correctement, l'autofocus peut se faire sur les filins de maintien du dispositif (triangulation en nylon : Figure 2) et les images ne seront pas analysables.

Le mode HD-FH doit être activé avec un nombre d'images fixé à 25 par secondes : 25p, la mémoire doit être totalement vidée. Ces paramètres sont suffisants pour l'observation et ils limitent la taille des fichiers vidéo.

Dans le caisson, l'écran de visionnage de la caméra est retourné de façon à être visible depuis l'extérieur du caisson qui est transparent. Le système fonctionne avec différents modèles de caméra. Sur plusieurs des modèles utilisés, une carte électronique commandée par un Interrupteur à Lame Souple (ILS) est nécessaire pour commander la mise en route ou l'extinction de la caméra. Celles-ci sont effectuées à l'aide d'un aimant suffisamment puissant pour être actif à travers le caisson. Le passage d'un aimant par balayage vertical sur l'écran côté batterie allume la caméra. Le passage d'un aimant par balayage vertical côté objectif éteint la caméra.

- **Insertion de la caméra dans le caisson**

Le caisson est ouvert après avoir dévissé les écrous. Il est parfois nécessaire d'introduire délicatement un tournevis plat entre le couvercle et les parois du caisson pour faciliter l'ouverture, car les joints assurent une très forte étanchéité, dans ce cas il faut faire attention à ne pas endommager les joints.

La partie vitrée située sur le devant du caisson ne doit pas être démontée. La caméra doit être positionnée de manière à ce que l'axe de la caméra soit dans l'alignement de l'axe du caisson.

Pour éviter la formation de buée, du gel de silice dessicant mis en sachet est introduit dans le caisson, le gel doit être réactivé chaque jour (en le chauffant par exemple au four à micro-ondes).

Pour assurer une qualité maximale de la vidéo, l'objectif de la caméra ainsi que les deux côtés du hublot du caisson doivent être soigneusement nettoyés avec des lingettes optiques. A la fermeture du caisson, il faut s'assurer que les joints ne sont pas sortis de leur gorge, qu'aucune poussière ou cheveu n'y est collé. Les deux joints doivent être en contact avec la paroi du caisson sur toute leur circonférence. La tige du caisson doit être vissée avec un serrage modéré et identique sur les vis.

- **Conseils d'organisation**

Les systèmes sont préparés avant la journée de terrain en suivant la check-list de fermeture du caisson caméra. Les caissons caméra sont fermés avant la pose, à terre

ou dans le laboratoire du navire de base, dans une atmosphère sèche si possible. Ils sont de préférence stockés dans des valises capitonnées de type Pelicase® pendant la durée des trajets à terre et en mer, et ce pour éviter toute secousse du matériel. En cas de temps très calme, les systèmes peuvent éventuellement être assemblés et fixés sur les trépieds avant le trajet.

- Prévoir une caisse contenant du petit matériel, qui doit être vérifiée et complétée avant chaque sortie en suivant la check-list. elle doit contenir quelques outils permettant d'intervenir sur les caissons :
 - tournevis plats, pince coupante, pince à serflex.
 - aimants pour allumer et éteindre les caméras
 - bordereaux de terrain (feuilles de saisie) étanches et crayons, une ardoise et des feutres, cartes du plan d'échantillonnage et de la zone
- piles de rechange pour le GPS
- des lingettes optiques
- Il est préférable de prévoir du matériel supplémentaire des plombs de lestage, des bouts et des bouées pour les systèmes de largage...
- De l'eau douce pour rincer le matériel et des serviettes sèches et propres pour le sécher et le ranger dans les valises sans humidité ni sel.



En général, deux systèmes sont embarqués par bateau. Un dispositif de largage est fixé sur chaque système, et relié à un bout d'une longueur choisie en fonction de la profondeur des stations prévues, puis à une bouée de couleur vive. Les profondimètres sont fixés sur les trépieds.

5.3. Opérations de terrain

Avant de poser un système, lorsque la caméra vient d'être allumée, il faut identifier la séquence vidéo en présentant devant l'objectif une ardoise sur laquelle seront inscrits le nom du site, la date, le numéro de la station et les informations sur la météo.

Dans le cas de faibles profondeurs le MICADO peut être déployé de la même manière que le STAVIRO, c'est-à-dire sans plongeur et en suivant les instructions de pose détaillées ci-dessous.

5.3.1. Type d'embarcation

Aucun type particulier d'embarcation n'est exigé. Pour que la manipulation des systèmes se fasse dans de bonnes conditions, il est malgré tout préférable que le bateau réponde à certains critères :

- taille : l'embarcation doit pouvoir embarquer deux systèmes vidéo, deux valises étanches, l'ensemble du petit matériel, ainsi que l'équipage, qui doit pouvoir évoluer à bord aisément ; en pratique une unité de 5 mètres est idéale.
- l'embarcation doit être suffisamment maniable afin de pouvoir récupérer les systèmes vidéo en douceur, et permettre la navigation dans des zones récifales ;
- tirant d'eau : un tirant d'eau faible est préférable.
- équipement : les systèmes doivent pouvoir être manipulés aisément: un plat-bord ainsi qu'un plancher sont utiles pour s'y appuyer et y poser les systèmes.

Les systèmes ont été posés dans une gamme de conditions assez larges, avec des vents pouvant aller jusqu'à 25 nœuds, un clapot de plus de 1 m, et ce avec différentes embarcations (Figure 6). Dans ces conditions, le rôle du pilote est d'autant plus important.

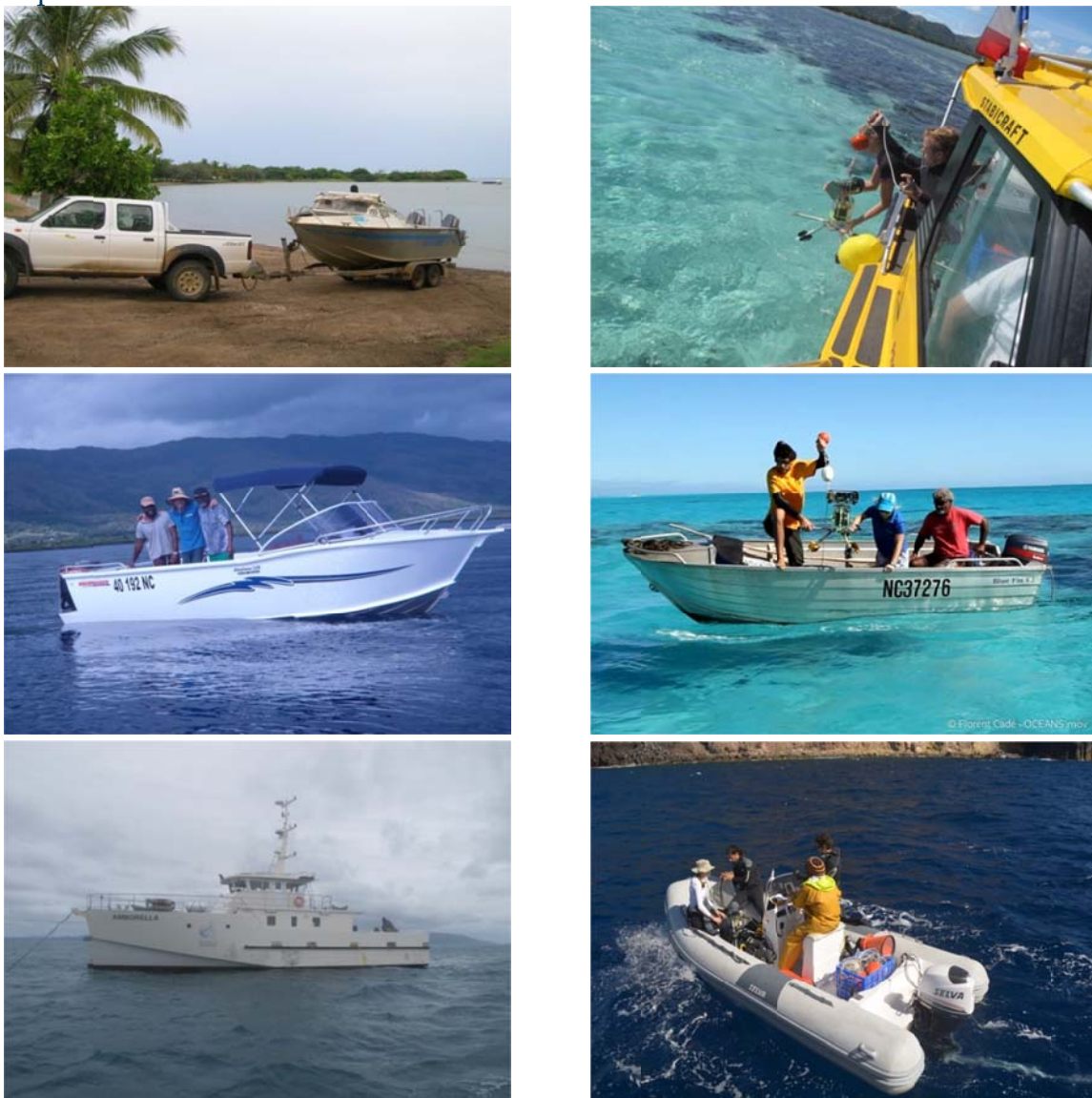


Figure 6. Différents moyens navigants utilisés pour les campagnes STAVIRO.

5.3.2. La manipulation du STAVIRO en mer



Figure 7. Déploiement du STAVIRO.



Figure 8. Observation du fond avec une lunette de Calfat lors de la pose du système.

- Privilégier les conditions météorologiques clémentes pour échantillonner et tenir compte de la marée pour déterminer l'ordre selon lequel les stations STAVIRO sont réalisées pendant la journée, car la visibilité est très souvent moins bonne lorsque la marée est descendante. De plus, dans les zones telles que les passes, le courant peut favoriser l'emmêlage du dispositif de largage dans la caméra.
- L'étanchéité du système doit être vérifiée par une première immersion à 2-3 mètres pendant une minute (à contrôler avec la lunette de calfat¹ (voir ci-contre, qu'aucune bulle ne se forme).
- La manipulation des systèmes à bord et leur mise à l'eau requiert de préférence deux personnes : l'une tient le haut du système de largage sous tension au niveau des émerillons, l'autre soulève le système au niveau du trépied pour le porter par-dessus le franc-bord. Ce dernier saisit ensuite la lunette de calfat et guide par la voix la première personne qui file le bout pour une pose horizontale et à une distance raisonnable d'éventuels reliefs sous-marins permettant ainsi a) une vision panoramique, et b) d'anticiper un éventuel problème de relève du système.
- Il faut éviter les risques de bascule ou les fortes inclinaisons du système qui pourrait rendre impossible l'analyse de la vidéo. En pratique le système est posé à une distance minimale de 3 mètres d'un relief.
- Le rôle du pilote de l'embarcation est très important : pendant la manœuvre, le pilote veille à maintenir le bateau sur place tout

¹ aussi appelée bathyscope

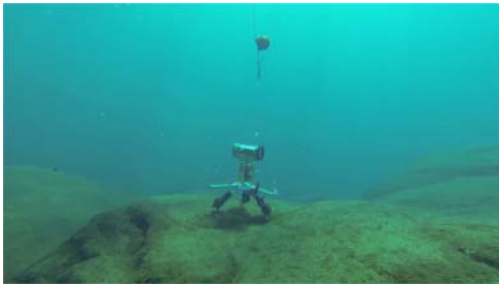


Figure 9. STAVIRO sur un fonds de blocs rocheux à Hunter.

en évitant de provoquer des perturbations excessives avec le moteur. Il doit également veiller à ne pas passer au dessus du système, ce qui peut conduire à prendre le bout dans l'hélice ou exercer une traction sur le système qui pourrait le faire basculer.

- Le lestage et l'équilibre du système STAVIRO permettent une descente rapide et verticale, et une très bonne stabilité une fois posé (Figure 9. STAVIRO sur un fonds de blocs rocheux à Hunter. Figure 9).

- Une fois le système dans l'eau, la descente doit être rapide pour éviter la dérive et garder le système en vue, il est par contre préférable de ralentir le défilement du bout avant l'arrivée du système sur le fond, afin d'éviter une pose brutale et d'abimer le matériel à cause de chocs répétés.
- Le bout ne doit pas être sous tension une fois le système posé pour éviter tout déplacement ou bascule. La longueur du bout doit donc être adaptée à la profondeur des stations. De plus, par conditions agitées ou dans les zones de houle, courant et ressac, il faut augmenter le lestage et la longueur de bout.
- Toujours vérifier que le système est bien horizontal. En cas de doute, ne pas hésiter à venir relever et reposer le système.
- Poser les systèmes de manière à avoir une vision panoramique autour du point de station, sans être trop éloigné d'éventuels reliefs ou patates coralliennes.

IMPORTANT

Après chaque pose :

- Prendre la position GPS de la station à la verticale du système.
 - Remplir la feuille de terrain avec les informations requises (p. 23)
 - Veiller à éloigner du bateau et de son hélice, la bouée de surface et le bout
- Rester à faible vitesse pour éviter les perturbations (mise en suspension des sédiments et nuisance sonore).

IMPORTANT

Pour la récupération du système:

La bouée est abordée de préférence face au vent et au ralenti.

Une fois à la verticale du système, ce dernier est remonté à bord par deux personnes.

Si le fond présente des reliefs, il faut guider le début de la relève à l'aide de la lunette de calfat.

- Une fois à bord, l'enregistrement est arrêté et la caméra éteinte, et la profondeur est relevée.

IMPORTANT

IMPORTANT



NB : Pour éviter l'apparition de buée dans le caisson entre les stations, envelopper le caisson caméra dans un tissu, surtout par temps ensoleillé.

Après la dernière station de la journée:

- désassembler les caissons et les trépieds
- rincer les caissons sommairement à l'eau douce et les sécher pour les ranger dans les valises, afin de les protéger durant le transport.

Stratégie de déploiement des systèmes au cours d'une sortie. Les systèmes sont posés par paire pour optimiser le temps d'attente (pendant que la station 1 est échantillonnée, l'équipe installe la station 2). Il est alors possible d'échantillonner jusqu'à 30 stations STAVIRO par bateau et par jour, et en moyenne une vingtaine.

Poser les STAVIRO pour garantir l'exploitabilité d'un maximum de stations requiert une certaine expérience qui ne peut être entièrement décrite dans ce guide. Les deux points cruciaux sont d'une part le placement de la station en fonction des obstacles potentiels à la vision, du paysage sous-marin et de la direction du vent et des vagues ; et d'autre part, la synchronisation entre le pilote et les personnes qui posent et relèvent les systèmes.

5.3.3. La manipulation du MICADO

Le bateau doit pouvoir embarquer les systèmes MICADO, les plongeurs, le pilote, et le matériel de plongée.

Avant la pose :

- vérifier l'étanchéité du système en l'immergeant environ 1 minute. Aucune bulle ne doit se former.
- vérifier que le système est bien en marche et que l'enregistrement automatique est bien enclenché.
- Le système est donné au plongeur une fois celui-ci à l'eau. Celui-ci va le positionner au fond, horizontalement et pour une vision panoramique (Figure 10).

Le MICADO peut rester plusieurs jours sous l'eau, dans des conditions météorologiques et de courant variables. Le système doit être lesté en conséquence.

- Lors de la plongée il faut être vigilant aux changements brusques de flottabilité lors de la pose du système sur le fond.
- Dans le cadre d'étude temporelle, le système peut être positionné sur un trépied fixé au fond (Figure 10). Le plongeur ne descend alors que le caisson dans un filet. NB : le caisson seul a une flottabilité positive.



Figure 10. Pose d'un MICADO à Hienghene (gauche) et MICADO en place sur son support fixé au fond dans la passe de Kouaré (droite).

5.4. Relevé des informations sur les stations



A chaque station, un ensemble de métadonnées est relevé sur une feuille de terrain étanche (voir format p. 60).

Les données générales de la sortie (date, heure de départ, équipage, n° des systèmes utilisés) sont consignées en début de journée et sur chaque nouvelle feuille utilisée.

Cette fiche doit être remplie rigoureusement avant et après chaque pose. Les éléments suivants doivent être renseignés :

- numéro de la station : ce numéro de 4 chiffres maximum est celui attribué par le plan d'échantillonnage;
- heure de pose notée quand le dispositif est posé au fond ;
- numéro du système pour assurer la traçabilité des séquences au déchargement et visionnage ;
- latitude et longitude du point où est posé le système, relevées à l'aide du GPS au moment de la pose. Le format recommandé est le degré décimal, WGS 84.
- numéro du point dans le GPS (qui peut ne pas correspondre au numéro de la station prévu par le plan d'échantillonnage).

profondeur relevée avec un profondimètre fixé sur le système et donc visible à la remontée du système. A défaut, la profondeur peut aussi être relevée avec le sondeur du bateau à la verticale du point.

De plus, toute information susceptible d'aider à l'analyse de la séquence ou de la donnée doit être notée :

- informations sur la pose : Noter si le bateau reste sur zone plus longuement, une séquence supplémentaire devra alors peut-être être écartée pour l'analyse, du fait des perturbations ainsi créées.
- configuration, habitat ou environnement immédiat de la station (par ex. distance par rapport à un massif corallien ou au tombant récifal).
- nom du lieu de pose (tel qu'indiqué par ex. sur les cartes marines ou toponymie locale).

5.5. Conditions limites d'utilisation du système

Ces limites sont liées à la profondeur de pose, à la nature du fond, et aux conditions de mer (houle, vent et courant).

Profondeur. La profondeur minimale pour établir une station est de 1.8-2 m par temps calme (en cas de houle ou clapot, prévoir plus de 2 m). En deçà, il est nécessaire de prévoir un système de largage différent ou de poser les stations sans système de largage auquel cas la station peut être immergée dans un mètre d'eau. La profondeur maximale théorique est de 60 m (la profondeur à laquelle le caisson moteur actuel est prévu pour résister, sachant que le caisson caméra peut descendre plus profondément). En pratique l'installation doit tenir compte de la luminosité pour que les images captées soient analysables. L'étanchéité des systèmes a été testée jusqu'à une profondeur de 52 mètres.

