



Station STARESO
Pte de la Revellata – BP 33 – 20260 Calvi
(Corse) - FRANCE
Tel : +00 33 (0)6 86 22 32 61
Email : basemarine@stareso.com
Site web : www.stareso.com

Décembre 2020

Etude de l'influence de la plongée sous-marine sur le milieu marin en baie de Calvi

*Office Français de la Biodiversité
Direction Inter Régionale de la Mer Méditerranée*



Etude de l'influence de la plongée sous-marine sur le milieu marin en baie de Calvi

Etude commandée par :
L'Office Français de la Biodiversité et la Direction InterRégionale de la Mer Méditerranée

Le groupement STARESO s'articule de la manière suivante :

<u>Directeur de station :</u>	P. Lejeune – p.lejeune@stareso.com
<u>Responsable scientifique :</u>	M. Marengo – michel.marengo@stareso.com
<u>Responsable opérationnel :</u>	M. Leduc – m.leduc@stareso.com
<u>Analyses et rédaction du rapport :</u>	L. Iborra – laura.iborra@stareso.com
<u>Cartographie :</u>	L. Iborra – laura.iborra@stareso.com
<u>Biologistes et plongeurs (Classe IB et IIB) :</u>	A. Donnay – annick.donnay@stareso.com Q. Fontaine – quentin.fontaine@stareso.com L. Fullgrabe – lovina.fullgrabe@stareso.com L. Iborra – laura.iborra@stareso.com M. Leduc – m.leduc@stareso.com M. Marengo – michel.marengo@stareso.com M. Patrissi – michela.patrissi@stareso.com T. Severin – tatiana.severin@gmail.com

Nous souhaitons vivement remercier l'Office Français de la Biodiversité et la Direction InterRégionale de la Mer Méditerranée de nous avoir donné l'opportunité de réaliser cette étude.

Merci à I Sbulca Mare.

Nos remerciements chaleureux aux structures de plongée de Calvi (**Hippocampe plongée, EPIC, A Piaghja Diving Calvi, Calvi plongée et Castille**) qui ont participé à cette étude, ont accueilli favorablement chacune de nos requêtes et nous ont accordé toute leur confiance. Merci à tous les plongeurs de passage qui ont accepté de répondre à nos questionnaires.

Cette étude doit être citée sous la forme :

Iborra L., Leduc M., Patrissi M., Séverin T., Donnay A., Fullgrabe L., Marengo M. & Lejeune P. (2020) – Etude de l'influence de la plongée sous-marine sur le milieu marin en baie de Calvi. Contrat OFB/DIRMM/STARESO, 61pp.

SOMMAIRE

Contexte et objectifs de l'étude	6
Méthodologie.....	8
1. Caractérisation de la pression de plongée sous-marine	8
1.1 Evaluation quantitative	8
1.2 Evaluation qualitative	9
2. Caractérisation des impacts potentiels de la plongée sous-marine sur le milieu.....	10
2.1 Suivi ichtyologique.....	10
2.2 Suivi gorgonaire	11
3. Etat des connaissances et sensibilisation des plongeurs	12
Etude de la fréquentation	14
1. Analyse des feuilles de sécurité.....	14
2. Analyse des photographies	16
Etude comportementale des plongeurs.....	18
1. Comparaison entre les comportements des plongeurs observés par les clubs et ceux observés par STARESO	18
2. Analyse des comportements observés par STARESO	19
3. Typologies des plongeurs	22
Impact des plongeurs sur la communauté ichtyologique	24
1. Influence des plongeurs sur la densité des poissons	24
2. Influence des plongeurs sur la biomasse des poissons	25
3. Influence des plongeurs sur le mérrou brun (<i>Epinephelus marginatus</i>).....	26
4. Analyse à partir de la caméra 360°	27
Suivi des gorgones.....	30
1. Evolutions temporelles des nécroses gorgonaires	30
1.1. Gorgone jaune <i>Eunicella cavolini</i>	30
1.2. Gorgone pourpre <i>Paramuricea clavata</i>	31
2. Suivi des gorgones avant/après impact	33
2.1. Analyse du taux de nécrose.....	33
3. Vagues de chaleur sous-marines	34
3.1. Evolution temporelle	34
3.2. Evolution bathymétrique	34
4. Analyse de la longueur des segments	36
Sensibilisation des plongeurs.....	40
1. Sensibilisation des plongeurs	40

2. Attentes des plongeurs	41
Conclusions	42
BIBLIOGRAPHIE.....	45
ANNEXES	51
Annexes 1 : Enquête plongeur - I Sbuleca Mare	51
Annexe 2 : Enquête plongeur - STARESO	54
Annexe 3 : Liste des espèces recensées	56



1

Contexte et objectifs de l'étude

Depuis 2011, la mise en œuvre de la Directive Cadre communautaire « Stratégie pour le Milieu Marin » (DCSMM 2008/56/CE) a donné lieu à l'élaboration de « Plans d'Action pour le Milieu Marin » (PAMM) à l'échelle des sous-régions marines. Parmi les mesures du PAMM, une d'entre elles vise spécifiquement la question de la pratique de la plongée sous-marine (mesure M031-Med2) et a pour objectif environnemental de « Renforcer la conservation des zones de coralligène et des zones d'herbiers » et « Maîtriser la pression des usages maritimes sur le milieu en développant l'organisation spatiale des usages ». L'Office Français de la Biodiversité (OFB), en lien avec la Direction InterRégionale de la Mer Méditerranée (DIRM) ont porté la mise en œuvre de cette mesure à l'échelle de la façade depuis 2015 avec l'appui d'autres organismes publics. La première étape a permis de dresser un état des connaissances précisant le bilan de la pratique de ces activités de plongée subaquatiques en façade, décrivant un bilan des connaissances sur les impacts de ces activités, et proposant une classification et une priorisation des sites.

Selon Halpern et al., (2007) l'impact (positif ou négatif) d'une pression sur une espèce ou un écosystème peut être évalué par la vulnérabilité de l'écosystème face à cette menace. Il convient donc d'évaluer la vulnérabilité de l'écosystème en considérant

l'échelle spatiale, la fréquence et l'ensemble des modifications de l'environnement face à la pression étudiée. Pour cela, il est nécessaire de caractériser cette pression qualitativement (comment se traduit la pression identifiée ? comment se caractérise-t-elle ? agit-elle de manière directe, indirecte et/ou cumulée ?), quantitativement (quelle est l'intensité de la pression ? quelle est sa fréquence ?) et fonctionnellement (quelles sont les réponses de l'écosystème face à cette pression ? de quelle manière et à quel niveau influence-t-elle l'écosystème ?). Enfin, cela est à pondérer en fonction de la résistance et de la résilience de l'écosystème face à cette pression.

Les impacts de la plongée sous-marine étudiés ces dernières années, ont permis d'établir une liste de nuisances liées à cette activité : l'ancrage des bateaux supports de plongée (Musa and Dimmock, 2012; Roche et al., 2016; Roupheal and Hanafy, 2007; Zainal Abidin and Mohamed, 2014), les contacts des plongeurs avec le fond (Di Franco et al., 2009; Dimmock and Musa, 2015; Luna et al., 2009; Milazzo, 2011; Milazzo et al., 2006, 2002), la remise en suspension de sédiments (Barker and Roberts, 2004; Camp and Fraser, 2012; Di Franco et al., 2013, 2010), le bruit généré par l'activité (bulles) (Lindfield et al., 2014; Lobel, 2001; Lobel and Hole, 2005; Parrish and Pyle, 2002; Radford et al., 2005; Sieber and Pyle, 2010), la

modification du comportement des poissons (dérangement, nourrissage volontaire ou non), la photographie, l'éclairage sous-marin etc. Ces pratiques sont autant de comportements pouvant altérer l'état de conservation d'un site de plongée (Rouanet et al., 2017, Bravo et al., 2015; Di Franco et al., 2009; Dickens et al., 2011; Floros et al., 2013; Guidetti et al., 2008; Hammerton, 2017; Schmidt et Gassner, 2006; Watson and Harvey, 2007).

Néanmoins, l'activité de plongée sous-marine induit aussi des impacts positifs. Tout d'abord un aspect socio-économique important qui s'est développé ces dernières décennies (Asafu-Adjaye et Tapsuwan, 2008; Dalias et al., 2007, Davis and Tisdell, 1996; Oh et al., 2008). En effet, l'activité est un véritable vecteur d'emploi, de tourisme et donc d'économie mais également de social en promouvant par le biais du ministère des sports, une hygiène de vie, une éducation, un lien social, etc. (Rouanet et al., 2017). De plus, les plongeurs sont généralement des amoureux du milieu marin et donc des sentinelles de la mer avec des connaissances qui peuvent se révéler utiles aux sciences participatives (Doris de la FFESSM, BioObs, etc.) mais aussi à la détection d'anomalies ou au signalement d'espèces envahissantes, par exemple (Réseau Alien). Enfin, la plongée sous-marine est un précieux outil pour la sensibilisation des citoyens et du grand public. Jacques-Yves Cousteau disait « On aime ce qui nous a émerveillé, et on protège ce que l'on aime. », ainsi la plongée sous-marine permet de faire découvrir le milieu marin et ses richesses mais également ses vulnérabilités au grand public dans l'objectif de pouvoir mieux le conserver et le protéger.

La deuxième étape du PAMM consiste désormais à qualifier et quantifier les activités de plongée subaquatiques afin de réduire les impacts sur le milieu marin tout en renforçant la cohabitation des différents usagers. Les informations recueillies permettront ainsi de définir une gestion durable des activités de plongée subaquatiques en les rendant compatibles avec les enjeux de conservation du milieu marin. Pour cela, STARESO a développé le

projet DIVE IMPACT, en partenariat avec 3 clubs de plongée de Calvi (Hippocampe plongée, EPIC et A Piaghja Diving Calvi) ainsi que l'association I Sbuleca Mare, acteur local de la sensibilisation à l'environnement depuis 17 ans. Ce projet a pour objectif de mieux connaître les caractéristiques qualitatives et quantitatives des activités de plongée en baie de Calvi, de manière à :

1. quantifier de façon précise la fréquentation des différents sites de plongée de la baie de Calvi ;
2. évaluer les impacts positifs et négatifs de l'activité, grâce à une étude du comportement des plongeurs, un suivi ichtyologique et un suivi des espèces dressées (gorgones), pour enfin ;
3. développer la sensibilisation à l'environnement des pratiquants et des employés de clubs de plongée.

Pour ce faire, le projet DIVE IMPACT est mené en baie de Calvi, un site qui abrite une grande diversité d'habitats et d'espèces marines, qui en fait sa renommée mais qui le rend également très prisé des plongeurs. En effet, une étude réalisée en 2017 (Rouanet et al., 2017), sur l'état des connaissances des activités de plongée subaquatiques sur la façade méditerranéenne, révèle une fréquentation élevée sur deux baies en Corse (Calvi et Propriano), réputées pour leur richesse et leur beauté.

Les conclusions apportées et les solutions proposées dans cette étude pourront ainsi servir de référence au niveau régional en Corse et plus largement à l'ensemble de la façade méditerranéenne française.

2

Méthodologie



1. Caractérisation de la pression de plongée sous-marine

1.1 Evaluation quantitative

L'évaluation de la fréquentation des sites de plongée est réalisée sur l'ensemble de la baie de Calvi, où 19 sites de plongée ont été recensés. L'évaluation quantitative de la fréquentation des activités de plongée subaquatique s'est basée sur 2 méthodologies distinctes, l'une par l'analyse des feuilles de sécurité des structures de plongée, l'autre par analyse photographique.

1.1.1 Suivi par feuilles de sécurité

Un suivi quantitatif de la fréquentation par l'analyse des feuilles de sécurité des clubs de plongée de Calvi a été réalisé. A cet effet, les 6 clubs de plongée présents sur Calvi ont accepté de nous fournir l'intégralité de leurs feuilles de sécurité pour la saison 2019 (Avril – fin Septembre). Au total, 1785 feuilles de sécurité ont été acquises. Ces données ont permis d'évaluer le nombre de plongées effectuées chaque jour et d'établir les sites les plus fréquentés de la baie en corrélation avec le niveau des plongeurs.

1.1.2 Suivi par photographies

Une attention particulière a été portée sur le site de la Revellata, le plus réputé, où les suivis gorgonaires et ichtyologiques ont également été effectués. Ce suivi quantitatif spécifique sur le site de la Revellata a été réalisé par acquisition photographique permettant ainsi de quantifier finement la fréquentation du site que ce soit par les clubs de plongée de Calvi, les clubs extérieurs, les plongeurs autonomes, les pêcheurs professionnels et récréatifs, etc. Pour ce faire, un dispositif expérimental photographique muni d'une caméra terrestre fixée à flanc de falaise sur la pointe de la Revellata a photographié le site toutes les 10 minutes, nuit et jour entre le 5 avril 2019 et le 24 septembre 2019 (Figure 1).



● 39 °C 102 °F 2019/07/26 10:04:35

Figure 1: Photographie du site de plongée de la Revellata, effectuée à l'aide du dispositif expérimental photographique.

1.2 Evaluation qualitative

1.2.1 Caractérisation des plongeurs

L'évaluation qualitative se base d'abord sur la caractérisation des pratiquants et sur leurs perceptions de l'activité. Pour ce faire, des enquêtes type « interview/questionnaire » ont été réalisées auprès d'un échantillon de pratiquants. Cette enquête permet d'apporter des éléments de connaissances sur la typologie de plongeurs fréquentant la zone, la perception des usagers (qualité des sites, signes de dégradation, d'amélioration, conflits d'usages), leur prise en compte des aspects environnementaux relatif à leur activité, etc.

Ces enquêtes ont été réalisées au moins une fois par semaine à la sortie de plongée dans un des 3 clubs de plongée partenaires du projet (Figure 2 et annexes 1 et 2). Les enquêtes réalisées par STARESO, visant à recueillir la perception immédiate des pratiquants à l'issue de leur plongée, sont de type « directives » avec des questions fermées sous forme de QCM. En complément, les enquêtes de l'association I Sbuleca Mare, ont été menées de manière « semi-directives » afin de ne pas trop influencer les réponses.



Figure 2 : Stand de sensibilisation de l'association I Sbuleca Mare devant le club de plongée Diving Calvi A piaghja, en août 2019.

1.2.2 Comportements des plongeurs

Afin d'évaluer l'impact des plongeurs sur le milieu marin, il convient également d'observer la manière dont ils se comportent sous l'eau.

Pour ce faire 2 méthodologies ont été mises en place :

- l'observation des plongeurs par les moniteurs des clubs de plongée partenaires du projet : les moniteurs avaient pour consignes (suite à une réunion avec eux avant saison) que l'observation se fasse de manière discrète sans que les plongeurs en soient préalablement informés afin que leur comportement ne soit pas influencé. L'observateur garde alors une distance d'environ 5 m (qui a pu être adaptée en fonction de la visibilité) avec le plongeur observé. Afin que les données soient comparables avec les études similaires ayant déjà été réalisées (Barker and Roberts, 2004; Roupheal and Inglis, 2001, 1997; Zakai and Chadwick-Furman, 2002, Roberts et Harriott, 1994 ; Prior et al., 1995 ; Harriott et al., 1997), la durée d'observation a été fixée à 10 minutes par plongeur. Des plaquettes immergeables ont été remises aux moniteurs des clubs de plongée partenaires de Calvi (Figure 3) afin qu'ils relèvent le nombre de contacts avec le substrat ou la faune/flore réalisé par le plongeur. Puis le contact observé a été précisé et répertorié selon le type de contact : direct/indirect, volontaire/involontaire, la partie du corps ou l'instrument (Toyoshima et al., 2015). Les poursuites de poissons ou les prélèvements d'espèces sont également comptabilisés. Des données générales telles que le niveau du plongeur observé, le courant, la visibilité sont aussi relevées. Les trois clubs de plongée partenaires ont effectués les observations sur un total de 197 plongeurs.

Heure de la plongée / DIVE		2021/05/04	
Paramètres de la plongée (temps, profondeur)		25 min / 50'	
Courant		OUI	NON
Visibilité		BONNE	MAUVAISE
Nombre de plongeurs dans la palanquée		4	
Niveau des plongeurs		E1	
Plongeur avec appareil photo		OUI, comment ?	NON
Eq. libération du plongeur observé		BONNE	MAUVAISE
Substrat touché		OUI	NON
Fréquence		1 fois / 1 à 5 fois / 5 à 10 fois / Plus de 10 fois	
Si oui, de manière :		Volontaire / Involontaire	
		Directe	Partie du corps ? <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Indirecte	Instrument ? <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Faune et/ou flore touchées		OUI	NON
Fréquence		1 fois / 1 à 5 fois / 5 à 10 fois / Plus de 10 fois	
Si oui, de manière :		Volontaire / Involontaire	
		Directe	Partie du corps ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Indirecte	Instrument ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Si oui, quelle espèce :			
Poursuite de poisson :		OUI	NON
Si oui, quelle espèce :			
Prélèvement d'espèce (coquillage, algue...) :		OUI, quoi ?	NON

Figure 3 : Plaquette immergeable de suivi pour les moniteurs.

- l'observation des plongeurs par un scientifique de STARESO a été réalisée en complément durant la saison estivale, 1 fois par semaine. Le scientifique plongeait alors parmi les clients des structures de plongée (avec leur accord). L'identité de la personne est tue, méthode dite/nommée « incognito » et la plongée est effectuée tout en observant les plongeurs de la palanquée et en notant les comportements observés. À l'issue de la plongée, après explication de l'étude aux plongeurs observés, il leur est demandé de remplir un rapide questionnaire (Annexe 2) permettant de caractériser les différents profils de plongeurs (âge, catégorie socio-professionnelle, niveau, nombre de plongées, etc.) et leurs perceptions vis-à-vis de la plongée effectuée.

2. Caractérisation des impacts potentiels de la plongée sous-marine sur le milieu

2.1 Suivi ichtyologique

L'étude de l'influence des plongeurs sur les communautés de poissons est réalisée au bout de la pointe de la Revellata, site très fréquenté par les clubs de plongée en période estivale. Le substrat majoritaire est ici caractérisé par du coralligène.

Le site étant très poissonneux, avec aussi bien la présence de petites espèces (*Symphodus* sp.) que de grandes espèces pélagiques (denti *Dentex dentex*, mérou *Epinephelus marginatus*, daurade royale *Sparus aurata*), les comptages ont dû être adaptés afin d'éviter les biais liés aux protocoles. Il y a donc :

- d'une part, des comptages par transects où toutes les espèces présentes en Annexe 3 sont comptabilisées et leurs tailles évaluées (à 2 cm près). Trois répliqués se font sur la zone des 30 m et trois répliqués sur la zone 15 m. Les transects sont de 25 m de long sur 4 m de large.
- d'autre part, les comptages par points fixes où seulement les espèces

pélagiques sont comptabilisées (en bleues dans l'Annexe 3) dans un rayon de 10 m. Les points fixes sont répartis à différentes profondeurs (18 m, 20 m, 28 m et 30 m) afin d'évaluer si la répartition bathymétrique des poissons évolue avec l'arrivée des clubs de plongée sur le site.

Ces comptages se font, le même jour, avant l'arrivée des clubs de plongée sur le site (1^{er} comptage de 7h45 à 8h30) et sont renouvelés une deuxième fois, après l'arrivée des clubs de plongée sur le site (2^{ème} comptage de 9h30 à 10h15). Ils sont réalisés 3 fois par mois en Juillet/Août/Septembre.

Afin de compléter les observations, une caméra 360° est positionnée sur le site, à 18 m de profondeur, au niveau d'un passage fréquenté par les plongeurs loisir dans le but d'observer la réaction des poissons face aux plongeurs et particulièrement celle du mérou brun (*Epinephelus marginatus*).

