



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

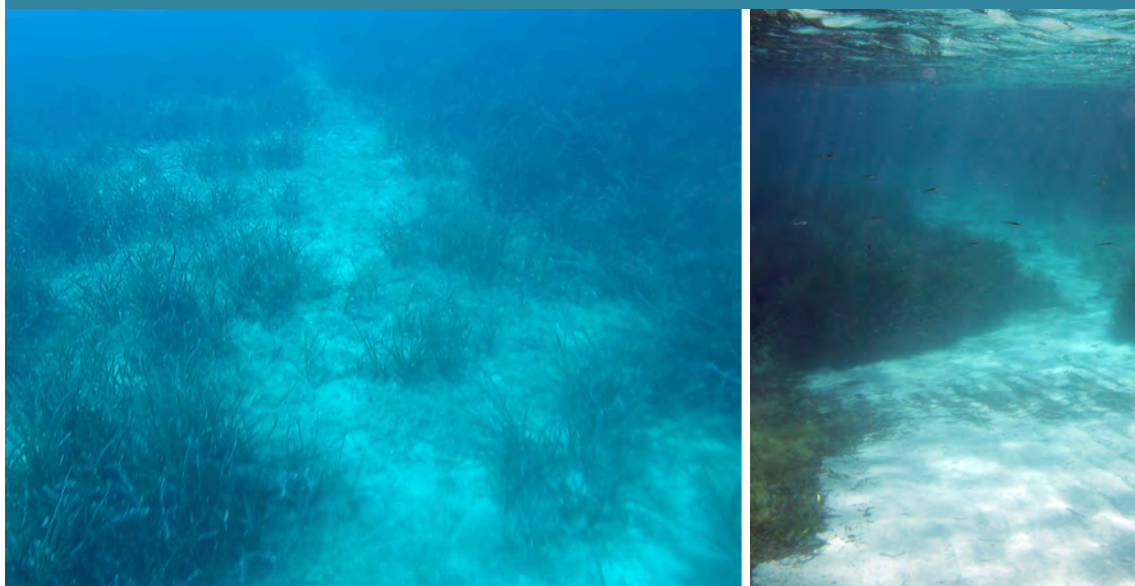


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

GIREPAM

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Évaluation de la sensibilité des habitats marins à la pression d'ancrage – Approche méthodologique et application au golfe de Sant'Amanza



C. Pergent-Martini, E. Barralon, L. Lehmann, B. Monnier, G. Pergent



FEDERAZIONE
DI RICERCA
AMBIU
È SUCETÀ FRES 3041



Novembre 2020

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

Évaluation de la sensibilité des habitats marins à la pression d’ancrage – Approche méthodologique et application au golfe de Sant’Amanza

Étude financée dans le cadre du :

Programme de Coopération INTERREG V-A ITALIE FRANCE « MARITTIMO 2014 – 2020 »

Projet « Gestion Intégrée des Réseaux Ecologiques à travers les Parcs et les Aires Marines – GIREPAM » & Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

Chef de file :

Regione Sardegna

Partenaires :

Parco Nazionale dell’Asinara - Area Marina Protetta ; Consorzio di gestione Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo ; Fondazione IMC Centro Marino ; Office de l’Environnement de la Corse ; Parc Naturel Régional de Corse ; Université de Corse Pascal Paoli ; Conservatoire du littoral ; Parc National de Port-Cros ; Conseil Général des Alpes Maritimes ; Area Marina Protetta Secche della Meloria ; Ente Parco Nazionale Arcipelago Toscano ; Regione Liguria ; Consorzio di gestione Area Marina Protetta Portofino ; Ente Parco Nazionale delle Cinque Terre – Area Marina Protetta ; Ente Parco Naturale Regionale di Montemarcello-Magra-Vara

Responsable scientifique pour l’Université de Corse Pascal Paoli (UCPP) :

Dr. Christine Pergent-Martini, Equipe Ecosystèmes Littoraux (EqEL), Fédération de Recherche « Environnement & Sociétés » (FRES 3041)

Participants à l’étude :

Pr. Gérard Pergent, EqEL, FRES 3041 - UCPP

Emeline Barralon, Ingénieur d’étude – EqEL, FRES 3041 - UCPP

Léa Lehmann, Ingénieur d’étude – EqEL, FRES 3041 - UCPP

Briac Monnier, Doctorant EqEL, FRES 3041 – UCPP

Financements :

Une partie des résultats utilisés dans cette étude sont issus de la campagne océanographique, qui s’est déroulée en août 2018, à bord du N/O Europe de l’Ifremer, qui outre la mise à disposition des moyens à la mer de la Flotte Océanographique Française et des personnels de GENAVIR, a bénéficié de co-financements de l’Office Français de la Biodiversité et de l’Office de l’Environnement de la Corse.