Nature du fond. Les systèmes peuvent être posés dans une grande variété d'habitats et de types de fond. Ils supportent une descente rapide en profondeur. De par leur conception, ils se posent bien horizontalement dans la plupart des cas. La topographie de certains fonds (pente externe, certains tombants internes et fonds détritiques) peut rendre difficile la pose du système à l'horizontale ; la pose prendra alors plus de temps.

Courant et vagues. Lorsque le courant est fort, le système tire sur la bouée de surface, il faut ajouter de la longueur de bout pour éviter que cela s'emmêle autour du caisson caméra. Dans certaines zones, l'installation des systèmes vidéo à l'étape de marée est donc préférable. Le système de largage peut également être supprimé pour éviter ces désagréments (dans ce cas, le poids du lest doit être au moins doublé), mais la pose est alors réalisée par un plongeur ou un nageur.



Figure 11 : Système STAVIRO posé en zone profonde. Bellona, Récif Desmazures, profondeur 25 m.

5.6. Prétraitement des données vidéo

5.6.1. Déchargement des données

Au retour de chaque sortie, les vidéos sont déchargées et sauvegardées sur un disque dur externe ou un ordinateur. Il est conseillé de les dupliquer sur un autre disque ou sur tout autre système de sauvegarde. Les fichiers correspondant aux séquences vidéo sont renommés suivant une **nomenclature standardisée** :

AAAAMMJJHHMMSS-XX-codestation. (AAAA= année, MM=mois, JJ=jour, HH=heure, MM=minutes, SS=seconde, XX= le département ou territoire)

Le champ « codestation » : YYAA0001 permet de faire le lien entre les différents fichiers d'analyses, il est donc important que le site de la campagne YY apparaisse, ainsi que l'année de réalisation AA. Les quatre chiffres qui suivent correspondent à l'indice de la station.

5.6.2. Dérushage - premier visionnage

Après chaque journée de terrain, une fois les séquences déchargées sur un PC, les vidéos sont visionnées rapidement pour validation.

Une séquence est jugée non exploitable pour l'étude de l'ichtyofaune si :

- la visibilité estimée est inférieure à 5 mètres ;
- si plus de deux secteurs sont non exploitables (ex : un secteur pointant vers le sol ou le ciel, ou encore obstrué par un obstacle) par rotation.
- Si moins de trois rotations sont exploitables.

Une séquence peut être jugée exploitable uniquement pour la caractérisation de l'habitat si la visibilité est suffisante, et qu'au moins une rotation complète est analysable.

Lors du visionnage, les images jugées particulièrement intéressantes ou remarquables (Figure 12) font l'objet d'un commentaire dans le fichier Infostation (p. 26) afin de faciliter leur repérage ultérieur.

Le visionnage devant être rapide, en cas de doute sur l'exploitabilité, nous recommandons de la coder en oui ou « ? » afin de faciliter l'analyse ultérieure de la séquence. Il peut en effet arriver qu'une vidéo jugée exploitable lors du dérushage soit, au moment de l'analyse, déclarée inexploitable ou exploitable seulement pour l'habitat.



Figure 12. Exemple d'image intéressante (Chesterfield 2013, source Ifremer/AMBIO)

5.6.3. Saisie du fichier « Infostation »

Après chaque sortie, les informations collectées lors de la campagne de terrain sont reportées dans le fichier « Infostation » (voir 14.3 lien internet) qui comporte les paramètres suivants :

- code de la station ;
- date et heure ;
- nom de la station ;
- nom du site ;
- statut du site (protection ou autre);
- commentaire de terrain relatif à la position fine de la station et à sa pose ;
- commentaire pour le dérushage : visibilité, éventuelle instabilité du système ;
- descriptif a priori de l'habitat ;
- profondeur ;
- nom du GPS utilisé ;
- latitude ;
- longitude ;
- caméra et moteur utilisés ;
- conditions de marée, lune, météo, force du vent, direction du vent, houle ;
- équipage, pilote, bateau ;
- nom du fichier vidéo (p. 25) associé à la station ;
- nom de la personne qui a analysé les images, habitat et macrofaune ;
- nature et time codes des images intéressantes.

Ce format est également valable pour les systèmes Micado.

6. Analyse des séquences vidéos pour la macrofaune

Ce travail est réalisé au bureau après la campagne.

6.2. Listes d'espèces

La liste des espèces à relever lors de l'analyse des images dépend des objectifs de l'étude. Dans le projet AMBIO, trois listes ont été définies sur la base de critères relatifs à l'observabilité des espèces et les check-listes existantes (Annexe 14.4, p. 66) :

- **Liste complète vidéo** : cette liste comprend toutes les espèces observables avec la vidéo à une distance de 5 m
- **Liste IEHE** des espèces d'Intérêt Halieutiques, Emblématiques ou Ecologique : cette liste de 565 espèces appartenant à xx familles est la plus couramment utilisée, elle est un équivalent de la liste des espèces « commerciales » utilisée pour les comptages en plongée
- **Liste simplifiée** : cette liste permet une identification rapide par un analyseur non expert en identification. Elle ressemble à la liste utilisée pour le Réseau d'Observation des Récifs Coralliens, utilisé pour le Global Coral Reef Monitoring Network.

Ces listes correspondent à des besoins d'évaluation de l'ichtyofaune dans sa globalité ; il est possible de cibler certaines espèces ou groupes d'espèces ou de définir d'autres listes pour d'autres études.

Dans le cadre d'un suivi, il est nécessaire de disposer d'une liste d'espèces stable.

En fonction de la distance des poissons à la caméra, l'identification se fait au niveau de l'espèce, du genre ou de la famille.

6.3. Procédure d'analyse

Les premières minutes de la séquence vidéo ne sont pas analysées pour tenir compte des éventuelles perturbations dues à la pose et au départ du bateau. La durée de séquence à écarter peut être renseignée sur le terrain dans le fichier « infostation » (Annexe 14.3, p. 62). En général, une demi-rotation ou une rotation sont écartées avant de débiter l'analyse.

6.3.1. Identification et dénombrement

Rotations analysées et rotation 0. Les espèces sont identifiées et dénombrées sur 3 rotations complètes de 360°, divisées chacune en 6 secteurs de 60°. Trois rotations complètes, soit 9 minutes, sont analysées par vidéo. Le reste de la séquence vidéo (y compris le début) est aussi visionné afin de détecter la présence éventuelle d'espèces rares ou emblématiques (requins, tortues, *etc.*) ; ces indications sont enregistrées avec comme numéro de rotation 0, afin de les distinguer des autres observations. Elles seront écartées des calculs d'abondance et de richesse spécifique. Ces observations seront uniquement mentionnées dans la liste des espèces observées durant la campagne, à but d'inventaire.

Identification et dénombrement par secteur. Le comptage et l'identification sont effectués secteur par secteur (*i.e.* sur chaque plan fixe). Pour minimiser le risque de double comptage d'un même poisson, la direction et les mouvements du poisson sont pris en compte. Sur deux secteurs successifs, la seconde apparition n'est pas retenue afin d'éviter la surestimation du nombre d'individus. Le dénombrement est effectué à une distance de 5 m (voir § 6.3.2) et plus si la visibilité le permet.

Niveau d'identification. Tous les individus sont identifiés au niveau taxonomique le plus précis possible. Lorsqu'ils ne peuvent être identifiés qu'au genre ou à la famille, l'information est saisie à ce niveau taxonomique. Si l'espèce n'est pas reconnue, elle sera renseignée « sp. » ; si le genre n'est pas identifiable, il sera noté « ge. ». Si le poisson n'est absolument pas identifiable, il est codé NoID.

Les espèces d'un même genre qui diffèrent par une caractéristique difficile à distinguer sur la vidéo sont regroupées sous forme de **complexes d'espèces** (annexe 14.4.5, p. 80). Les espèces d'un même complexe ont une forme, une taille, une coloration et un comportement généralement similaires..

Dans le cas d'un doute, un commentaire comprenant le *time code* auquel cet individu a été observé ainsi qu'un texte libre est saisi dans la colonne dédiée aux commentaires « analyses », et une capture d'écran de l'individu est effectuée. Cette méthode permet la consultation et l'intervention rapide d'un expert ou d'une autre personne qui identifiera l'espèce si cela est possible. Dans le cas contraire, l'individu reste identifié au genre ou à la famille.

La souplesse du niveau d'identification facilite l'analyse et permet l'intervention d'experts a posteriori en cas de doute sur une identification.

6.3.2. Estimation de la distance et de la taille

- Le dénombrement est effectué à une distance de 5 m et plus si la visibilité le permet, en pratique la distance maximale est de 10 m, toutefois dans certaines zones la visibilité peut être exceptionnelle.
- Si au cours d'une même rotation, un poisson compté entre 5 et 10 mètres se rapproche à moins de 5 mètres, la donnée est transférée dans la colonne correspondante du tableau.

La taille des individus est évaluée en classes : Petit, Moyen et Grand :

- Petit : jusqu'à 33% de la taille maximale de l'espèce ;
- Moyen : de 33% à 66% de la taille maximale ;
- Grand : au-delà de 66% de la taille maximale.

La taille maximale de chaque espèce est tirée du référentiel des espèces PAMPA (Gamp et al. 2012), régulièrement mis à jour d'après FishBase (<http://www.fishbase.org/search.php?lang=French>).

Pour l'apprentissage des estimations de taille, un fichier d'images de silhouettes de poissons, claires et sombres, de différentes tailles, filmées à différentes distances est utilisé (Figure 13), et est disponible sur demande.



Figure 13 : Exemple de silhouettes de poisson, ici poissons de 1 m situés à une distance de 2 m de la caméra.

6.3.3. Durée de l'analyse d'image

Sur l'ensemble des données AMBIO, la durée de l'analyse d'une station pour l'ichtyofaune est en moyenne de 52 minutes pour la liste IEHE et de 105 minutes pour la liste complète (sachant que cette liste complète a été préférentiellement utilisée sur les sites éloignés où les poissons sont très abondants).

6.3.4. Saisie des données

Dans le masque de saisie (Annexe 14.5, p. 82), les familles, genres et espèces sont référencés dans une liste déroulante. Plusieurs contrôles automatiques sont effectués au moment de la validation.

En pratique, pour chaque poisson ou groupe de poisson correspondant à un taxon observé, les informations suivantes sont saisies dans le masque :

- genre², espèce ;
- numéro de la rotation pour laquelle le poisson est observé³ ;
- secteurs: cette information n'est utilisée que pour se repérer dans la séquence pour la vérification des analyses d'image.
- nombre d'individus observés par classe de taille et selon qu'ils sont observés à une distance comprise entre 0 et 5 m de la caméra ou à plus de 5 m.

Cas particulier : Absence de macrofaune. Si, lors de l'analyse, aucun poisson n'est observé sur une rotation, une ligne doit être créée *via* le masque de saisie avec le nom d'espèce « *Absence macrofaune* ». Aucun secteur ne doit être coché, et il est impératif de mettre **un zéro** dans une des colonnes Pinf5, Minf5 ou Ginf5.

Si aucun individu n'est observé sur les trois rotations d'une station, il est nécessaire de répéter cette saisie « *Absence macrofaune* » pour chaque rotation.

Lorsque l'analyse de la macrofaune est terminée, l'heure de fin d'analyse est enregistrée et la station est notée comme « analysée ».



Figure 14 : 2 individus de l'espèce *Plectropomus laevis* (Chesterfield 2013, source Ifremer/AMBIO)

² le masque de saisie renseigne automatiquement la famille en fonction du genre choisi, et il est de plus possible de saisir une observation au niveau de la famille.

³ rappel : un poisson vu hors des trois rotations analysées sera noté comme vu lors d'une rotation 0.

6.4. Repérage d'images pour la communication

Il peut être intéressant d'utiliser certaines images à des fins scientifiques ou de communication (espèces emblématiques, rares et menacées, espèces envahissantes, paysages particuliers, blanchissement corallien, comportements remarquables ou relations entre espèces *etc.*). Dans ce cas, une capture d'écran est réalisée et le *time code* de cette image ainsi que sa description sont consignés dans l'onglet « analyses rapides », et dans le champ « images intéressantes » du fichier « Infostation », comme lors du dérushage (§ 5.6.2).



Haut et centre, gauche :
Astrolabe

Haut, droite : Walpole

Centre, droite : Chesterfield

Bas gauche : Petrie

7. Analyses des séquences vidéo pour la caractérisation de l'habitat

7.1. Descripteurs de l'habitat

L'habitat est analysé selon une méthode paysagère similaire à la « *Medium-Scale Approach* » utilisée par les plongeurs lors des comptages UVC (MSA, Clua et al. 2006), adaptée aux contraintes de la vidéo rotatives. Un certain nombre de descripteurs qualitatifs et quantitatifs sont saisis pour chaque secteur.

7.1.1. Topographie

Les informations topographiques permettent d'évaluer la différence de hauteur (h) entre les éléments du fond les plus bas et les plus hauts observés sur le secteur analysé. Elle se décrit sur une échelle de 1 à 5 :

- 1 : absence de relief ;
- 2 : faible ($h < 1$ m) ;
- 3 : moyenne ($1 < h < 2$ m) ;
- 4 : forte ($2 < h < 3$ m) ;
- 5 : exceptionnelle ($h > 3$ m).

7.1.2. Complexité

La complexité est elle aussi décrite sur une échelle allant de 1 à 5, et quantifie la quantité et la diversité des creux, trous, cavités, refuges et niches écologiques :

- 1 : absence de complexité (ex : sable ou dalle) ;
- 2 : faible (ex : présence de débris et de pousses de corail offrant quelques niches écologiques) ;
- 3 : moyenne ;
- 4 : forte (ex : récif corallien riche) ;
- 5 : exceptionnelle.

A noter que dans le cas d'un herbier, la complexité peut atteindre une valeur de 2 pour une structure dense et haute. Une valeur de complexité de 3 peut être exceptionnellement attribuée à un herbier si ce dernier abrite des structures coralliennes augmentant la diversité de ses refuges (Figure 15).

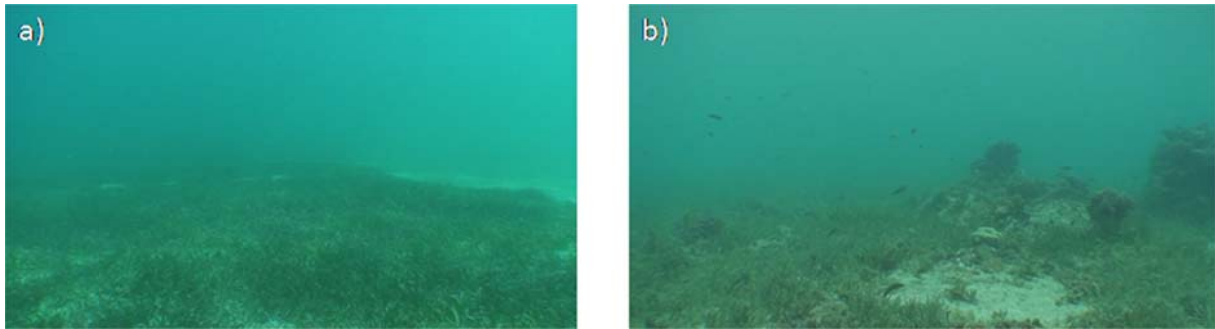


Figure 15 : Herbiers de complexité 2 (a) et 3 (b) (images AMBIO).

7.1.3. Recouvrement en substrat abiotique

Le substrat abiotique est décrit en pourcentage de recouvrement par rapport à la surface observée de l'ensemble du secteur. Il se compose de 6 catégories basées principalement sur la granulométrie (Figure 16):

- Substrat meuble (sable, vase) ;
- Débris de coraux et petits blocs (< 30 cm) ;
- Moyens blocs (entre 30 cm et 1m) ;
- Gros blocs et roches (> 1 m) ;
- Corail dur (mort ou vivant) ;
- Dalle.

La notion de roche fait ici référence à des structures géologiques d'origine non corallienne.

La dalle est une ancienne structure corallienne très érodée servant de substrat dur aux nouvelles colonies.

La catégorie « corail dur » comprend les colonies vivantes et les colonies mortes possédant toujours une forme caractéristique, et non détachées du substrat.

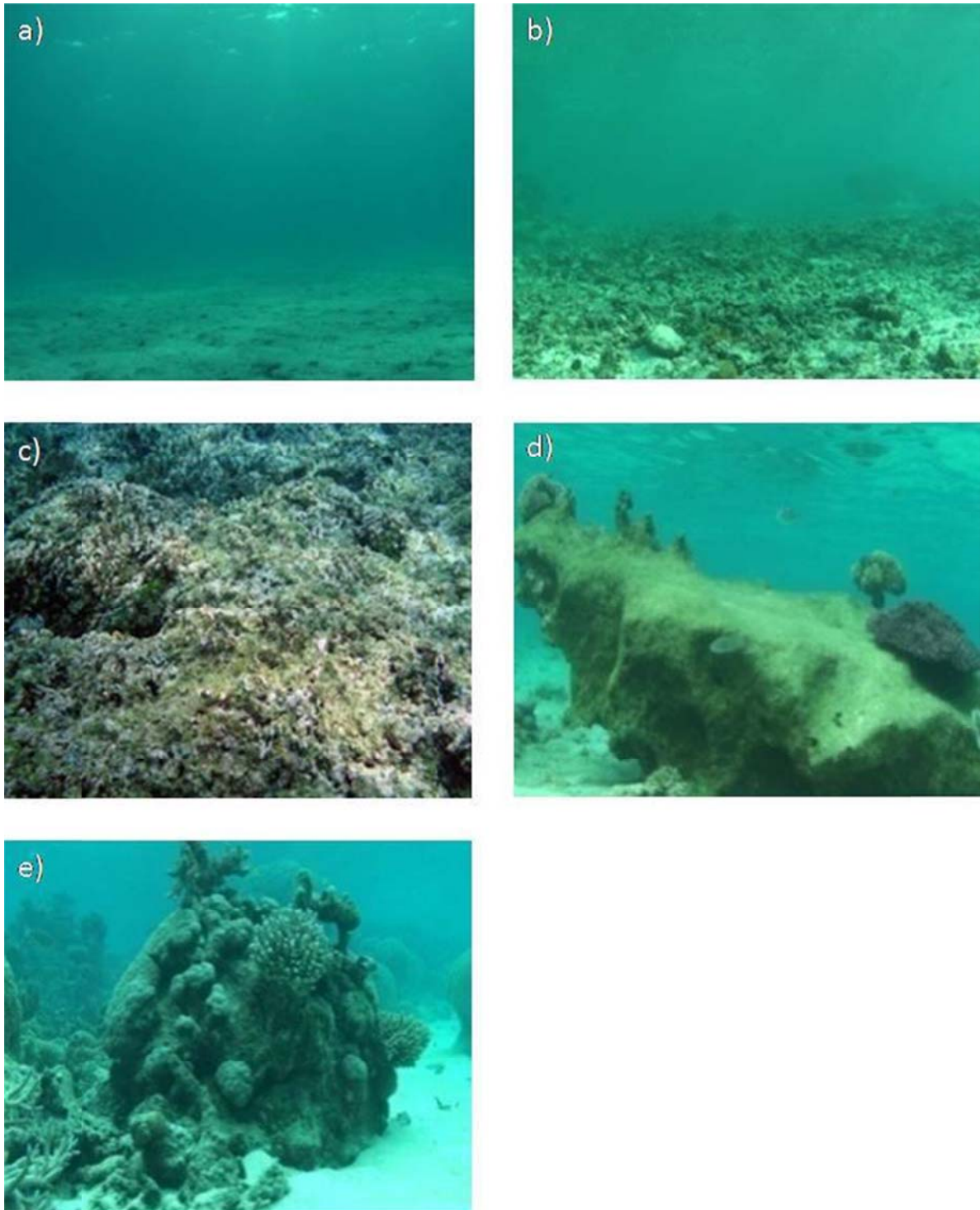


Figure 16 : Exemples de a) substrat sableux, b) débris, c) dalle, d) blocs, e) corail dur (images AMBIO).