Le mérou est une espèce patrimoniale et commerciale emblématique de Corse. Cette espèce classée EN (« En Danger ») sur la liste rouge mondiale de l'UICN est également inscrite en Annexes II de la convention de Barcelone et de Berne. Depuis 1993, un moratoire sur le mérou a permis de le protéger de la pêche récréative. Ce moratoire est toujours en cours d'actualité jusqu'en 2023. Il revêt donc une importance particulière de continuer à suivre finement l'évolution des populations de mérous et les pressions qui pourraient leurs êtres néfastes. Sur le site de la Revellata, des comportements reproducteurs ont été observés dès 1997. Cependant, il a été démontré que cette activité sexuelle au cours de la journée était perturbée par la présence de plongeurs. De plus, les mérous ont tendance à descendre plus en profondeur lorsque la fréquentation du site augmente (Pelaprat, 2000). Dans le cadre de ce projet, il a donc été décidé de porter une attention spécifique au mérou et à sa réponse face aux plongeurs afin de réactualiser ces premiers résultats et d'en suivre l'évolution. Pour ce faire, la taille, la profondeur et la réaction du mérou observé face au plongeur est estimée selon 5 typologies de comportement (Pelaprat, 2000) :

- A : fuite lointaine, l'individu s'éloigne à plus de 10 m,
- B : fuite proche, l'individu fait un écart mais reste à proximité (< à 10 m),
- C : attraction, l'individu s'approche du plongeur,
- D : l'individu reste indifférent au passage du plongeur et ne change rien à son comportement,
- E : l'individu change de position pour pouvoir observer le plongeur sans déplacement important.

En complément, les réactions des mérours sont systématiquement notées lors des plongées effectuées dans le cadre d'autres études réalisées par STARESO.

2.2 Suivi gorgonaire

Il est connu que la plongée sous-marine a pour effet une action mécanique sur le milieu marin. Les contacts répétés des plongeurs ou de leurs matériels sur le substrat provoquent des abrasions plus ou moins importantes qui ont pour conséquence de modifier et impacter les communautés benthiques (Riviere et al., 2016). Une dégradation du milieu qui conduit inéluctablement à un appauvrissement biologique des fonds (Dalias et al., 2007).

Dans le cadre de ce projet, un suivi particulier est apporté sur le site de la Revellata qui présente un biotope de type majoritairement coralligène. Les communautés coralligènes sont de véritables *hot spot* de biodiversité (Linares et al., 2010) et il est ainsi impossible de réaliser un suivi de l'ensemble de la biodiversité associée. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des espèces indicatrices de ce biotope. Les études en Méditerranée s'intéressant au suivi du coralligène sont généralement axées sur des espèces bio indicatrices telles que le bryozoaire orange *Pentapora fascialis* (Garrabou et al., 1998, Sala et al., 1996), la gorgone blanche *Eunicella singularis* (Ponti et al., 2014, Blouet et al., 2006 : Bonhomme et al., 2006) ou encore la gorgone pourpre *Paramuricea clavata* (Linares et al., 2010, Coma et al., 2004, Harmelin et Garrabou, 2005).

Dans le cadre du projet DIVE IMPACT, deux espèces de gorgones, la gorgone jaune *Eunicella cavolini* (Koch, 1887) et la gorgone pourpre *Paramuricea clavata* (Risso, 1826), sont suivies. Ces deux espèces ont une répartition bathymétrique relativement similaires comprise entre 10 et 100 m de profondeur, toutefois la gorgone pourpre se rencontre généralement dans des eaux plus profondes que la gorgone jaune (Dumas et al., 2018, Harmelin et al., 2008). Ainsi, les deux espèces sont présentes verticalement sur l'ensemble du site de plongée de la Revellata qui s'étend entre 0 et 40 m de profondeur. De plus, chaque espèce présente une sensibilité, une vulnérabilité et une résistance particulière, l'évaluation de l'impact potentiel de la plongée sous-marine peut donc être plus pertinente et précise si ces deux espèces bio-indicatrices sont suivies simultanément (Francour et Koukouras, 2010). Enfin, sur le site de la Revellata, le substrat coralligène est majoritairement caractérisé par des faciès à gorgones jaunes et pourpres et ont déjà fait l'objet de suivi dans le cadre d'études antérieures menées par STARESO en 2004 et 2014.

Pour ce faire, dans un premier temps et afin de réactualiser les données biométriques acquises en 2004 et 2014 sur le site de la Revellata, les colonies de gorgones ont été mesurées par tranches bathymétriques (0-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 30-40 m), le taux de nécroses estimé et la datation des nécroses effectuées, tels que :

- le taux de nécrose selon 5 classes : <10 %, [10-25 %], [25-50 %], [50-75 %], [75-100 %] et 100 % ;
- la datation des nécroses à partir du stade de recolonisation par les épibiontes, selon 3 typologies : type A = axe dénudé d'une colonie indiquant un dommage récent d'environ 1 mois ; type B = axe colonisé par des espèces pionnières d'épibiontes (e.g. algues filamenteuses, hydrozoaires) datant un dommage entre 1 et 12 mois ; type C : présence de multiple espèces et/ou des espèces à croissance

lente indicatrices d'un dommage ≥ 1 an (Harmelin et al., 1999; Linares et al., 2005; Sini et al., 2015);

Dans un second temps, le suivi s'est fait selon un échantillonnage avant et après l'impact étudié, ici avant et après la saison estivale pour étudier l'influence de la plongée sous-marine. Des quadrats aléatoires ont donc été positionnés avant la saison, et les gorgones ont été mesurées et photographiées. Les photographies comparées avant et après saison ont permis de déterminer si des gorgones ont été cassées ou endommagées à l'issue de la saison.

3. Etat des connaissances et sensibilisation des plongeurs

Cette partie a été menée par l'association I Sbuleca Mare. Des demi-journées de sensibilisation ont été organisées pendant les mois de juillet et août devant l'ensemble des clubs de plongée partenaires pour permettre :

- un état des lieux des connaissances des plongeurs sur la biodiversité et sur leurs impacts potentiels sur le milieu au travers d'enquêtes auprès des plongeurs ;
- d'identifier les impacts négatifs et sensibiliser les plongeurs pour améliorer leurs comportements (contacts avec le milieu, manière d'observer et d'approcher les espèces, etc.)
- aux plongeurs de prendre conscience également des impacts positifs et leur proposer d'assurer un rôle de « sentinelle » en partageant les observations utiles. Les entretiens avaient pour but de rendre les plongeurs acteurs de la préservation de la biodiversité en les engageant à partager leurs connaissances. Cet engagement pourra être mené à l'aide d'outils de sciences participatives (réseau Alien, BioObs,..).

Les enquêtes réalisées auprès des pratiquants ont été effectuées en juillet et août 2019 et 2020 (Tableau 1). Au total, 146 personnes ont été interrogées par I Sbuleca Mare (Tableau 1).

Aucune personne sollicitée n'a refusé de répondre.

Tableau 1: Dates des interventions de l'association I Sbuleca Mare et nombre de personnes interviewés à ces occasions.

2019			
Dates		Juillet	Août
Diving		3, 11 et 24	1, 14 et 22
Hippocampe		4, 17 et 25	7, 15 et 28
EPIC		10, 18 et 31	8, 21 et 29
Nb de personnes questionnées et sensibilisées	Diving	15	22
	Hippocampe	11	12
	EPIC	13	15
Total		39	49
2020			
Dates		Juillet	Août
Diving		9 et 21	10 et 20
Hippocampe		23	3, 17 et 31
EPIC		16 et 27	6 et 24
Calvi plongée		20	13 et 27
Nb de personnes questionnées et sensibilisées	Diving	4	11
	Hippocampe	4	11
	EPIC	7	8
	Calvi plongée	4	9
Total		19	39



3

Etude de la Fréquentation

1. Analyse des feuilles de sécurité

Au total, 21445 plongeurs ont été recensés pour l'année 2019 pour les six clubs de Calvi sur l'ensemble des sites fréquentés. L'évolution journalière du nombre de plongeurs a permis de définir le pic saisonnier ainsi que l'avant-saison et l'après-saison (Figure 4). Au sein de la saison estivale (juillet-août), la fréquentation est particulièrement marquée du 17 juillet au 21 août avec un nombre moyen de 303 plongeurs par jour, et un maximum de 481 plongeurs atteint le 20 août.

L'avant-saison s'étend du 8 avril au 30 juin, avec 44 plongeurs en moyenne par jour et un maximum de 140 plongeurs atteint le 25 juin. L'après-saison s'étend du 1^{er} septembre au 1^{er} novembre avec une moyenne de 47 plongeurs par jour et un maximum de 200 plongeurs atteint le 2 septembre. Le site de la Revellata présente un nombre moyen de plongeurs en saison de 82 plongeurs contre 39 plongeurs à Saint-François et moins de 30 pour les autres sites de plongées de la zone (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre de plongeurs moyens avant, pendant et après saison sur les principaux sites de plongée fréquentés.

	Avant-saison	Saison	Après-saison
Revellata	17	82	20
Saint-François	18	39	6
Sec des belges	18	29	7
B17	8	24	9
Punta Bianca	12	15	24
Bibliothèque	4	17	9

14

Pour cette analyse, 194 plongeurs n'ont pas été pris en compte car il n'y avait pas de date sur la feuille de sécurité associée. La variation du nombre de plongeur est cyclique, avec une diminution importante du nombre de plongeurs tous les sept jours, imputable à la fermeture hebdomadaire de certains clubs de Calvi qui prennent un jour de repos le dimanche (Figure 4).

Les analyses ont révélé la fréquentation de 19 sites de plongées. 5574 plongeurs n'ont pas de site attribué (non-indiqué sur les feuilles de sécurité). Pour l'année 2019, les sites les plus

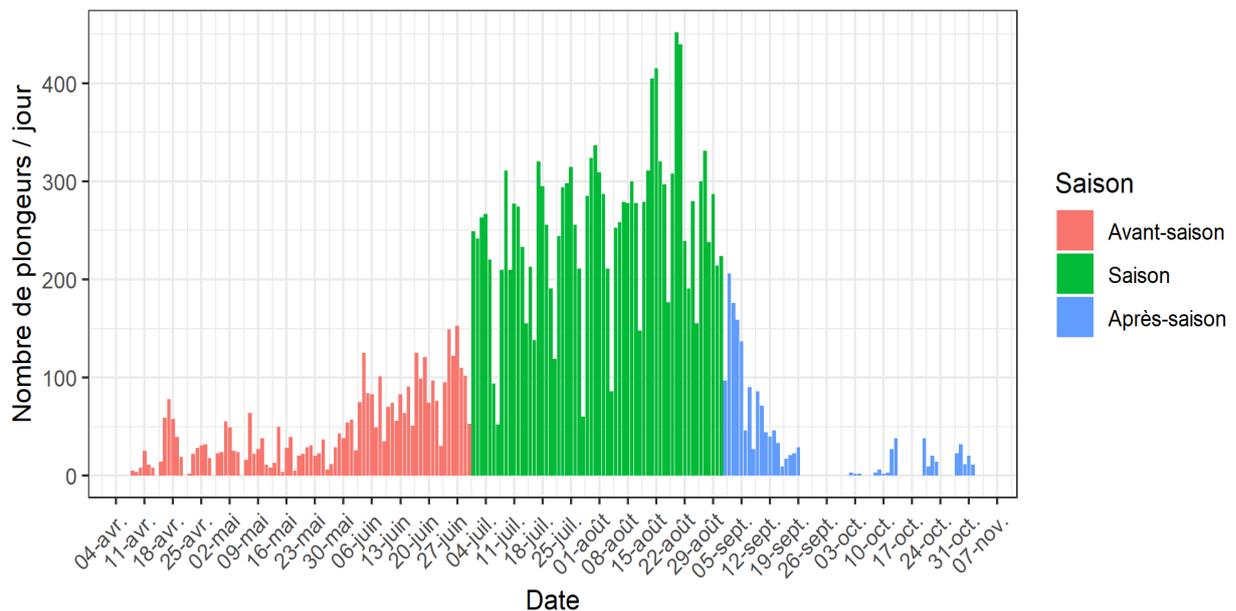


Figure 4 : Evolution journalière du nombre de plongeurs recensés sur l'ensemble des sites de plongée de la zone d'étude à partir des feuilles de palanquées.

fréquentés sont la Revellata (6534 plongeurs), Saint-François (3121 plongeurs), le Sec des Belges (2316 plongeurs) et enfin le B17 (1991 plongeurs) (Figure 5). Ces quatre sites restent les plus fréquentés indépendamment de la période considérée.

15

Des différences de fréquentation en fonction du moment de la journée ont également été détectées. En effet, le site de la Revellata et celui du B17 sont plus fréquentés le matin alors que le Sec des Belges ou Saint-François présentent quant à eux une fréquentation similaire entre le matin et l'après-midi. Enfin, Saint-François est le site de plongée qui présente la plus grande fréquentation de nuit, liée à sa proximité avec le port de Calvi.

De manière générale, 60% des plongées ont été réalisées le matin, 39% l'après-midi et 1% de nuit. Sur les 21445 plongeurs recensés, 20958 présentent un niveau de plongée connu et lisible. En 2019, 13% des plongeurs étaient en formation, dont la plupart en formation Niveau 1 (32%). Les plongées de formation ont majoritairement lieu le matin, pendant le pic saisonnier et sur les quatre sites cités précédemment. Les niveaux de pratique les plus courants sont les baptêmes (4429 plongeurs), les niveaux 1 (1480 plongeurs), les niveaux 2 (1272 plongeurs) et les niveaux 3 (1028 plongeurs).

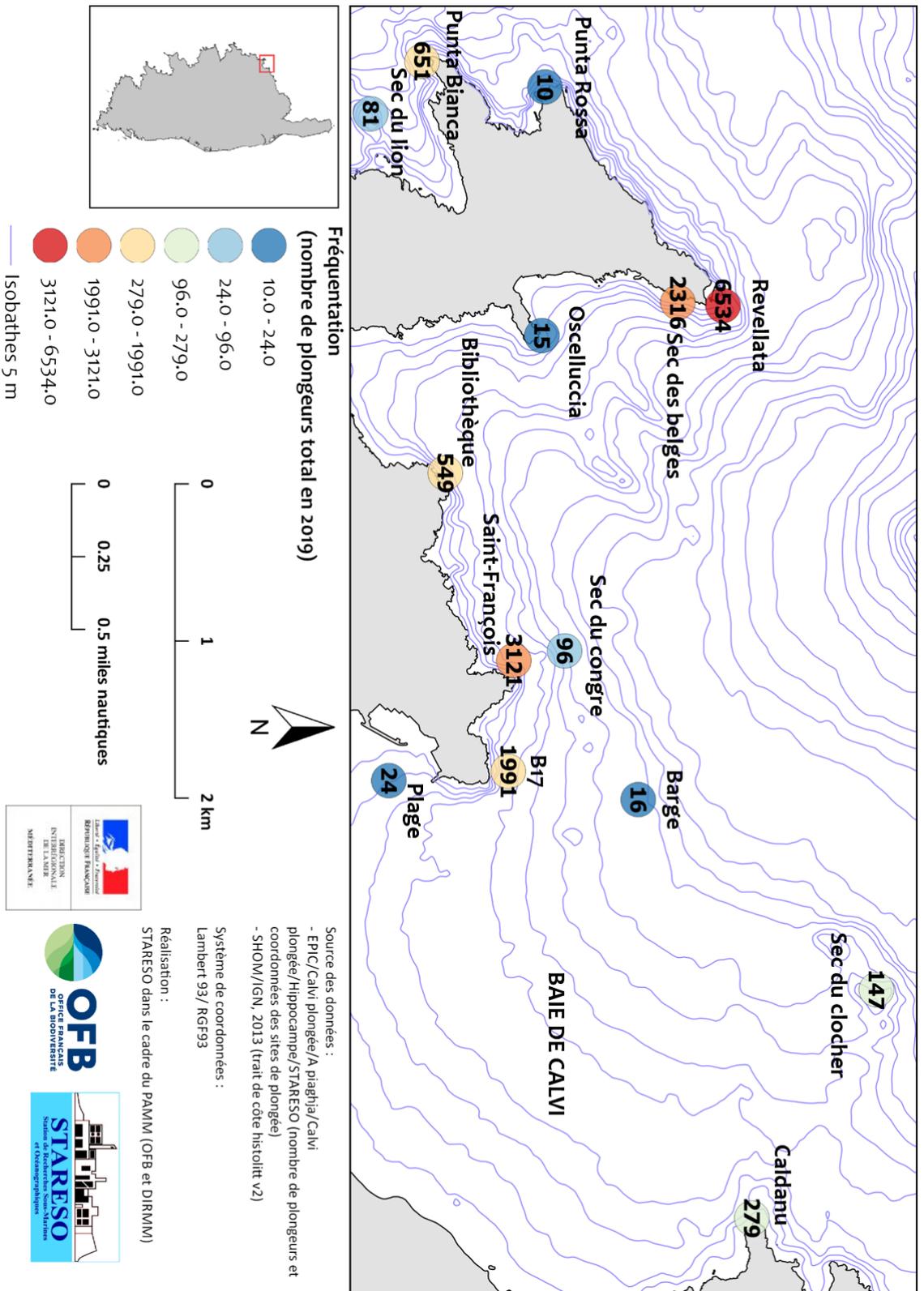


Figure 5 : Fréquentation 2019 des sites de plongée de Calvi, à partir des feuilles de sécurité des 6 structures de plongée de Calvi. Par souci de lisibilité, 14 sites sont indiqués sur la carte et 5 sites à faible fréquentation ont été omis : Scandola (23 plongeurs), Port de Stareso (6 plongeurs), Sec du mulet (5 plongeurs), Mur à langoustes (5 plongeurs) et le sec de Francky (2 plongeurs).

2. Analyse des photographies

L'acquisition photographique par la caméra terrestre située au bout de la pointe de la Revellata a fourni 24638 photographies. D'après les données issues des photographies du site de la Revellata, le nombre maximal de plongeurs et de bateaux de plongée en simultané sur le site de la Revellata, à savoir 70 plongeurs pour 8 bateaux, a été atteint le 13 août 2019 entre 9 et 10 heures. D'après les données issues des feuilles de sécurité, le nombre de bateaux est correct et le nombre de plongeurs était de 68 entre 9 et 10 heures.

Cependant, les photographies permettent difficilement d'estimer correctement le nombre de plongeurs, en effet la résolution et la distance de la prise de vue ne permettent pas de distinguer précisément tous les plongeurs et de s'assurer que les mêmes ne soient pas recomptés d'une photographie à l'autre. De plus, il est difficile de vérifier le nombre de plongeurs avec les feuilles de sécurité, car les horaires indiqués sur les feuilles de sécurité sont présents à titre indicatif. Par exemple, nos observations ont montré que lorsqu'une palanquée est indiquée à 10 h, en réalité les premiers plongeurs peuvent être à l'eau dès 9h30 et les derniers jusqu'à 11 heures. Les photographies étant réalisées toutes les 10 minutes, la comparaison est particulièrement délicate. Ainsi les chiffres sont difficilement comparables entre ces deux méthodes de comptabilisation et l'analyse des feuilles de sécurité nous semblent plus fiables.

Nous recommandons l'utilisation de l'outil photographique pour étudier le type de fréquentation du site, la fréquence des bateaux ainsi que les types de mouillages. Les feuilles de sécurité sont alors utiles en complément pour étudier avec précision le nombre de plongeurs par jour et par site de manière plus robuste.

