

**Projet GIREPAM**

**Gestion Intégrée des Réseaux Écologiques à travers les Parcs et les Aires Marines**

**Livrable T4.1.1**

**Valorisation et réalisation de sentiers sous-marins également par la mise en place de  
marques de balisage et de bouées d'amarrage**

Mars 2020



Gênes, le 30 mars 2020

*La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au cœur de la Méditerranée*

## Sommaire général

1	Introduction.....	3
2	Matériels et méthodes.....	3
	2.1 Zone d'étude .....	3
	2.2 Surface concernée par la plongée et biocénoses à forte valeur environnementale..	6
	2.3 Évaluation de la pression .....	7
	2.4 Capital naturel des biocénoses à forte valeur environnementale dans les sites de plongée .....	7
	2.5 Rentabilité économique des sites de plongée.....	8
3	Résultats.....	8
	3.1 Surface concernée par la plongée et biocénoses à forte valeur environnementale..	8
	3.2 Évaluation de la pression .....	10
	3.3 Capital naturel des biocénoses à forte valeur environnementale dans les sites de plongée .....	10
	3.4 Rentabilité économique des sites de plongée.....	11
4	Bibliographie.....	12

# 1 Introduction

Afin de réaliser le présent livrable, une analyse des résultats obtenus pour l'AMP Portofino dans le cadre du projet national financé par le Ministère italien de l'environnement "Comptabilité environnementale dans les Aires Marines Protégées" a été effectuée. En particulier, les résultats suivants sont pris en compte :

- la valeur du capital naturel de l'AMP et de ses habitats ;
- la valeur des gains économiques générés par l'utilisation du service écosystémique de plongée.

A partir de ces résultats sont calculées et quantifiées dans le cadre de GIREPAM :

- la surface des sites de plongée et des biocénoses à forte valeur environnementale dans ces mêmes sites ;
- la valeur du capital naturel des biocénoses à forte valeur environnementale dans les sites de plongée ;
- la valeur de la rentabilité économique des sites de plongée.

## 2 Matériels et méthodes

### 2.1 Zone d'étude

La zone d'étude est l'AMP ligure de Portofino. Le zonage caractérisant l'AMP se répartit comme suit : zone A, zone B, zone C est et zone C ouest, elles-mêmes divisées en 19 secteurs à des fins de surveillance : Cala Oro, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18 (Figure 1).

L'AMP Portofino est l'une des principales destinations de plongée en Méditerranée (Cappanera et al., 2010), bien que le secteur ait souffert de la crise économique ces dernières années.

Le plongeur devient donc un point de référence important pour la gestion du territoire, car il joue un rôle fondamental en tant que source d'informations sur ce qui se passe dans les fonds de l'AMP. De plus, la plongée en elle-même, considérée en tant qu'activité de masse, représente une part fondamentale des activités économiques induites sur le territoire local.

À Portofino, il est possible d'effectuer des plongées individuelles et des visites guidées passant par des centres de plongée, dans les deux cas après autorisation de l'Organisme de gestion (Règlement pour la mise en place et l'organisation de l'aire marine protégée dénommée Portofino, art. 13, 14, 15).

La plongée est interdite dans la zone A, elle est permise dans la zone B avec autorisation préalable et uniquement sur des sites spécifiques (mais pour les visites guidées les activités d'enseignement de la plongée ne sont pas autorisées) et elle est libre dans la zone C. Les activités d'accompagnement et de support à la plongée sont également autorisées dans la zone B uniquement sur des sites spécifiques (Figure 2).