7.1.4. Statut du corail dur

Le recouvrement total en corail dur est subdivisé en 3 classes (Figure 17):

- Corail vivant ;
- Corail blanchi (teinte blanche très prononcée);
- Corail mort et recouvert d'algues.

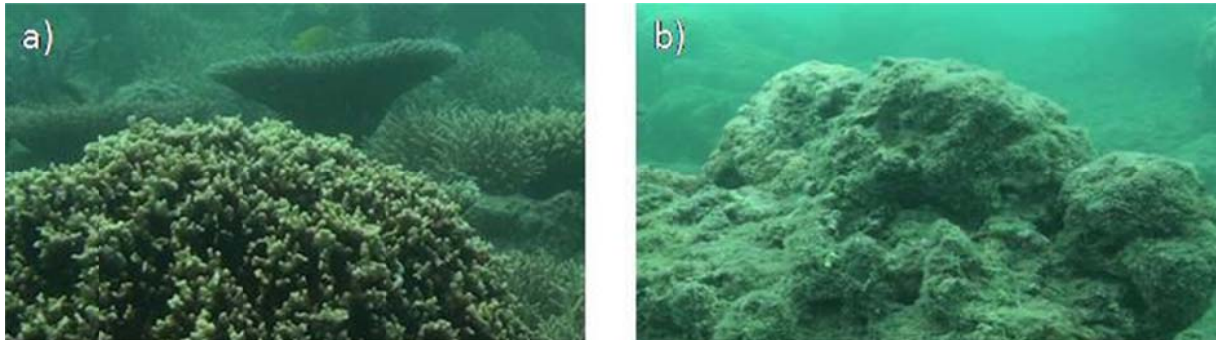


Figure 17 : a) Corail vivant, b) Corail mort et recouvert d'algues (images AMBIO).

En Nouvelle Calédonie un très faible nombre de zones de blanchissement a été observé parmi les stations STAVIRO analysées (collectées avant 2016). Sur un fond clair, les coraux blanchis peuvent être difficiles à repérer s'ils ne sont pas à proximité de la caméra. Sur un fond rocheux, plus sombre, les taches de blanchissement sont facilement identifiables (par ex., observations collectées à la Réunion en 2016).

7.1.5. Corail couvert de sédiment

Le pourcentage de corail dur recouvert par du sédiment est reporté, en pourcentage du corail dur total.

7.1.6. Formes du corail vivant

Le recouvrement total en corail vivant se divise en 6 classes correspondant aux formes coralliennes (Figure 18) :

- massif, submassif ou encroûtant ;
- digité (branches comportant uniquement une ramification primaire) ;
- branchu (branches comportant plusieurs niveaux de ramifications) ;
- foliaire ;
- tabulaire ;
- autres formes et formes non identifiées (les Coraux de feu ont été assignés à cette catégorie).



Figure 18. Exemples de formes coralliennes : a) massif, b) submassif, c) digité, d) branchu, e) tabulaire, f) foliaire, g) coraux de feu (images AMBIO).

7.1.7. Recouvrement en herbier

Pour chaque secteur, le pourcentage de recouvrement de la surface d'habitat visible sur le secteur (Figure 19) est reporté. Des informations complémentaires sont saisies pour l'herbier :

Le recouvrement en fonction de la hauteur de l'herbier, selon 2 catégories :

- Herbier court (< 20 cm);
- Herbier haut (> 20 cm).

Le recouvrement en fonction de la densité de l'herbier, selon 3 catégories :

- Herbier dense (sable non visible) ;
- Herbier clairsemé (< 25%) ;
- Autres densités (densités intermédiaires).

Le recouvrement éventuel de l'herbier par des algues épiphytes et/ou par du sédiment est renseigné selon 4 catégories :

- 0 (observation impossible) ;
- 1 (absence) ;
- 2 (faible recouvrement) ;
- 3 (fort recouvrement).



Figure 19. a) Herbier, b) Algueraie.

7.1.8. Recouvrement en algues

Pour chaque secteur, le pourcentage de recouvrement de la surface d'habitat visible sur le secteur (Figure 20 et Figure 19) est reporté, ainsi que le recouvrement en fonction de la hauteur de selon 3 catégories :

- algues hautes (>10cm) ;
- algues rases (turf) ;
- autres algues.



Figure 20. Fond lagunaire avec turf algal.

7.1.9. Espèces benthiques remarquables

Sur chaque secteur, le nombre d'individus observés de certaines espèces est relevé :

- Eponges ;
- Oursin diadème ;
- Oursin crayon ;
- Holothuries ;
- Crinoïdes ;
- Gorgones ;
- Acanthaster sp. ;
- Coraux solitaires ;
- Bénitiers ;
- Autres étoiles de mer.

Les coraux mous sont enregistrés en pourcentage de recouvrement.

Ces informations ne sont utilisées qu'à titre qualitatif (présence ou catégorie d'abondance) sur des habitats complexes.

7.2. Procédure d'analyse de l'habitat

L'habitat est analysé sur une seule rotation de 360°, divisée en 6 secteurs de 60°.

Pour chaque secteur et pour chacun des descripteurs, la valeur du recouvrement (ou la valeur du paramètre) dans un rayon de 5 m autour du système est renseignée *via* le masque de saisie (Annexe 14.6, p. 83).

7.2.1. Utilisation du masque de saisie

Le masque de saisie génère automatiquement un tableau (par station, par descripteurs de l'habitat) qui peut être exporté pour des analyses de données ou pour la création de cartes. Il calcule automatiquement la moyenne des valeurs sur les secteurs de la rotation. Cette valeur moyenne quantifie ce descripteur à l'échelle de la station⁴, et donc dans un rayon de 5 m autour du système. Pour les espèces benthiques, c'est la somme des effectifs qui est calculée et non la moyenne.

En cas de secteur pointant complètement vers le bleu, ou directement obstrué par un obstacle à la vision, la mention NA est reportée dans les colonnes correspondantes. Les moyennes ou sommes sont alors calculées sur les secteurs analysables (toujours au moins 4). Le nombre de secteurs analysés (si inférieur à 6), ainsi que les éventuels défauts de rotation constatés, sont reportés en commentaires.

⁴ sous l'hypothèse d'un habitat isotrope

L'heure de début et de fin d'analyse est saisie et une fois l'analyse de l'habitat terminée, la station est notée comme «analysée».

Une fois toutes les stations de la campagne analysées, les données d'habitat sont exportées dans un fichier au format texte, pour les analyses statistiques.

7.2.2. Durée de l'analyse d'image

Sur l'ensemble des données AMBIO, la durée de l'analyse d'une station pour l'habitat est en moyenne de 15 minutes.

8. Recommandations pour la qualification des données

8.1. Niveau d'identification et estimation de la taille/distance

- L'analyseur doit identifier au niveau taxonomique le plus précis possible et saisir le niveau taxonomique reconnu (p. 28). Pour aller plus loin dans l'identification, si l'individu est bien visible, les captures d'écran ou les extraits de vidéo sont montrés à un expert. A défaut, seul le genre ou la famille est saisi, une vérification des identifications possiblement à préciser par un expert doit être systématiquement réalisée.
- L'analyseur dispose d'un fichier d'images de silhouettes de poissons photographiés à différentes distances pour l'apprentissage des estimations de tailles.



L'analyse des images est réalisée en général par deux personnes, dont une qui saisit les données.

Les analyseurs disposent des guides d'identification et d'autres exemples de vidéo.



8.2. Procédure de double analyse

Dans la mesure du possible, 10% des stations sont analysées en double par un deuxième observateur formé, parfois un expert extérieur. Les résultats peuvent ainsi être comparés aux premières analyses. Les différences entre observateurs doivent être négligeables afin de valider l'analyse sur l'ensemble des stations.

La réalisation de doubles analyses permet de plus de quantifier les éventuelles différences entre observateurs, en termes d'identification, dénombrement, estimations de distance/taille. Un test réalisé sur une campagne dans le lagon de Mayotte a montré l'absence de différences entre deux observateurs (Roman & Pelletier 2016).

8.3. Validation des fichiers issus de l'analyse des séquences :

Une fois toutes les vidéos analysées, les données des fichiers sur l'ichtyofaune et l'habitat sont vérifiées et validées avant de débiter l'analyse des données.

Pour réaliser ces vérifications de manière automatique, des programmes (scripts sous le logiciel R) ont été développés. Ils permettent d'éliminer certaines erreurs de saisie courantes (Tableau 1).

Tableau 1. Vérifications appliquées systématiquement aux données issues des vidéos rotatives.

Ichtyofaune	Habitat
La somme des secteurs analysés, obstrués, ciel et sol doit être égale au nombre de secteurs nécessaires pour effectuer une rotation complète.	La somme des recouvrements en sable, débris, blocs, roche, dalle et corail dur doit être égale à 100%.
Si un nombre d'individu est renseigné, les champs « Famille », « Genre » et « Espèce » doivent être renseignés	La somme des champs « corail vivant », « corail mort » et « corail blanchi » doit être égale à 100.

9. Exemples d'application des techniques d'observations STAVIRO et MICADO

Les techniques STAVIRO et MICADO peuvent être utilisées pour une variété de questions de recherche comme d'évaluation de la biodiversité.

Nous présentons deux exemples d'applications, l'un avec la technique STAVIRO, l'autre avec la technique MICADO. Pour chaque application, nous exposons la méthodologie utilisée du protocole d'échantillonnage jusqu'à l'évaluation, en décrivant l'ensemble des outils à disposition à cet effet.

9.2. Exemple STAVIRO : L'évaluation d'une Aire Marine Protégée (AMP)

9.2.1. Contexte et questions

Dans ce contexte, il s'agit d'évaluer si les objectifs de conservation de la biodiversité et de gestion durable de la pêche sont atteints grâce à l'AMP. Une AMP s'inscrit sur un périmètre précis au sein d'un espace géographique dont les frontières peuvent être plus floues. L'efficacité de l'AMP à atteindre ces objectifs est évaluée au moyen de l'analyse d'indicateurs écologiques calculés à partir de données de suivis. Pour simplifier, ces analyses comparent en général la ou les zone(s) protégée(s) avec des zones non protégées. Très souvent, les données :

- ne couvrent pas l'ensemble de la zone, ni les habitats associés aux récifs coralliens
- sont insuffisamment répliquées pour mettre en évidence des différences significatives.

9.2.2. Intérêt du STAVIRO

Il permet de fournir des données (et donc des indicateurs) :

- non perturbées par la présence d'un observateur (cf. espèces pêchées)
- couvrant tous les habitats et sur l'ensemble de l'espace géographique
- traçables et vérifiables
- assez répliquées pour étudier des différences entre sous-zones, ou faire des focus localement au sein de l'espace en question et pour réaliser des tests statistiques (puissance statistique)
- permettant de construire des cartes d'indicateurs

- interprétables avec des grilles de lecture de par la standardisation de la technique et le nombre de données existantes.

9.2.3. Plan d'échantillonnage et exemple de campagne.

Il couvre l'ensemble de la zone, avec des stations dans chaque habitat de la zone AMP et à l'extérieur de cette dernière. Dans les espaces lagunaires, l'échantillonnage est de plus stratifié en fonction des unités géomorphologiques (types de récifs) (le plus souvent : Pente externe, Tombant interne, Récif intermédiaire, Récif frangeant)(Andréfouët & Torres-Pulliza 2004 ; Andréfouët et al. 2009). Le nombre de données est équilibré entre les zones protégées et non protégées.

L'exemple traité ici est celui de l'évaluation de l'Aire de Gestion Durable des Ressources (AGDR) de Pouébo, Province Nord, Nouvelle-Calédonie.

La collecte des données a été réalisée en 2012 sur une période de 4.5 jours (30h en mer, Figure 21a), pour un total de 114 stations STAVIRO (et 4 MICADOS) dont 86 validées.

9.2.4. Espèces et habitats observés.

L'analyse des images a détecté 131 espèces de poissons et tortues, appartenant à 47 genres et 18 familles. Le recouvrement en corail vivant était en moyenne de 18%. Une typologie de l'habitat des stations a été réalisée. **Depuis 2015, une typologie unique a été établie à partir de l'ensemble des données STAVIRO de la Nouvelle-Calédonie.**

9.2.5. Analyse des indicateurs

Ils sont calculés, représentés et analysés à l'aide de l'outil PAMPA (§ 14.7, p.84). Dans l'exemple de Pouébo, une seule année de données est disponible, le diagnostic est effectué grâce à des comparaisons spatiales (Tableau 2).

Tableau 2. Evaluation de l'effet des AMP dans la zone de Pouébo.

La zone comprend 1 AGDR et 2 réserves dont une sur le récif barrière et une sur le récif intermédiaire. Pour chaque métrique, nous avons testé les différences :

- entre Réserve, AGDR et Hors Réserve : en croisant le facteur statut de protection et le facteur habitat qui structure fortement la répartition des espèces et de leur abondance.
- en tenant de plus compte de l'unité géomorphologique, ce qui permet de distinguer l'état au niveau de l'AGDR (frangeant), de la Réserve de Pewhane (intermédiaire) et des 2 réserves (Whan-Denece Pourape et Whanga Lédane) situées sur le récif barrière.

Sur l'ensemble des données, le peuplement apparaît plus diversifié sur l'habitat Corail vivant, mais des stations diversifiées sont aussi observées sur **des formations coralliennes isolées dans l'habitat Fond lagunaire.**

Sur le récif barrière, les différences entre réserve et hors réserve ne sont pas marquées. Par contre, sur les récifs intermédiaires, plus proches de la côte, le peuplement est significativement plus diversifié dans la réserve qu'en dehors (§ 14.8, p. 86).

Des différences significatives entre zones protégées et non protégées sont mises en évidence pour un certain nombre d'indicateurs, en général seulement dans certains habitats. Pour d'autres indicateurs, les différences sont visibles sur les graphiques, mais non statistiquement significatives (Figure 21d); elles constituent des signaux qui pourront le cas échéant être confirmés dans une future campagne. Fréquemment, la situation diffère entre la réserve Pewhane (Récifs intermédiaires) et les réserves Whan-Denece Pourape et Whanga Lédane (Récif barrière).

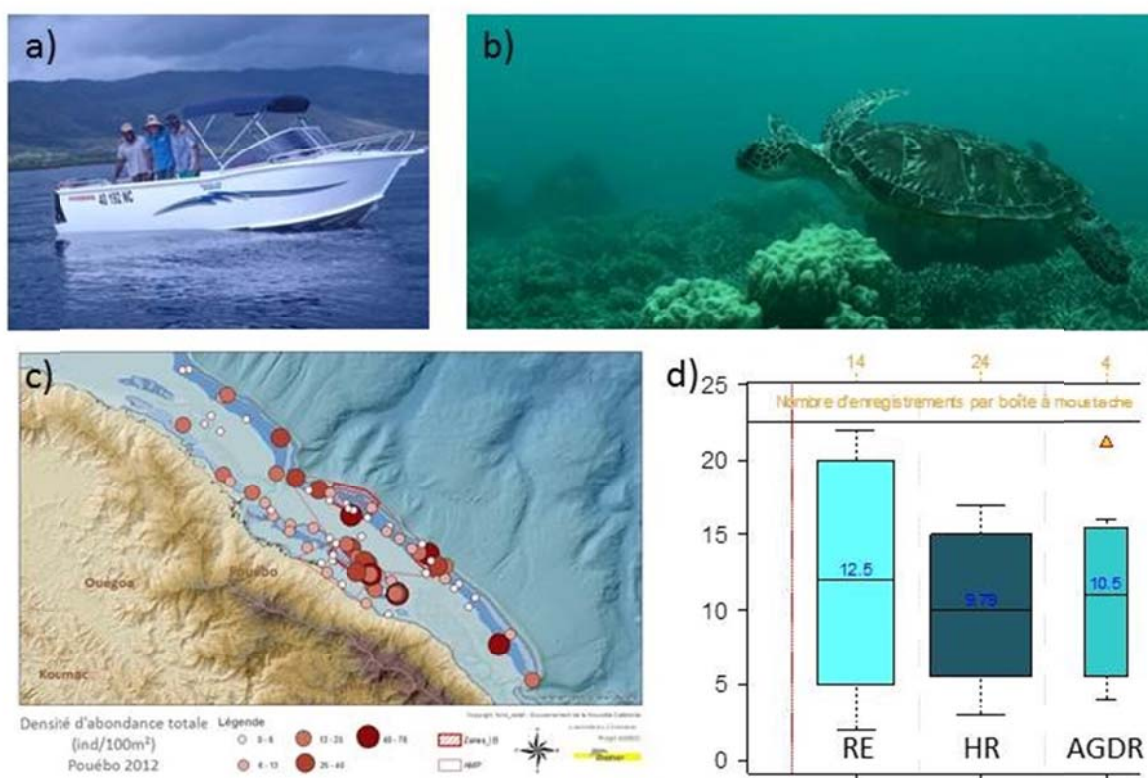


Figure 21. Campagne Pouébo 2012 : a) le bateau de pêcheur utilisé, b) tortue verte (*Chelonia mydas*), c) carte de la densité d'abondance, d) graphique PAMPA de la richesse spécifique par statut de protection sur l'habitat Corail vivant.