Sur l'ensemble des bateaux observés sur les photographies, 2 % des bateaux au mouillage sur le site de la Revellata ont jeté l'ancre et cette pratique apparaît uniquement pendant la saison estivale. La plongée sous-marine est l'activité prépondérante sur le site, quelle que soit la période considérée. En effet, en 2019, la

proportion de bateaux de plongée était de 83 % en comparaison avec les bateaux de pêche récréative et professionnelle qui représentaient respectivement 14 et 3 %.

En revanche, le partage de l'espace ne se fait pas de la même manière au cours de l'année. En effet, les pêcheurs récréatifs sont observés de plus en plus fréquemment en saison. Cette augmentation progressive en juillet et août s'explique, d'une part, par les affluences touristiques et, d'autre part, par des conditions météorologiques plus favorables. Pour les pêcheurs récréatifs, la présence des clubs de plongée pourrait potentiellement les empêcher de pêcher sur le site en journée, en revanche cela ne les empêche pas de pêcher à l'aube ou en fin de journée, tranches de toute manière privilégiées par les pêcheurs récréatifs (étude en cours sur la pêche récréative en Balagne, réalisée par STARESO). En revanche, nous constatons que l'activité des pêcheurs professionnels sur le site est inversement proportionnelle au nombre de bateaux de plongées (Figure 6). En effet, au mois d'août (pic d'affluence de la plongée) seul 1 bateau de pêcheur professionnel a été observé sur le site. Les bouées des clubs ainsi que la présence des plongeurs, les empêchent potentiellement de caler ou de retirer leurs filets, ainsi les pêcheurs professionnels semblent privilégier d'autres sites.

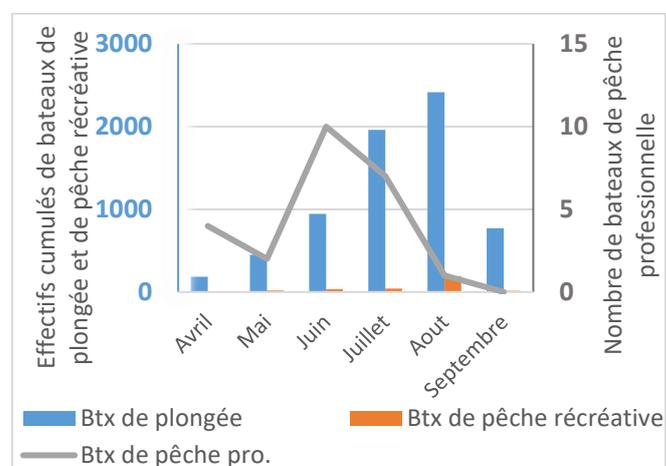


Figure 6 : Evolutions mensuelles du nombre de bateaux de plongée (en bleu), du nombre de bateaux de pêche récréative (en orange) et du nombre de de bateaux de pêche professionnelle (en gris), sur le site de la Revellata en 2019.



4

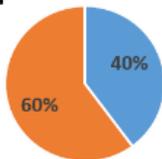
Etude comportementale des plongeurs

1. Comparaison entre les comportements des plongeurs observés par les clubs et ceux observés par STARESO

Les moniteurs des clubs de plongée ont permis l'observation de 138 plongeurs de tous niveaux. Leurs résultats montrent que 60 % des plongeurs n'ont pas de contact avec le milieu marin durant les 10 minutes d'observation. Lorsqu'il y a contact, dans 69 % des cas cela est fait de manière involontaire et 18 % de manière

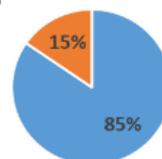
volontaire. Les résultats issus des plongeurs observés par STARESO montrent une tendance inverse avec 85 % des plongeurs qui ont au moins un contact avec le milieu durant les 10 minutes d'observation. Parmi les contacts, 36 % sont effectués de manière involontaire, 14 % de manière volontaire et 50 % des contacts sont une combinaison de contacts volontaires et involontaires (Figure 7).

Plongeurs observés par les clubs

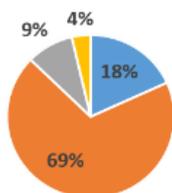


■ Contact ■ Pas contact

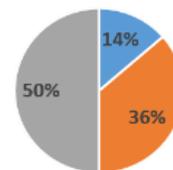
Plongeurs observés par STARESO



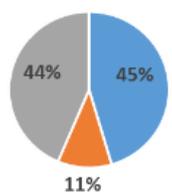
■ Contact ■ Pas contact



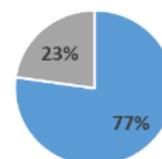
■ Volontaire ■ Involontaire ■ Les deux ■ Non Précisé



■ Volontaire ■ Involontaire ■ Les deux



■ Substrat ■ Faune/Flore ■ Les deux



■ Substrat ■ Faune/Flore ■ Les deux

Figure 7 : Comparaison des types de contacts entre les plongeurs observés par les clubs et les plongeurs observés par STARESO.

Afin de comparer le nombre de contacts entre les plongeurs observés par STARESO et les plongeurs observés par les clubs, le nombre de contact a été ramené à une unité commune. En effet, les moniteurs des clubs notaient selon des fourchettes alors que STARESO a noté chaque contact observé. La classification de la fréquence des contacts a été effectuée telle que :

- Nulle : 0 contact
- Faible : [0-5] contacts
- Moyenne :]5-10] contacts
- Elevée : > 10 contacts

Nous remarquons que les clubs ont une tendance nette à sous-estimer le nombre de contact. En effet, la fréquence nulle est 4 fois supérieure à la fréquence nulle recensée par STARESO. Inversement, que ce soit les fréquences de contacts moyennes ou élevées, elles sont nettement inférieures à celles observées par STARESO (Tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentages de la fréquence des contacts observés par les clubs de plongée et par STARESO.

	STARESO	CLUBS
Nulle	15 %	60 %
Faible	27 %	33 %
Moyenne	27 %	7 %
Elevée	31 %	1 %

Cela peut s'expliquer de plusieurs manières :

- malgré toutes les explications relatives au projet, à la pédagogie utilisée et aux bons retours que nous avons eus, il est possible qu'ils appréhendent de noter les impacts négatifs potentiels des plongeurs ;
- le rôle de moniteur les oblige à gérer une multitude de choses durant leur plongée (guide, surveillance, formation, etc.) et il est normal qu'ils ne puissent pas voir tous les contacts ;
- leur position durant la plongée est située devant les plongeurs, ils se retournent régulièrement mais manquent forcément certaines interactions des plongeurs avec le milieu. À l'inverse, l'observateur de

STARESO, lors des plongées d'observation, est positionné à l'arrière de la palanquée afin d'avoir une vision d'ensemble et est uniquement concentré sur cette observation.

2. Analyse des comportements observés par STARESO

Sur les 27 plongeurs observés par STARESO, 22 ont eu au moins un contact avec le milieu durant les 10 min d'observation. Lors de l'enquête réalisée après plongée, seul 7 plongeurs déclarent avoir eu un contact. Et parmi ces 7 plongeurs, 1 seul déclare avoir eu un contact involontaire. Les autres déclarent avoir eu des contacts volontaires et les justifient par divers motifs (courant, mauvaise gestion, pour regarder quelque chose ou pour s'aider à avancer).

En moyenne, un plongeur a 7 contacts avec le milieu marin par tranche de 10 minutes, dont la moitié dû à ses palmes. Plusieurs études sur le comportement des plongeurs ont permis d'évaluer la fréquence des contacts sur les fonds. Selon ces études, le nombre de contacts moyens d'un plongeur en 10 minutes d'exploration varie de 41 / 10 minutes (Benidorm, Espagne ; Luna et al., 2009) à 4.2 / 10 minutes (Banyuls ; Dalías et al., 2014) et 3.6 / 10 minutes (Sicile ; Di Franco et al., 2009), soit 10 fois moins.

Les contacts involontaires sont majoritairement (61 %) réalisés avec les palmes. Ce résultat confirme ceux de nombreuses études que ce soit en Méditerranée (Luna et al., 2009), en mer Rouge (Prior et al., 1995; Zakai and Chadwick-Furman, 2002), en Australie (Rouphael and Inglis, 2001) ou dans les caraïbes (Barker and Roberts, 2004; Uyarra and Côté, 2007) qui identifie la plupart des dommages liés aux plongeurs à celui des coups de palmes (Figure 8).

Le reste des contacts involontaires est très diversifié, aussi bien avec le corps qu'avec les équipements (octopus, bloc, manomètre, parachute, lampe). Les contacts avec le bloc sont recensés principalement dans les cavités ou

lorsque les plongeurs s'approchent d'anfractuosités. Le reste des contacts se fait principalement avec des équipements qui dépassent ou qui peuvent se détacher et ainsi racler le fond.

Les contacts volontaires se font principalement avec les mains (63 %) (toucher, s'accrocher, se tirer, etc.), comme cela a également été observé dans plusieurs études (Barker and Roberts, 2004; Luna et al., 2009; Uyarra and Côté, 2007; Zakai and Chadwick-Furman, 2002). Les palmes sont la deuxième cause de contacts volontaires (21 %) souvent pour pousser afin de se dégager d'une roche ou du fond. Les contacts volontaires avec le corps (3 %) se font en général lorsque les plongeurs se posent pour observer une espèce ou pour photographier. Enfin, l'appareil photo représente 3 % des contacts volontaire pour le substrat car les plongeurs photographes se servent parfois du substrat afin de se caler pour prendre une photographie (Figure 8).

Pour la faune, aucun cas de contact involontaire n'a été recensé, mais il est parfois difficile lors d'un contact avec le substrat de distinguer s'il y a eu à ce moment-là contact également avec la faune fixée (éponges encroûtantes, par exemple). Seul un contact volontaire avec la faune a été recensé (oursin). Enfin, sur les 22 plongeurs observés, 4 poursuites d'espèces ont été observées sur des sars à tête noire *Diplodus vulgaris* (2 fois), des oblades *Oblada melanura* et une langouste rouge *Palinurus elephas* (pour la photographier) (Figure 8).

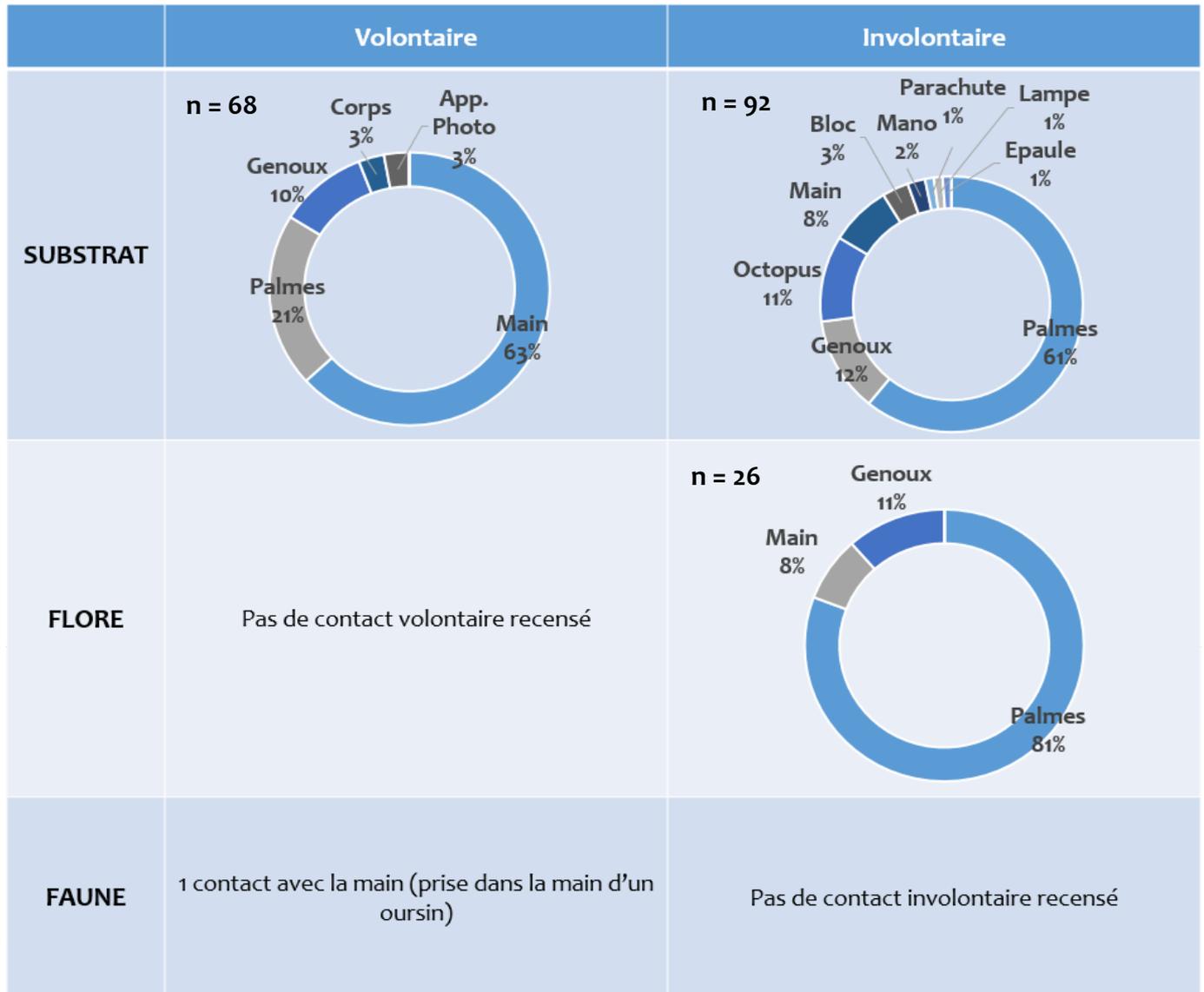


Figure 8 : Répartition des parties du corps ou des instruments impliqués dans les contacts volontaires et involontaires du substrat, de la flore ou de la faune.

3. Typologies des plongeurs

Afin d'étudier le profil des plongeurs observés, nous avons réalisés une Analyse en Composante Principale sur les variables quantitatives (nombre de contacts avec le substrat de manière involontaire, nombre de contacts avec le substrat de manière volontaire, nombre total de contacts avec la flore et nombre total de contact avec la faune). Les variables qualitatives ont été ajoutées en variables supplémentaires (expérience, courant, visibilité, niveau, flottabilité, appareil photo et sexe). L'expérience des plongeurs n'est pas forcément liée à leur niveau de qualification, en effet un plongeur qui a passé successivement ses niveaux de plongée peut avoir un niveau de plongée élevée avec peu de plongée à son actif. C'est pourquoi dans notre étude l'expérience du plongeur est représenté par le nombre de plongée qu'il a son actif, telle que :

- 0 – 50 plongées : plongeur débutant
- 50 – 100 plongées : plongeur intermédiaire
- 100 – 200 plongées : plongeur confirmé
- > 200 plongées : plongeur expert

Il est également important de considérer à quand remonte la dernière plongée effectuée par la personne. Un plongeur ayant 100 plongées à son actif mais n'ayant pas plongé depuis 10 ans, aura potentiellement perdu en expérience. Dans notre analyse cette variable n'a pas été prise en considération car tous les plongeurs que nous avons observés avaient plongé au maximum 1 an auparavant.

Dans l'ensemble, le graphe des variables (Figure 9) permet de constater que le premier axe oppose des profils de plongeurs ayant beaucoup de contacts avec le substrat (de manière volontaire et involontaire), avec des plongeurs ayant peu de contact avec le substrat. Le deuxième axe oppose des plongeurs avec un âge plus élevé en haut du graphe et plus faible vers le bas. La variable quantitative qui contribue le plus à la construction du 2^{ème} axe est la variable

« Substrat involontaire » avec une corrélation négative significative (niveau de confiance de 80 %).

La corrélation négative entre la variable « Contact_faune » et la variable « âge » indique que plus l'individu est jeune, plus il aura tendance à toucher la faune. En revanche, ici une seule observation de contact avec la faune a été observée donc ce n'est pas représentatif.

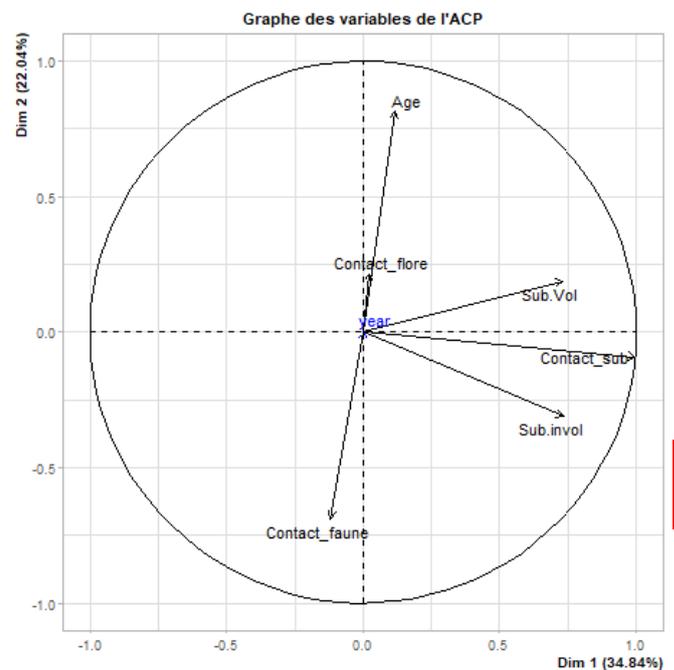


Figure 9: Graphe des variables de l'ACP.

Les variables supplémentaires qualitatives (Figure 10) « Flottabilité », « Appareil photo » et « Niveau » caractérisent le deuxième axe à un niveau de confiance de 95 %. Ainsi les individus, situés en haut du graphique, ayant une meilleure flottabilité, un meilleur niveau et un appareil photo, ont tendance à être ceux qui ont le plus de contacts avec le substrat de manière volontaire. Les plongeurs observés qui pratiquaient la photographie avaient tendance à adopter la meilleure et la plus confortable des positions pour éviter les mouvements et obtenir de meilleures images. Ainsi, ils ont davantage de contacts volontaires avec le substrat en s'agrippant à celui-ci ou en se servant des différentes parties de leurs corps pour se caler (genoux, palmes, etc.).

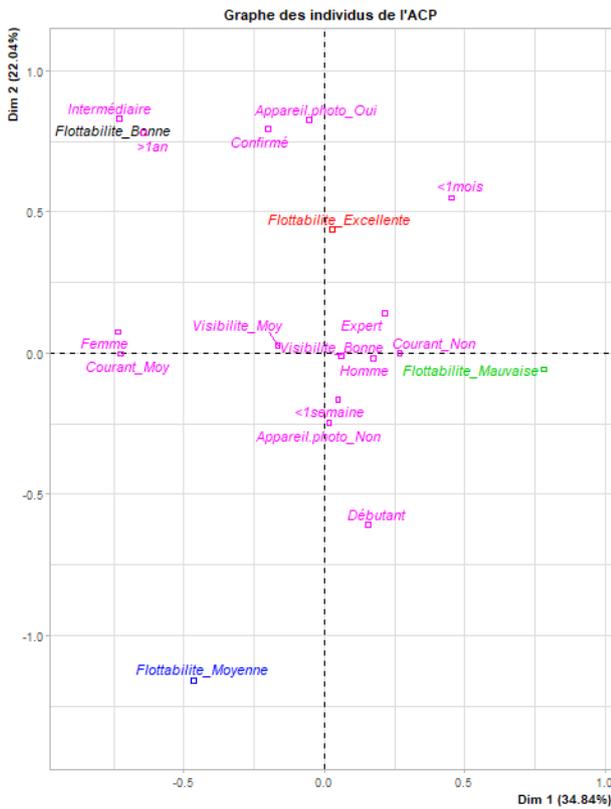


Figure 10 : Graphe des variables qualitatives supplémentaires de l'ACP.