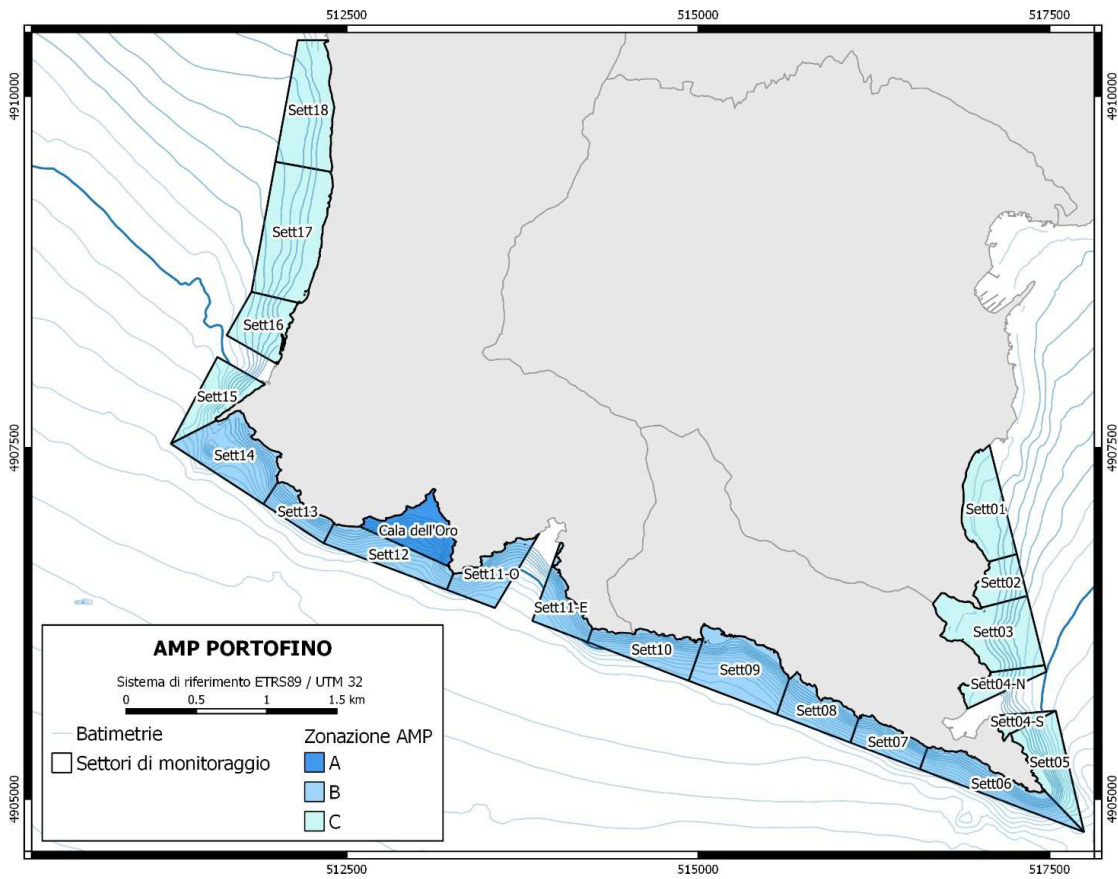


Figure 1. AMP Portofino: secteurs de surveillance.