9.2.6. Produits de l'évaluation

- Tableaux de bord. Les indicateurs sont regroupés en tableau de bord par objectif en fonction de la pertinence des indicateurs (§ 14.7, p. 84).
- Cartes. Des cartes sont élaborées pour les recouvrements biotiques et les métriques de biodiversité (Figure 21c). Cartes et couches sont accessibles via un serveur cartographique Sextant (sextant.ifremer.fr).
- Bancarisation. Les données de biodiversité sont en cours de bancarisation sur la base de données nationale de l'Ifremer : Quadrigé, via la BD Récifs.

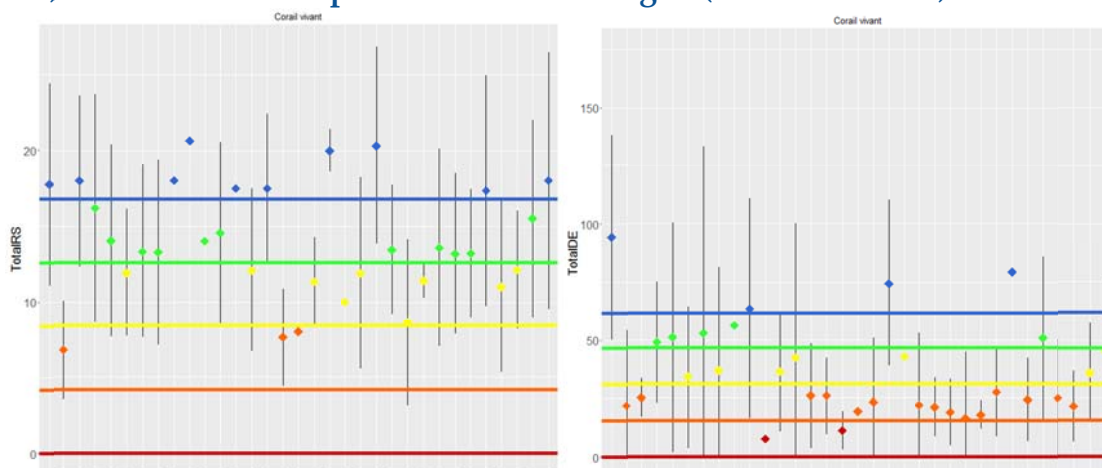
9.2.7. Grilles de lecture des indicateurs

La grille de lecture d'un indicateur définit les règles d'interprétation des résultats de l'analyse quantitative des indicateurs. Elles permettent de résumer des résultats complexes en un diagnostic synthétique et plus simple.

Le grand nombre de stations réalisées (plus de 3000 Nouvelle-Calédonie) et sur une grande diversité de sites et de contextes rend possible la construction de grilles de lecture basées sur les données. En effet, l'interprétation à dire d'expert peut varier d'un expert à l'autre et donc être remise en question.

L'élaboration de grilles de lecture pour les indicateurs issus des vidéos rotatives est un travail en cours au sein du projet AMBIO (Figure 22).

Figure 22. Exemple de grille de lecture basée sur les données vidéo : droite : densité d'abondance totale ; gauche : richesse spécifique (sur habitat Corail vivant). L'axe des x correspond aux zones du lagon (travail en cours).



9.3. Exemple MICADO : un suivi temporel de l'abondance des poissons

9.3.1. Contexte et question

L'exemple présenté est celui des agrégations saisonnières des poissons reproducteurs dans les passes du lagon. De nombreuses espèces de poissons se regroupent en effet au moment du frai, agrégations qui sont indispensables au succès de la reproduction et au maintien des populations. Ces regroupements sont prévisibles dans le temps et dans l'espace, ce qui rend les poissons particulièrement vulnérables à la pêche et occasionne des mortalités très élevées si les ressources ne font pas l'objet d'une gestion ciblée. En Nouvelle-Calédonie, la majorité des espèces se regroupent à proximité des passes entre le lagon et l'océan. Pour protéger ces rassemblements, il peut être envisagé de mettre en place des fermetures périodiques à la pêche. Pour cela, il est nécessaire de connaître la saisonnalité de ces rassemblements.

9.3.2. Intérêt du MICADO

Définir la saisonnalité et identifier les espèces concernées suppose un suivi temporel à différentes échelles (de la journée à la saison). Etudier ces phénomènes sur site est très coûteux voire impossible. Disposer de moyens d'observation automatisés permet une continuité de l'observation. Les systèmes MICADO sont donc adaptés à ce type de question.

9.3.3. Plan d'échantillonnage

Sur la base d'une étude antérieure et d'une mission préparatoire, le plan d'échantillonnage prévoit 4 stations fixées sur le fond : Une station est placée sur la pente externe, une sur la pente interne, et deux à l'intérieur de la passe, les supports sont laissés sur place (Figure 23a). Chaque station est échantillonnée chaque mois durant la période de pleine lune, à raison de 12 séquences par jour pendant 5 jours. L'étude a duré 12 mois, entre mi-2014 et mi-2015.

9.3.4. Résultats préliminaires

Les résultats préliminaires de l'étude indiquent que l'abondance totale (toutes espèces confondues) augmente nettement pendant les mois de décembre et d'avril. Des signes d'agrégation de loches reproductrices sont visibles en novembre et décembre (Figure 23b et d), ainsi que de fortes densités de lutjans et fusiliers dans la passe autour de cette période. L'analyse des données (en cours) fournira :

- la distribution saisonnière par espèce en fonction des stations ;
- les activités naturelles de chaque espèce en lien avec la reproduction.

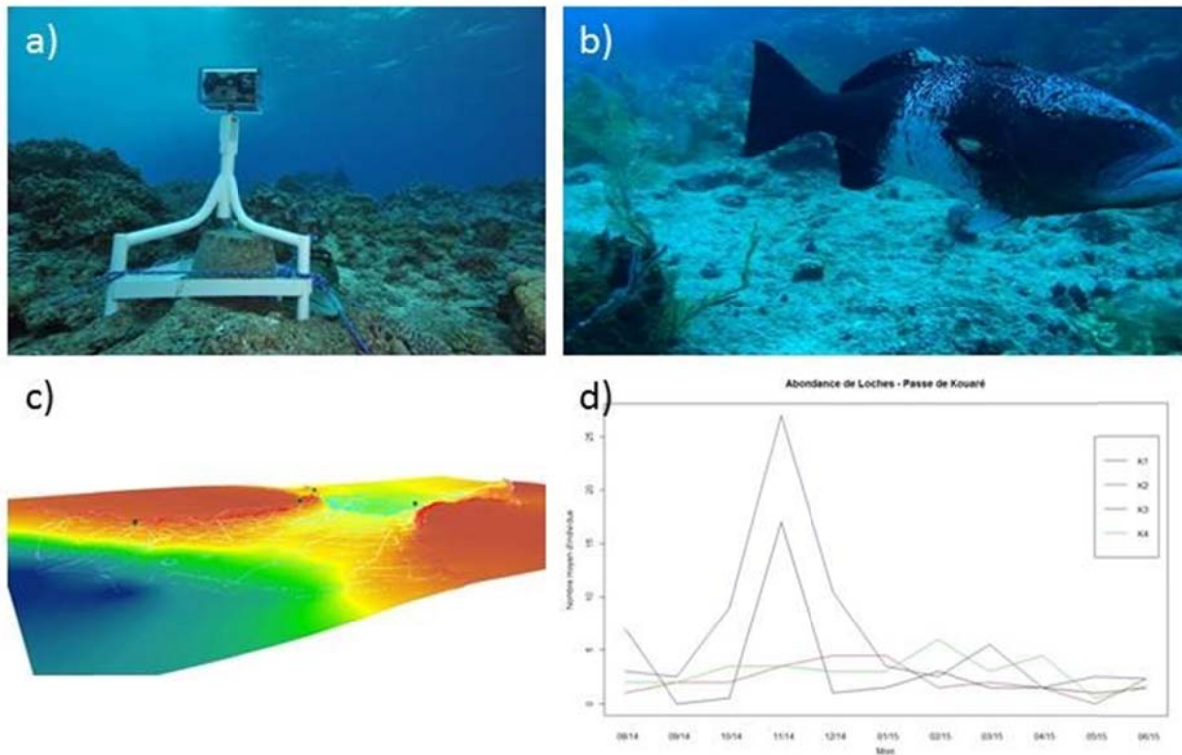


Figure 23 : Suivi temporel de la passe de Kouaré: a) MICADO, b) *Plectropomus laevis* en livrée de reproduction, c) Bathymétrie de la passe et localisation des stations, d) Distribution annuelle de l'abondance des loches par station (comptages UVC).

10. Intérêt pour la communication et la sensibilisation

La vidéo sous-marine est extrêmement utile pour appuyer un message scientifique et en faciliter la compréhension et pour la connaissance du grand public. **Elle garantit également la traçabilité complète des données, la possibilité de vérification ou d'autres analyses.**

Les images des STAVIRO et des MICADO diffèrent des images habituellement produites par des plongeurs caméraman, souvent avec des éclairages artificiels. D'un avis général, la macrofaune se comporte en effet de manière beaucoup plus sereine qu'en présence de plongeurs.

La procédure d'analyse des images inclut le relevé systématique des images remarquables, avec leur time code, de manière à pouvoir facilement les répertorier (§ 6.4, p.31).

Il est ensuite plus aisé de retrouver les images permettant de réaliser soit des captures d'écran, soit des clips ou des films. Ces images ont été largement utilisées et de différentes manières depuis 2007 et au cours du projet AMBIO :

- montages pédagogiques expliquant les techniques STAVIRO et MICADO (https://www.youtube.com/watch?v=C_uzdRguTgs)
- montages décrivant certaines des campagnes réalisées (Bourail, Hienghene, Chesterfield-Bellona) (<https://www.youtube.com/watch?v=738wDMM4ndY>; <https://www.youtube.com/watch?v=QJSYBzvQ2Ec>)
- montages mémoires (mémos) résumant l'état de la biodiversité et des ressources sur une zone particulière (Pouebo, Hienghene, mais aussi en Méditerranée dans le Parc Marin de la Côte Bleue)
- clips et montages présentés dans des conférences scientifiques ou de vulgarisation (Fête de la science), interventions en milieu scolaire, ou festivals locaux et hors territoire
- films destinés aux collectivités, par ex. pour le Parc Naturel de la Mer de Corail (<https://www.youtube.com/watch?v=hVLbb-GhxYo>)

Les montages sont remis aux comités de gestion et aux services techniques des collectivités. Ils présentent une valeur éducative (prise de conscience de ce qu'est la biodiversité en face de chez soi) et de mémoire (possibilité de comparer les images d'hier avec celles du prochain suivi sur la même zone aux mêmes stations).

11. Questions fréquemment posées

11.1. Pourquoi avoir choisi la vidéo ?

Une part importante du projet AMBIO, en temps comme en budget, a consisté à poursuivre et consolider les méthodologies STAVIRO et MICADO, deux techniques inventées en 2007 et 2008, entre autres grâce à un financement ZONECO (Pelletier & Leleu 2008). La mise au point de ces techniques résultait d'une étude où plusieurs méthodes avaient été comparées : vidéo fixe, vidéo rotative, vidéo tractée, transects vidéos et transects UVC (Figure 24, et voir Encadré page suivante).

Figure 24. Techniques testées dans l'étude de Pelletier et Leleu (2008) : vidéo tractée (haut gauche), transects vidéos (haut droit), STAVIRO (bas gauche) et transects UVC (bas droit).



Pourquoi choisir.....

■ la vidéo ?

- pour que les données brutes ne dépendent pas de l'observateur
- pour que l'information de base soit traçable et ré-analysable
- pour pouvoir montrer la donnée et la pérenniser

■ la vidéo non tractée

- il est difficile d'identifier des objets mobiles à partir d'un système mobile
- difficile aussi de définir des surfaces d'observation

■ la vidéo autonome ?

- pour multiplier facilement les observations, soit dans l'espace (pour couvrir des grandes zones et/ou répliquer les stations (STAVIRO), soit dans la durée (MICADO)
- ne pas perturber l'observation par une présence humaine sous l'eau
- pouvoir faire les suivis sans avoir à former de plongeurs experts
- la plongée est coûteuse et contraignante au plan de la législation du travail

■ de ne pas appâter ?

- pour ne pas attirer les animaux, ce qui empêche de connaître la surface d'observation et de calculer des abondances locales
- des essais réalisés en 2006 (Langlois et al. 2006) avaient donné des résultats décevants au regard des objectifs d'un suivi des peuplements de poisson
- la durée d'une station est bien plus courte (12min au lieu de 50), ce qui permet de multiplier les stations

■ la vidéo panoramique ?

- parce que les animaux se déplacent
- pour avoir une observation représentative de l'habitat et de l'ichtyofaune environnant la station
- pour pouvoir calculer des densités d'abondance ou de richesse spécifique autour de la station

■ la vidéo rotative ?

- parce qu'une caméra à 360° déforme le champ de vision et ne permet pas de bien identifier et compter les animaux (Condal et al. 2012)
- parce que multiplexer plusieurs caméras (solution envisagée en 2012), conduit à un système encombrant et moins portable, multiplie le coût des systèmes et complexifie l'analyse des images
- parce que le STAVIRO fonctionne très bien et qu'aucun problème n'a été à déplorer avec les moteurs

11.2. La vidéo rotative présente-t-elle un risque de double comptage ? Quelles sont les incertitudes sur les comptages ?

- Du fait du mouvement des poissons, il existe un risque de double comptage lors de l'analyse des vidéos rotatives. Ce risque est cependant minimisé lors de l'analyse en prenant en considération le sens de déplacement des poissons et la taille des bancs. Afin d'éviter toute surestimation des abondances, un poisson supposé déjà vu n'est jamais recompté. Ce risque existe avec toutes les techniques d'observations basées sur les comptages d'objets mobiles.
- Pour éviter les incertitudes de dénombrement liées à la distance, les densités sont systématiquement calculées dans un rayon de 5 m autour du système, même si des poissons sont observés au-delà.
- Il est toujours possible qu'un poisson soit masqué par un relief du fond. Grâce aux trois rotations, la vidéo permet de repasser trois fois au même endroit pour minimiser cette possibilité (voir § 11.6).
- La liste d'espèces exclut toutes les espèces cryptiques.
- La possibilité de retour en arrière, de zoom, de ralenti est un grand avantage de la vidéo.
- L'analyse des images est réalisée en général par deux personnes, dont une qui saisit les données.
- Comme pour toutes les techniques visuelles, il est probable que certains poissons échappent à l'œil de la caméra ou à l'œil humain.

11.3. L'analyse des vidéos rotatives est-elle sujette à un effet observateur (différence dans les résultats selon l'analyseur) ?

Dans le cas de la vidéo, il convient de distinguer l'identification et le dénombrement. L'identification de l'ichtyofaune sur les vidéos est effectuée de manière précautionneuse. Ainsi un poisson dont l'espèce n'est pas identifiée avec certitude sera identifié au genre voire à la famille. Les identifications qui présentent un doute sont de plus systématiquement vérifiées par un expert. La procédure à suivre pour les dénombrements minimise le double comptage qui pourrait occasionner des différences entre observateurs. De plus, quelques règles simples sont appliquées:

- ne pas analyser les vidéos d'une visibilité médiocre et s'arrêter aux 5 mètres ;
- ne pas hésiter à déclarer un secteur non analysable ;
- consulter régulièrement les images de référence pour la taille et la distance.

En général, 10% des vidéos sont analysées en double pour chaque campagne afin de déceler un éventuel effet observateur. Cette ré-analyse n'est pas possible pour les techniques d'observation autres que la vidéo. Les données vidéo sont donc particulièrement traçables de ce point de vue.

11.4. Quelle est la fiabilité de l'estimation de la taille des poissons et de leur distance à la caméra ?

- La personne en charge de l'analyse des vidéos dispose d'un ensemble de photographies de référence de poissons sombres ou clairs, de différentes tailles connues à différentes distances connues. L'œil de l'observateur est ainsi « calibré » en permanence pendant les analyses.
- Bien qu'il soit possible de définir des classes de taille plus précises, la procédure d'analyse s'en tient à trois classes Petit, Moyen, Gros, afin de minimiser les erreurs d'affectation à une classe de taille.
- Le recours à la stéréo-vidéo permet de remplacer cette estimation visuelle par une longueur calculée par le logiciel (par ex. EventMeasure).
- La stéréo-vidéo a un coût important, en terme de matériel (deux caméras par système, logiciels de calibration et d'analyse, fichiers en double, et temps d'analyse accru par rapport à la vidéo mono, et ce malgré la remarquable ergonomie des logiciels existants. Il est donc important de s'assurer que ces investissements apportent une réelle valeur ajoutée en fonction des questions d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes. Nous terminerons fin 2016 une étude qui compare des indicateurs écologiques obtenus avec les STAVIRO, en mono et en stéréo.

11.5. Les observations des vidéos rotatives et des comptages UVC (Underwater Visual Census) sont-elles similaires ?

Au niveau de l'unité d'observation, une comparaison réalisée sur le site de Ouano a permis de comparer point à point les deux techniques sur 26 stations réalisées le long du tombant récifal. Pour des raisons logistiques, les STAVIRO ont toujours été réalisées 1h après les UVC. Les principaux résultats sont les suivants :

- la richesse spécifique et la densité des espèces de grande taille (espèces dont la taille maximum connue est supérieure à 30 cm) ne diffèrent pas significativement entre les techniques,
- la diversité et la densité des espèces de petite taille (espèces dont la taille maximum connue est inférieure à 30 cm) sont plus élevées avec les UVC;
- la densité des espèces pêchées est plus élevée avec les STAVIRO
- en conséquence, les communautés de poissons observées par UVC et STAVIRO diffèrent significativement.