Ce rapport doit être cité sous la forme :

Pergent-Martini C., Barralon E., Lehmann L., Monnier B., Pergent G., 2020. Évaluation de la sensibilité des habitats marins à la pression d’ancrage – Approche méthodologique et application au golfe de Sant’Amanza. Programme INTERREG-MARITTIMO GIREPAM, Université de Corse Pascal Paoli – Equipe Ecosystèmes Littoraux, Corte : 1-35.

Sommaire

1.	Contexte général	3
A.	Directive Cadre Stratégie Milieu Marin et intégrité des fonds	3
B.	GIREPAM et la fréquentation au sein des aires protégées	3
C.	Plaisance en Méditerranée	4
D.	Objectif de l'étude	4
2.	Impact des activités de plaisance sur les écosystèmes benthiques	6
E.	Ancrage et conséquences sur l'environnement	6
B.	Paramètres à prendre en compte pour évaluer l'impact de l'ancrage	10
B.1.	Sensibilité des habitats	10
B.2.	Outils et modalités d'ancrage	12
3.	Application au golfe de Sant'Amanza	17
A.	Présentation du site	17
B.	Démarche adoptée	18
C.	Évaluation de l'ancrage sur les biocénoses du golfe de Sant'Amanza	19
C.1.	Actualisation de la répartition des biocénoses du golfe de Sant'Amanza	19
C.2.	Caractérisation de l'activité d'ancrage dans le golfe de Sant'Amanza	21
C.3.	Sensibilité des biocénoses à la pression d'ancrage dans le golfe de Sant'Amanza	24
4.	Conclusion et propositions de gestion	27
5.	Bibliographie	31
	Annexe : Échelle d'évaluation de la fiabilité de la carte des habitats.	35

1. Contexte général

A. Directive Cadre Stratégie Milieu Marin et intégrité des fonds

La Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (2008-56 CE) développe une approche écosystémique du milieu marin, en lien avec les Directives Habitats-Faune-Flore et Oiseaux et la Directive Cadre sur l'Eau : elle vise à maintenir ou rétablir un bon fonctionnement des écosystèmes marins (diversité biologique et relations espèces et habitats conservées, océans dynamiques et productifs) tout en permettant l'exercice des usages en mer pour les générations futures dans une perspective de développement durable. Sa mise en œuvre doit permettre aux États membres de prendre toutes les mesures nécessaires pour atteindre ou maintenir le bon état écologique du milieu marin. Ce bon état est basé sur un ensemble de onze descripteurs, dont la biodiversité marine ou l'intégrité des fonds. Ce descripteur « Habitat Benthique et Intégrité des Fonds » vise à s'assurer que la structure et les fonctions des écosystèmes sont préservées et que les écosystèmes benthiques en particulier, ne sont pas perturbés par les pressions liées aux activités humaines. L'évaluation est basée sur i) la perte physique, due à une modification permanente du substrat ou de la morphologie des fonds marins ou à l'extraction du substrat, et ii) la perturbation (temporaire ou réversible) d'habitat des fonds marins. De telles pressions peuvent être liées à nombreuses activités telles que les aménagements côtiers (e.g. extensions de ports, digues, plages alvéolaires), la mise en place d'infrastructures au large (e.g. plateformes pétrolières, gazières, parcs éoliens en mer), l'extraction de matériaux, le dragage ou l'immersion de matériaux, la pêche professionnelle aux arts traînants, les structures aquacoles ou le mouillage et l'ancrage sur les fonds (CE 2017/848/UE ; JO 2019/224).

Dans cette optique, il s'avère donc nécessaire de mieux caractériser les pressions physiques, qui comme l'ancrage ou le mouillage sont en forte augmentation en particulier au sein des Aires Marines Protégées (AMP) de Méditerranée et sont de nature à perturber le fonctionnement des écosystèmes benthiques emblématiques qu'elles abritent, comme les herbiers de Posidonies ou les peuplements coralligènes.