Nos résultats montrent que les contacts des plongeurs avec le milieu marin et plus particulièrement avec le substrat ne dépendent pas seulement du niveau de pratique. Ils sont aussi très souvent liés au type de pratique (formation, photographie). De nombreuses études ont permis de mettre en évidence que les plongées techniques de formation ou encore les plongées dédiées à la photographie, même réalisées par des plongeurs de bon niveau, occasionnent davantage de contacts avec le fond (Chung et al., 2013; Giglio et al., 2016; Hammerton, 2017). Les conclusions de Rouphael et Inglis (2001 ; Grande Barrière de Corail) vont dans le même sens. Les auteurs ont montré que les photographes sous-marins expérimentés causaient 5 fois plus de dégâts que les plongeurs sans appareil. Baker et Roberts (2004) dans les Caraïbes et Luna et al. (2009) en Méditerranée arrivent à des conclusions similaires.

23

A l'inverse les individus situés en bas du graphique, présentant une flottabilité moyenne à mauvaise, sont généralement débutants et touchent majoritairement le substrat de manière involontaire (Figures 10 et 11).

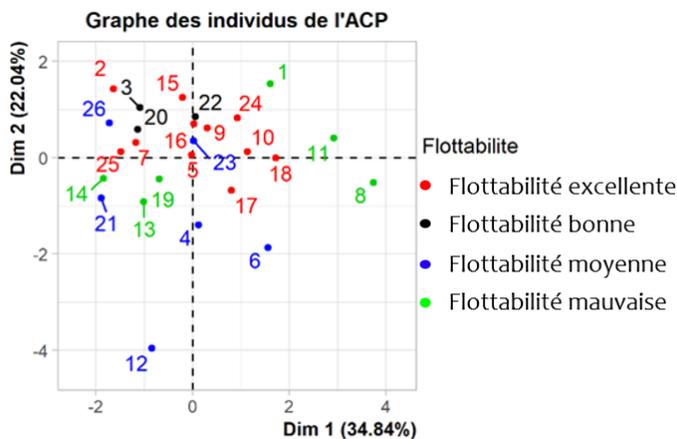


Figure 11 : Graphe des individus de l'ACP.

5

Impact des plongeurs sur la communauté ichthyologique



1. Influence des plongeurs sur la densité des poissons

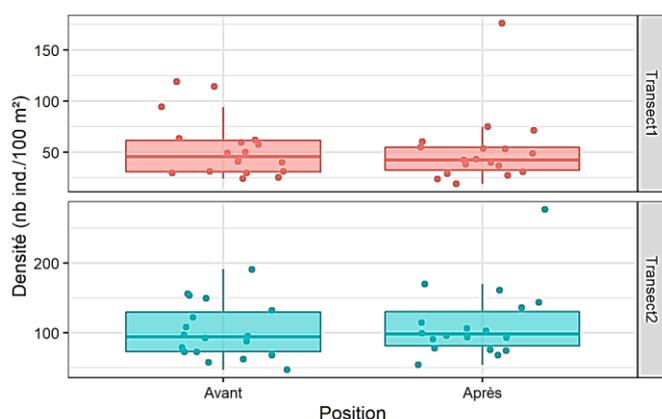


Figure 12 : Boxplots des densités sur le Transect 1 (30 m) et le Transect 2 (15 m), avant et après l'arrivée des plongeurs.

Les comptages de poissons effectués avant et après l'arrivée des plongeurs sur site, nommé pour la suite « avant/après plongeurs » n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, p value > 0.05) de densité entre les comptages avant VS après plongeurs, que ce soit pour les points tournants ou les transects. Les densités ont également été testées pour chaque espèce, pour les groupes trophiques ainsi que les classes de taille (Figures 12 et 13).

24

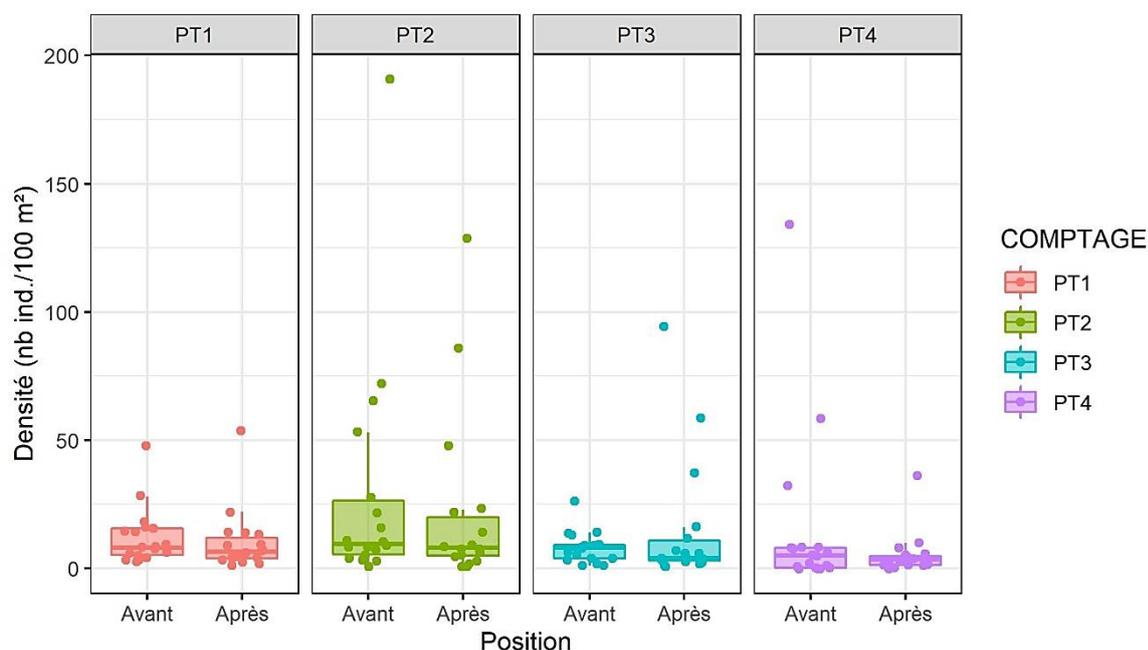


Figure 13 : Boxplots des densités sur les quatre points fixes, avant et après le passage des plongeurs.

2. Influence des plongeurs sur la biomasse des poissons

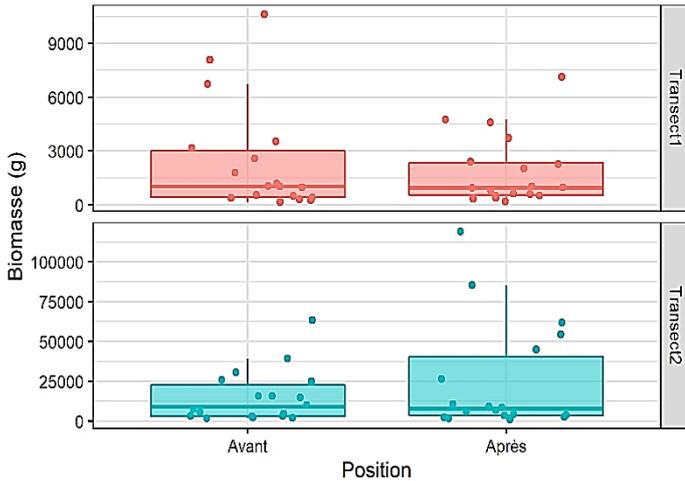


Figure 14 : Boxplots des biomasses (en g) des poissons comptabilisés sur le Transect 1 (30 m) et le Transect 2 (15 m), avant et après le passage des plongeurs.

Les biomasses ont été calculées d'après la relation taille-poids, représentée par la relation suivante (Le Cren, 1951) :

$$PT = aLT^b$$

où PT = poids total du poisson en grammes ;

LT = longueur totale du poisson en cm ;

a et b sont des facteurs caractéristiques du milieu et de l'espèce.

Les coefficients a et b sont issus de la littérature et de FishBase.com.

Les analyses statistiques ont porté sur les mêmes modalités que les densités (groupe trophique, espèce et classe de taille).

Seules les biomasses du Point tournant N°2 (PT2) apparaissent significativement différentes entre Avant VS Après plongeurs, avec une diminution significative de la biomasse totale. Sur ce point tournant, il est connu que les mérours *Epinephelus marginatus* et les corbs *Sciaena umbra* sont habituellement présents en nombre important. Ce résultat montre que les grands individus de ces espèces sont apparemment dérangés par le passage des plongeurs et se cachent ou fuient (Figures 14 et 15).

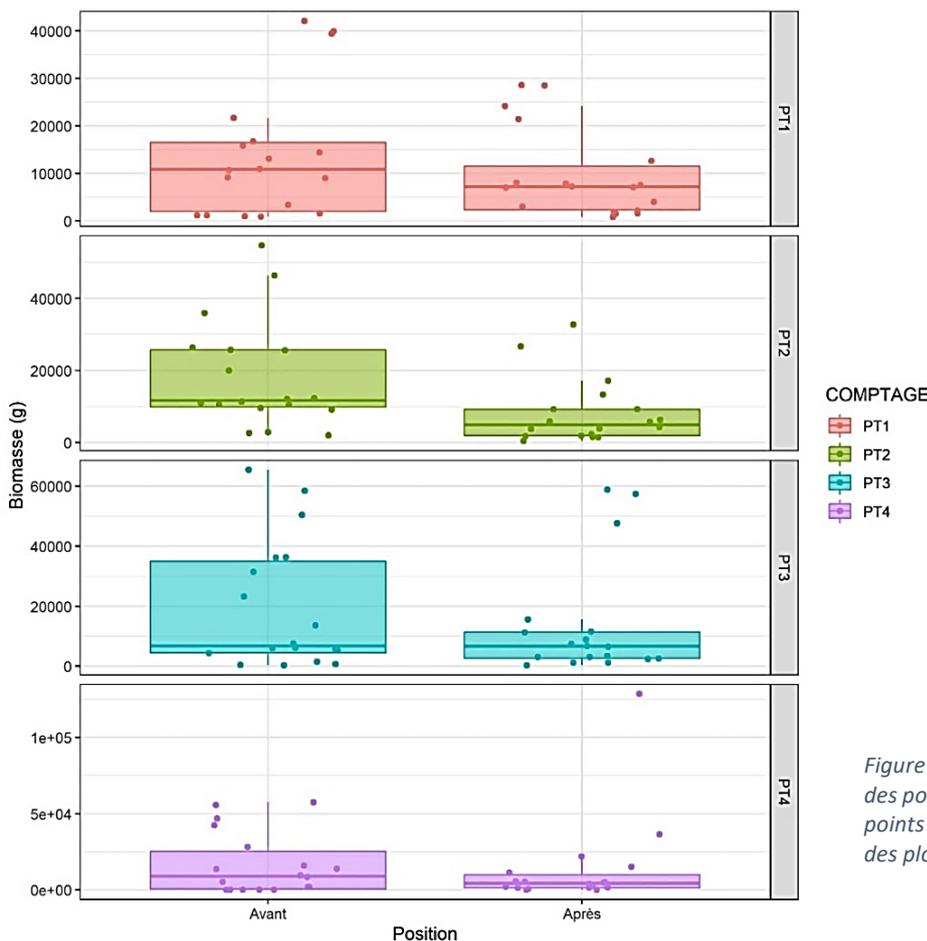


Figure 15 : Boxplots des biomasses (en g) des poissons comptabilisés sur les quatre points fixes, avant et après le passage des plongeurs.

3. Influence des plongeurs sur le mérou brun (*Epinephelus marginatus*)

Parmi tous les comportements de mérou observés face aux plongeurs, la plupart étaient de type «indifférent» (44 %) avec aucun changement particulier de comportement remarqué. Les fuites, proches (27%) ou lointaines (17%), sont ensuite les comportements les plus observés, le changement de position/observation du plongeur, sans fuite, est observé dans 10 % des cas et enfin l'attraction du mérou envers les plongeurs est observée seulement dans 2 % des cas (Figure 16). Nous avons donc cherché à voir s'il existait une corrélation entre la taille du mérou et sa réaction face aux plongeurs.

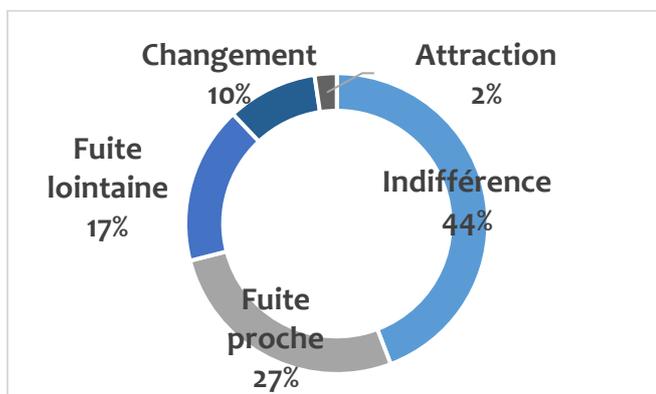


Figure 16 : Proportion des différents types de comportements observés chez le mérou brun face aux plongeurs.

D'après la régression logistique multinomiale appliquée sur les typologies de comportements des mérous observés, en fonction de leur taille, des différences significatives sont relevées (p value < 0.05). En effet, plus les mérous sont gros, plus ils ont tendance à fuir loin. Au contraire, les petits individus sont curieux et sont plus susceptibles de montrer une attraction envers le plongeur. Enfin, il n'y a pas de différence significative entre le comportement fuite lointaine et le comportement changement de position, cela montre que les gros mérous (> 70 cm) apparaissent plus méfiants envers le plongeur, en l'observant, en se préparant à la fuite voire en fuyant à plus de 10 m. Au contraire, les comportements « Indifférence » et « Fuite proche » ne présentent pas de différence significative, ainsi les mérous plus petits (50 - 70cm) sont moins craintifs (Figure 17).

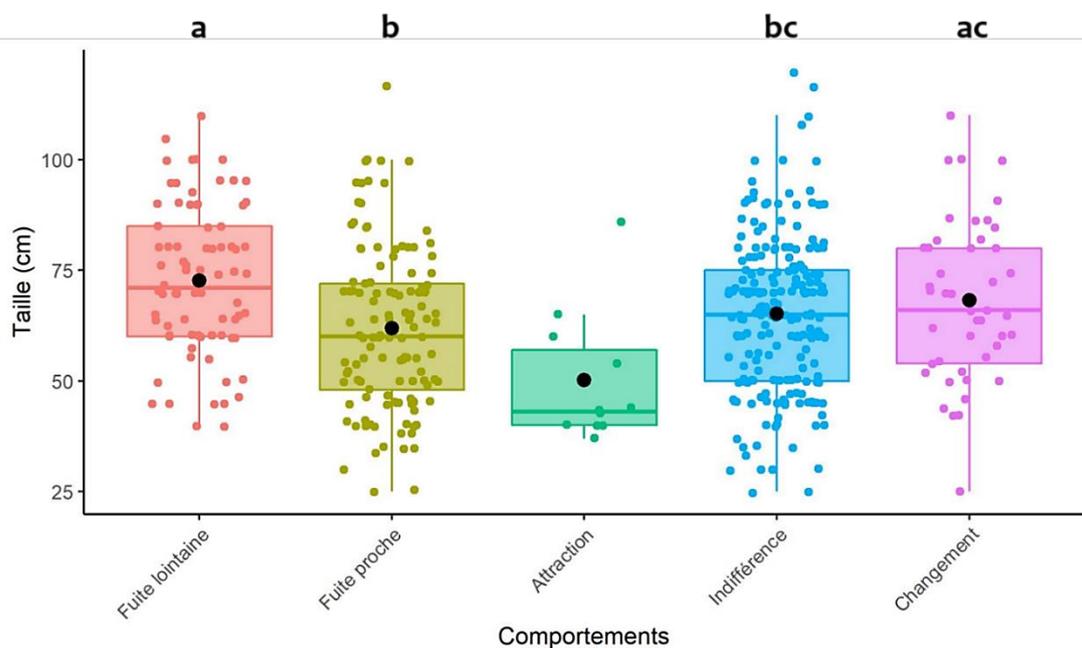


Figure 17 : Boxplots des tailles (en cm) des mérous bruns observés en fonction de leurs comportements face aux plongeurs. Lorsque les groupes ont une lettre en commun, ils ne sont pas significativement différents les uns des autres.

4. Analyse à partir de la caméra 360°

La caméra 360° nous a permis d'étudier plus spécifiquement la présence des dentis (*Dentex dentex*) et des mérours (*Epinephelus marginatus*) en fonction de la présence ou non de plongeurs sous-marins, le tout en nous affranchissant du biais que nous causons par notre propre présence lorsque nous comptabilisons les individus en plongée, bien que ce biais soit inférieur à plusieurs palanquées simultanées (Figure 18).

Malgré la réflexion en amont afin de déterminer le meilleur point de positionnement de la caméra en fonction du passage des plongeurs, des mérours et dentis, nous disposons de peu de temps avec des plongeurs présents sur la caméra. En effet, sur le total des films réalisés par la caméra (8:04:26), 1:29:13 correspond à du temps avec la présence de plongeurs et 6:35:13 à du temps sans présence de plongeurs.

De plus, à certaines dates, aucun mérour n'a été observé sur l'ensemble de la vidéo. Il convient donc d'appréhender ces résultats avec précaution.

Les résultats issus de la caméra 360° ne montrent pas de différence significative entre le temps de présence des mérours avec et sans plongeurs. En revanche, les dentis sont significativement plus présents en l'absence de plongeur. En effet, le temps de présence des dentis sans plongeurs est environ 4 fois supérieur au temps de présence des dentis lorsqu'il y a des plongeurs dans la zone (Tableau 4).