Référence : Mallet, D., L. Wantiez, S. Lemouellic, L. Vigliola, D. Pelletier. 2013. Complementarity of rotating video and underwater visual census for assessing reef fish assemblages of coral reef slopes. *PLoS ONE* 9(1): e84344. DOI: 10.1371/journal.pone.0084344.

Au niveau de la zone d'étude, les auteurs recommandent d'utiliser les deux techniques en complémentarité afin d'échantillonner une vaste zone en un court laps de temps. Les UVC pourraient évaluer les poissons récifaux des habitats complexes ou au niveau des zones très peu profondes comme le platier récifal ; alors que les STAVIRO permettraient la réalisation d'un grand nombre de stations axées sur les grandes espèces et/ou fuyant le plongeur, en particulier dans les zones non couvertes par les UVC (contraintes de temps et de profondeur).

En conclusion, les observations des deux techniques apparaissent parfaitement complémentaires. Un protocole utilisant les deux techniques sur une zone donnée permettrait d'augmenter considérablement la couverture spatiale et le niveau de réplification des études de suivi des poissons récifaux.

Durée et surface d'observation.

Les différences quantitatives entre les densités observées par les deux techniques s'expliquent aussi par :

- une durée d'observation qui diffère largement entre les deux techniques, avec 9 minutes d'observation (moyenné sur 3 minutes pour les densités d'abondance) pour la vidéo rotative contre environ 30 à 45 minutes pour un comptage suivant

un transect. C'est la brièveté des STAVIRO qui permet la réalisation d'un grand nombre de stations au cours d'une journée.

- une surface d'observation différente, avec une vision panoramique sur environ 78m² autour de la vidéo rotative, et une surface de transect de 250 m² (50mx5m) pour la majorité des comptages UVC (avec parfois des surfaces plus grandes pour les transects à distance variable utilisés dans certains suivis en Nouvelle-Calédonie).

11.6. Maximum ou moyenne par rotation, quelle est la statistique utilisée pour les métriques de densités ?

- Une abondance moyenne est en général calculée sur les 3 rotations. Cette statistique est plus robuste que le maximum des 3 rotations qui peut être vu comme le MaxN utilisé en vidéo appâtée. La moyenne par rotation est notamment plus robuste aux incertitudes de comptage, et sur laquelle des mesures de précision sont calculables. Le maximum pourrait toutefois être utilisé.
- A partir d'une étude sur la vidéo appâtée, Schobernd et al. (2014) ont montré qu'une moyenne de plusieurs dénombrements était proportionnelle à l'abondance réelle tandis que le MaxN était lié de manière non-linéaire à cette abondance réelle, générant ainsi des biais aux abondances faibles et élevées.

12. Moyens et compétences requis

12.2. Compétences requises à chaque étape

La mise en œuvre de la technique présente l'avantage de pouvoir s'appuyer sur différentes personnes et compétences à chaque étape.

Etape	Compétences requises
Plan d'échantillonnage	Voir analyse des données
Terrain	Les campagnes du projet AMBIO ont été réalisées avec l'aide de nombreuses personnes, scientifiques, services techniques, prestataires, pêcheurs et membres des comités de gestion ou autres associations locales Le rôle du pilote est central dans l'efficacité de la collecte des données
Analyse des images	Cette étape requiert une formation spécifique en s'aidant des outils développés à cet effet (masque de saisie, images de référence, ...) Il est nécessaire à minima de savoir identifier les poissons au niveau de la famille. Il est possible de s'appuyer sur des experts pour affiner certaines identifications. Pour des plongeurs habitués des suivis, l'analyse des images ne pose pas de problème Etape réalisable par un technicien formé
Analyse des données et évaluation	Cette étape requiert un niveau ingénieur, similaire à celui requis pour l'analyse de données de suivis. Des outils ont été développés pour faciliter la mise en forme, la gestion et l'analyse des données

En Nouvelle-Calédonie, trois prestataires sont formées à l'ensemble de la méthodologie. Le projet AMBIO et celui qui l'a précédé ont permis de former une quinzaine de personnes sur le territoire, mais aussi en Méditerranée, à la Réunion et à Mayotte.

12.3. Coût d'une campagne-type

Pour la réalisation d'une campagne type de 5 jours avec deux bateaux (100 stations).

Poste	Coût / Durée
Préparation mission	
<i>Personnel :</i> Ingénieur (préparation du plan d'échantillonnage et du matériel) Technicien (préparation du matériel)	2 jours.pers. (Ingénieur) 3 jours.pers. (Technicien)
Terrain	
<i>Matériel :</i> 4 STAVIRO et petit matériel	
<i>Equipement :</i> 2 bateaux (5.3.1) + carburant	5 jours X 2 bateaux
<i>Personnel par bateau :</i> 1 pilote, 2 techniciens dont 1 formé	30 jours.pers pour deux bateaux
En cas de mise en œuvre des MICADO	
<i>Matériel :</i> 2 systèmes MICADO	
<i>Equipement :</i> Bateau, carburant et matériel de plongée	
<i>Personnel :</i> pour 4 stations MICADO : 1 pilote, 2 plongeurs + 1 sécurité surface	8 jours.pers (4 fois 0.5 jour par personne)
Rangement post-mission, gestion des images et des données	
<i>Matériel :</i> Disques durs externes, 1 PC	2 DDE de 1To pour duplication des données (1 station=2 Go)
<i>Personnel :</i> Technicien	2 jours.pers
Analyse des images	
<i>Matériel :</i> DDE, 1 PC, 1 écran d'au moins 22 pouces, 1 écran annexe pour saisie	
Expert identification, et éventuellement assistant saisie	5-6 stations par jour (liste IEHE) 4-5 stations par jour (liste complète) 20 jours pour 100 stations IEHE
Analyse des données et rédaction du rapport	
<i>Matériel :</i> 1 PC équipé d'un SIG, Outil de calcul PAMPA, ou autre logiciel d'analyse	
<i>Personnel :</i> Ingénieur	30 à 40 jours.pers
Total temps personnel	52 jours ingénieur, 35 jours technicien (STAVIRO seulement)
Temps moyen par station	5h30

13. Bibliographie

- Andréfouët, S. (2008). Définition des points de suivi du récif corallien de Nouvelle-Calédonie inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO (avec mise à jour pour Ouvéa). Conventions Sciences de la Mer, Biologie Marine. Nouméa, IRD. 29: 55 p. + annexes.
- Andréfouët, S., Cabioch, G., Flamand, B. et al (2009). A reappraisal of the diversity of geomorphological and genetic processes of New Caledonian coral reefs: a synthesis from optical remote sensing, coring and acoustic multibeam observations. . Coral Reefs 28: 691. doi:10.1007/s00338-009-0503-y
- Andréfouët, S. & D. Torrez-Pulliza (2004). Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie,, IFRECOR Nouvelle-Calédonie: 26 p. + 22 planches.
- Bohnsack J.A. & S.P. Bannerot. (1986). A Stationary Visual Census Technique for Quantitatively Assessing Community Structure of Coral Reef Fishes. NOAA Technical Report NMFS 41: 1–15.
- Clua, E., Legendre, P., Vigliola, L., Magron, F., Kulbicki, M., Sarramegna, S., Labrosse, P., Galzin, R. (2006). Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. Journal of Experimental Biology and Ecology 333: 219-230.
- Condal, F., J. Aguzzi, F. Sarda, M. Nogueras, J. Cadena, C. Costa, J. Del Rio, A. Manuel (2012). Seasonal rhythm in a Mediterranean coastal fish community as monitored by a cabled observatory. Marine Biology 159, 2809-2817.
- Langlois, T.J., P. Chabanet, D. Pelletier, & E. Harvey. 2006. Baited underwater video for assessing reef fish populations in marine reserves. Secretariat of The South Pacific Community Fisheries Newsletter 118, 53-56
- Mallet D, Wantiez L, Lemouellic S, Vigliola L, Pelletier D (2014) Complementarity of Rotating Video and Underwater Visual Census for Assessing Species Richness, Frequency and Density of Reef Fish on Coral Reef Slopes. PLoS ONE 9(1): e84344. doi:10.1371/journal.pone.0084344.
- Pelletier, D., C. Bissery & C. Gonson (2014). Guide d'utilisation des outils du projet PAMPA (Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usAges). Version 2. Rapport IFRECOR dans le cadre de la Convention n° AAMP/12/089 - IFREMER 12/2 212 911/F, IFREMER: 96 p. <https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00256/36715/35329.pdf>.
- Pelletier, D., E. Gamp, Y. Reeht & C. Bissery (2011a). Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usAges (PAMPA). Rapport scientifique final du projet PAMPA: 58 p.
- Pelletier, D., D. Mallet & Y. Reeht (2011b). Fiches de rendu par métrique : Métriques calculées à partir de stations vidéos rotatives (STAVIRO). PAMPA/NC/WP2/1. 49 p.

- Pelletier, D., K. Leleu, D. Mallet, G. Hervé, G. Mou Tham, M. Boureau and N. Guilpart (2012). High-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats. PLoS ONE 7(2): e30536.
- Schobernd, Z.H., N.M. Bacheler, & P.B. Conn. 2014. Examining the utility of alternative video monitoring metrics for indexing reef fish abundance. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 71, 464-471.
- Wantiez, L. (2010). Plan de suivi opérationnel de l'ensemble du Bien récifal et lagonaire de Nouvelle-Calédonie inscrit au patrimoine mondial. Nouméa, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, Aquarium des Lagons, Université de la Nouvelle-Calédonie: 63 p.

14. Annexes

14.1. Annexe 1. Feuille de terrain

Date et heure: _____ Equipage: _____

Bateau: _____ Pilote: _____

SITE :		Système :		Système :	
GPS utilisé :		Caméra :		Caméra :	
		Moteur :		Moteur :	

N°Point	Heure	Système	GPS	latitude	longitude	profondeur	météo	commentaire

Commentaire :

Description des champs en Annexe 3 : Format de saisie du fichier Infostation

14.2. Annexe 2. Check-list de fermeture des caissons

- Nettoyer les hublots (intérieur et extérieur) et l'objectif des caméras avec des lingettes optiques (sans peluche)
- Connecter une batterie chargée à la caméra.
- Allumer la caméra.
- Vérifier que la mémoire de la caméra est vide.
- Vérifier que la caméra est bien en mode HD-FH 25P.
- Vérifier que le focus est en mode manuel et que la molette de réglage est désactivée ; Régler le focus sur l'infini. Vérifier que l'écran de visionnage est orienté face extérieure.
- Vérifier que le système d'allumage est opérationnel, en éteignant puis rallumant la caméra avec l'aimant, le câble vidéo-système (ILS) ou la télécommande.
- Activer le silicagel par exemple en les chauffant au micro-onde. Laisser refroidir 5 minutes. Placer les grains dedans un filtre à café et agraffer pour ne pas en perdre, puis les insérer dans le caisson.
- Vérifier que la caméra est centrée sur sa tige métallique et bien fixée.
- Vérifier que les joints sont propres (ni cheveux, ni poussières).
- Vérifier la propreté de l'objectif de la caméra.
- Insérer la caméra dans le caisson de manière à ce que l'axe de la caméra soit dans l'alignement de l'axe du caisson.
- Fermer le couvercle du caisson en faisant passer l'un après l'autre les deux joints. Appuyer uniformément.
- Vérifier que les deux joints ne sont pas sortis de leurs gorges et sont en contact continu avec la paroi du caisson.
- Fermer le système à l'aide d'une rondelle et d'un écrou : Serrer uniformément sans forcer.
- Serrer les serflex supérieurs et inférieurs et vérifier que la caméra est toujours bien centrée.
- Bien protéger la caméra puis placer le caisson dans une valise de transport résistante.
- Pour le caisson moteur. Brancher le moteur sur la batterie chargée.
- S'assurer de la propreté du joint d'étanchéité.
- Fermer le caisson et le placer dans une valise de transport.

14.3. Annexe 3 : Format de saisie du fichier Infostation

Libellé	Définition	Nature	Format
Codestation	Nom unique désignant une seule station dans le temps et l'espace	Texte + chiffre (alphanumérique)	Longueur = 8 (codesite+2 derniers chiffres de l'année+codepoint) (codesite=2 lettres en majuscule correspondant au site d'étude)
Zone	Site de la campagne	Texte	codesite
Type	Type de station	Texte	SVR (Staviro) ou MIC (Micado)
Latitude	Coordonnée géographique en degrés décimaux, relevé au GPS	Réel	Degrés décimaux en WGS 84, avec 5 chiffres après le point (attention : utiliser le point et non la virgule)
Longitude	Coordonnée géographique en degrés décimaux, relevé au GPS	Réel	Degrés décimaux en WGS 84, avec 5 chiffres après le point (attention : utiliser le point et non la virgule)
Date	Date de réalisation de l'observation	Entier	jj/mm/aaaa
Heure	Heure de réalisation de l'observation	Entier	hh :mm :ss
Nom du point	Nom d'identification de la station sur l'ardoise	Texte	Longueur max de 4 chiffres et/ou lettres
Nom du point GPS	Nom d'identification de la station sur le GPS	Texte	Longueur max de 4 chiffres et/ou lettres
Codestatut	Statut de protection où se trouve la station	Texte	RE : zone de non-prélèvement, PP : protection, partielle, HR : pas de protection particulière, Etc. AGDR (4 char max)
Codestatut2	Statut Patrimoine mondial ou autre statut d'intérêt local	Texte	libre

Nom du fichier	Nom du fichier vidéo correspondant à l'unité d'observation	Texte	aaaammjjhhmmss_coderegion_codestation.m2ts
Commentaires terrain pose	Commentaire relevé sur le terrain et concernant la pose de la station	Texte	libre (ex. facile, difficile, de travers, le bateau repasse...)
Commentaires terrain localisation	Commentaire relevé sur le terrain et concernant la localisation de la station	Texte	libre (ex. distance à une patate ou un tombant)
Commentaires vidéo	Commentaire au dérushage rapide sur la séquence	Texte	libre (ex. sur la visi, instabilité éventuelle, secteurs obstrues, etc...)
Images intéressantes	Commentaire	Texte	libre (ex. paysage, biodiversité, ici libre car au dérushage, mais sur fichier analyse, il faut une feuille à part où on a codifié en catégories pour que ce soit facile à retrouver)
Milieu/Habitat	Détermination grossière de l'habitat	Texte	Herbier/Algueraie /Fond lagonaire/Corail vivant/Détritique
Type de récif	Détermination grossière du type de récif	Texte	frangeant, intermédiaire, barrière interne, pente externe, passe, fond lagonaire, etc...
Site	Détermination du site local, toponymie	Texte	libre
Suivi	Cette station fait elle l'objet d'un suivi, et si oui de quel type	Texte	libre (identifier technique+objectif: ex. UVC PM, UVC RORC, UVC participatif etc...)
Profondeur	Profondeur à laquelle se trouve l'unité d'observation	Entier	En mètres (un chiffre après la virgule)

Visibilité	Visibilité estimée sur la vidéo	Entier	En mètre
Nom GPS	Nom du GPS utilisé en mer	Texte	texte (marque ou modèle GPS, ex : Garmin)
Camera	Numéro de la caméra utilisée	Texte	libre
Moteur	Numéro du caisson moteur utilisé	Texte	libre
Système	Numéro du système utilisé	Texte	libre
Exploitable	Exploitabilité de la vidéo de l'unité d'observation	Texte	Oui / Non / Habitat; Habitat : utilisable uniquement pour l'habitat (réévalué lors de l'analyse des images)
Marée	Moment de la marée	Texte	HM : Haute mer, BM : basse mer, MM : marée montante, MD : marée descendante
Lune	Phase de la lune le jour de l'observation	Texte	Nouvelle lune (NL), lune montante (LM), pleine lune (PL), lune descendante (LD)
Météo	Etat du ciel	Texte	Ensoleillé / Nuageux / Pluvieux, etc... (à recoder à terme en reprenant ce qui est fait pour les usages)
Vent	Force et direction du vent	Texte	Echelle de Beaufort (1 à 12) pour la force et secteurs sur 3 caractères pour direction caractères max. pour la direction du vent
Mer	Etat de la mer	Texte	Echelle de Beaufort (1 à 12)
Houle	Etat de la houle	Entier	En mètre
Bateau	Nom du bateau utilisé	Texte	Nom
Latitude bateau	Latitude du bateau	Réel	Degrés décimaux en WGS 84, avec 5 chiffres après le point (attention : utiliser le point et non la virgule)
Longitude bateau	Longitude du bateau	Réel	Degrés décimaux en WGS 84, avec 5 chiffres après le point (attention : utiliser le point et non la virgule)
Pilote	Nom du pilote du bateau	Texte	Nom(s)
Equipage	Noms des	Texte	Nom(s)

	personnes embarquées		
Analyseur poisson	Nom de la personne qui analyse la vidéo pour les poissons	Texte	Nom(s)
Analyseur habitat	Nom de la personne qui analyse la vidéo pour l'habitat	Texte	Nom(s)

14.4. Annexe 4. Listes des espèces pour l'analyse des images vidéo

14.4.1. Contexte

Fricke et al. (2011) ont mis à jour l'inventaire des espèces de poissons en Nouvelle Calédonie. Un total de 2328 espèces appartenant à 246 familles a été recensé sur l'ensemble de la zone économique exclusive de Nouvelle-Calédonie.

Les techniques de vidéo panoramique STAVIRO et MICADO permettent d'identifier une partie de ces espèces. Après plusieurs années d'expérience en analyse des images vidéos et compte tenu des résultats de l'étude comparative avec les UVC (Mallet al. 2014), plusieurs critères ont été retenus afin de figer la liste des espèces de poissons, tortues et serpents, identifiables en routine par les techniques STAVIRO et MICADO, telles qu'utilisées dans le protocole actuel AMBIO.