B. GIREPAM et la fréquentation au sein des aires protégées

Le projet GIREPAM (Gestion intégrée des réseaux écologiques à travers les parcs et les aires marines) est un projet stratégique transfrontalier, qui vise à développer des solutions communes aux plus importants problèmes de gestion rencontrés au sein des aires protégées, au niveau des régions de la zone de coopération (PACA – Corse – Sardaigne – Ligurie) et promouvoir le concept « Capital naturel : bien commun, gestion commune ».

La thématique de la fréquentation, voire de la sur-fréquentation, que ce soit en termes de pression engendrée par les flux de visiteurs dans les sites phares, de multiplication des activités nautiques (y compris de la grande plaisance) et de leurs conséquences sur l'environnement, ou d'accroissement des conflits d'usages et du niveau de pressions sur les ressources naturelles, s'est vite imposée comme l'une des thématiques-clé du projet, car partagée par l'ensemble des partenaires (GECT-PMIBB, 2017).

C. Plaisance en Méditerranée

Pour ce qui concerne les activités nautiques, la navigation de plaisance constitue l'un des principaux secteurs d'activités de Méditerranée, eu égard à son climat et à la diversité de ses paysages (Carreño *et al.*, 2019). Bien que l'on ne dispose pas d'évaluation précise à l'échelle du bassin, la Méditerranée représenterait, à elle seule, près de 20 % du parc nautique mondial et totaliserait plus de 70 % des contrats d'affrètement au niveau mondial (avec 56 % pour la seule Méditerranée Occidentale ; Cappato *et al.*, 2011). Plus de la moitié de la flotte mondiale (soit 4 100 unités) de la « grande plaisance » (embarcations supérieures à 24 m de long) fréquente les eaux méditerranéennes au moins huit mois sur douze (Cappato *et al.*, 2011), mais 90 % de l'activité est le fait d'embarcations de plus petites tailles (Carreño *et al.*, 2019). Au niveau des infrastructures, parmi les 940 marinas comptabilisées en 2011 en Méditerranée, plus de la moitié sont situées en Italie, en Espagne et en France (respectivement 253, 191 et 124 ; Cappato *et al.*, 2011). Malgré cela, la demande de poste d'amarrage est croissante, avec un déficit de 54 000 places pour les seuls ports de la façade méditerranéenne française (Fédération Française des Ports de Plaisance et Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer, 2016 - *in* Fontaine *et al.*, 2019) et s'est traduit dès 2015 par de nouveaux projets d'infrastructures (Carreño *et al.*, 2019).

Dans la mesure où l'on estime que l'industrie de la navigation de plaisance crée environ un emploi pour quatre postes d'amarrage utilisés dans les ports et sur la base des 400 000 postes d'amarrage dans les ports méditerranéens en 2011, ce sont donc au moins 100 000 emplois qui pourraient être liés au secteur de la navigation de plaisance dans les pays côtiers (Carreño *et al.*, 2019). Les apports économiques générés par la navigation de plaisance en font donc une activité difficile à restreindre, en particulier dans les zones de Méditerranée occidentale, qui constituent un haut-lieu de la plaisance (Côte d'Azur, Ligurie, Sardaigne et sud de la Corse ; Venturini *et al.*, 2016 ; Fontaine *et al.*, 2019), et ce même si elle engendre de multiples impacts directs comme indirects (Carreño *et al.*, 2019 ; Sagerman *et al.*, 2020).

La plaisance génère donc des difficultés de gestion (e.g. pic de fréquentation en saison estivale, dimensionnement et organisation du mouillage, conservation des habitats sensibles, pollution, conflits entre usagers ; GECT-PMIBB, 2017 ; Venturini *et al.*, 2017), exacerbées au sein des AMP de la zone GIREPAM, car du fait de leur environnement préservé, ces dernières attirent chaque année un nombre croissant de touristes et de plaisanciers.