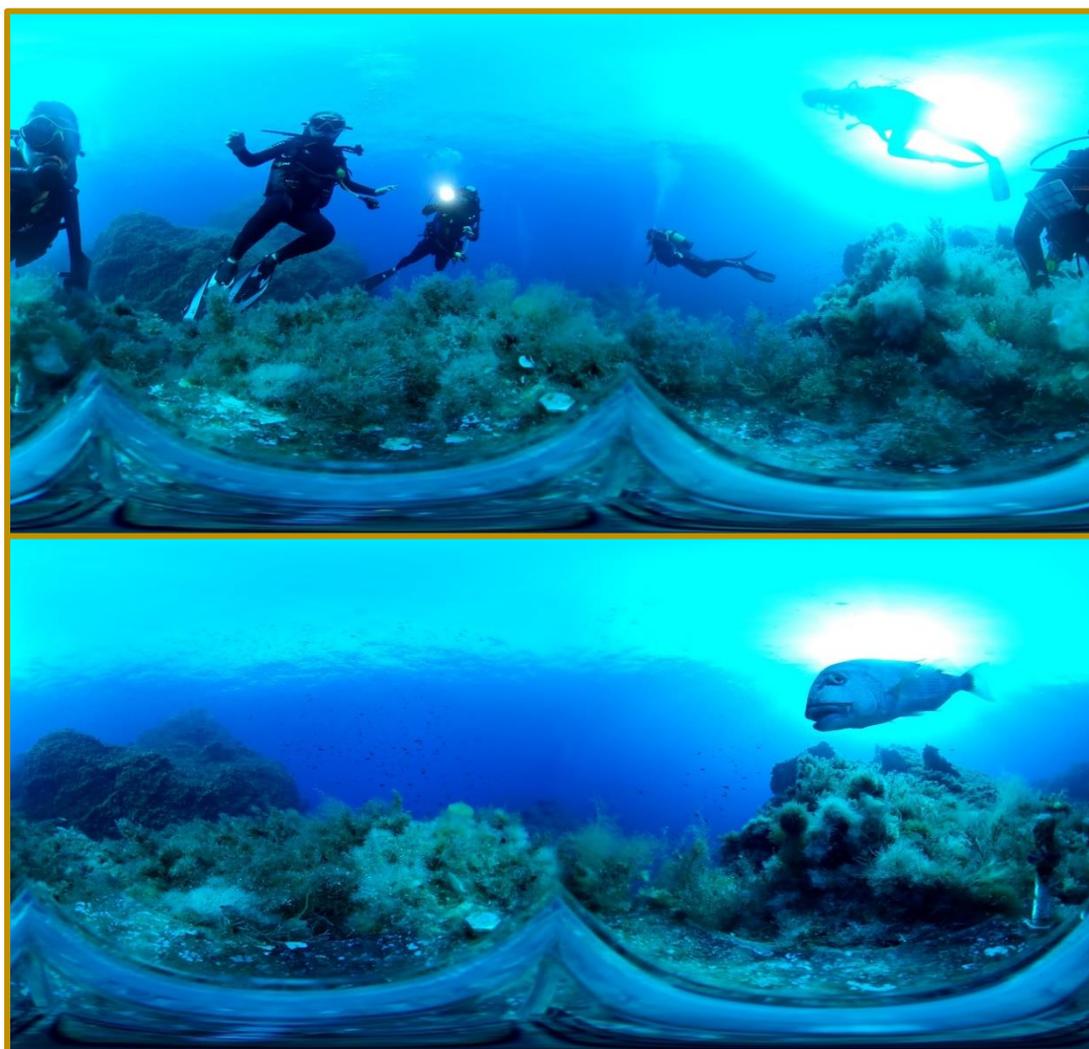


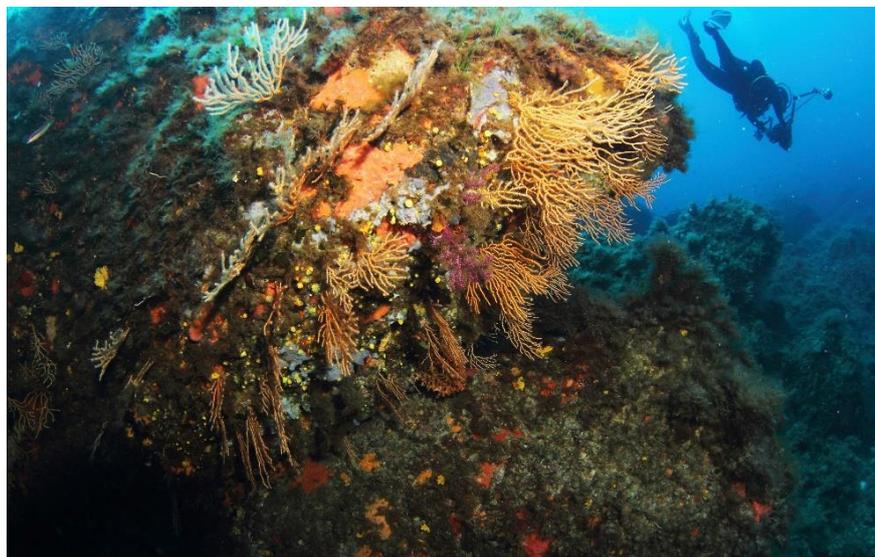
Figure 18: Images issues de la caméra 360°. Haut : plongeurs face à la caméra. Bas : Denti (*Dentex dentex*) de passage à proximité de la caméra.

Tableau 4 : Pour chaque vidéo 360° réalisée, temps global avec ou sans plongeur sur la vidéo ainsi que temps de présence des mérus et des dents et pourcentages associés.

Avec plongeurs					
Date	tps global avec plongeurs	tps présence mérus	tps présence denti	% présence mérus	% présence denti
19/08/2019	00:16:17	00:02:06	00:01:28	12,90	9,01
10/09/2019	00:06:10	00:00:00	00:00:09	0,00	2,43
15/10/2019	00:12:08	00:00:00	00:00:27	Pas de mérus	3,71
15/07/2020	00:17:26	00:00:00	00:00:00	0,00	0,00
22/07/2020	00:24:08	00:00:21	00:00:00	1,45	0,00
14/08/2020	00:02:51	00:00:00	00:00:00	Pas de mérus	0,00
25/08/2020	00:07:28	00:00:06	00:00:00	1,34	0,00
17/09/2020	00:02:45	00:00:00	00:00:00	Pas de mérus	0,00
Moyenne				3,14	1,89
Ecart type				5,50	3,21
Sans plongeur					
Date	tps global sans plongeur	tps présence mérus	tps présence denti	% présence mérus	% présence denti
19/08/2019	00:58:34	00:06:42	00:04:16	11,44	7,29
10/09/2019	01:11:51	00:01:21	00:03:32	1,88	4,92
15/10/2019	01:05:35	00:00:00	00:04:01	Pas de mérus	6,12
15/07/2020	00:38:49	00:00:31	00:01:48	1,33	4,64
22/07/2020	00:52:27	00:01:12	00:01:34	2,29	2,99
14/08/2020	00:17:41	00:00:00	00:01:33	Pas de mérus	8,77
25/08/2020	00:28:51	00:00:01	00:00:21	0,06	1,21
17/09/2020	01:01:25	00:00:00	00:00:46	Pas de mérus	1,25
Moyenne				3,40	4,65
Ecart type				4,57	2,56

6

Suivi des gorgones



1. Evolutions temporelles des nécroses gorgonaires

1.1 Gorgone jaune *Eunicella cavolini*

La régression logistique polynomiale ordonnée appliquée sur le taux de nécrose des gorgones en fonction de l'année, de la profondeur et de la taille des gorgones a permis de mettre en évidence que le taux de nécrose a significativement augmenté entre 2004 et 2019. De plus, un faible effet de la profondeur et de la taille des gorgones sur le taux de nécrose sont observés. En effet, pour chaque unité d'augmentation de la profondeur, la probabilité que les gorgones soient plus nécrosées diminue de 4 %. De plus, pour chaque unité d'augmentation de la taille des gorgones, la probabilité que les gorgones soient plus nécrosées augmentent de 1 % (Figure 19).

Les gorgones jaunes présentent donc une tendance à être moins nécrosées en profondeur mais plus nécrosées en grandissant. Ce résultat est similaire à ceux rapportés dans d'autres parties des populations méditerranéennes (Cerrano et al., 2005; Linares et al., 2005). Pour expliquer cela, plusieurs hypothèses ont été proposées, dont le fait que les colonies plus anciennes étant plus sujettes à l'accumulation de parasites, sont plus susceptibles d'être partiellement endommagées (Cerrano et al., 2005). De plus, Dube et al., (2002) montrent que les petits individus ont plus de défenses chimiques que les grands lorsqu'ils sont attaqués par des agents pathogènes.

En particulier, ils ont montré que l'activité antifongique diminue avec l'âge de la colonie. Patterson (1992) suggère que les petites colonies peuvent survivre préférentiellement car elles ont une capacité de transfert de masse plus favorable, tandis que Hoegh-Guldberg (1999) a signalé une capacité de protection accrue de leurs tissus. Enfin, les petites colonies peuvent avoir une meilleure résilience aux perturbations en raison d'un métabolisme plus faible et d'un meilleur rapport production / biomasse (P / B) qui diminue avec l'âge (Coma et al., 2004; Mistri and Ceccherelli, 1994; Weinbauer and Velimirov, 1995a) et une capacité de reproduction qui augmente avec la taille de la colonie (Coma et al., 1995). Une sensibilité différente entre les classes de taille a également été décrite pour les coraux impliqués dans les événements de blanchiment (Loya et al., 2001).

Ces effets ne sont pas linéaires dans le temps et varient en fonction de l'année. En effet, plus les années passent, plus les gorgones sont nécrosées en profondeur. Cela est probablement dû à l'augmentation des vagues de chaleur sous-marines qui sont également recensées plus en profondeur (cf paragraphe 3, page 36).

1.2 Gorgone pourpre *Paramuricea clavata*

Aucun individu n'a été observé entre 0 et 10 m, quelle que soit l'année, ce qui correspond à la niche écologique de l'espèce présente plutôt à partir de 20 m et plus profond. Quelques individus ont été observés entre 10 et 20 m en 2004 mais plus aucun par la suite. Et aucun individu n'a été observé entre 30 et 40 m en 2019 sur le site.

La régression logistique polynomiale ordonnée appliquée sur le taux de nécrose des gorgones en fonction de l'année, de la profondeur et de la taille des gorgones a permis de mettre en évidence que le taux de nécrose a significativement diminué entre 2004 et 2014. Pas de différence significative entre 2004 et 2019 ou entre 2014 et 2019. De plus, un faible effet de la profondeur et de la taille des gorgones sur le taux de nécrose est observé. En effet, les gorgones ont tendance à être plus nécrosées lorsque la profondeur augmente (8 % de probabilité d'être nécrosées pour chaque unité d'augmentation de la profondeur). De plus, les gorgones ont tendance à être plus nécrosées lorsque leur taille augmente (6 % de probabilité d'être nécrosées pour chaque unité d'augmentation de la taille). Ce phénomène est d'ailleurs particulièrement observé en 2004 (Figure 20).

La niche écologique des gorgones pourpres se situant plutôt entre 30 et 40 m, les individus sont plus grands en profondeur et sont donc plus nécrosés que les petits individus situés moins en profondeur, pour les mêmes raisons qu'explicitées dans le paragraphe précédent.

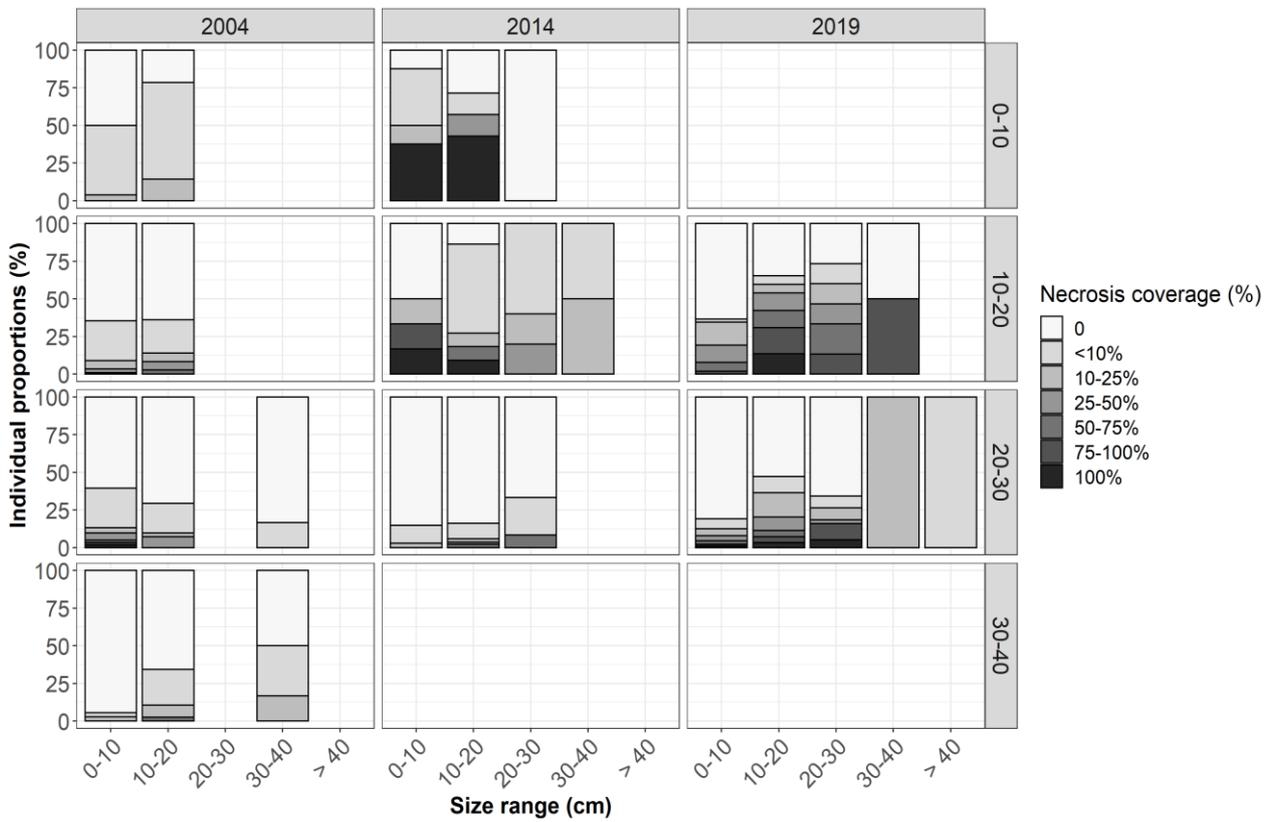


Figure 19 : Pourcentages de surface nécrosée des gorgones jaunes *Eunicella cavolini* par année et par tranche bathymétrique, en fonction de la classe de taille (en cm).

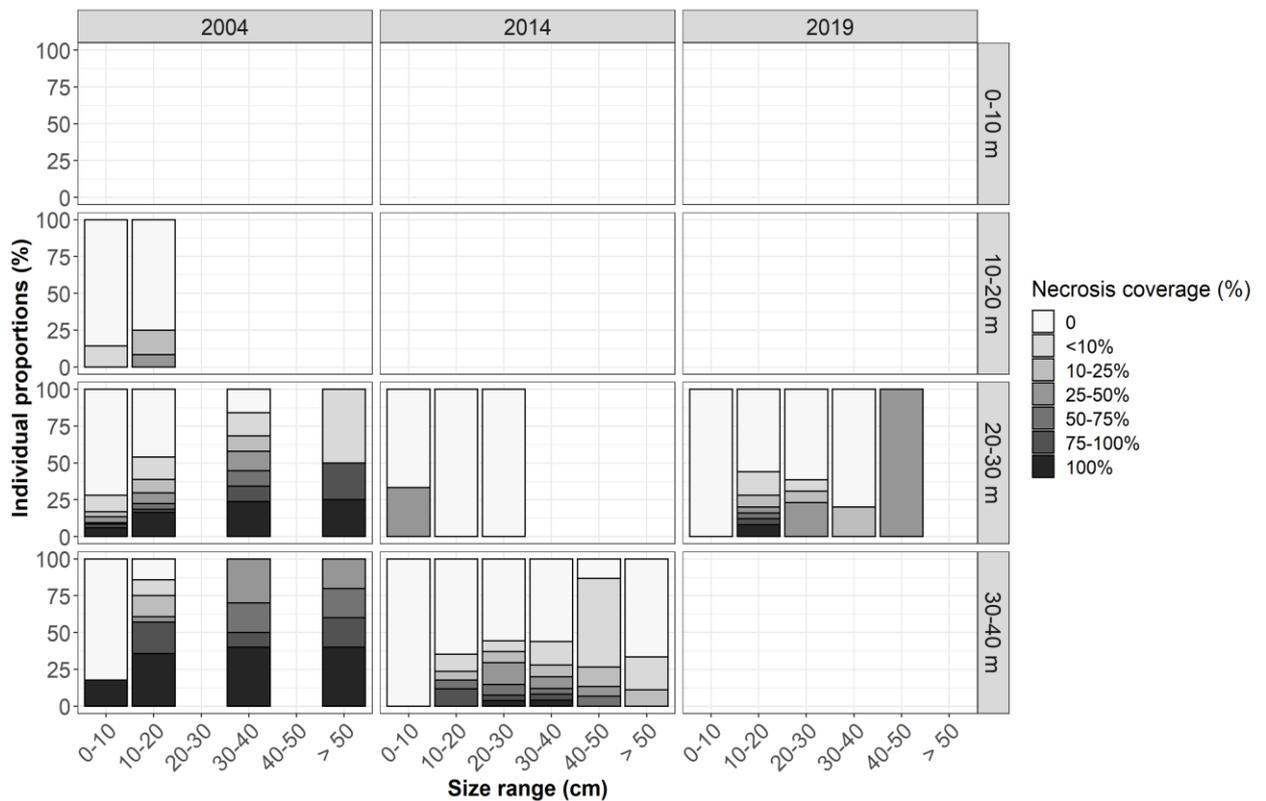


Figure 20 : Pourcentages de surface nécrosée des gorgones pourpres *Paramuricea clavata* par année et par tranche bathymétrique, en fonction de la classe de taille (en cm).

2. Suivi des gorgones avant/après impact

Le suivi a été réalisé avant et après l'impact étudié, ici avant et après la saison estivale afin d'étudier l'influence de la plongée sous-marine.

Certaines gorgones ont été marquées, mesurées et photographiées, avant la saison. Afin de minimiser la manipulation des gorgones, l'analyse s'est faite sur photographie. Les photographies comparées avant et après saison ont permis de déterminer si des gorgones ont été cassées ou endommagées à l'issue de la saison.

Le suivi de ces gorgones a été effectuée sur le site de la Revellata en baie de Calvi, site le plus fréquenté de la baie. Les gorgones sélectionnées pour le suivi étaient réparties à différentes profondeurs : 15 m, 20 m et 30 m.

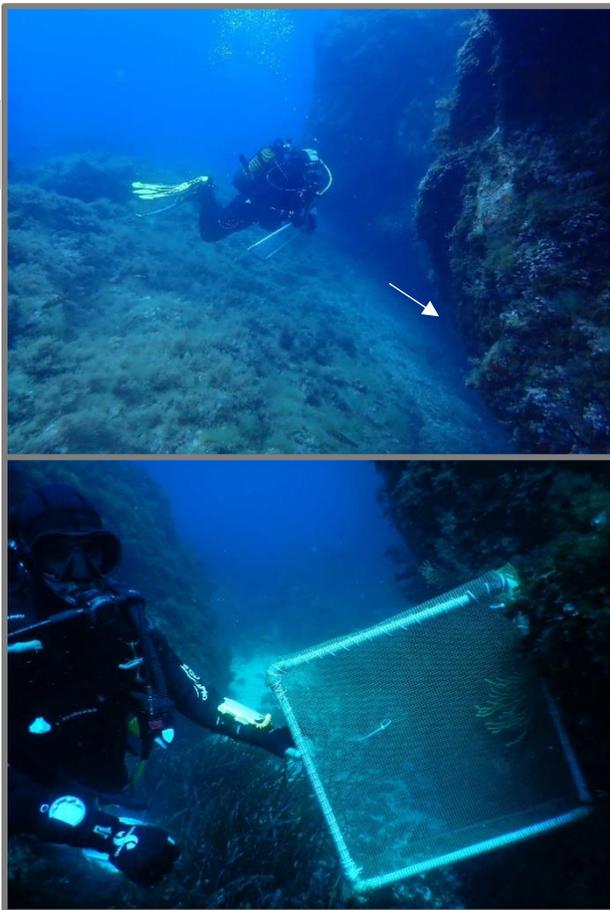


Figure 21 : Sites à 15 m (en haut) et à 20 m (en bas) choisis pour le suivi des gorgones. La flèche blanche représente l'emplacement des gorgones sous tombant à 15 m.

Les gorgones situées sur le site à 15 m, malgré sa faible profondeur donnant accès à plus de plongeurs (du niveau 1 au confirmé), sont difficilement accessibles aux coups de palmes car elles sont situées dans un renforcement de tombant (Figure 21).

Chaque individu suivi a été photographié avant et après saison. Les comparaisons photographiques ont permis de faire apparaître les régions nécrosées, les segments ayant grandis ou à l'inverse la disparition de certaines parties.

2.1 Analyse du taux de nécrose

Le taux de nécrose d'*Eunicella cavolini* varie en fonction de la profondeur. Les individus dans les faibles profondeurs ont un taux de nécrose supérieur à ceux présents à 30 m. En avant saison, la moyenne du taux de nécrose observé à 15 m est de 10 % et augmente à 52,5 % en après saison. Tandis qu'à 20 m, il passe de 3 à 13 %. A 30 m, aucune nécrose n'est observée sur les 3 individus suivis. Ces nécroses sont de type A (axe dénudé d'une colonie indiquant un dommage récent d'environ 1 mois) ou B (axe colonisé par des espèces pionnières d'épibiontes datant un dommage entre 1 et 12 mois). Ce taux de nécrose supérieur sur les faibles profondeurs, accessible à un plus grand nombre de plongeurs, n'est cependant pas imputable à la fréquentation du site.