14.4.2. Critères d'élaboration des listes

Selon l'objectif de l'étude, différents types de listes ont été définies:

- l'ensemble des espèces potentiellement identifiables la liste dite « complète »
- les espèces d'Intérêt Halieutique, Emblématique ou Ecologique (IEHE)
- une liste simplifiée permettant de répondre à des problématiques scientifiques spécifiques et de faire participer des acteurs avec peu d'expertise en identification

4 critères de sélection des espèces ont été retenus :

- les familles doivent avoir au moins une espèce qui évolue entre 0 et 50 m de profondeur
- les familles doivent avoir au moins une espèce qui est associée à un habitat récifal ou lagonaire (non pélagique)
- les familles ne doivent pas avoir un comportement cryptique, nocturne ou creuser le sable
- la taille maximale de l'espèce est au moins de 18cm (Référence : Fishbase).

14.4.3. Liste complète vidéos (ou liste « toutes espèces »)

Cette liste comprend 57 familles et 578 espèces. Elle est utilisée dans des zones de biodiversité exceptionnelle et relativement moins documentées que d'autres, par ex. les récifs éloignés du Parc de la Mer de Corail, le Grand Lagon Sud.

Acanthuridae	Gerreidae	Ostraciidae
Albulidae	Ginglymostomatidae	Pentacerotidae
Aulostomidae	Haemulidae	Pinguipedidae
Balistidae	Hemiramphidae	Plotosidae
Belonidae	Kuhliidae	Polynemidae
Caesionidae	Kyphosidae	Pomacanthidae
Carangidae	Labridae	Priacanthidae
Carcharhinidae	Lamnidae	Rhynchodontidae
Chaetodontidae	Leiognathidae	Rhinobatidae
Chanidae	Lethrinidae	Scaridae
Cheloniidae	Lobotidae	Scombridae
Chirocentridae	Lutjanidae	Serranidae
Dasyatidae	Malacanthidae	Siganidae
Diodontidae	Megalopidae	Sphyraenidae
Dugongidae	Monacanthidae	Sphyrnidae
Echeneidae	Mugilidae	Stegostomatidae
Elapidae	Mullidae	Tetraodontidae
Ephippidae	Myliobatidae	Zanclidae
Fistulariidae	Nemipteridae	

Liste des espèces

Acanthuridae

Acanthurus achilles
Acanthurus albipectoralis
Acanthurus auranticae
Acanthurus bariene
Acanthurus blochii
Acanthurus dussumieri
Acanthurus grammoptilus
Acanthurus guttatus
Acanthurus leucopareius
Acanthurus lineatus
Acanthurus mata
Acanthurus nigricans
Acanthurus nigricauda
Acanthurus nigrofuscus
Acanthurus nigroris
Acanthurus nubilus
Acanthurus olivaceus
Acanthurus pyroferus
Acanthurus thompsoni
Acanthurus triostegus
Acanthurus xanthopterus
Ctenochaetus binotatus
Ctenochaetus cyanocheilus
Ctenochaetus striatus
Naso annulatus
Naso brachycentron
Naso brevirostris
Naso caesi
Naso fageni
Naso hexacanthus
Naso lituratus
Naso lopezi
Naso maculatus
Naso tonganus
Naso unicornis
Naso vlamingii
Paracanthurus hepatus
Prionurus maculatus

Zebrasoma scopas
Zebrasoma velifer

Albulidae

Albula argentea
Albula glossodonta

Aulostomidae

Aulostomus chinensis

Balistidae

Abalistes stellatus
Balistapus undulatus
Balistoides conspicillum
Balistoides viridescens
Melichthys niger
Melichthys vidua
Odonus niger
Pseudobalistes flavimarginatus
Pseudobalistes fuscus
Rhinecanthus aculeatus
Rhinecanthus lunula
Rhinecanthus rectangulus
Rhinecanthus verrucosus
Sufflamen bursa
Sufflamen chrysopterum
Sufflamen fraenatum
Xanthichthys auromarginatus

Balistidae

Ablennes hians
Platybelone platyura
Strongylura incisa
Strongylura leiura
Strongylura urvillii
Tylosurus crocodilus
Tylosurus imperialis

Caesionidae

Caesio caerulaurea
Caesio cuning
Caesio lunaris
Caesio teres
Dipterygonotus balteatus
Gymnocaesio gymnoptera
Pterocaesio chrysozona
Pterocaesio digramma
Pterocaesio marri
Pterocaesio pisang
Pterocaesio tessellata
Pterocaesio tile
Pterocaesio trilineata

Carangidae

Alectis ciliaris
Alepes apercna
Alepes vari
Atule mate
Carangoides chrysophrys
Carangoides coeruleopinnatus
Carangoides dinema
Carangoides ferdau
Carangoides fulvoguttatus
Carangoides gymnostethus
Carangoides hedlandensis
Carangoides malabaricus
Carangoides orthogrammus
Carangoides plagiotaenia
Caranx ignobilis
Caranx lugubris
Caranx melampygus
Caranx papuensis
Caranx sexfasciatus
Caranx tille
Decapterus macarellus
Elagatis bipinnulata
Gnathanodon speciosus

Megalaspis cordyla
Naucrates ductor
Pseudocaranx dentex
Scomberoides commersonianus
Scomberoides lysan
Scomberoides tol
Selar boops
Selar crumenophthalmus
Seriola dumerili
Seriola lalandi
Seriola rivoliana
Trachinotus anak
Trachinotus baillonii
Trachinotus blochii
Trachinotus coppingeri
Uraspis uraspis

Carcharhinidae

Carcharhinus albimarginatus
Carcharhinus amblyrhynchos
Carcharhinus brevipinna
Carcharhinus falciformis
Carcharhinus leucas
Carcharhinus limbatus
Carcharhinus longimanus
Carcharhinus melanopterus
Carcharhinus obscurus
Carcharhinus plumbeus
Carcharhinus sorrah
Galeocerdo cuvier
Negaprion acutidens
Prionace glauca
Triaenodon obesus

Chaetodontidae
Chaetodon auriga
Chaetodon baronessa
Chaetodon bennetti
Chaetodon citrinellus
Chaetodon ephippium
Chaetodon flavirostris
Chaetodon guentheri

Chaetodon kleinii
Chaetodon lineolatus
Chaetodon lunula
Chaetodon lunulatus
Chaetodon melannotus
Chaetodon mertensii
Chaetodon meyeri
Chaetodon ornatissimus
Chaetodon pelewensis
Chaetodon plebeius
Chaetodon rafflesii
Chaetodon reticulatus
Chaetodon speculum
Chaetodon trifascialis
Chaetodon ulietensis
Chaetodon unimaculatus
Chaetodon vagabundus
Coradion altivelis
Forcipiger flavissimus
Forcipiger longirostris
Hemitaurichthys polylepis
Heniochus acuminatus
Heniochus chrysostomus
Heniochus monoceros
Heniochus singularius
Heniochus varius

Chanidae

Chanos chanos

Cheloniidae

Caretta caretta
Chelonia mydas
Dermochelys coriacea
Eretmochelys imbricata

Chirocentridae

Chirocentrus dorab

Dasyatidae

Dasyatis bennettii

Dasyatis fluviorum
Himantura fai
Himantura granulata
Neotrygon kuhlii
Pastinachus sephen
Taeniura lymma
Taeniura meyeni
Urogymnus asperrimus

Diodontidae

Chilomycterus reticulatus
Cylichthys orbicularis
Cylichthys spilostylus
Diodon holocanthus
Diodon hystrix
Diodon liturosus
Lophodiodon calori

Dugongidae

Dugong dugon

Echeneidae

Echeneis naucrates
Remora remora

Elapidae

Laticauda colubrina
Laticauda laticaudata

Ephippidae

Platax orbicularis
Platax pinnatus
Platax teira

Fistulariidae

Fistularia commersonii
Fistularia petimba

Gerreidae

Gerres longirastris
Gerres oyena

Ginglymostomatidae

Nebrius ferrugineus

Haemulidae

Diagramma pictum
Plectorhinchus albovittatus
Plectorhinchus chaetodonoides
Plectorhinchus chrysotaenia
Plectorhinchus flavomaculatus
Plectorhinchus gibbosus
Plectorhinchus lessonii
Plectorhinchus lineatus
Plectorhinchus obscurus
Plectorhinchus picus
Plectorhinchus vittatus
Pomadasys argenteus

Hemiramphidae

Euleptorhamphus viridis
Hemiramphus bruuni
Hemiramphus far
Hyporhamphus affinis
Hyporhamphus dussumieri
Zenarchopterus dispar

Kuhliidae

Kuhlia mugil
Kuhlia rupestris

Kyphosidae

Kyphosus cinerascens
Kyphosus pacificus
Kyphosus sydneyanus
Kyphosus vaigiensis
Microcanthus strigatus

Labridae

Anampses caeruleopunctatus
Anampses femininus
Anampses geographicus
Anampses meleagrides
Anampses twistii
Bodianus anthioides
Bodianus axillaris
Bodianus bilunulatus
Bodianus dictynna
Bodianus loxozonus
Bodianus mesothorax
Bodianus perditio
Bodianus unimaculatus
Cheilinus chlorourus
Cheilinus fasciatus
Cheilinus trilobatus
Cheilinus undulatus
Cheilio inermis
Choerodon anchorago
Choerodon fasciatus
Choerodon graphicus
Choerodon jordani
Coris aygula
Coris batuensis
Coris dorsomacula
Coris gaimard
Coris picta
Coris sandeyeri
Epibulus insidiator
Gomphosus varius
Halichoeres hartzfeldii
Halichoeres hortulanus
Halichoeres melasmapomus
Halichoeres richmondi
Halichoeres scapularis
Halichoeres trimaculatus
Hemigymnus fasciatus
Hemigymnus melapterus
Hologymnosus annulatus
Hologymnosus doliatus
Hologymnosus longipes
Iniistius aneitensis

Iniistius celebicus
Iniistius pavo
Iniistius pentadactylus
Novaculichthys taeniourus
Oxycheilinus celebicus
Oxycheilinus digramma
Oxycheilinus unifasciatus
Pseudocoris heteroptera
Pseudodax moluccanus
Pteragogus flagellifer
Thalassoma hardwicke
Thalassoma lunare
Thalassoma lutescens
Thalassoma nigrofasciatum
Thalassoma purpureum
Thalassoma trilobatum

Lamnidae

Carcharodon carcharias
Isurus oxyrinchus
Isurus paucus

Leiognathidae

Gazza minuta
Leiognathus equulus
Leiognathus fasciatus
Photoplagios leuciscus

Lethrinidae

Gnathodentex aureolineatus
Gymnocranius audleyi
Gymnocranius elongatus
Gymnocranius euanus
Gymnocranius grandoculis
Gymnocranius oblongus
Lethrinus atkinsoni
Lethrinus erythracanthus
Lethrinus genivittatus
Lethrinus harak
Lethrinus laticaudis
Lethrinus lentjan
Lethrinus miniatus

Lethrinus nebulosus
Lethrinus obsoletus
Lethrinus olivaceus
Lethrinus ravus
Lethrinus rubrioperculatus
Lethrinus semicinctus
Lethrinus variegatus
Lethrinus xanthochilus
Monotaxis grandoculis
*Monotaxis heterodon*⁵

Lobotidae

Lobotes surinamensis

Lutjanidae

Aphareus furca
Aprion virescens
Lutjanus adetii
Lutjanus argentimaculatus
Lutjanus bohar
Lutjanus erythropterus
Lutjanus fulviflamma
Lutjanus fulvus
Lutjanus gibbus
Lutjanus kasmira
Lutjanus lutjanus
Lutjanus malabaricus
Lutjanus monostigma
Lutjanus quinquelineatus
Lutjanus rivulatus
Lutjanus rufolineatus
Lutjanus russellii
Lutjanus sebae
Lutjanus semicinctus
Lutjanus vitta
Macolor macularis
Macolor niger

Paracaesio sordida
Paracaesio xanthura
Symphorichthys spilurus
Symphorus nematophorus

Malacanthidae
Hoplolatilus fronticinctus
Malacanthus brevirostris
Malacanthus latovittatus

Megalopidae

Megalops cyprinoides

Monacanthidae

Aluterus monoceros
Aluterus scriptus
Amanses scopas
Cantherhines dumerilii
Cantherhines fronticinctus
Cantherhines pardalis
Pseudalutarius nasicornis

Mugilidae

Cestraeus goldiei
Cestraeus oxyrhyncus
Cestraeus plicatilis
Chelon macrolepis
Chelon melinopterus
Chelon planiceps
Chelon subviridis
Crenimugil crenilabis
Crenimugil heterocheilus
Ellochelon vaigiensis
Moolgarda buchanani
Moolgarda cunnesius
Moolgarda engeli
Moolgarda seheli
Mugil cephalus
Neomyxus leuciscus
Oedalechilus labiosus

Mullidae

Mulloidichthys flavolineatus
Mulloidichthys pfluegeri
Mulloidichthys vanicolensis
Parupeneus barberinoides
Parupeneus barberinus
Parupeneus ciliatus
Parupeneus crassilabris
Parupeneus cyclostomus
Parupeneus heptacanthus
Parupeneus indicus
Parupeneus multifasciatus
Parupeneus pleurostigma
Parupeneus spilurus
Upeneus moluccensis
Upeneus sulphureus
Upeneus tragula
Upeneus vittatus

Myliobatidae

Aetobatus narinari
Aetomylaeus maculatus
Aetomylaeus vespertilio
Manta alfredi
Manta birostris
Mobula tarapacana

Nemipteridae

Nemipterus furcosus
Nemipterus peronii
Nemipterus zysron
Pentapodus aureofasciatus
Pentapodus caninus
Pentapodus paradiseus
Scolopsis affinis
Scolopsis bilineata
Scolopsis ciliata
Scolopsis lineata
Scolopsis taenioptera
Scolopsis temporalis
Scolopsis trilineatus

Ostraciidae

⁵ Non accepté par WORMS ni FISHBASE mais se trouve dans Fishes of Australia

Lactoria cornuta
Lactoria diaphana
Lactoria fornasini
Ostracion cubicus
Ostracion meleagris
Tetrosomus concatenatus
Tetrosomus gibbosus

Pentacerotidae

Eviptasia acutirostris

Pinguipedidae

Parapercis clathrata
Parapercis hexophtalma
Parapercis millepunctata
Parapercis nebulosa
Parapercis schauinslandii
Parapercis xanthozona
Plotosidae
Plotosus lineatus

Polynemidae

Polydactylus sexfilis

Pomacanthidae

Apolemichthys trimaculatus
Centropyge bicolor
Centropyge bispinosa
Centropyge fisheri
Centropyge flavissima
Centropyge heraldi
Centropyge loricula
Centropyge nigriocella
Centropyge nox
Centropyge tibicen
Centropyge vrolikii
Chaetodontoplus
conspicillatus
Genicanthus melanospilos
Genicanthus watanabei
Paracentropyge multifasciata

Pomacanthus annularis
Pomacanthus imperator
Pomacanthus semicirculatus
Pomacanthus sexstriatus
Pomacanthus xanthometopon
Pygoplites diacanthus

Priacanthidae

Cookeolus japonicus
Heteropriacanthus cruentatus
Priacanthus hamrur
Priacanthus macracanthus
Priacanthus sagittarius
Pristigenys meyeri
Pristigenys nipponia

Rhynchodontidae
Rhincodon typus

Rhinobatidae

Rhynchobatus djiddensis

Scaridae

Bolbometopon muricatum
Calotomus carolinus
Calotomus spinidens
Cetoscarus bicolor
Cetoscarus ocellatus
Chlorurus bleekeri
Chlorurus frontalis
Chlorurus japanensis
Chlorurus microrhinos
Chlorurus sordidus
Hipposcarus longiceps
Leptoscarus vaigiensis
Scarus altipinnis
Scarus chameleon
Scarus dimidiatus
Scarus flavipectoralis
Scarus forsteni
Scarus frenatus
Scarus ghobban
Scarus globiceps

Scarus longipinnis
Scarus niger
Scarus oviceps
Scarus psittacus
Scarus quoyi
*Scarus rioulatus*⁶
Scarus rubroviolaceus
Scarus schlegeli
Scarus spinus

Scombridae

Acanthocybium solandri
Euthynnus affinis
Grammatorcynus bicarinatus
Grammatorcynus bilineatus
Gymnosarda unicolor
Katsuwonus pelamis
Rastrelliger kanagaruta
Scomberomorus commerson
Thunnus alalunga
Thunnus albacares
Thunnus obesus

Serranidae

Aethaloperca rogaa
Anyperodon leucogrammicus
Aporops bilinearis
Cephalopholis argus
Cephalopholis aurantia
Cephalopholis boenak
Cephalopholis leopardus
Cephalopholis microprion
Cephalopholis miniata
Cephalopholis sexmaculata
Cephalopholis sonnerati
Cephalopholis spiloparaea
Cephalopholis urodeta
Cromileptes altivelis

⁶ Non accepté par WORMS, mais accepté dans FISHBASE

Diploprion bifasciatum
Epinephelus areolatus
Epinephelus chlorostigma
Epinephelus
coeruleopunctatus
Epinephelus coioides
Epinephelus corallicola
Epinephelus cyanopodus
Epinephelus fasciatus
Epinephelus fuscoguttatus
Epinephelus hexagonatus
Epinephelus howlandi
Epinephelus lanceolatus
Epinephelus macrospilos
Epinephelus maculatus
Epinephelus malabaricus
Epinephelus merra
Epinephelus ongus
Epinephelus polyphemadion
Epinephelus retouti
Epinephelus rivulatus
Epinephelus spilotoceps
Epinephelus tauvina
Gracila albomarginata
Grammistes sexlineatus
Grammistops ocellatus
Plectropomus areolatus
Plectropomus laevis
Plectropomus leopardus
Pogonoperca punctata

Pseudanthias pleurotaenia
Variola albimarginata
Variola louti

Siganidae

Siganus argenteus
Siganus corallinus
Siganus doliatus
Siganus fuscescens
Siganus lineatus
Siganus puellus
Siganus punctatus
Siganus spinus
Siganus uspi
Siganus vermiculatus
Siganus vulpinus
Siganus woodlandi

Sphyraenidae

Sphyraena barracuda
Sphyraena forsteri
Sphyraena helleri
Sphyraena jello
Sphyraena obtusata
Sphyraena putnamae
Sphyraena genie
Sphyraena waitii

Sphyrnidae

Sphyrna lewini
Sphyrna mokarran

Stegostomatidae

Stegostoma fasciatum

Tetraodontidae

Arothron caeruleopunctatus
Arothron firmamentum
Arothron hispidus
Arothron immaculatus
Arothron manilensis
Arothron mappa
Arothron meleagris
Arothron nigropunctatus
Arothron reticularis
Arothron stellatus
Canthigaster callisterna
Canthigaster rivulata
Chelonodon patoca
Lagocephalus sceleratus
Torquigener pallimaculatus

Zanclidae

Zanclus cornutus

14.4.4. Liste des espèces IEHE (Intérêt Halieutiques, Emblématiques et présentant un intérêt Ecologique)

Cette liste de 565 espèces appartenant à xx familles est la plus couramment utilisée, elle est un équivalent de la liste des espèces « commerciales » utilisée pour les comptages en plongée. La liste rassemble l'ensemble des familles dont au moins une espèce est soit :

- Consommable : Le poisson est pêché pour la consommation (par nécessairement commercialisé).
- Emblématique : En Nouvelle-Calédonie, les espèces emblématiques visibles en vidéo sont le dugong, les serpents, les tortues, les mammifères marins, la mère loche. Des espèces de poissons appréciées pour leur esthétique ont également été ajoutées.
- Présente un intérêt écologique particulier, par ex. espèce indicatrice ou fonctionnellement importante.