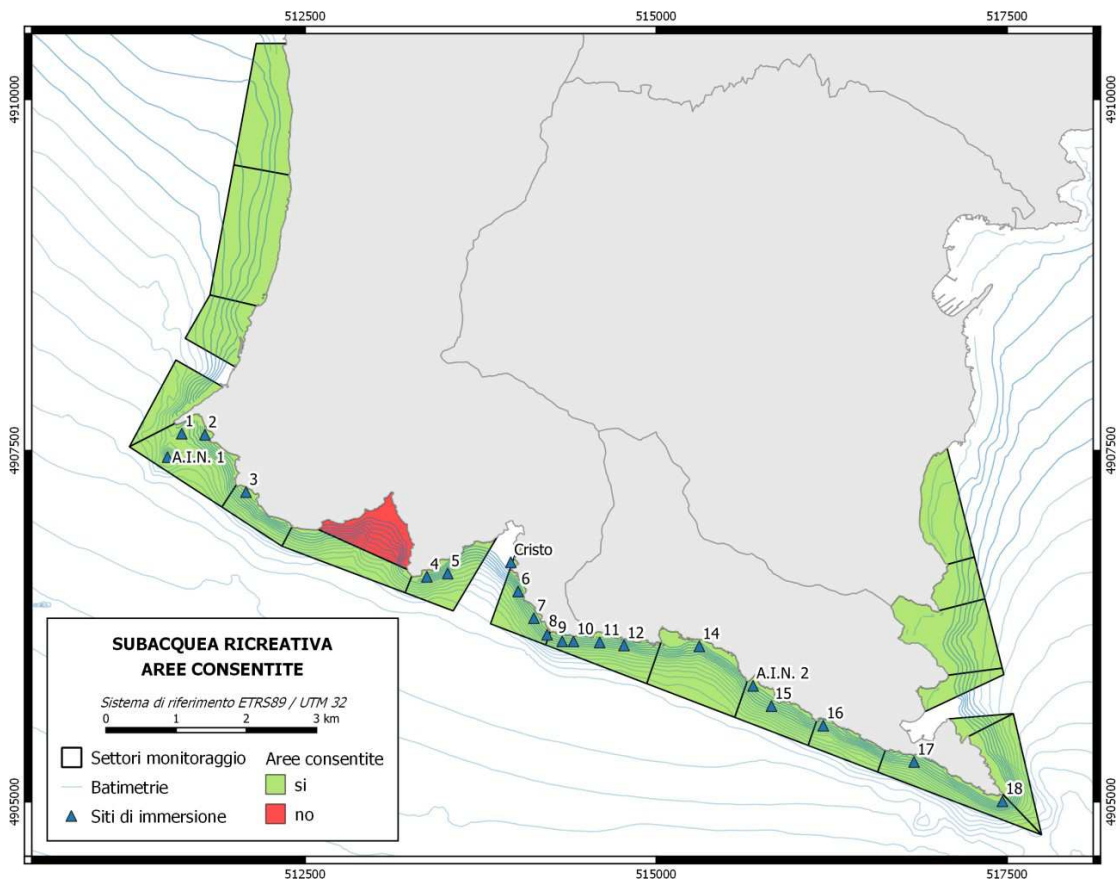


Figure 2. Zones où la plongée de loisir est autorisée et sites de plongée au sein de l'AMP Portofino.

Les sites où la plongée est possible dans la zone B sont les suivants : Punta Chiappa Levante (1), Secca dell'Isuela (A.I.N.1), Punta della Targhetta (2), Grotta dell'Eremita (3), Punta della Torretta (4), Punta dell'Indiano (5), Dragone (6), Colombara (7), Secca Gonzatti (8), Targa Gonzatti (9), Scoglio del Raviolo (10), Testa del Leone (11), Scoglio del Diamante (12), Relitto Mohawk Deer (14), Altare (A.I.N.2), Punta Vessinaro (15), Casa del Sindaco (16), Chiesa di San Giorgio (17) et Faro (18). On y ajoute le site Cristo degli Abissi (Cristo) pour lequel aucune autorisation n'est nécessaire, étant situé dans le canal de transit de San Fruttuoso.

Sur chaque site, la plongée doit avoir lieu dans un rayon de 50 mètres calculé à partir de la verticale du point d'amarrage, sauf sur le site du Cristo degli Abissi, où la plongée doit avoir lieu sans perturber le transit des navires dans le canal.

La plongée sous-marine doit respecter le code de conduite suivant :

1. aucun contact avec les fonds marins n'est autorisé. Il est interdit de prélever, même partiellement, et d'endommager tout matériel et/ou organisme de nature géologique, biologique et archéologique ;
2. il est interdit de nourrir la faune sous-marine, d'introduire ou d'abandonner tout matériel et, d'une manière générale, tout comportement susceptible de déranger les organismes marins est défendu ;
3. le passage dans des grottes naturelles doit respecter les modalités et la durée strictement nécessaires pour parcourir le sentier sous-marin ;
4. il est obligatoire de garder l'équipement de plongée le plus près possible du corps ;
5. il est obligatoire de signaler à l'Organisme de gestion ou à l'Autorité maritime locale la présence de déchets ou de matériels dangereux et d'engins de pêche abandonnés sur les fonds marins de la zone marine protégée ;
6. l'utilisation de moyens auxiliaires de propulsion sous-marine n'est pas autorisée, à l'exception des moyens qui peuvent être utilisés, le cas échéant, par les personnes handicapées, sous réserve d'autorisation de la part de l'Organisme de gestion.

Les plongées individuelles pratiquées par une seule personne ne peuvent être effectuées que si le plongeur est titulaire d'un brevet de deuxième niveau minimum ; dans le cas de plongées en groupe, il doit y avoir au moins un plongeur titulaire d'un brevet de deuxième niveau minimum et le groupe sera composé de 5 personnes au maximum pour chaque plongeur titulaire de brevet. L'Organisme de gestion peut autoriser la plongée individuelle avec bateau jusqu'à un maximum de 90 plongeurs par jour, avec un maximum de 6 plongeurs par bateau. Les visites guidées de plongée dans les zones B ne peuvent être effectuées qu'en présence d'un guide ou d'un moniteur du centre de plongée autorisé, avec un nombre maximum de 5 plongeurs pour chaque guide ou moniteur ; sur chaque site, 24 plongeurs au maximum peuvent plonger ensemble.