D. Objectif de l'étude

Du fait de sa nature préservée et de sa situation géographique au sein du « triangle d'or » de la plaisance en Méditerranée occidentale, la Corse constitue une destination particulièrement prisée. Aussi l'Assemblée de Corse (ex CTC) a adopté un « Plan Stratégique en faveur du nautisme en Corse », dès 2005, mis en place le pôle excellence CAPNAUTIC, en 2009, et un plan régional en faveur du nautisme et de la plaisance, en 2014 (Sorba *et al.*, 2018). Le potentiel d'accroissement du secteur du nautisme et de la plaisance, observé entre 2004 et 2010, représente un atout majeur pour le développement économique de l'île d'autant que, alors que la Corse ne représente que 4 % du nombre national d'emplacements au port et constitue la 3^{ème} région maritime en termes d'immatriculations (2 678 en 2017), elle présente un niveau d'équipement et de services supérieurs à la moyenne nationale (Fontaine *et al.*, 2019). L'apport financier généré par la plaisance n'est pas négligeable pour l'île mais l'activité se doit d'être durable, et donc accompagnée de mesures à même de minimiser son impact sur les différents écosystèmes marins qui en font l'attractivité.

En sa qualité de gestionnaire des espaces protégés, l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) s'intéresse depuis plusieurs années au trafic maritime et plaisancier autour de la Corse et plus particulièrement dans la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB), où des actions, visant à réduire l'impact du mouillage sur les biocénoses emblématiques, ont été initiés, dès 2010 (GECT-PMIBB, 2017 ; Sorba *et al.*, 2018). De même, le Groupement Européen de Coopération Territoriale – Parc Marin International des Bouches de Bonifacio (GECT-PMIBB), qui lie le Parc National de l'Archipel de La Maddalena et l'OEC dans un objectif de coordination des actions de préservation environnementale à l'échelle du détroit, a identifié, dans son plan d'action en 2013, ces problématiques comme prioritaires, rappelant la nécessité d'une approche à large échelle pour leur bonne compréhension et pour la mise en œuvre d'actions conjointes (Sorba *et al.*, 2018).

En cohérence avec cette approche, notre démarche vise, à :

- Proposer un bilan des connaissances relatives à l'impact des activités de plaisance sur les habitats benthiques de Méditerranée, en se focalisant sur l'ancrage, et identifier les paramètres à même de moduler ces impacts,
- Sur la base d'un site-atelier (le golfe de Sant'Amanza - RNBB), identifier les dommages qui pourraient être reliés à la fréquentation de la plaisance, proposer une carte de sensibilité des habitats, et réaliser une première évaluation des risques, visant à aider le gestionnaire à réduire la pression d'ancrage à l'échelle du territoire.

2. Impact des activités de plaisance sur les écosystèmes benthiques

Les données de la littérature relatives aux activités de plaisance montrent que ces activités impactent les écosystèmes benthiques et plus particulièrement les formations végétales, tant durant les phases de navigation (e.g. coupe des feuilles par les hélices sur la végétation, turbulences entraînant une remise en suspension des sédiments fins et une augmentation de la turbidité de l'eau, pollution chimique dues aux carburants, lubrifiants et peintures anti-fouling) que lors des phases de mouillage (ombrage et modification de l'hydrodynamisme engendré par les structures d'amarrage, destruction par les chaînes et les ancres, eutrophisation due aux rejets d'eaux usées ; Sagerman *et al.*, 2020 ; Figure 1).

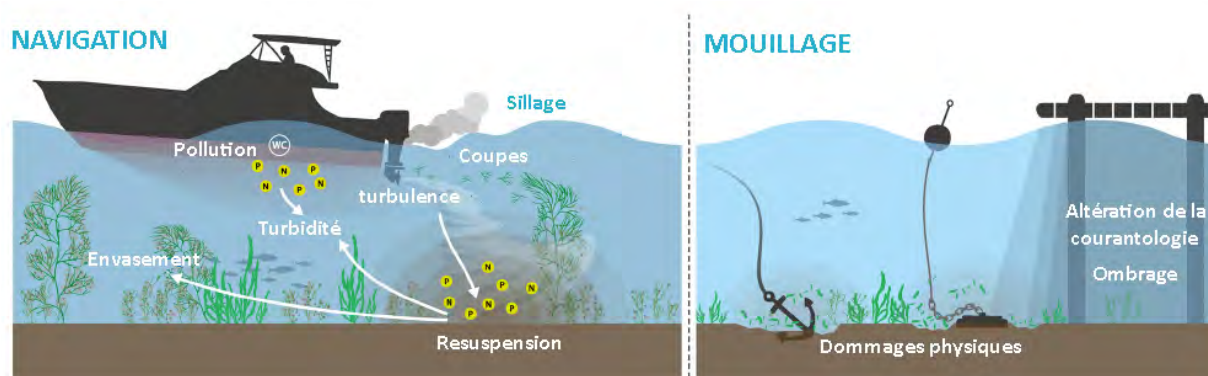


Figure 1 : Illustration des mécanismes engendrés par la navigation de plaisance sur la végétation sous-marine, durant les phases de navigation (à gauche) et de mouillage (à droite), d'après Sagerman *et al.* (2020).