En effet, des taux de nécrose ont été comparés, après saison et sur un plus grand nombre d'individus entre le site de la Revellata et un site à proximité du site de la Revellata, interdit à la plongée car situé dans un cantonnement. Le même constat est fait, les individus situés à 15 m présentent un taux de nécrose supérieur par rapport aux taux de nécrose à des profondeurs supérieures (20 et 30 m) (Tableau 5).

Tableau 5 : Tableau présentant les taux de nécrose moyens des gorgones jaunes *Eunicella cavolini* sur les sites de la Revellata et du cantonnement.

Revellata			Cantonnement		
Prof	Moy Taux de nécrose	n =	prof	Moy Taux de nécrose	n =
15m	68,89	9	15m	55,25	20
20m	15,45	11	20m	33,75	12
30m	2,50	10	30m	2,31	13

Cette forte augmentation du taux de nécrose pourrait être expliquée par l'augmentation de la température de l'eau entre 0 et 20 m.

3. Vagues de chaleur sous-marines

Comme nous l'avons vu précédemment, les gorgones peuvent être un indicateur de la pression de plongée sous-marine mais sont également soumises aux aléas du changement climatique global et plus particulièrement de l'augmentation de la température des eaux. L'évolution temporelle des vagues de chaleurs marines (Marine Heat Waves) a donc été étudiée en parallèle de l'évolution temporelle des nécroses gorgonaires.

3.1 Evolution temporelle

Les vagues de chaleur marines ont été caractérisées sur l'ensemble de la série chronologique de température de subsurface

allant de 1986 à 2019, avec le package R « heatwaveR ». Ce package permet de calculer et d'afficher les vagues de chaleur marines (MHW) selon la définition de Hobday et al., (2016) qui définit une MHW comme étant un événement anormalement chaud d'au moins cinq jours ou plus, avec des températures plus chaudes que le 90^{ème} centile sur la base d'une période de référence historique de 30 ans.

Nous observons ici que le nombre annuel de vague de chaleur marine en subsurface a significativement augmenté ces dernières années, et cela particulièrement depuis 2010 avec 6 vagues de chaleurs sous-marines de subsurface recensées en 2017 (Figure 22).

3.2 Evolution bathymétrique

L'étude des vagues de chaleurs à différentes profondeurs, entre 2015 et 2019, a permis de mettre en évidence que la profondeur influence significativement le nombre/an, le nombre total de jours cumulés et la durée des vagues de chaleurs marines par an (avec p values de 0.0105, 0.000549 and 0.0135, respectivement). Plus la profondeur augmente, plus les vagues de chaleurs sont courtes et moins nombreuses. En effet, le nombre moyen de vague de chaleur est de 4.40 ± 1.52 MHW à 3 m, deux fois moins à 20 m avec 2.20 ± 1.79 vagues de chaleur et encore moins à 36 m avec 1.80 ± 0.84 vagues de chaleur (Figure 23).

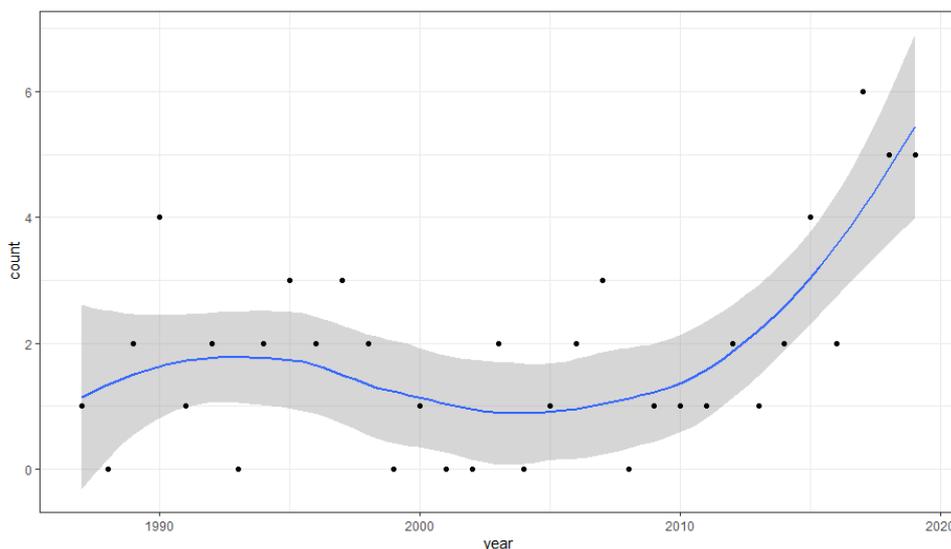


Figure 22 : Evolution temporelle du nombre de vagues de chaleur sous-marines par an, entre 1987 et 2019.

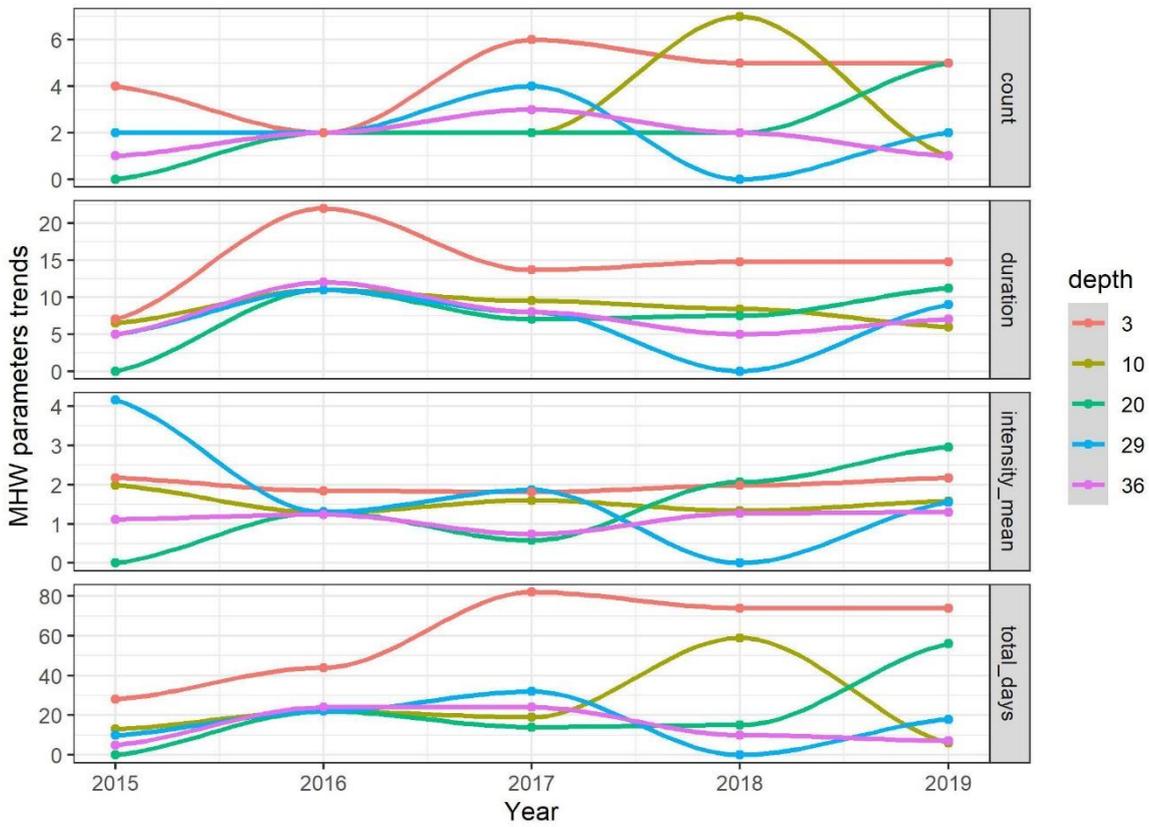


Figure 23 : Evolutions temporelles entre 2015 et 2019 du nombre de vagues de chaleurs sous-marine par an, de leurs durées, leurs intensités moyennes et le nombre total de jour cumulés par an, en fonction de la profondeur à 3 m, 10 m, 20 m, 29 m et 36 m.

4. Analyse de la longueur des segments

L'analyse de la longueur des segments d'*Eunicella cavolini* fait apparaître des croissances ainsi que des disparitions. Cette analyse effectuée sur un petit nombre d'individus, permet uniquement de donner une tendance.

En comparant les photographies avant et après l'impact, il est possible de mesurer sur chaque individu les segments qui ont disparus et ceux qui ont grandis (Figure 24).



Figure 24: Analyse d'une gorgone jaune *Eunicella cavolini* située à 30 m de profondeur faisant apparaître des zones de croissance et la disparition de certains segments, avant et après saison estivale.

Les gorgones situées sur de faibles profondeurs présentent une longueur moyenne de disparition des segments importante due principalement à la présence de nécrose. Plus la profondeur augmente plus la disparition des segments diminue. De même, le nombre de segments en croissance augmente également avec la profondeur (Tableau 6).

Cette différence est nette lorsque l'on regarde les figures 26, 27 et 28.

Tableau 6 : Tableau présentant les longueurs moyennes de croissance et de disparition des segments de gorgones jaunes, ainsi que le nombre de segments concernés.

Profondeur	Longueur moyenne de croissance (cm)	Nbre moyen de segments concernés	Longueur moyenne de disparition (cm)	Nbre moyen de segments concernés	n =
15 m	0,00	0,00	4,00	5,00	1
20 m	1,50	1,50	4,00	7,67	3
30 m	1,50	14,67	1,67	2,33	3

Gorgone suivie à 15 m

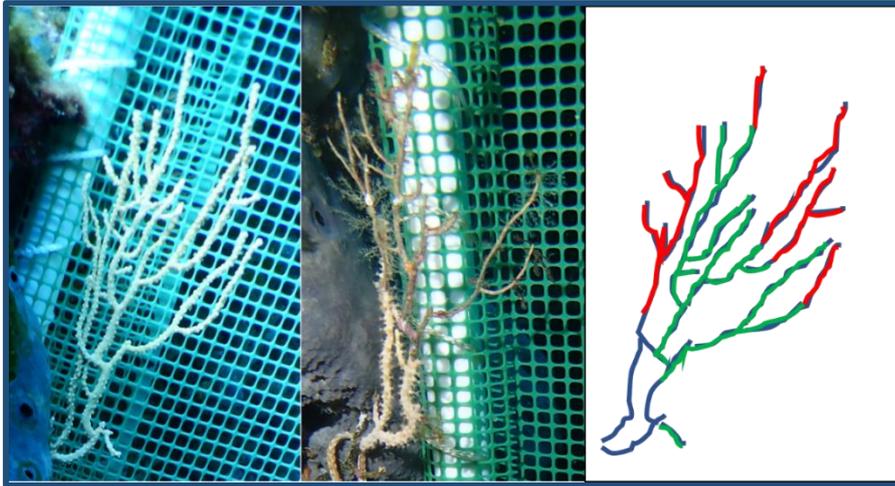


Figure 25 : Analyse d'après photographie d'une gorgone jaune située à 15 m de profondeur, avant et après saison estivale. En vert, les portions nécrosées, en bleu les portions saines, en jaune les portions en croissance, en rouge les portions disparues.

Gorgones suivies à 20 m

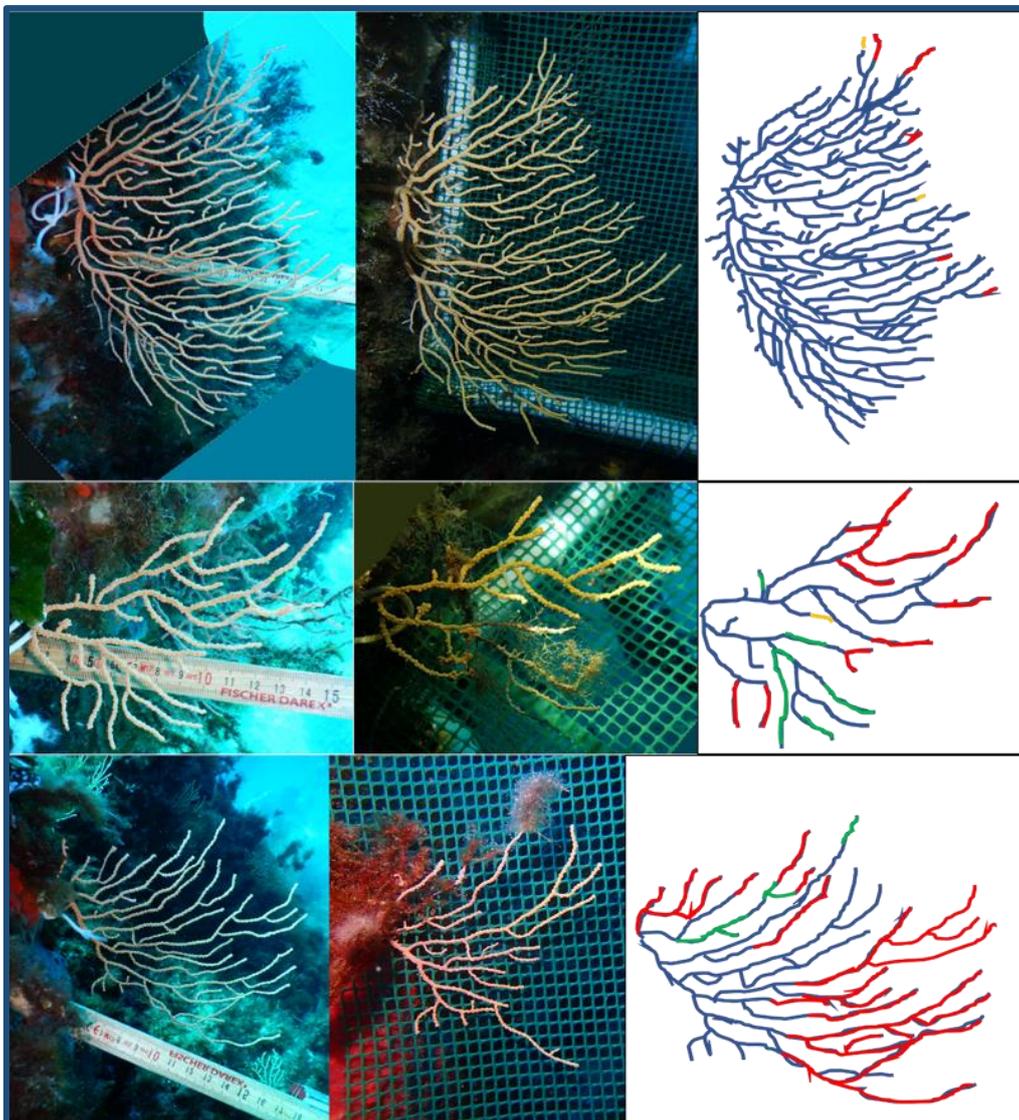


Figure 26: Analyse d'après photographies de trois gorgones jaunes situées à 20 m de profondeur, avant et après saison estivale. En vert, les portions nécrosées, en bleu les portions saines, en jaune les portions en croissance, en rouge les portions disparues.

Gorgones suivies à 30 m

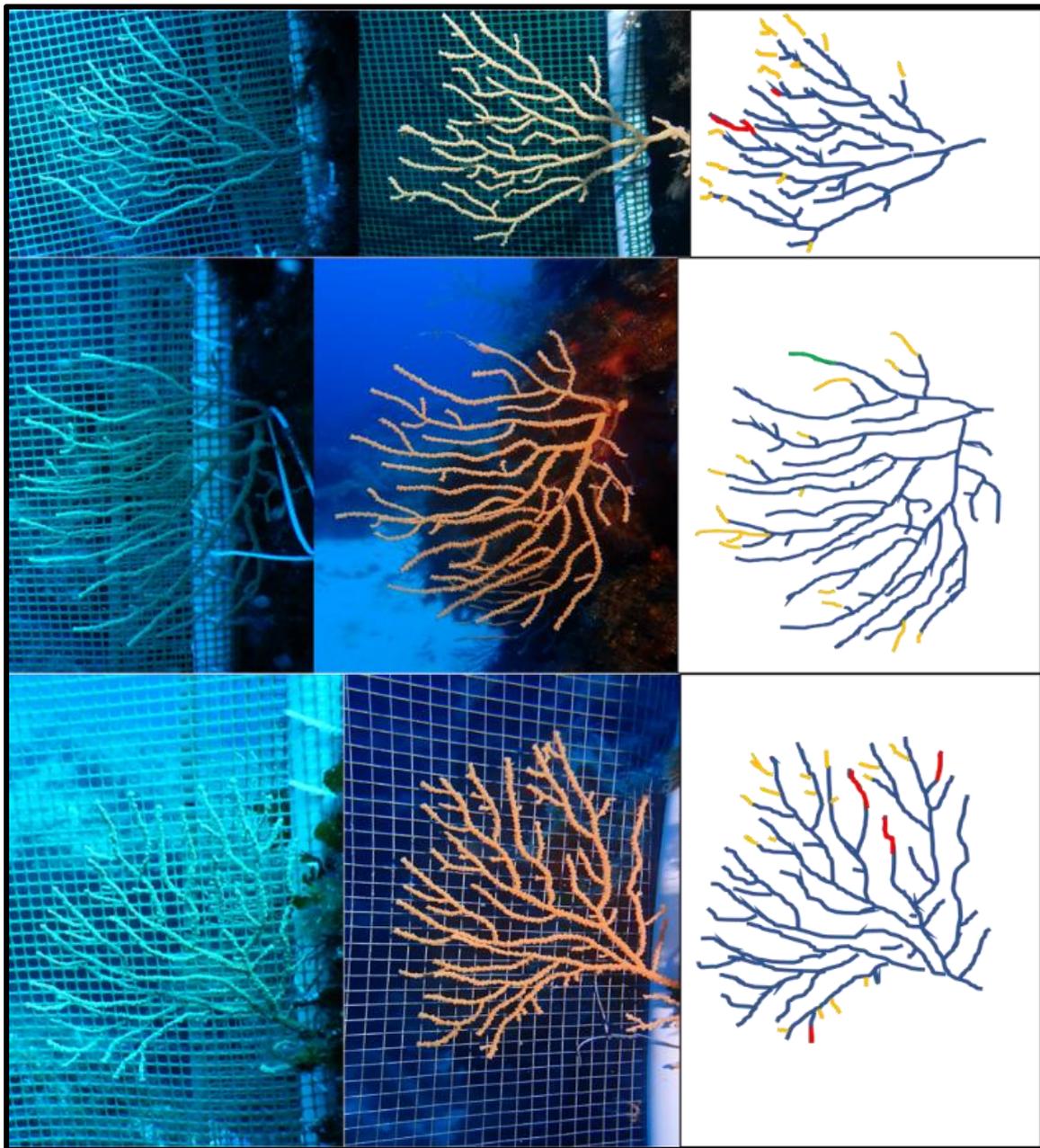


Figure 27: Analyse d'après photographies de trois gorgones jaunes situées à 30 m de profondeur, avant et après saison estivale. En vert, les portions nécrosées, en bleu les portions saines, en jaune les portions en croissance, en rouge les portions disparues.