L'autorisation de réaliser des visites guidées de plongée n'est délivrée qu'aux centres de plongée qui :

1. sont établis dans les communes relevant de l'AMP et limitrophes à la date du 26 avril 1999, ou associés, à la date du 7 août 1999 au plus tard, à des acteurs déjà établis dans les communes de l'AMP à la date du 1er août 1998 ;

2. ont un siège opérationnel dans les communes relevant de l'AMP.

En ce qui concerne les visites guidées de plongée et les activités d'accompagnement et de soutien à la plongée, l'Organisme de gestion délivre l'autorisation et remet en même temps un registre sur lequel il faut noter avant chaque sortie :

1. les données du bateau ;
2. les noms des guides et/ou des moniteurs pour les visites guidées ;
3. les noms des plongeurs titulaires d'un brevet de deuxième niveau minimum, qui ont déclaré connaître le milieu sous-marin de l'AMP pour des activités d'accompagnement et de soutien ;
4. les noms des participants et leurs brevets de plongée;
5. la date, l'heure et le site de plongée.

L'autorisation est délivrée sur présentation des registres de plongée de la saison précédente.

Il n'existe en revanche aucun système de contrôle pour les plongées individuelles. Pour en savoir plus sur les dispositions relatives à la plongée individuelle et aux visites guidées, veuillez vous référer aux articles 13, 14 et 15 du Règlement de l'AMP Portofino.

## **2.2 Surface concernée par l'activité de plongée et biocénoses à forte valeur environnementale**

Tout au long du XXe siècle, la plongée était généralement considérée comme une activité dont on pouvait profiter sans nuire au milieu marin (Hammerton, 2014 ; Milazzo et al., 2002). Toutefois, son essor au cours des dernières décennies a montré qu'elle a des effets directs importants sur le coralligène (Di Franco et al., 2009 ; Hammerton, 2014 ; Milazzo et al., 2002), en particulier sur les organismes calcaires benthiques (Lloret et al., 2006 ; Sala et al., 1996) en raison de la présence d'espèces très fragiles ayant un faible taux de croissance (Ballesteros, 2006) et du nombre très élevé de plongées de loisir (Hammerton, 2014).

Les plongeurs peuvent influencer le milieu et les organismes de manière intentionnelle ou accidentelle, que ce soit par leur seule présence dans l'eau ou par le contact physique avec les mains, le corps, l'équipement et les palmes, la libération de bulles d'air piégées dans les grottes marines et la remise en suspension de sédiments (Di Franco et al., 2009 ; Luna et al., 2009 ; Milazzo et al., 2002).

L'impact des plongeurs tient davantage à leur expérience, à leur compétence technique et à leur comportement qu'au nombre de personnes qui fréquentent le site et n'est pas nécessairement associé au type de brevet détenu (Di Franco et al., 2009 ; Luna et al., 2009). Les dommages produits par un seul plongeur ne sont pas élevés, mais l'effet cumulatif dû à la présence de nombreux plongeurs au même endroit, comme dans les AMP, peut causer des dommages très importants. Les espèces les plus fréquemment endommagées par le contact avec les plongeurs sont *Eunicellasingularise Astroidescalycularis*, tandis que *Paramuricea clavata* ne présente aucun dommage (Di Franco et al., 2009).

De nombreuses études qualitatives et quantitatives ont été réalisées sur ce sujet (Betti et al., 2019; Di Franco et al., 2009; Hammerton, 2014; Luna et al., 2009; Milazzo et al., 2002a).

C'est pourquoi la surface susceptible d'être impactée dans l'AMP Portofino a été calculée, c'est-à-dire la surface occupée par le coralligène sur chaque site de plongée.