Les données analysées par Sagerman *et al.* (2020) suggèrent que les impacts occasionnés par ces activités de plaisance dépendent de la profondeur du site, de l'intensité de l'activité, de la taille du type et de la vitesse de l'embarcation, du type de mouillage (e.g. quais, jetées, bouées) de l'habitat et des espèces végétales soumises à la perturbation, de la taille des sédiments et du niveau de perturbation naturelle du site (e.g. vent, variations saisonnières).

Néanmoins, la majorité des études menées en Méditerranée ciblent les aspects relatifs au mouillage dans la mesure où ils s'avèrent les plus impactant, que le mouillage soit organisé avec des structures fixes, ou soit libre et pratiqué au moyen d'une ancre. Les données disponibles montrent que c'est cette dernière activité qui est considérée comme la plus dommageable pour l'environnement, l'installation de mouillages organisés étant considérée comme un moyen efficace pour réduire les impacts négatifs des ancres (Francour *et al.*, 1999 ; Milazzo *et al.*, 2004 ; Montefalcone *et al.*, 2006 ; Lloret *et al.*, 2008 ; Diedrich *et al.*, 2013).

E. Ancrage et conséquences sur l'environnement

L'ancrage vise à fixer temporairement au fond, un navire flottant sur l'eau. Les ancres sont donc conçues pour creuser ou s'accrocher sur les fonds marins (Griffiths *et al.*, 2017) et l'ancrage se déroule en différentes phases :

1 - Afin de créer une prise, l'ancre est lâchée et une longueur de chaîne et/ou de corde est disposée sur le fond pour la maintenir horizontalement (Figure 2). L'ancre est considérée comme fixée lorsque la force de traction, exercée sur la chaîne, n'est plus suffisante pour la faire glisser et la libérer. Lorsque l'ancre heurte le sol, les espèces fixées subissent un écrasement et le substrat est tassé sous le poids de l'ancre et de la chaîne (

Figure 3).