Familles de poissons "de récif"	Lethrinidae	Familles d'espèces "emblématiques"
Acanthuridae	Lutjanidae	Cheloniidae
Aulostomidae	Mullidae	Dugongidae
Balistidae	Myliobatidae	Elapidae
Caesionidae	Pomacanthidae	Familles de poissons "lagonaires"
Carangidae	Priacanthidae	Albulidae
Carcharhinidae	Rhynchodontidae	Chirocentridae
Chaetodontidae	Rhinobatidae	Leiognathidae
Chanidae	Scaridae	Gerreidae
Dasyatidae	Scombridae	Leiognathidae
Diodontidae	Serranidae	Megalopidae
Ephippidae	Siganidae	Mugilidae
Ginglymostomatidae	Sphyraenidae	Polynemidae
Haemulidae	Sphyrnidae	
Kyphosidae	Stegostomatidae	
Labridae	Tetraodontidae	
Lamnidae	Zanclidae	

Liste des espèces IEHE

Acanthuridae

Acanthurus achilles
Acanthurus albipectoralis
Acanthurus auranticavus
Acanthurus bariene
Acanthurus blochii
Acanthurus dussumieri
Acanthurus grammoptilus
Acanthurus guttatus
Acanthurus leucopareius
Acanthurus lineatus
Acanthurus mata
Acanthurus nigricans
Acanthurus nigricauda
Acanthurus nigrofuscus
Acanthurus nigroris
Acanthurus nubilus
Acanthurus olivaceus
Acanthurus pyroferus
Acanthurus thompsoni
Acanthurus triostegus
Acanthurus xanthopterus
Ctenochaetus binotatus
Ctenochaetus cyanocheilus
Ctenochaetus striatus
Naso annulatus
Naso brachycentron
Naso brevirostris
Naso caesioides
Naso fageni
Naso hexacanthus
Naso lituratus
Naso lopezi
Naso maculatus
Naso tonganus
Naso unicornis
Naso vlamingii
Paracanthurus hepatus
Prionurus maculatus
Zebrasoma scopas

Zebrasoma velifer

Albulidae

Albula argentea
Albula glossodonta

Aulostomidae

Aulostomus chinensis

Balistidae

Abalistes stellatus
Balistapus undulatus
Balistoides conspicillum
Balistoides viridescens
Melichthys niger
Melichthys vidua
Odonus niger
Pseudobalistes flavimarginatus
Pseudobalistes fuscus
Rhinecanthus aculeatus
Rhinecanthus lunula
Rhinecanthus rectangulus
Rhinecanthus verrucosus
Sufflamen bursa
Sufflamen chrysopterum
Sufflamen fraenatum
Xanthichthys auromarginatus

Caesionidae

Caesio caerulea
Caesio cuning
Caesio lunaris
Caesio teres
Dipterygonotus balteatus
Gymnocaesio gymnoptera
Pterocaesio chrysozona
Pterocaesio digramma

Pterocaesio marri
Pterocaesio pisang
Pterocaesio tessellata
Pterocaesio tile
Pterocaesio trilineata

Carangidae

Alectis ciliaris
Alepes apercna
Alepes vari
Atule mate
Carangoides chrysophrys
Carangoides
coeruleopinnatus
Carangoides dinema
Carangoides ferdau
Carangoides fulvoguttatus
Carangoides gymnostethus
Carangoides hedlandensis
Carangoides malabaricus
Carangoides orthogrammus
Carangoides plagiotaenia
Caranx ignobilis
Caranx lugubris
Caranx melampygus
Caranx papuensis
Caranx sexfasciatus
Caranx tille
Decapterus macarellus
Elagatis bipinnulata
Gnathanodon speciosus
Megalaspis cordyla
Naucrates ductor
Pseudocaranx dentex
Scomberoides commersonianus
Scomberoides lysan
Scomberoides tol
Selar boops
Selar crumenophthalmus

Seriola dumerili
Seriola lalandi
Seriola rivoliana
Trachinotus anak
Trachinotus baillonii
Trachinotus blochii
Trachinotus coppingeri
Uraspis uraspis

Carcharhinidae

Carcharhinus
albimarginatus
Carcharhinus
amblyrhynchos
Carcharhinus brevipinna
Carcharhinus falciformis
Carcharhinus leucas
Carcharhinus limbatus
Carcharhinus longimanus
Carcharhinus melanopterus
Carcharhinus obscurus
Carcharhinus plumbeus
Carcharhinus sorrah
Galeocerdo cuvier
Negaprion acutidens
Prionace glauca
Triaenodon obesus

Chaetodontidae

Chaetodon auriga
Chaetodon baronessa
Chaetodon bennetti
Chaetodon citrinellus
Chaetodon ephippium
Chaetodon flavirostris
Chaetodon guentheri
Chaetodon kleinii
Chaetodon lineolatus
Chaetodon lunula
Chaetodon lunulatus
Chaetodon melannotus

Chaetodon mertensii
Chaetodon meyeri
Chaetodon ornatissimus
Chaetodon pelewensis
Chaetodon plebeius
Chaetodon rafflesii
Chaetodon reticulatus
Chaetodon speculum
Chaetodon trifascialis
Chaetodon ulietensis
Chaetodon unimaculatus
Chaetodon vagabundus
Coradion altivelis
Forcipiger flavissimus
Forcipiger longirostris
Hemitaurichthys polylepis
Heniochus acuminatus
Heniochus chrysostomus
Heniochus monoceros
Heniochus singularius
Heniochus varius

Chanidae

Chanos chanos

Cheloniidae

Caretta caretta
Chelonia mydas
Dermochelys coriacea
Eretmochelys imbricata

Chirocentridae

Chirocentrus dorab

Dasyatidae

Dasyatis bennettii
Dasyatis fluviatorum
Himantura fai
Himantura granulata
Neotrygon kuhlii

Pastinachus sephen
Taeniura lymma
Taeniura meyeni
Urogymnus asperrimus

Diodontidae

Chilomycterus reticulatus
Cylichthys orbicularis
Cylichthys spilostylus
Diodon holocanthus
Diodon hystrix
Diodon liturosus
Lophodiodon calori

Dugongidae

Dugong dugon

Elapidae

Laticauda colubrina
Laticauda laticaudata

Ephippidae

Platax orbicularis
Platax pinnatus
Platax teira

Gerreidae

Gerres longirastris

Ginglymostomatidae

Nebrius ferrugineus

Haemulidae

Diagramma pictum
Plectorhinchus albobittatus
Plectorhinchus
chaetodonoides
Plectorhinchus chrysotaenia
Plectorhinchus
flavomaculatus

Plectorhinchus gibbosus
Plectorhinchus lessonii
Plectorhinchus lineatus
Plectorhinchus obscurus
Plectorhinchus picus
Plectorhinchus vittatus
Pomadasyus argenteus

Kyphosidae

Kyphosus cinerascens
Kyphosus pacificus
Kyphosus sydneyanus
Kyphosus vaigiensis
Microcanthus strigatus

Labridae

Bodianus anthioides
Bodianus axillaris
Bodianus bilunulatus
Bodianus dictynna
Bodianus loxozonus
Bodianus mesothorax
Bodianus perditio
Bodianus unimaculatus
Cheilinus chlorourus
Cheilinus fasciatus
Cheilinus trilobatus
Cheilinus undulatus
Cheilio inermis
Choerodon anchorago
Choerodon fasciatus
Choerodon graphicus
Choerodon jordani
Coris aygula
Coris batuensis
Coris dorsomacula
Coris gaimard
Coris picta
Coris sandeyeri
Epibulus insidiator
Gomphosus varius

Halichoeres hortulanus
Halichoeres melasmapomus
Halichoeres richmondi
Halichoeres scapularis
Halichoeres trimaculatus
Hemigymnus fasciatus
Hemigymnus melapterus
Hologymnosus annulatus
Hologymnosus doliatus
Hologymnosus longipes
Iniistius aneitensis
Iniistius celebicus
Iniistius pavo
Iniistius pentadactylus
Novaculichthys taeniourus
Oxycheilinus celebicus
Oxycheilinus digramma
Oxycheilinus unifasciatus
Pseudocoris heteroptera
Pseudodax moluccanus
Thalassoma hardwicke
Thalassoma lunare
Thalassoma lutescens
Thalassoma nigrofasciatum
Thalassoma purpureum
Thalassoma trilobatum

Lamnidae

Carcharodon carcharias
Isurus oxyrinchus
Isurus paucus

Leiognathidae

Gazza minuta
Leiognathus equulus
Leiognathus fasciatus

Lethrinidae

Gnathodentex aureolineatus
Gymnocranius audleyi
Gymnocranius elongatus

Gymnocranius euanus
Gymnocranius grandoculis
Gymnocranius oblongus
Lethrinus atkinsoni
Lethrinus erythracanthus
Lethrinus genivittatus
Lethrinus harak
Lethrinus laticaudis
Lethrinus lentjan
Lethrinus miniatus
Lethrinus nebulosus
Lethrinus obsoletus
Lethrinus olivaceus
Lethrinus ravois
Lethrinus rubrioperculatus
Lethrinus semicinctus
Lethrinus variegatus
Lethrinus xanthochilus
Monotaxis grandoculis
Monotaxis heterodon

Lutjanidae

Aphareus furca
Aprion virescens
Lutjanus adetii
Lutjanus argentimaculatus
Lutjanus bohar
Lutjanus erythropterus
Lutjanus fulviflamma
Lutjanus fulvous
Lutjanus gibbus
Lutjanus kasmira
Lutjanus lutjanus
Lutjanus malabaricus
Lutjanus monostigma
Lutjanus quinquelineatus
Lutjanus rivulatus
Lutjanus rufolineatus
Lutjanus russellii
Lutjanus sebae
Lutjanus semicinctus
Lutjanus vitta

Macolor macularis
Macolor niger
Paracaesio sordida
Paracaesio xanthura
Symphorichthys spilurus
Symphorus nematophorus

Megalopidae

Megalops cyprinoides

Mugilidae

Cestraeus goldiei
Cestraeus oxyrhyncus
Cestraeus plicatilis
Chelon macrolepis
Chelon melinopterus
Chelon planiceps
Chelon subviridis
Crenimugil crenilabis
Crenimugil heterocheilos
Ellochelon vaigiensis
Moolgarda buchmanani
Moolgarda cunnesius
Moolgarda engeli
Moolgarda seheli
Mugil cephalus
Neomyxus leuciscus
Oedalechilus labiosus

Mullidae

Mulloidichthys flavolineatus
Mulloidichthys pfluegeri
Mulloidichthys vanicolensis
Parupeneus barberinoides
Parupeneus barberinus
Parupeneus ciliatus
Parupeneus crassilabris
Parupeneus cyclostomus
Parupeneus heptacanthus
Parupeneus indicus
Parupeneus multifasciatus

Parupeneus pleurostigma
Parupeneus spilurus
Upeneus moluccensis
Upeneus sulphureus
Upeneus tragula
Upeneus vittatus

Myliobatidae

Aetobatus narinari
Aetomylaeus maculatus
Aetomylaeus vesperilio
Manta alfredi
Manta birostris
Mobula tarapacana

Polynemidae

Polydactylus sexfilis

Pomacanthidae

Chaetodontoplus
conspicillatus
Pomacanthus imperator
Pomacanthus semicirculatus
Pomacanthus sexstriatus

Priacanthidae

Cookeolus japonicus
Heteropriacanthus
cruentatus
Priacanthus hamrur
Priacanthus macracanthus
Priacanthus sagittarius
Pristigenys meyeri
Pristigenys nipponia

Rhynchodontidae

Rhincodon typus

Rhinobatidae

Rhynchobatus djiddensis

Scaridae

Bolbometopon muricatum
Calotomus carolinus
Calotomus spinidens
Cetoscarus bicolor
Cetoscarus ocellatus
Chlorurus bleekeri
Chlorurus frontalis
Chlorurus japanensis
Chlorurus microrhinos
Chlorurus sordidus
Hipposcarus longiceps
Leptoscarus vaigiensis
Scarus altipinnis
Scarus chameleon
Scarus dimidiatus
Scarus flavipectoralis
Scarus forsteni
Scarus frenatus
Scarus ghobban
Scarus globiceps
Scarus longipinnis
Scarus niger
Scarus oviceps
Scarus psittacus
Scarus quoyi
Scarus rivulatus
Scarus rubroviolaceus
Scarus schlegeli
Scarus spinus

Scombridae

Acanthocybium solandri
Euthynnus affinis
Grammatorcynus
bicarinatus
Grammatorcynus bilineatus
Gymnosarda unicolor
Katsuwonus pelamis
Rastrelliger kanagurta

Scomberomorus commerson
Thunnus alalunga
Thunnus albacares
Thunnus obesus

Serranidae

Aethaloperca rogaa
Anyperodon leucogrammicus
Aporops bilinearis
Cephalopholis argus
Cephalopholis aurantia
Cephalopholis boenak
Cephalopholis leopardus
Cephalopholis microprion
Cephalopholis miniata
Cephalopholis sexmaculata
Cephalopholis sonnerati
Cephalopholis spiloparaea
Cephalopholis urodeta
Cromileptes altivelis
Diploprion bifasciatum
Epinephelus areolatus
Epinephelus chlorostigma
Epinephelus coeruleopunctatus
Epinephelus coioides
Epinephelus corallicola
Epinephelus cyanopodus
Epinephelus fasciatus
Epinephelus fuscoguttatus
Epinephelus hexagonatus
Epinephelus howlandi
Epinephelus lanceolatus
Epinephelus macrospilos
Epinephelus maculatus
Epinephelus malabaricus
Epinephelus merra
Epinephelus ongus
Epinephelus polyphemkadion
Epinephelus retouti
Epinephelus rivulatus

Epinephelus spilotoceps
Epinephelus tauvina
Gracila albomarginata
Grammistes sexlineatus
Grammistops ocellatus
Plectropomus areolatus
Plectropomus laevis
Plectropomus leopardus
Pogonoperca punctata
Pseudanthias pleurotaenia
Variola albimarginata
Variola louti

Siganidae

Siganus argenteus
Siganus corallinus
Siganus doliatus
Siganus fuscescens
Siganus lineatus
Siganus puellus
Siganus punctatus
Siganus spinus
Siganus uspi
Siganus vermiculatus
Siganus vulpinus
Siganus woodlandi

Sphyraenidae

Sphyraena barracuda
Sphyraena forsteri
Sphyraena helleri
Sphyraena jello
Sphyraena obtusata
Sphyraena putnamae
Sphyraena qenie
Sphyraena waitii

Sphyrnidae

Sphyrna lewini
Sphyrna mokarran

Stegostomatidae

Stegostoma fasciatum

Tetraodontidae

Arothron caeruleopunctatus
Arothron firmamentum
Arothron hispidus
Arothron immaculatus
Arothron manilensis
Arothron mappa
Arothron meleagris
Arothron nigropunctatus
Arothron reticularis
Arothron stellatus
Chelonodon patoca
Lagocephalus sceleratus

Zanclidae

Zanclus cornutus

14.4.5. Les complexes d'espèces vidéos

Dans certains cas, la visibilité ou la luminosité ne permettent pas de faire la distinction entre plusieurs espèces proches par leur apparence. Dans ce cas, on considère un complexe d'espèces (groupe d'espèces).

Les espèces d'un même complexe ont une forme, une taille, une coloration et un comportement similaires.



ATTENTION : Les espèces ne sont regroupées en « complexes » que lorsqu'il y a doute sur leur identification.