L'évaluation des surfaces a été possible grâce à des données cartographiques issues de PostgreSQL/PostGIS et QGIS, en utilisant les couches cartographiques relatives aux sites de plongée, aux secteurs de surveillance, aux bathymétries et aux habitats marins, après les avoir intégrées dans le système de référence utilisé pour le projet GIREPAM (ETRS89/UTM32). Les habitats marins sont tirés de la carte des habitats marins ligures de Diviacco & Coppo (2009, 2012), précédemment réélaborée dans le cadre du projet MATTM. Afin de calculer la surface sur laquelle les plongées ont lieu, un *shapefile* a été créé avec QGIS à partir de la couche des sites de plongée : depuis ces sites, une zone tampon de 100 m a été créée, représentant la distance maximale à laquelle un plongeur peut arriver pendant sa plongée, en ne considérant que les zones situées à moins de 55 m de profondeur.

En utilisant QGIS, il est possible de réaliser les cartes suivantes :

1. carte des zones où s'effectue l'activité de plongée autour des points de plongée, obtenue en créant une zone tampon de 100 m à partir des points de plongée et en la croisant avec la bathymétrie à 55 m;
2. carte du coralligène dans les zones de plongée.

Les informations suivantes ont été obtenues via PostgreSQL/PostGIS :

1. surface des sites de plongée sur laquelle la plongée est effectuée (distance de 100 m à partir du point de plongée et profondeur de 55 m);
2. surface du coralligène pour chaque site.

### **2.3 Évaluation de la pression**

La pression exercée par la plongée peut être mesurée par le nombre de plongées effectuées dans l'AMP. Étant donné qu'aucune information n'est disponible concernant les plongées individuelles effectuées par des particuliers, seuls les registres remis chaque année par les centres de plongée ont été analysés. À partir de ceux-ci, il est possible de déterminer le nombre de plongeurs qui ont fréquenté les AMP, le nombre total de plongées individuelles effectuées, ainsi que les sites les plus visités et avec quelle fréquence. La collecte des registres afin de calculer le nombre total de plongées a été réalisée dans le cadre du Projet national MATTM. Comme le projet national couvrait les données pour les trois années 2014-2016 mais des données détaillées étaient disponibles uniquement pour les années 2015 et 2016, les données de ces deux dernières années ont été prises en compte.

### **2.4 Capital naturel des biocénoses à forte valeur environnementale dans les sites de plongée**

Le calcul du capital naturel associé au coralligène dans les sites de plongée a été effectué à partir des valeurs obtenues dans le cadre du projet MATTM (Paoli et al., 2018), qui sont exprimées en unités émergétiques ( $\text{sej}/\text{m}^2$ ) et en équivalents monétaires ( $\text{em}\text{€}/\text{m}^2$ ). Le Tableau 1 indique les valeurs par unité de surface dans les différentes zones protégées de l'AMP Portofino. Plus

précisément, les sites de plongée relèvent tous de la zone B.

Zone protégée	CN coralligène (sej/m <sup>2</sup> )	CN coralligène (em€/m <sup>2</sup> )
A	1.48E+13	15.37
B	1.04E+13	10.81
C ouest	1.00E+13	10.46
C est	9.45E+12	9.84

Tableau 1. Valeur du capital naturel (CN) par unité de surface associé au coralligène dans les zones protégées de l'AMP Portofino.

Par conséquent, en connaissant la surface du coralligène dans chaque site de plongée, son emplacement dans les différentes zones de l'AMP et la valeur par unité de surface du capital naturel associé à cette biocénose dans les différentes zones de l'AMP, il est possible d'évaluer la valeur globale de la biocénose à forte valeur environnementale dans les sites de plongée.

### **2.5 Rentabilité économique des sites de plongée**

La rentabilité économique des sites de plongée est liée aux recettes provenant de l'octroi aux centres de plongée de l'autorisation d'exercer leur activité et aux dépenses relatives aux activités elles-mêmes, c'est-à-dire le coût de la plongée effectuée dans l'AMP.

## **3 Résultats**

Cette section présente les résultats du livrable. En particulier, les données concernant les activités de plongée dans les années 2014 et 2015 ont été analysées, soit la période couverte par le projet MATTM.

### **3.1 Surface concernée par l'activité de plongée et biocénoses à forte valeur environnementale**

La plongée dans les 20 sites de l'AMP peut se dérouler sur une surface totale de 468.801 m<sup>2</sup>, dont 86.459 m<sup>2</sup> caractérisés par la présence de coralligène (Tableau 3 et Figure 3).