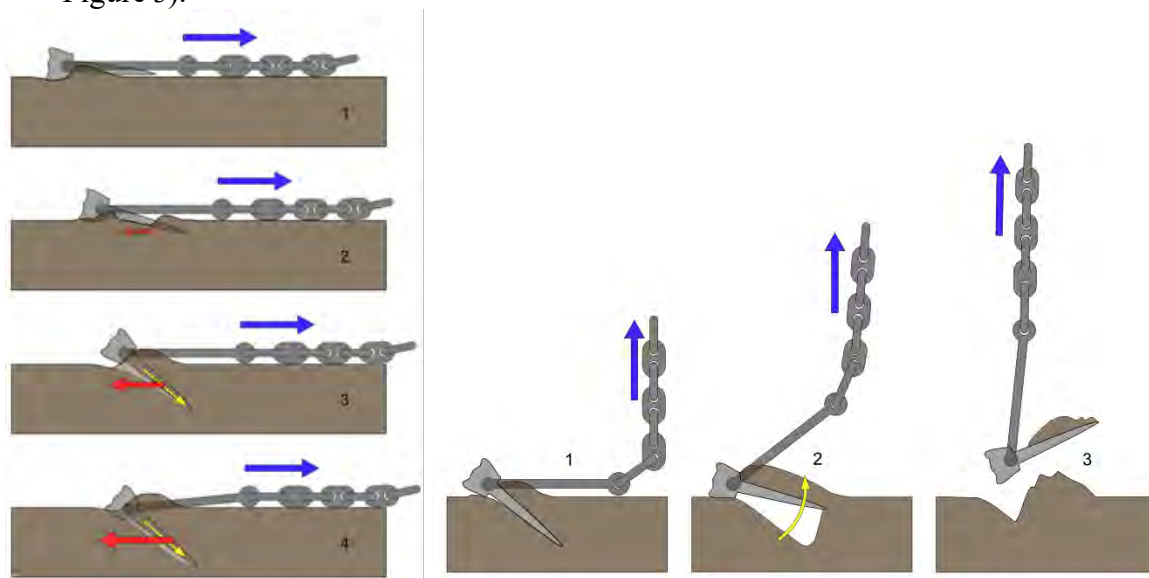


Figure 2 : Déploiement d'une ancre à douve illustrant les phases de mouillage et de relevage et les impacts sur le fond marin. A gauche : 1. l'ancre est déployée ; 2. lorsque la force horizontale s'exerce sur l'ancre, les pelles plates se déploient ; 3. les pelles creusent le fond marin, générant une résistance par traînée ; 4. l'ancrage est installé. A droite : 1. le navire directement au-dessus de l'ancre commence à remonter la ligne d'ancrage ; 2. L'ancre se détache du fond marin car l'angle de force est suffisamment grand pour surmonter la traction (d'après Tosaka (2008) in Griffiths *et al.*, 2017).

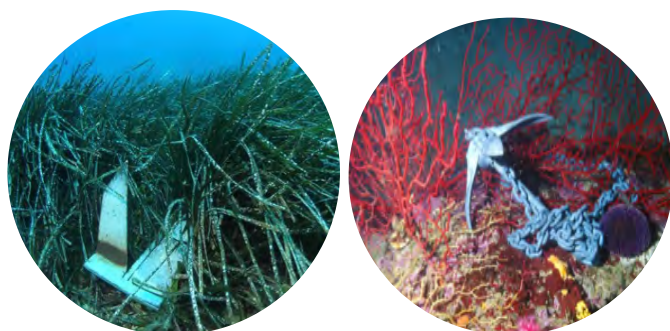


Figure 3 : Écrasement des espèces par l'ancre (à gauche Posidonie - © G. Pergent ; à droite : coralligène - © J.G. Harmelin).

Si l'ancre n'est pas correctement positionnée ou lorsque les conditions météorologiques sont défavorables, celle-ci peut être traînée sur le fond, endommageant les espèces fixées. Au fur et à mesure de la dérive, cette traction sculpte des sillons dans les sédiments ou racle les substrats durs (Figure 4).



Figure 4 : Traces d’ancrage à faible profondeur, dans le golfe de Sant’Amanza.

2 - Durant toute la phase d’ancrage, la chaîne repose sur le fond mais peut se déplacer en fonction des courants, du vent et des vagues. Le déplacement de la chaîne sur le fond provoque une abrasion du substrat, une lacération des thalles des macrophytes, une dégradation du couvert végétal, voire une destruction des espèces qui le constituent, et des invertébrés dressés (Diviacco & Boudouresque, 2006 ; Giglio *et al.*, 2017 ; Figure 5). Les ancres et les amarres des bateaux créent des " halos " dans les herbiers marins lorsque les chaînes traînent le long du fond marin et que la position du bateau change avec la marée, le courant et le vent (Walker *et al.*, 1989).



Figure 5 : Impacts lors du séjour ou de la remontée de l’ancre (à gauche : Arrachage d’une gorgone – © J.G. Harmelin ; au centre : Remise en suspension des sédiments fins – © G. Cancemi ; à droite : Envasement du coralligène – © J.G. Harmelin)

3 - Lors de la récupération de l’ancre, la traction exercée sur la chaîne peut à nouveau entraîner des mécanismes d’abrasion en particulier si cette traction est effectuée lorsque le bateau n’est pas à l’aplomb de l’ancre, car celle-ci va alors être traînée avant d’être soulevée du fond (Figure 2). Lors du relevage de l’ancre des espèces fixées peuvent être arrachées, l’ancre coupe le tapis de rhizomes, le substrat est démantelé, le sédiment remanié avec une remise en suspension de la matière organique et des particules fines, voire des phénomènes d’envasement localisés, peuvent être observés ensuite lors de la re-déposition de ces dernières (Diviacco & Boudouresque, 2006 ; Collins *et al.*, 2010 ; Figure 5).

L’action des vagues, en particulier pendant l’hiver, mobilise les sédiments non protégés en creusant la fraction de limon, ce qui réduit sa cohésion. Une nouvelle action des tempêtes disperse les sédiments dans les herbiers environnants où ils sont piégés, laissant une dépression dans les fonds marins. Les organismes et les tempêtes sapent le bord des herbiers survivants et ces dommages entravent gravement la récupération (Collins *et al.*, 2010). Les sillons générés par l’ancre constituent une zone de fragilisation dans laquelle peut s’engouffrer les courants et entraîner un élargissement au cours du temps, éventuellement jusqu’à la constitution d’une intermatte (Abadie *et al.*, 2016). A plus ou moins long terme, ces perturbations sont responsables de la fragmentation de certains habitats, voire de leur remplacement au niveau des sites les plus soumis à l’ancrage (Francour *et al.*, 1999 ; Cerchiello, 2018).