14.4.6. La liste d'espèce simplifiée


Quatorze catégories sont considérées :

Poissons-papillons (Chaetodontidae)	Poissons-chirurgiens (Acanthuridae)
Castex et grosses lèvres (Haemulidae)	Poissons-perroquets (Scaridae)
Loches (Serranidae)	Poissons-lapins (Siganidae)
Bossus et becs (Lethrinidae)	Lutjans
Poisson-napoléon (<i>Cheilinus undulatus</i>)	Carangues
Tortues (Chelonidae)	Requins
Serpents (Elapidae)	Dugongs

14.5. Annexe 5 : Masque de saisie sous Excel pour l'identification et le dénombrement de la macrofaune

N° ligne du classeur : 2715

Nom du point (station) : KO130165



Caractéristiques de la vidéo : nombre de secteurs

Rotation 360 6 Analysé 6 Ciel 0 Sol 0 Obstrué 0

Famille Mullidae Genre Parupeneus Espèce cyclostomus

Numéro de la rotation : 1

secteurs S1 S2 S3 S4 S5 S6

Observés à moins de 5 m

Petit Moyen Grand 1


Observés à plus de 5 m

Petit Moyen Grand

Distance estimée

Commentaires

< Première ligne < Ligne précédente Ligne suivante > Dernière ligne >

 Valider Dupliquer Nouvelle Ligne Quitter

14.6. Annexe 6. Masque de saisie sous Excel pour la caractérisation de l'habitat

Nom du point	Couches	Caractéristiques	1	2	3	4	5	6	7	Moyenne	%	Commentaire	
CH13P041		Topographie (1-5)	3	5	5	3	4	4		4,00		codage de 1 à 5	
		Complexité (1-5)	4	4	4	4	4	4		4,00			
	Recouvrement Substrat		Sable, vase	0	5	0	0	0	0		0,83	100	somme à 100% par secteur
			Débris, petits blocs (<30cm)	0	0	0	0	0	0		0,00		
			Moyens blocs (30cm<1m)	0	0	0	0	0	0		0,00		
			Gros blocs et roche (>1m)	0	0	0	0	0	0		0,00		
			Corail dur (mort ou vivant)	100	95	100	100	100	100		99,17		
		Dalle	0	0	0	0	0	0		0,00			
	Statut corail dur		Vivant	98	100	98	98	100	100		99,00	100	somme à 100% par secteur
			Blanchissement	0	0	0	0	0	0		0,00		
			Mort et recouvert d'algues	2	0	2	2	0	0		1,00		
	Sédiment		Corail couvert de sédiment	0	0	0	0	0	0		0,00		% du corail dur couvert de sédiment
	Forme du corail vivant		Massif, submassif, encroûtant	15	10	20	10	15	40		18,33	100	somme à 100% par secteur
			Digité	0	0	5	5	5	5		3,33		
			Branchu	70	58	50	80	60	45		60,50		
			Foliaire	0	2	0	0	0	0		0,33		
			Tabulaire	15	30	5	5	5	10		11,67		
		Forme non identifiée	0	0	20	0	15	0		5,83			
	Recouvrement Herbier		Total herbier	0	0	0	0	0	0		0,00		% de la surface totale observée
			Herbier court (<20cm)								0,00	0	somme à 100% par secteur
			Herbier haut (>20cm)								0,00		
			Herbier dense (sable non visible)								0,00	0	somme à 100% par secteur
	Herbier clairsemé (<25%)								0,00				
		Autres densités								0,00			
	Recouv. herbier par épibiontes ou sédiment		épiphytes							0,00		codage de 1 à 3 (non, un peu, beaucoup)	
		sédiment								0,00			
Recouvrement Algues		Total algues	1	0	1	2	0	0		0,67		% de la surface totale observée	
		Algues hautes (>10cm)	0		0	0				0,00	100	somme à 100% par secteur	
		Algues rases (turf)	100		100	100				100,00			
		Autres algues	0		0	0				0,00			
Espèces remarquables		Eponge								0		Nombre d'individus par secteur (sauf corail mou en % recouvrement)	
		Corail mou								0			
		Oursin diadème								0			
		Oursin-crayon								0			
		Holothuries								0			
		Crinoïdes			2					2			
		Gorgones								0			
		Acanthaster sp.								0			
		Coraux solitaires								0			
		Benitiers								0			
		Autres étoiles de mer								0			

14.7. Annexe 7. Métriques/indicateurs calculables avec les données vidéo

• Liste des indicateurs

Les indicateurs pour la macrofaune sont calculés à partir de l'outil de calcul PAMPA « Ressources et Biodiversité » qui accepte différents types de données (UVC : transects, quadrats, etc..., mais aussi pêche, vidéo, traces, etc..), pour calculer et analyser facilement de très nombreuses métriques/indicateurs. Cet outil est décrit dans le Guide des outils PAMPA (Pelletier *et al.* 2014).

Tableau 1. Nature et niveau des indicateurs calculés par l'outil PAMPA et applicables aux données STAVIRO et MICADO.

Variables	Niveau de calcul
Abondance (nombre ou densité)	Par critère lié aux espèces : <ul style="list-style-type: none"> • toutes espèces • par espèce • par groupe d'espèces selon trait de vie, intérêt pêche, statut, etc. • sur des sélections de taxons
Abondance par classe de taille (nombre ou densité)	
Proportion d'abondance par classe de taille	
Richesse spécifique	Par facteur décrivant les stations : <ul style="list-style-type: none"> • station, site, zonage, statut • habitat : plusieurs descripteurs • année, saison, mois
Autres indices de diversité	
Fréquence d'occurrence	
Présence-absence	

• Mode de calcul des indicateurs

Il est adapté à la nature des données vidéo, et en particulier :

- la partition de l'observation en trois rotations
- la durée d'observation, soit 9 min pour trois rotations
- la surface d'observation, environ 78m² autour de la caméra pour un rayon de 5m

Type d'indicateur	Durée et distance d'observation
Abondance et densité d'abondance	Moyenne sur trois rotations Rayon de 5m autour de la caméra
Richesse spécifique et indices de biodiversité, fréquence et présence-absence	Cumul sur trois rotations Rayon de 10m autour de la caméra (sauf poissons—papillons: 5m)

Pour le projet AMBIO, ont été sélectionnés un ensemble d'indicateurs pertinents pour l'évaluation de l'état de santé des zones récifo-lagonaires (Tableau 1). La formulation des objectifs de gestion est celle du projet PAMPA.

Tableau 3. Indicateurs pertinents pour l'évaluation de l'état de santé des zones récifo-lagonaires

Objectif de gestion	Métrique
Conservation de la biodiversité : maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème	Richesse spécifique totale (toutes espèces confondues) Densité d'abondance toutes espèces Densité d'abondance par famille (familles principales et les plus fréquentes) Richesse spécifique par famille (familles principales et les plus fréquentes)
Conservation de la biodiversité : Maintien d'un peuplement fonctionnel	Densité d'abondance par groupe trophique
Conservation de la biodiversité : espèces emblématiques, menacées ou endémiques	Fréquences d'occurrence du poisson napoléon, des tortues, des raies, des requins
Conservation de la biodiversité : maintien d'un ensemble d'habitats représentatifs	Recouvrement en corail vivant Recouvrement en corail branchu Richesse spécifique des poissons-papillons Densité d'abondance des poissons-papillons Complexité de l'habitat corallien Recouvrement en débris
Exploitation durable des ressources	Densité d'abondance des espèces commerciales Densité d'abondance des espèces consommables Densité d'abondance des espèces-cibles de la chasse sous-marine Densité d'abondance des espèces-cibles de la pêche à la ligne Proportion de grands poissons par groupe d'espèces
	Espèces-cibles particulières ^a : becs et bossus pêchés, chirurgiens pêchés, perroquets, dawa, saumonées, picot kanak, siganidés

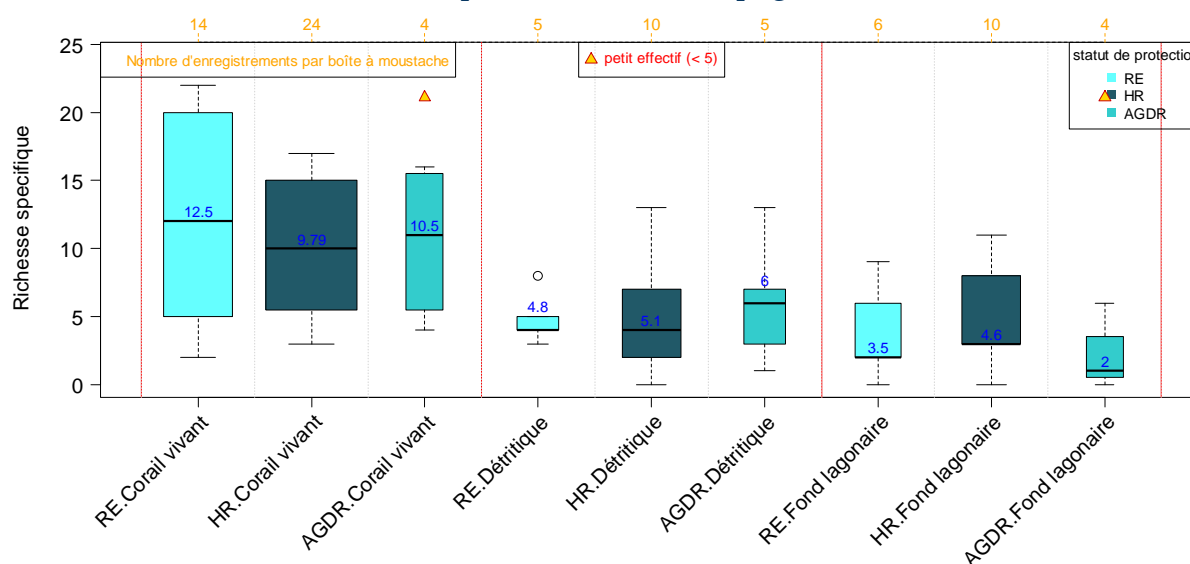
^a Densité d'abondance ou fréquence : La fréquence d'occurrence de l'espèce ou du groupe d'espèces quand l'abondance est trop faible pour les analyses statistiques.

14.8. Annexe 8. Exemple de fiche indicateur : la richesse spécifique (RS) par unité d'observation

Lien avec les objectifs et actions de gestion

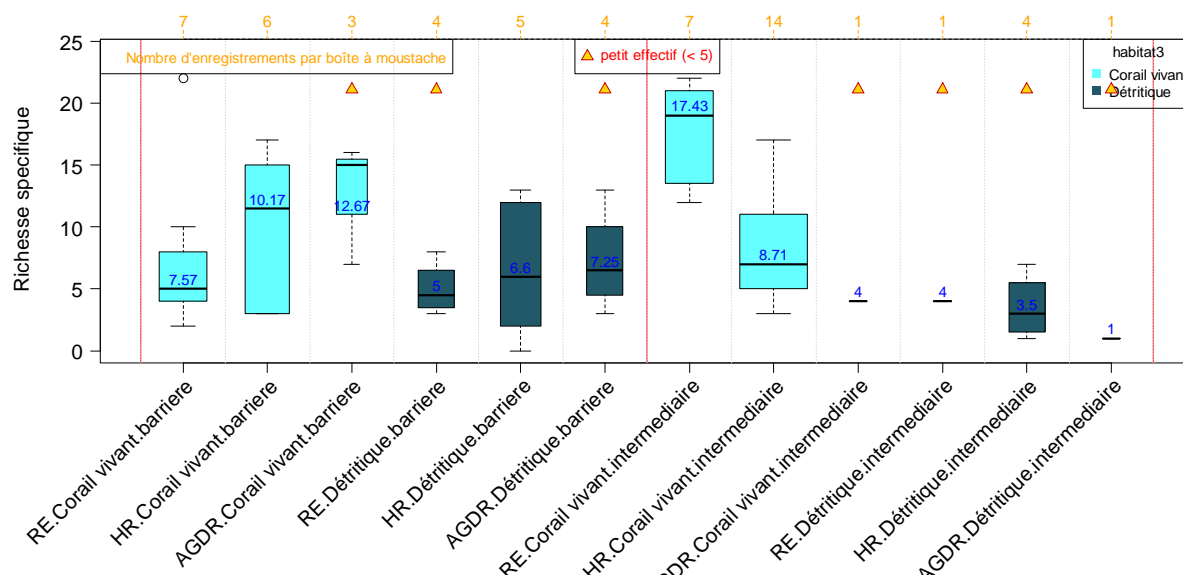
But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectif	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La richesse spécifique par station quantifie la diversité des espèces observées (surface et durée d'observation doivent être standardisées). Elle est d'autant plus élevée que l'état de santé du peuplement est bon. Elle dépend aussi de l'habitat.

Calcul de la métrique : Nombre d'espèces observées par station dans un rayon de 10 m autour de la STAVIRO. Exemple de Pouebo, campagne 2012.



Tests statistiques et résultats

- La RS est plus élevée dans l'habitat Corail vivant que dans les deux autres.
- Sur l'habitat Fond lagunaire, signes de densité plus élevée hors réserve (formations coralliennes isolées)
- Sur l'ensemble des données : différences non significatives entre statuts de protection au sein de chaque habitat (GLM Gamma à 2 facteurs habitat et statut de protection)
- Analyse séparée pour la Réserve Pewhane (unité géomorphologique « Récifs Intermédiaires ») : sur l'habitat Corail vivant, la RS est significativement plus élevée en réserve (RE) que Hors Réserve (GLM Gamma, $p < 0.001$) (Figure page suivante).



Diagnostic (tendance non évaluée⁷)

Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • RS plus élevée dans l’habitat Corail vivant que dans les autres habitats • Habitat Corail vivant : RS plus élevée en RE (NS) • Habitat Fond lagonaire : RS plus élevée hors réserve (formations coralliennes isolées)(NS) • Différences non significatives selon le statut de protection ou l’habitat sur l’ensemble des données
	Réserve Pewhane : RS significativement plus élevée en RE sur habitat Corail vivant (p<0.001)

Codes couleurs attribués à titre indicatif et qualitatif en fonction des différences entre réserve et hors réserve.

Remarque : La définition des codes couleurs (grille de lecture, voir 9.2.7, p..45) dépend des objectifs de l’étude ; ici il s’agit d’évaluer la contribution des AMP au bon état de santé du peuplement de poissons.

⁷ Quand une seule année de données est disponible

Résumé français

- Ce guide présente les techniques de vidéo rotative STAVIRO et MICADO. Il s'adresse aux utilisateurs potentiels de ces systèmes, qu'ils soient gestionnaires, bureaux d'étude ou chercheurs. L'objectif est de rendre l'utilisateur aussi autonome que possible dans la mise en œuvre de la méthodologie.
- Le STAVIRO est un système de vidéo rotatif, panoramique, autonome, non appâté, destiné à réaliser des suivis et des études sur la biodiversité peu profonde (entre 0 et 50 mètres). Il permet d'observer l'habitat et la macrofaune vagile dans un rayon de 5 mètres et souvent d'une dizaine de mètres autour du système. Parce qu'il est rotatif, le STAVIRO permet d'obtenir une vision panoramique sans déformation de l'image par un grand angle. Le mode opératoire sur le terrain permet de réaliser rapidement de nombreuses stations (environ 20-25 stations par jour avec deux systèmes), sans plongeur, et par des personnes ne possédant pas de formation scientifique. Cette technique permet de couvrir des zones étendues et d'obtenir des données répliquées. Elle est adaptée au suivi spatial de zones potentiellement vastes. Depuis 2007, plus de 3000 stations STAVIRO ont été collectées en Nouvelle-Calédonie, et plusieurs centaines en Méditerranée, et plus récemment dans l'Océan Indien.
- Le MICADO est un système automatisé, pouvant capter les mêmes images que le STAVIRO, en restant en place pendant plusieurs jours. Il est posé en plongée de préférence et les heures des séquences sont programmables. Depuis 2008, plus de 1200 séquences ont été collectées en Nouvelle-Calédonie et une centaine en Méditerranée. Ce système est adapté au suivi temporel d'une station et permet d'observer l'activité et les comportements de la macrofaune.
- L'analyse des images est réalisée indépendamment des campagnes, et nécessite une formation à l'identification des espèces de poisson. Les analyses peuvent facilement être vérifiées et validées par des experts.
- Les observations permettent de caractériser et quantifier les peuplements de poissons et l'habitat (recouvrements abiotiques et biotiques) autour de la station.
- Les données sont utilisées pour calculer des indicateurs qui peuvent être analysés statistiquement, par ex. avec l'outil de calcul PAMPA, librement disponible ainsi que le guide qui l'accompagne.
- Plusieurs outils ont été mis au point et sont disponibles pour faciliter la mise en œuvre de la technique : fichiers-types (feuille de terrain, masque de saisie sous Excel, scripts de mise au format PAMPA sous R, listes d'espèces, etc.).
- Les indicateurs sont représentés sur des cartes, accessibles par ex. sur le serveur Sextant de l'Ifremer (<http://sextant.ifremer.fr>). La bancarisation des données sous Quadriga et plus particulièrement sur la Base de données Récifs est en cours.

Biodiversité côtière; Ichtyofaune; Habitat; Vidéo sous-marine; STAVIRO; MICADO; Evaluation; Suivi; Indicateur; PAMPA; Serveur de cartes; Sextant.

English abstract

- This guide depicts the STAVIRO and MICADO rotating video techniques. It is intended for potential users, whether, environmental managing bodies, academics and other scientists.
- The STAVIRO is a remote underwater unbaited video system for monitoring and studying shallow biodiversity, mostly in coastal areas (between 0 and 50 m). It enables observing habitat and vagile macrofauna within a 5m (and often 10 m) distance around the system. Because it rotates, the STAVIRO enables a panoramic view without distorting image due to wide angle. Many stations can be achieved quickly (ca. 20-25 stations per day with two systems) without the need for divers, and field work does not require a scientific background. It allows to survey extended areas and to replicate observations; it is thus adapted to spatial monitoring of potentially vast areas. Since 2007, more than 3000 STAVIRO stations have been collected in New Caledonia, several hundreds in the Mediterranean, and more recently in the Indian Ocean.
- The MICADO is an automatic system that can record the same images as the STAVIRO while remaining in place for several days. It is preferably posed by divers. Recording times are programmed; they depend on study objectives. MICADO is adapted to high frequency temporal monitoring, and it enables observing macrofauna activity and behavior. Since 2008, more than 1200 MICADO sequences have been recorded in New Caledonia, and ca. a hundred in the Mediterranean.
- Image analysis is achieved after field work; it requires being trained to fish species identification. Analyses can easily be checked and validated by an expert.
- Observations allow characterizing and quantifying fish communities (and other animals such as turtles) and habitat (biotic and abiotic cover) around the station.
- Data are used to compute indicators that are statistically analysed, e.g. using the PAMPA computing tool, which is freely available, with a user guide.
- Several utilities were developed to facilitate the implementation of the methodology (text files for data input on the field, species lists, Excel-based data input sheet, R scripts for formatting data, etc.)
- Indicators can be mapped, e.g. using the Ifremer Sextant server (<http://sextant.ifremer.fr>). Data will soon be stored in an accessible and interoperable database (Quadrige, BR Récifs).

Coastal biodiversity; Fish communities; Habitat; Underwater video; STAVIRO; MICADO; Monitoring and assessment; Indicator; PAMPA; Map server; Sextant.