Site de plongée	Code	Surface (m <sup>2</sup> )	Surface coralligène (m <sup>2</sup> )
Site de plongée	Code	30'040.24	5'752.67
Punta Chiappa Levante	1	21'490.16	7'580.46
Secca dell'Isuela	A.I.N. 1	22'857.41	409.43
Punta della Targhetta	2	21'089.32	3'188.63
Grotta dell'Eremita	3	21'063.92	3'274.87
Punta della Torretta	4	24'135.12	2'860.88
Punta dell'Indiano	5	9'047.95	1'433.37
Cristo degli Abissi	Cristo	23'610.49	3'840.18
Dragone	6	24'037.17	2'843.55
Colombara	7	22'437.20	3'413.69
Secca Gonzatti	8	22'429.49	3'465.48
Targa Gonzatti	9	22'183.98	3'726.89
Scogli del Raviolo	10	25'186.12	3'485.89
Testa del Leone	11	23'734.07	2'935.77
Scoglio del Diamante	12	24'647.26	4'318.82
Relitto Mohawk Deer	14	23'586.91	3'212.03
Altare	A.I.N. 2	25'362.15	4'266.23
Punta Vessinaro	15	24'148.20	8'659.55
Casa del Sindaco	16	24'786.06	3'819.11
Chiesa di San Giorgio	17	28'927.89	13'971.23
Faro	18	464'801.11	86'458.72
<b>Total</b>		<b>30'040.24</b>	<b>5'752.67</b>

Tableau 2 : Caractérisation des sites de plongée de l'AMP Portofino.

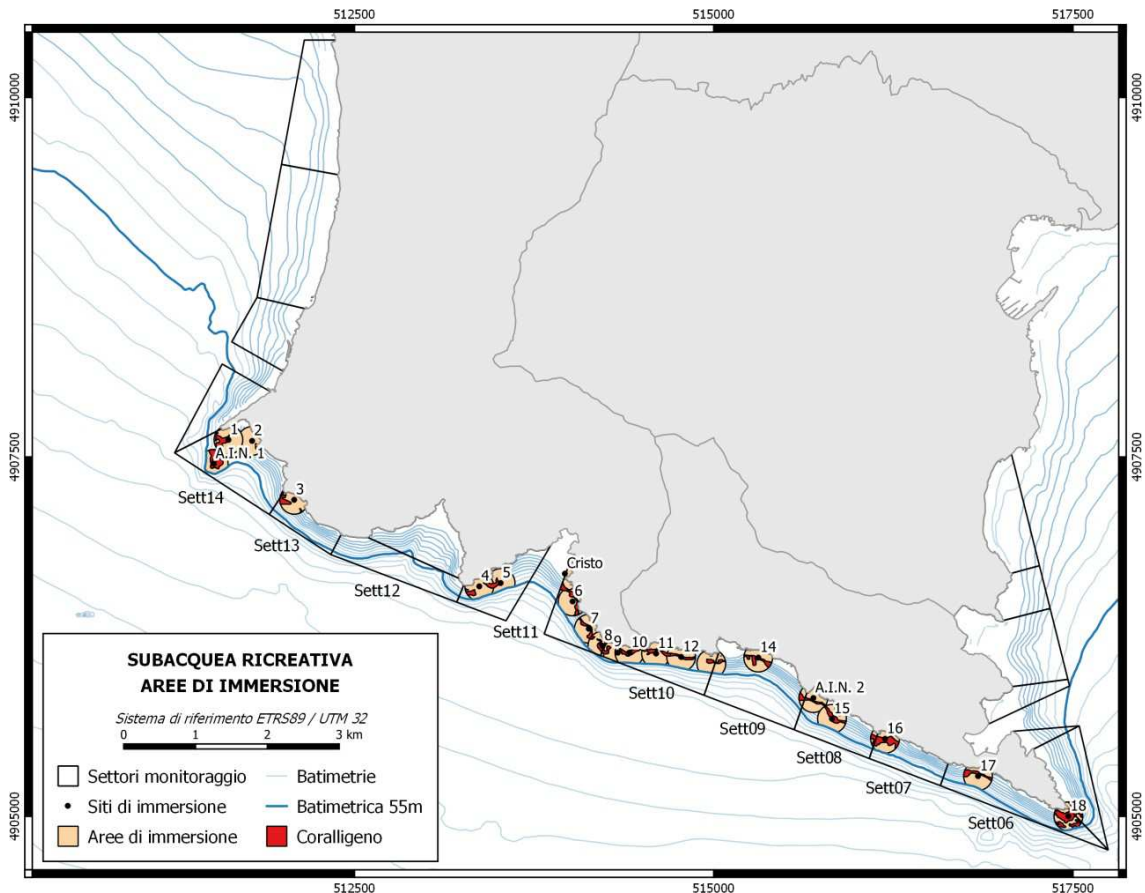


Figure 3 : Zones de plongée et biocénoses à forte valeur environnementale dans l'AMP Portofino.