7

Sensibilisation des plongeurs

1. Sensibilisation des plongeurs

D'après les interviews réalisées par l'association I Sbulca Mare auprès des plongeurs durant les étés 2019 et 2020, 64 % des plongeurs déclarent avoir bénéficié d'un briefing avant la plongée avec diverses recommandations. Ces résultats vont à l'encontre des observations réalisées par STARESO lors des plongées avec les clubs, où très peu de briefings avant les plongées concernaient spécifiquement les impacts et les bons comportements à avoir durant la plongée. Il est possible que certains des plongeurs interviewés ne souhaitent pas mettre le club en porte à faux en déclarant n'avoir pas eu de briefing. En revanche, d'autres ont précisé que ces briefings sont intervenus lors de contextes spécifiques. En effet, les recommandations de ne rien toucher (Figure 28) étaient régulièrement allouées avant les plongées sur l'épave B17, les moniteurs étant conscients de la dégradation de l'épave au fur et à mesure des années en corrélation avec la fréquentation. De même, les recommandations sur la stabilisation et le palmage sont principalement effectuées avant les plongées sur des sites présentant des cavités ou des passages dans des tunnels. Les moniteurs insistent alors sur ces aspects afin que les plongeurs, passant un par un dans les tunnels, ne soient pas gênés par la remise en suspension des sédiments provoqués par le passage des précédents plongeurs.

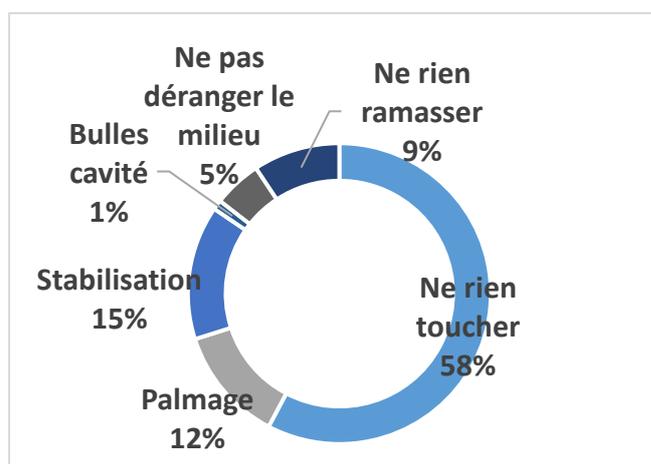


Figure 28 : Proportions des recommandations comportementales lors des briefings avant plongée (données déclaratives).

De plus, la majorité des plongeurs (66 %) déclarent avoir au moins une fois été sensibilisés aux impacts de la plongée sous-marine sur le milieu marin, depuis leur début dans cette activité. La plupart (49 %) déclarent avoir été sensibilisés au cours de leur formation de plongeur, 26 % par un club de plongée, 12 % lors de plongée à l'étranger, 9 % lors de recherches personnelles sur la question, et 4 % par d'autres moyens (études scolaires liées au domaine, discussion avec d'autres plongeurs, etc.) (Figure 29).

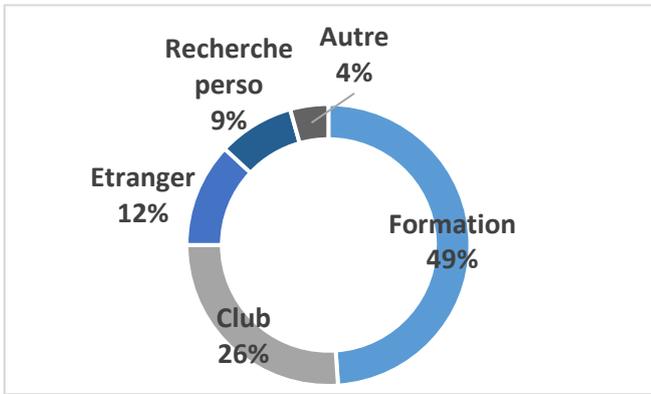


Figure 29: Proportions des sources de sensibilisation des plongeurs (données déclaratives).

2. Attentes des plongeurs

Malgré le fait que la majorité des plongeurs déclarent avoir déjà été sensibilisés aux impacts de la plongée sous-marine sur le milieu marin, 94 % des plongeurs interviewés déclarent vouloir bénéficier davantage de sensibilisation sur ces aspects. Pour cela, dans 20 % des cas, ils aimeraient que les moniteurs des clubs leur transmettent plus d'informations à ce sujet. Pour les réponses « Autre », certains plongeurs interviewés ont émis l'idée de reportages à la télévision sur le sujet, de newsletter par mail, d'un classement des structures de plongée en fonction de leur implication afin de diminuer les impacts de l'activité et enfin d'épreuves éliminatoires lors des passages des niveaux de formations sur des questions environnementales et sur les problématiques liées aux impacts environnementaux de la plongée sous-marine (Figure 30).

De même, 93 % des plongeurs des plongeurs interviewés souhaiteraient bénéficier de plus de connaissance en biologie marine que ce soit par le biais de site internet dédiés (23 %), de cours spécifiques (20 %) proposés en structure de plongée (plongée à thème, formation, stage, etc.) ou encore d'échanges avec les moniteurs durant leur passage dans la structure de plongée (10 %).

Enfin, seulement 25 % des plongeurs interviewés déclarent avoir connaissance de site de science participative liée à la plongée sous-marine et citent principalement Doris. Cependant, parmi les plongeurs déclarant connaître des sites de sciences participatives, beaucoup citent des forums ou des groupes d'échange entre plongeurs (groupe Facebook, par exemple) et non de réels programmes de sciences participatives.

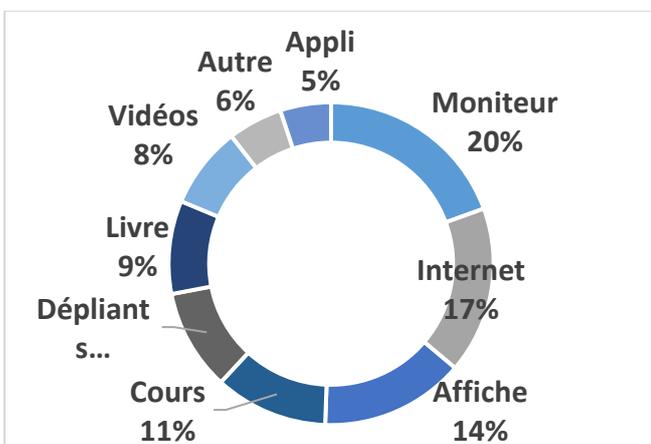


Figure 30: Proportions des moyens de sensibilisation souhaités par les plongeurs interviewés.



8

Conclusions

Au cours de cette étude, plusieurs facteurs pouvant conditionner l'impact du plongeur sur le milieu marin ont pu être identifiés :

- le nombre de plongeurs fréquentant un site ;
- la sensibilité environnementale et les connaissances du plongeur. Un plongeur sensibilisé sur le besoin de protéger le milieu marin aura un comportement différent, il évitera de toucher les organismes vivants, de retourner les pierres, d'allumer sans arrêt sa lumière dans les cavités, etc. ;
- sa technicité : l'expérience, une bonne stabilisation et la bon agencement de son matériel, limiteront considérablement le nombre de contacts avec le fond.

La baie de Calvi est incontestablement un *hot spot* de plongée sous-marine avec plus de 21000 plongeurs par an. Le site de la Revellata est le site le plus sensible de la baie (présence d'espèces protégées et patrimoniales : corail rouge, gorgones, mérou, corb) mais également le plus fréquenté avec plus de 6000 plongeurs par an. Cette fréquentation apparaît comme très élevée par rapport à la fréquentation recensée sur d'autres sites de plongées méditerranéens français (Rounaet et al., 2017). La pression d'ancrage n'est pas très importante étant donné

que les clubs de plongée locaux ont depuis plusieurs années pris l'initiative d'apposer des mouillages afin d'éviter d'ancrer sur les sites. Cependant le nombre de bouée a augmenté ces dernières années sur l'ensemble des sites de la baie.

Lors des plongées réalisées avec les clubs de Calvi, nous avons rarement assisté à des recommandations afin de limiter l'impact des plongeurs sur le milieu. La majorité des plongeurs (85 %) que nous avons observés ont des contacts volontaires ou involontaires avec le milieu. Les contacts volontaires se font principalement avec les mains, souvent induits par des plongeurs expérimentés ayant un appareil photo. Les contacts involontaires sont majoritairement provoqués par les palmes, souvent par des plongeurs débutants ayant une mauvaise flottabilité.

Néanmoins, la sensibilisation réalisée dans le cadre de ce projet a permis de mettre en évidence qu'il y a une véritable demande de la part des pratiquants mais également des professionnels du secteur à disposer d'outils de vulgarisation scientifique, de recommandations et une réelle volonté d'être plus impliqués et mieux formés sur la biologie marine et les impacts de la plongée sous-marine. De plus, l'occupation du site de la Revellata par les professionnels de la plongée permet de limiter la présence de pêcheurs professionnels sur le site lors de la saison estivale. Enfin, l'observation répétée de mauvais comportements et de la dégradation de certains sites (épave du B17, par

exemple) incitent les structures de plongée à promouvoir de bons comportements à leurs clients.

Ainsi, nous préconisons d'accroître considérablement la sensibilisation des plongeurs sur leur comportement en plongée. D'une part, en informant les pratiquants du nombre annuel de plongeurs sur le site afin de leur montrer qu'un geste individuel isolé répété 6000 fois sur le même site peut alors devenir problématique. D'autre part, en leur expliquant en quoi les impacts répétés sur le milieu peuvent être néfastes sur l'environnement et en leur proposant d'autres manières de faire, des formations spécialisées voire des équipements plus adaptés. De plus, les plongeurs manifestent la volonté d'être mieux formés en biologie marine et sur les conséquences de la plongée sur le milieu marin. Il serait donc intéressant, aussi bien pour les clubs de plongée que pour les pratiquants, de repenser notre manière de plonger et de proposer, par exemple, des conférences ou des plongées à thèmes centrées sur la biologie et l'écologie de certaines espèces ou habitats, tout en sensibilisant sur les impacts potentiels.

Ce qui nous amène au deuxième point où nous préconisons que les moniteurs soient également mieux formés à ces thématiques. En effet, les moniteurs sont d'une part le vecteur de la transmission des bons gestes...ou des mauvais aux apprentis plongeurs et il est alors primordial qu'ils aient conscience eux-mêmes de l'importance de leurs actions sur le milieu. De plus, les moniteurs ont la possibilité d'accentuer leurs efforts de sensibilisation, par exemple, en rappelant le bon comportement à avoir en plongée, lors du briefing d'avant plongée. De plus, rappeler aux plongeurs l'importance de bien accrocher leur matériel (octopus, manomètre, lampe, etc.) permettrait de réduire le nombre de contacts involontaires induits par le matériel trainant. Certains auteurs ont d'ores et déjà mis en évidence que le nombre de contact avec le milieu par les plongeurs est significativement moins important lorsqu'ils ont assisté à un vidéo-briefing éducatif avant la

plongée (Giglio et al., 2018). Les structures de plongée pourraient être soutenues dans cette démarche grâce à la création de supports ludiques et numériques, d'affiches et/ou plaquettes informatives.

D'une manière plus générale, il pourrait y avoir une réflexion sur la manière de faire évoluer l'activité de plongée sous-marine afin de l'adapter à la démocratisation qu'il y a eu ces dernières années, et donc à l'augmentation du nombre de pratiquants et ainsi des impacts potentiels. Les qualifications des niveaux de plongée pourraient inclure un nombre minimum de plongées obligatoires avant de pouvoir passer au niveau supérieur. De plus, des modules de sensibilisation à l'environnement et aux impacts de la plongée, pour les niveaux loisirs et pour les monitorats, pourraient être inclus dans la formation de manière éliminatoire.

Parmi les impacts recensés et étudiés, cette étude a permis le suivi des gorgones jaunes et pourpres. Le changement climatique et l'augmentation des vagues de chaleur sous-marine qui en découle, participent fortement aux nécroses et ainsi à la mortalité des populations de gorgones jaunes et pourpres. Bien que l'étude n'ait pas mis en évidence l'impact des plongeurs sur ces espèces en particulier, les contacts volontaires ou involontaires que les plongeurs peuvent avoir avec le substrat, et donc avec la faune/flore fixées, sont autant de pressions supplémentaires pour ces espèces déjà fragilisées par le changement climatique.

De plus, l'étude menée sur la communauté ichtyologique durant l'été 2019 a permis de mettre en évidence la fuite des grands individus de certaines espèces telles que le mérou ou le corb après le passage des palanquées sur le site de la Revellata. De plus, les observations centrées sur le mérou brun ont permis de montrer que les grands individus ont tendance à être plus méfiants vis-à-vis des plongeurs que les plus petits individus.

STARESO va donc poursuivre cette étude ichtyologique sur l'année 2020/2021 afin d'acquérir plus de données et ainsi pouvoir affiner les analyses, espèce par espèce, en fonction de différents facteurs. Cependant, il a

déjà été constaté à de nombreuses reprises qu'un plongeur calme, avec une bonne flottabilité et des mouvements contrôlés permet non seulement d'épargner le milieu d'impacts involontaires mais conduit également à une meilleure observation des espèces marines qui fuient moins.

Cette étude a permis l'analyse d'une multitude de paramètres aussi bien physiques (température), biologiques (suivis biométriques des gorgones jaunes et pourpres et suivis de la communauté ichtyologique), éthologiques (réactions des mérus bruns face aux plongeurs), que sociologiques (fréquentation, comportements des plongeurs et sensibilisation) au cours d'une période commune. La complémentarité des méthodes de suivis réalisées permet ainsi de mieux appréhender les impacts de la plongée sous-marine sur le milieu marin tout en soulignant la nécessité de développer des actions concertées entre les différents acteurs locaux (scientifiques, gestionnaires, professionnels, associations, pratiquants, etc.).

Les impacts de la plongée sous-marine sont aujourd'hui de mieux en mieux connus et incontestables. Des mesures doivent désormais être mises en place afin de limiter les impacts négatifs identifiés mais également afin de promouvoir les impacts positifs tout en les renforçant.

BIBLIOGRAPHIE

- Asafu-Adjaye, J., Tapsuwan, S., 2008. A contingent valuation study of scuba diving benefits: Case study in Mu Ko Similan Marine National Park, Thailand. *Tour. Manag.* 29, 1122–1130.
- Barker, N.H.L., Roberts, C.M., 2004. Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biol. Conserv.* 120, 481–489. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.021>
- Bonhomme P., Dalias N., Lenfant P., Cadiou G, 2006. Mise en place d'un protocole de suivi de la zone de mouillages organisés du Cap l'Abeille dans la Réserve Naturelle Marine de Cerbère Banyuls. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Fr. : 1- 50.
- Blouet S., Foulquie M., Dupuy De La Grandrive R., 2006. Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques Harmony, sur le site de plongée des Tables. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » Défi territorial marin ELGA (Cap d'Agde – Hérault - France).
- Bravo, G., Márquez, F., Marzinelli, E.M., Mendez, M.M., Bigatti, G., 2015. Effect of recreational diving on Patagonian rocky reefs. *Mar. Environ. Res.* 104, 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.12.002>
- Camp, E., Fraser, D., 2012. Influence of conservation education dive briefings as a management tool on the timing and nature of recreational SCUBA diving impacts on coral reefs. *Ocean Coast. Manag.* 61, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.02.002>
- 45 Cerrano, C., Arillo, A., Azzini, F., Calcinai, B., Castellano, L., Muti, C., Valisano, L., Zega, G., Bavestrello, G., 2005. Gorgonian population recovery after a mass mortality event. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 15, 147–157. <https://doi.org/10.1002/aqc.661>
- Cerrano C., Fava F., Scinto A., Ponti M., 2008. Epibenthic assemblages and coral rubbles: Possible effects of human impacts on coral reefs. *Biologia Marina Mediterranea* 15: 150–151.
- Coma, R., Zabala, M., Gili, J.-M., 1995. Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 117, 185–192.
- Coma R., Pola E., Ribes M., Zabala M. 2004. Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications* 14: 1466-1478.
- Dalias N., Lenfant P., Licari M.L., Bardelletti C., 2007. Guide d'aide à la gestion des Aires Marines Protégées : gestion et suivi de l'activité de plongée sous marine. Document édité par le Conseil Général des Pyrénées-Orientales dans le cadre du programme Interreg IIIC MEDPAN. Contrat Conseil Général des Pyrénées-Orientales – EPHE – OCEANIDE. 62 pages + annexes.
- Davis, D., Tisdell, C., 1996. Economic Management of Recreational Scuba Diving and the Environment. *J. Environ. Manage.* 48, 229–248. <https://doi.org/10.1006/jema.1996.0075>
- Di Franco, A., Baiata, P., Milazzo, M., 2013. Effects of recreational scuba diving on Mediterranean fishes: evidence of involuntary feeding? *Mediterr. Mar. Sci.* 14, 15. <https://doi.org/10.12681/mms.321>

- Di Franco, A., Ferruzza, G., Baiata, P., Chemello, R., Milazzo, M., 2010. Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. *ICES J. Mar. Sci.* 67, 871–874. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq007>
- Di Franco, A., Milazzo, M., Baiata, P., Tomasello, A., Chemello, R., 2009. Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a Mediterranean marine protected area. *Environ. Conserv.* 36, 32. <https://doi.org/10.1017/S0376892909005426>
- Dickens, L.C., Goatley, C.H.R., Tanner, J.K., Bellwood, D.R., 2011. Quantifying Relative Diver Effects in Underwater Visual Censuses. *PLoS ONE* 6, e18965. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018965>
- Dimmock, K., Musa, G., 2015. Scuba diving tourism system: a framework for collaborative management and sustainability. *Mar. Policy* 54, 52–58.
- Dube, D., Kim, K., Alker, A., Harvell, C., 2002. Size structure and geographic variation in chemical resistance of sea fan corals *Gorgonia ventalina* to a fungal pathogen. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 231, 139–150. <https://doi.org/10.3354/meps231139>
- Dumas J., Maran V., Ader D., Huet S., 2018. In : DORIS, 09/10/2018 : *Paramuricea clavata* (Risso, 1826), <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/223>
- Floros, C., Schleyer, M.H., Maggs, J.Q., 2013. Fish as indicators of diving and fishing pressure on high-latitude coral reefs. *Ocean Coast. Manag.* 84, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.08.005>
- Francour, P., Koukouras, A., 2000. 2.3. METHODS FOR STUDYING THE IMPACT OF DIVER FREQUENTATION AND MOORING ON CORALLIGENOUS COMMUNITIES 8.
- Garrabou J., Sala E., Arcas A., Zabala M. 1998. The impact of diving on rocky sublittoral communities : a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology* 12 : 302-312.
- Giglio, V.J., Luiz, O.J., Schiavetti, A., 2016. Recreational Diver Behavior and Contacts with Benthic Organisms in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Environ. Manage.* 57, 637–648. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0628-4>
- Giglio, V.J., Luiz O.J., Chadwick N.E., Ferreira C.E.L., . Using an educational video-briefing to mitigate the ecological impacts of scuba diving. *Journal of sustainable tourism.* <https://doi.org/10.1080/09669582.2017.1408636>
- Guidetti, P., Vierucci, E., Bussotti, S., 2008. Differences in escape response of fish in protected and fished Mediterranean rocky reefs. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 88, 625–627.
- Halpern, B.S., Selkoe, K.A., Micheli, F., Kappel, C.V., 2007. Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats. *Conserv. Biol.* 21, 1301–1315. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00752.x>
- Hammerton, Z., 2017. Determining the variables that influence SCUBA diving impacts in eastern Australian marine parks. *Ocean Coast. Manag.* 142, 209–217.
- Harmelin, J.G., Sartoretto, S., Francour, P., 1999. Mise en place d'une stratégie de suivi de l'ichtyofaune et des peuplements de gorgonaires de l'archipel de Riou. Contrat Ville Marseille Dir. L'environnement Déchets Cent. D'Océanologie Marseille Cent. D'Océanologie Marseille Publ Marseille 1–110.