### 3.2 Évaluation de la pression

En 2015 et 2016, 21 et 20 centres de plongée ont été autorisés respectivement. La pression annuelle moyenne est de 33.488 plongées effectuées en passant par les centres de plongée (30.113 en 2015 et 36.862 en 2016). Si l'on considère que chaque plongeur effectue en moyenne environ 1,3 plongée par jour, on peut estimer à 25.673 le nombre total de présences.

L'analyse des registres a permis d'obtenir la fréquence moyenne et le nombre moyen de plongées par an dans chaque site de plongée (Tableau 3).

Site de plongée	Code	Fréquence %	Nb de plongées
Site de plongée	Code	4.72	1'580
Punta Chiappa Levante	1	9.34	3'129
Secca dell'Isuela	A.I.N. 1	2.57	860
Punta della Targhetta	2	0.51	172
Grotta dell'Eremita	3	9.95	3'330
Punta della Torretta	4	1.19	399
Punta dell'Indiano	5	3.57	1'195
Cristo degli Abissi	Cristo	4.39	1'470
Dragone	6	7.56	2'530
Colombara	7	14.95	5'006
Secca Gonzatti	8	0.66	221
Targa Gonzatti	9	2.13	712
Scogli del Raviolo	10	2.61	875
Testa del Leone	11	1.00	335
Scoglio del Diamante	12	5.35	1'790
Relitto Mohawk Deer	14	10.59	3'545
Altare	A.I.N. 2	3.05	1'022
Punta Vessinaro	15	3.59	1'201
Casa del Sindaco	16	0.44	149
Chiesa di San Giorgio	17	11.85	3'967
Faro	18	4.72	1'580
<b>Total</b>		<b>100.00</b>	<b>33'488</b>

Tableau 3 : Pression annuelle exercée dans l'AMP Portofino par les plongeurs sur chaque site de plongée.

### 3.3 Capital naturel des biocénoses à forte valeur environnementale dans les sites de plongée

Le tableau 4 indique la valeur du capital naturel associé au coralligène pour chaque site de plongée, qui a été calculée en multipliant la surface de plongée (Tableau 2) par la valeur du coralligène de la zone B (Tableau 1).

Site de plongée	Code	Surface du coralligène (m <sup>2</sup> )	Capital naturel (em€)
Site de plongée	Code	5'752.67	62'180.60
Punta Chiappa Levante	1	7'580.46	81'937.16
Secca dell'Isuela	A.I.N. 1	409.43	4'425.48
Punta della Targhetta	2	3'188.63	34'465.85
Grotta dell'Eremita	3	3'274.87	35'398.12
Punta della Torretta	4	2'860.88	30'923.21
Punta dell'Indiano	5	1'433.37	15'493.33
Cristo degli Abissi	Cristo	3'840.18	41'508.50
Dragone	6	2'843.55	30'735.93
Colombara	7	3'413.69	36'898.53
Secca Gonzatti	8	3'465.48	37'458.41
Targa Gonzatti	9	3'726.89	40'283.97
Scogli del Raviolo	10	3'485.89	37'679.02
Testa del Leone	11	2'935.77	31'732.79
Scoglio del Diamante	12	4'318.82	46'682.09
Relitto Mohawk Deer	14	3'212.03	34'718.83
Altare	A.I.N. 2	4'266.23	46'113.63
Punta Vessinaro	15	8'659.55	93'601.05
Casa del Sindaco	16	3'819.11	41'280.78
Chiesa di San Giorgio	17	13'971.23	151'014.97
Faro	18	86'458.72	934'532.26
<b>Total</b>		<b>5'752.67</b>	<b>62'180.60</b>

Tableau 4 : Valeur du capital naturel du coralligène dans les sites de plongée de l'AMP Portofino.

### 3.4 Rentabilité économique des sites de plongée

Sur la base des états financiers de l'AMP, il a été possible d'évaluer pour les années 2015 et 2016 les recettes provenant de l'octroi des autorisations aux centres de plongée.

À partir des questionnaires remis, dans le cadre du projet MATTM, aux plongeurs qui sont passés par des centres de plongée, il a été possible d'évaluer le coût de chaque plongée et les dépenses totales pour toutes les plongées effectuées dans l'AMP.

Les recettes issues des autorisations et des centres de plongée ont permis donc d'évaluer la rentabilité économique de chaque site de plongée (Tableau 5).

Site de plongée	Code	Nb de plongées	Recettes issues des autorisations (€)	Recettes issues des centres de plongée (€)	Rentabilité économique (€)
Punta Chiappa Levante	1	1'580	5'079.95	46'771.89	51'851.84
Secca dell'Isuela	A.I.N. 1	3'129	10'058.24	92'607.77	102'666.01
Punta della Targhetta	2	860	2'764.23	25'450.68	28'214.91
Grotta dell'Eremita	3	172	551.46	5'077.41	5'628.87
Punta della Torretta	4	3'330	10'705.60	98'568.09	109'273.69
Punta dell'Indiano	5	399	1'283.21	11'814.69	13'097.90
Cristo degli Abissi	Cristo	1'195	3'841.09	35'365.51	39'206.60
Dragone	6	1'470	4'725.53	43'508.63	48'234.15
Colombara	7	2'530	8'133.89	74'890.00	83'023.89
Secca Gonzatti	8	5'006	16'090.74	148'149.85	164'240.59
Targa Gonzatti	9	221	710.19	6'538.81	7'248.99
Scogli del Raviolo	10	712	2'288.59	21'071.36	23'359.95
Testa del Leone	11	875	2'812.19	25'892.27	28'704.46
Scoglio del Diamante	12	335	1'077.12	9'917.20	10'994.32
Relitto Mohawk Deer	14	1'790	5'754.59	52'983.42	58'738.01
Altare	A.I.N. 2	3'545	11'395.22	104'917.50	116'312.71
Punta Vessinaro	15	1'022	3'285.42	30'249.36	33'534.78
Casa del Sindaco	16	1'201	3'859.88	35'538.52	39'398.40
Chiesa di San Giorgio	17	149	478.38	4'404.53	4'882.92
Faro	18	3'967	12'752.39	117'413.21	130'165.61
<b>Total</b>		<b>33'488</b>	<b>107'647.93</b>	<b>991'130.69</b>	<b>1'098'778.61</b>

Tableau 5 : Rentabilité économique des sites de plongée de l'AMP Portofino.

## 4 Bibliographie

- Ballesteros E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 44, 123-195.
- Betti F., Bavestrello G., Bo M., Coppari M., Enrichetti F., Fravega L., Cappanera V., Venturini S., Cattaneo-Vietti R. (2019). On the effects of recreational SCUBA diving on fragile benthic species: the Portofino MPA (NW Mediterranean Sea) case study. *Ocean & Coastal Management*, in press.
- 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. *Environmental Conservation* 36(1), 32-40.
- Diviacco G., Coppo S. (2009). *Atlante degli Habitat Marini della Liguria. Regione Liguria.*
- Diviacco G., Coppo S. (2012). *Atlante degli Habitat Marini della Liguria. Regione Liguria.*
- Hammerton Z. (2014). SCUBA-diver impacts and management strategies for subtropical marine protected areas. Ph.D. thesis.
- Lloret J., Marin A., Marin-Guirao L., Carreño M.F. (2006). An alternative approach for managing

scuba diving in small marine protected areas. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater

Ecosystems 16, 579-591.

- Luna B., Pérez C.V., Sánchez-Lizaso J.L. (2009). Benthic impacts of recreational divers in a Mediterranean Marine Protected Area. *ICES Journal of Marine Science* 66(3), 517–523.
- 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? *Marine Ecology* 23(1), 280-290.
- Paoli C., Povero P., Burgos E., Dapuzo G., Fanciulli G., Massa F., Scarpellini P., Vassallo P. (2018). Natural capital and environmental flows assessment in marine protected areas: The case study of Liguria region (NW Mediterranean Sea). *Ecological Modelling* 368,121-135.
- Sala E., Garrabou J., Zabala M. (1996). Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology* 126(3), 451-459.