- Harmelin J.C., Garrabou J., 2005. Suivi d'une population de *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) (Cnidaria, Octocorallia, Gorgonacea) dans le parc national de Port-Cros (Méditerranée, France) : Comparaison des états 1992 et 2004 sur le site de la Galère. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 21 : 175-191.
- Harmelin et Bassemayousse, 2008, Michez N., Dirberg G., Bellan-Santini D., Verlaque M., Bellan G., Pergent G., Pergent-Martini C., Labruno C., Francour P., Sartoretto S., 2011. Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée, Liste de référence française et correspondances. Rapport SPN 2011 - 13, MNHN, Paris, 1-50.
- Hobday, A.J., Alexander, L.V., Perkins, S.E., Smale, D.A., Straub, S.C., Oliver, E.C.J., Benthuisen, J.A., Burrows, M.T., Donat, M.G., Feng, M., Holbrook, N.J., Moore, P.J., Scannell, H.A., Sen Gupta, A., Wernberg, T., 2016. A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Prog. Oceanogr.* 141, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.12.014>
- Hoegh-Guldberg, O., 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar. Freshw. Res.* 50, 839–866.
- Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Zabala, M., Hereu, B., Dantart, L., 2005. Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 305, 127–137.
- Linares, C., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Diaz, D., Dantart, L., 2010. Assessing the impact of diving in coralligenous communities: The usefulness of demographic studies of red gorgonian populations 24.
- Lindfield, S.J., Harvey, E.S., McIlwain, J.L., Halford, A.R., 2014. Silent fish surveys: bubble-free diving highlights inaccuracies associated with SCUBA-based surveys in heavily fished areas. *Methods Ecol. Evol.* 5, 1061–1069. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12262>
- Lobel, P.S., 2001. Fish Bioacoustics and Behavior: Passive Acoustic Detection and the Application of a Closed-Circuit Rebreather for Field Study. *Mar. Technol. Soc. J.* 35, 19–28. <https://doi.org/10.4031/002533201788001884>
- Lobel, P.S., Hole, W., 2005. Scuba Bubble Noise and Fish Behavior: A Rationale for Silent Diving Technology 11.
- Loya, Y., Sakai, K., Yamazato, K., Nakano, Y., Sambali, H., Van Woesik, R., 2001. Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecol. Lett.* 4, 122–131.
- Luna, B., Pérez, C.V., Sánchez-Lizaso, J.L., 2009. Benthic impacts of recreational divers in a Mediterranean Marine Protected Area. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 517–523. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp020>
- Milazzo, M., 2011. Evaluation of a behavioural response of Mediterranean coastal fishes to novel recreational feeding situation. *Environ. Biol. Fishes* 91, 127–132.
- Milazzo, M., Anastasi, I., Willis, T., 2006. Recreational fish feeding affects coastal fish behavior and increases frequency of predation on damselfish *Chromis chromis* nests. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 310, 165–172. <https://doi.org/10.3354/meps310165>

- Milazzo, M., Chemello, R., Badalamenti, F., Camarda, R., Riggio, S., 2002. The Impact of Human Recreational Activities in Marine Protected Areas: What Lessons Should Be Learnt in the Mediterranean Sea? *Mar. Ecol.* 23, 280–290. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2002.tb00026.x>
- Mistri, M., Ceccherelli, V.U., 1994. Growth and secondary production of the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Mar Ecol Prog Ser* 6.
- Musa, G., Dimmock, K., 2012. Scuba diving tourism. *Tour. Mar. Environ.* 8, 1–109.
- Oh, C.-O., Ditton, R.B., Stoll, J.R., 2008. The economic value of scuba-diving use of natural and artificial reef habitats. *Soc. Nat. Resour.* 21, 455–468.
- Parrish, F.A., Pyle, R.L., 2002. Field Comparison of Open-Circuit Scuba to Closed-Circuit Rebreathers for Deep Mixed-Gas Diving Operations. *Mar. Technol. Soc. J.* 36, 13–22. <https://doi.org/10.4031/002533202787914052>
- Patterson, M.R., 1992. A mass transfer explanation of metabolic scaling relations in some aquatic invertebrates and algae. *Science* 255, 1421–1423.
- Pelaprat, C., 2000. Le cantonnement de pêche, un véritable outil de gestion? Exemple du cantonnement de pêche de Calvi (Corse, Méditerranée nord-occidentale) (PhD Thesis). Thèse, Université de Corse, Corte.
- Ponti, M., Perlini, R.A., Ventra, V., Grech, D., Abbiati, M., Cerrano, C., 2014. Ecological Shifts in Mediterranean Coralligenous Assemblages Related to Gorgonian Forest Loss. *PLoS ONE* 9, e102782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102782>
- 48 Prior, M., Ormond, R., Hitchen, R., Wormald, C., 1995. The impact of natural resources of activity tourism: a case study of diving in Egypt. *International Journal of Environmental Studies* 48 : 201–209.
- Radford, C.A., Jeffs, A.G., Tindle, C.T., Cole, R.G., Montgomery, J.C., 2005. Bubbled waters: The noise generated by underwater breathing apparatus. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 38, 259–267. <https://doi.org/10.1080/10236240500333908>
- Riviere, M.L., Michez, N., Aish, A., Bellan-Santini, D., Bellan, G., Chevaldonne, P., Dauvin, J.-C., Derrien-Courtel, S., Grall, J., Guérin, L., Janson, A.-L., Labrune, C., Sartoretto, S., Thibaut, T., Thiébaud, É., Verlaque, M., n.d. Évaluation de la sensibilité des habitats benthiques de Méditerranée aux pressions physiques 102.
- Roberts, L., Harriott, V.J., 1994. Recreational scuba diving and its potential for environmental impact in a marine reserve. In: Bellwood, O., Choat, H., Saxena, N. (Eds.), *Recent Advances in Marine Science and Technology 1994*. James Cook University of North Queensland, Townsville, Australia, pp. 695–704.
- Roche, R.C., Harvey, C.V., Harvey, J.J., Kavanagh, A.P., McDonald, M., Stein-Rostaing, V.R., Turner, J.R., 2016. Recreational Diving Impacts on Coral Reefs and the Adoption of Environmentally Responsible Practices within the SCUBA Diving Industry. *Environ. Manage.* 58, 107–116. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0696-0>
- Rouanet E., Belloni B., Astruch P., de Monbrison D., Goujard A., Leteurtois M., Berthier L., 2017. Etat des connaissances des activités de plongée subaquatiques sur la façade méditerranéenne et appui à l'élaboration d'une stratégie de gestion durable des sites de plongée. Contrat d'étude Agence

- Française pour la Biodiversité – Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée & GIS Posidonie – BRL ingénierie, GIS Posidonie publ., FR. : 1 – 184 + 12 annexes + 2 volumes annexes.)
- Rouphael, A.B., Hanafy, M., 2007. An alternative management framework to limit the impact of SCUBA divers on coral assemblages. *J. Sustain. Tour.* 15, 91–103.
- Rouphael, A.B., Inglis, G.J., 2001. “Take only photographs and leave only footprints”?: an experimental study of the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biol. Conserv.* 100, 281–287.
- Rouphael, A.B., Inglis, G.J., 1997. Impacts of recreational SCUBA diving at sites with different reef topographies. *Biol. Conserv.* 82, 329–336. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00047-5)
- Sala E., Garrabou J., Zabala M., 1996. Effects of diver fequentation on Mediterranean sublittoral populatins of the Bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology* 126 : 451-459.
- Schmidt, M.B., Gassner, H., 2006. Influence of scuba divers on the avoidance reaction of a dense vendace (*Coregonus albula* L.) population monitored by hydroacoustics. *Fish. Res.* 82, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.08.014>
- Sieber, A., Pyle, R., 2010. A review of the use of closed-circuit rebreathers for scientific diving. *Underw. Technol.* 29, 73–78. <https://doi.org/10.3723/ut.29.073>
- Sini, M., Kipson, S., Linares, C., Koutsoubas, D., Garrabou, J., 2015. The Yellow Gorgonian *Eunicella cavolini*: Demography and Disturbance Levels across the Mediterranean Sea. *PLOS ONE* 10, e0126253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126253>
- Toyoshima J., Nadaoka K., 2015. Importance of environmental briefing and buoyancy control on reducing negative impacts of SCUBA diving on coral reefs. *Ocean & Coastal Management* 116 : 20–26
- Uyarra, M.C., Côté, I.M., 2007. The quest for cryptic creatures: Impacts of species-focused recreational diving on corals. *Biol. Conserv.* 136, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.11.006>
- Watson, D.L., Harvey, E.S., 2007. Behaviour of temperate and sub-tropical reef fishes towards a stationary SCUBA diver. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 40, 85–103. <https://doi.org/10.1080/10236240701393263>
- Weinbauer, M.G., Velimirov, B., 1995. Biomass and secondary production of the temperate gorgonian coral *Eunicella cavolini* (Coelenterata: Octocorallia). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 121, 211–216.
- Zainal Abidin, S.Z., Mohamed, B., 2014. A Review of SCUBA Diving Impacts and Implication for Coral Reefs Conservation and Tourism Management. *SHS Web Conf.* 12, 01093. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20141201093>
- Zakai, D., Chadwick-Furman, N.E., 2002. Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biol. Conserv.* 105, 179–187. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00181-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00181-1)

ANNEXES

Annexes 1 : Enquête plongeur - I Sbuleca Mare

QUESTIONNAIRE DE SENSIBILISATION

LES ATTENTES DU PLONGEUR

Prendre conscience de la richesse spécifique à chaque zone géographique, voire à chaque site. Comprendre que la valeur patrimoniale de l'environnement ne dépend pas seulement de la densité de poissons observés.

1/ Que recherchez-vous en venant plonger à Calvi ?

Les paysages sous-marins La visibilité et la température Des espèces ciblées

Une grande biodiversité Des épaves Autre (précisez)

.....

2/ Quel type de plongée pratiquez-vous ?

Photographies sous-marines Macro (recherche d'espèces peu visibles)

Plongée loisir, familiale Plongée profonde

Autre (précisez)

LE NIVEAU DE CONNAISSANCES DU PLONGEUR

Mieux connaître son environnement pour mieux le protéger. Susciter la curiosité.

3/ Pouvez-vous citer une ou plusieurs espèces marines protégées en Corse ?

Oui Non

(Si oui, lesquelles)

.....

4/ Connaissez-vous la posidonie et son rôle écologique ?

Oui Non

(Si oui, expliquez)

.....

.....

5/ Découvrir d'autres espèces sous forme d'énigmes.

- a. Je suis petit, rouge, on me voit à chaque immersion. Je ne fais pas le tour d'un bocal, mais je peux garder plusieurs centaines d'œufs dans ma bouche pour les protéger.
Qui suis-je ? (L'apogon mâle)

.....

.....

- b. Fréquent dans les petits fonds, je peux mesurer jusqu'à trois mètres. On ne sait pas grand-chose de ma reproduction, si ce n'est que je perds mes dents et que je développe mes organes sexuels avant d'entraîner ma douce dans les profondeurs.
Qui suis-je ? (Le congre)

.....

.....

- c. 200 000 fois plus petit que la femelle au stade adulte, je ne dépasse pas quelques millimètres. Afin de pouvoir féconder les œufs, je vais être aspiré par la trompe de la femelle pour me retrouver ensuite dans sa cavité génitale.
Qui suis-je ? (le mâle bonellie verte, un vers marin)

.....

.....

LE COMPORTEMENT DU PLONGEUR

Prendre conscience de l'impact des gestes du plongeur sur le milieu, de la manière d'approcher les espèces et des distances à respecter.

6/ D'après vous, quels sont les comportements respectueux de l'environnement à adopter lors de la plongée ?

- Ne rien prélever Ne pas avoir de contact avec le milieu
 Ne pas toucher les espèces vivantes Autre (précisez)

.....

7/ D'après vous, comment réussir à observer une espèce au plus près ?

- En s'approchant le plus possible En s'approchant discrètement
 En suscitant la curiosité de l'espèce Autre (précisez)

.....

8/ Vous a-t-on parlé de sensibilisation à l'environnement lors de votre briefing ?

- Oui Non

Si oui, quelle information de sensibilisation vous a semblé la plus importante ?

.....

.....

.....

ÊTRE ACTEUR DE LA PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE

Connaître les sites participatifs (réseau Alien Corse, Medoobs), partager ses connaissances et bonnes pratiques au quotidien avec les autres plongeurs.

9/ D'après vous, de quelle manière les plongeurs peuvent avoir un impact positif sur l'environnement marin ?

.....

10/ Connaissez-vous des sites participatifs liés à la plongée ?

Oui

Non

Informations générales :

Nationalité :

Niveau de plongée :

.....

Genre :

Fréquence de plongées :

.....

Age :

Annexe 2 : Enquête plongeur - STARESO

Questionnaire plongeur

Merci de répondre à ce court questionnaire - Données confidentielles et anonymes pour étude scientifique.

Données sur le plongeur

1. Sexe : Homme Femme
2. Année de naissance : _____
3. Etes-vous résident corse ?
 - Oui Quelle est votre commune de résidence ? _____
 - Non
 Lieu du séjour : _____
 Durée du séjour : _____
 Pays d'origine : _____
 Département d'origine : _____
 Raisons du séjour :
 - Culture
 - Nature (plage, montagne...)
 - Plongée
 - Autres (précisez) : _____
4. Quelle est votre métier ou statut professionnel (étudiant, retraité) ? _____
5. Quel niveau de plongée avez-vous ?
 - Baptême
 - N1 / PADI Open Water
 - N2/ PADI Advanced Open Water
 - N3/ PADI Rescue Diver
 - N4/ PADI Dive Master
 - Autre formation (photographie sous-marine, scientifique, ...):

6. Combien avez-vous de plongées à votre actif ?
 < 20 / entre 20 et 50 / entre 50 et 100 / entre 100 et 200 / > 200
7. Pratiquez-vous la photographie sous-marine ? Oui, depuis combien de temps? _____ Non
8. Plongez-vous le reste de l'année ?
 - Oui En piscine, où ? _____ En milieu naturel, où ? _____
 - Non
9. Faites-vous partie d'une association de plongée, en Corse ou ailleurs ?
 - Oui (laquelle ? où ?) : _____
 - Non
10. Faites-vous de l'apnée ?
 - Oui
 - Non
11. Quand avez-vous plongé pour la dernière fois ? (aujourd'hui exclus)

- Moins d'une semaine
- Moins d'un mois
- Entre 1 et 6 mois
- Entre 6 mois et 1 an

12. Plus d'1 an, depuis quand ? _____ **Combien d'argent dépensez-vous approximativement chaque année pour cette activité ?** (Sorties organisées, Equipements, Accessoires, Entretien, Adhésion, Revues, livres, films Trajet en voiture, Séjour, Autres) _____ €

Données sur la plongée

13. Quels sont les paramètres de la plongée que vous venez d'effectuer (profondeur, durée) ?

14. Plongée d'exploration de formation ?

15. Avez-vous touché le milieu marin durant votre plongée (fond, roches, faune et/ou flore) ?

Oui si oui, de manière volontaire ? et/ou de manière involontaire ?

Non

16. Aviez-vous déjà plongé sur ce site (pointe de la Revellata) ? Oui Non

Si oui, combien de fois ? _____

Pourquoi revenez-vous ici ? _____

17. Entourez la note correspondante pour les critères suivants :

Beauté du site (Pas beau du tout) **0 1 2 3 4** (Magnifique)

Espèces observées (Très peu d'espèces rares, remarquables, protégées) **0 1 2 3 4** (Beaucoup)

Diversité paysagère (Faible, paysage unifié, monotone) **0 1 2 3 4** (Forte, diversité de formes, couleurs, etc.)

Présence de pollution (Très peu de pollution, déchets) **0 1 2 3 4** (Beaucoup de pollution, déchets)

Visibilité (Pas bonne du tout) **0 1 2 3 4** (Excellente)

Autre(s) remarque(s) : _____

18. Notez votre plongée d'un point de vue technique :

(je ne suis pas satisfait(e) de ma plongée d'un point de vue technique) **0 1 2 3 4** (rien à signaler, je ne vois rien à améliorer)

Si vous avez mis une note inférieure à 4, pourquoi ?

19. Comment noteriez-vous ces critères :

Gestion de l'air (Très mauvaise, moins de 30 bars à la fin) **0 1 2 3 4** (Excellente)

Gestion flottabilité (Très mauvaise, trop/pas assez lesté) **0 1 2 3 4** (Excellente)

Gestion des mouvements (Très mauvaise, coups de palme involontaires etc) **0 1 2 3 4** (Excellente)

Annexe 3 : Liste des espèces recensées

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Anthias anthias</i>	Barbier
<i>Apogon imberbis</i>	Apogon
<i>Atherina sp.</i>	Athérines
<i>Balistes capriscus</i>	Baliste commun
<i>Belone belone</i>	Orphie
<i>Boops boops</i>	Bogue
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole
<i>Conger conger</i>	Congre
<i>Coris julis</i>	Girelle
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre
<i>Dentex dentex</i>	Denti
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon
<i>Diplodus cervinus</i>	Sar tambour
<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois
<i>Epinephelus marginatus</i>	Mérou brun
<i>Labrus merula</i>	Labre merle
<i>Labrus mixtus</i>	Coquette
<i>Labrus viridis</i>	Labre vert
<i>Lithognatus mormyrus</i>	Marbré
<i>Mugil sp.</i>	Mulet
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget-barbet de roche
<i>Muraena helena</i>	Murène
<i>Oblada melanura</i>	Oblade
<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarné
<i>Pagellus bogaraveo</i>	Dorade rose
<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun
<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle
<i>Sardina Pilchardus</i>	Sardine
<i>Sardinella aurata</i>	Sardinelle
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe
<i>Sciaena umbra</i>	Corb
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon
<i>Seriola dumerilii</i>	Sériole
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chevrette
<i>Serranus hepatus</i>	Serran-hépaté

Serranus scriba	Serran écriture
Sparus aurata	Dorade royale
Sphyraena viridensis	Barracuda
Spicara maena	Mendole
Spicara smaris	Picarel
Spondylisoma cantharus	Dorade grise
Symphodus cinereus	Crénilabre cendré
Symphodus doderleini	Crénilabre de Doderlein
Symphodus mediterraneus	Crénilabre méditerranéen
Symphodus melanocercus	Crénilabre à queue noire
Symphodus ocellatus	Crénilabre ocellé
Symphodus roissali	Crénilabre à 5 tâches
Symphodus rostratus	Sublet
Symphodus tinca	Crénilabre tanche
Thalassoma pavo	Girelle paon
Trachurus trachurus	Chinchard commun
Trachurus mediterraneus	Chinchard à queue jaune
Zeus faber	Saint-Pierre
Espèces occasionelles	
Acantholabrus palloni	Acantholabre
Auxis rochei	Bonitou
Auxis thazard	Auxide
Dasyatis pastinaca	Raie pastenague
Euthynnus alletteratus	Thonine commune
Fistularia commersonii	Poisson flûte
Kyphosus sectatrix	Saupe brésilienne (=calicagère blanche)
Lappanella fasciata	Le labre iris
Lichia amia	Liche
Lophius sp.	Baudroie
Mola mola	Poisson lune
Mycteroperca rubra	Mérou royal
Myliobatis aquila	Raie aigle
Sarda sarda	Pélamide
Scomber sp.	Maquereau
Siganus luridus	Poisson lapin à queue tronquée
Siganus rivulatus	Poisson lapin à ventre strié
Sparisoma cretense	Poisson perroquet de Méditerranée

Thunnus alalunga	Germon
Thunnus thynnus	Thon rouge



STARESO
Station de Recherches Sous-Marines
et Océanographiques