Les activités d’ancrage peuvent donc engendrer différentes pressions (La Rivière *et al.*, 2015), c’est-à-dire des mécanismes par lesquels une activité humaine peut avoir un effet sur un habitat (Tableau 1).

Tableau 1 : Définition des pressions selon La Rivière *et al.* (2015). Les cases colorées correspondent aux situations qui peuvent être observées dans le cadre d'activité d'ancrage.

Catégorie de pression	Pressions	Définition
Pertes physiques (modification permanente)	Perte d'un habitat	Perte physique permanente d'un habitat marin existant au profit d'un habitat terrestre ou dulcicole. Les habitats profonds sont considérés comme « non exposés » alors que tous les habitats côtiers sont considérés comme « très sensibles » (aucune capacité de résistance ni de récupération) à cette pression. Colmatage au sens de la DCSMM
	Changement d'habitat (pour un autre type de fond marin)	Perte permanente du type d'habitat marin d'origine et création d'un habitat marin différent par modification du type de substrat (addition/exposition permanente de matériel de nature différente de celle qui compose le substrat d'origine) ou par modification de l'étagement. Dans le cas des habitats de substrats meubles, la modification du type de substrat est définie comme le changement d'une classe dans le diagramme modifié de Folk. Cette pression inclut la modification vers un substrat artificiel. Étouffement par la mise en place de structures artificielles ou le dépôt de résidus de dragages.
Perturbations physiques du fond (modification temporaire et/ou réversible)	Extraction de substrat	Suppression de substrat, y compris des éléments biogéniques, qui expose du substrat de même nature que le substrat d'origine ou bien qui expose temporairement du substrat de nature différente mais qui permettra la recolonisation par les communautés d'origine. Extraction sélective (due par exemple à l'exploration et à l'exploitation de ressources biologiques et non biologiques).
	Tassement	Compression verticale du substrat et écrasement des espèces vivant sur le fond.
	Abrasion superficielle	Frottement limité à la surface du fond et pression sur l'épifaune et l'épiflore. Perturbation pour laquelle la perte de substrat est limitée ou nulle.
	Abrasion peu profonde	Pénétration du fond jusqu'à 5 cm de profondeur et pression sur les espèces vivant dans les 5 premiers cm du substrat (meuble) ou décapage des substrats durs. Perturbation pour laquelle la perte de substrat est limitée ou nulle.
	Abrasion profonde	Pénétration du fond à une profondeur supérieure à 5 cm et pression sur les espèces vivant dans le substrat (meuble) ou décapage des substrats durs. Perturbation pour laquelle la perte de substrat est limitée ou nulle.
	Remaniement	Déplacement et réarrangement du substrat sans perte de matière. Cette pression ne concerne pas les substrats rocheux.
	Dépôt faible de matériel	Addition de 5 cm maximum de matériel sur le fond. Cette pression inclut l'apport de matériel de même nature que le substrat d'origine ; ou l'apport de matériel de nature différente si les caractéristiques de l'habitat en termes d'hydrodynamisme permettent d'éliminer le dépôt dans un délai court. Modifications de l'envasement
Dépôt important de matériel	Addition de plus de 5 cm de matériel sur le fond. Cette pression inclut l'apport de matériel de même nature que le substrat d'origine ; ou l'apport de matériel de nature différente si les caractéristiques de l'habitat en termes d'hydrodynamisme permettent d'éliminer le dépôt dans un délai court.	
Changements hydrologiques	Modification des conditions hydrodynamiques	Changement intervenant dans le régime des marées ou dans l'action du courant et des vagues d'une durée inférieure à un an.
	Modification de la charge en particules	Augmentation de la charge en sédiment ou matière organique (particulaire ou dissoute) de l'eau provoquant une modification de sa clarté et/ou un colmatage des organismes filtreurs, d'une durée inférieure à 1 an

Ces pressions, telles que définies par la DCSMM notamment (Directive 2008/56/UE), peuvent être d'ordre physique, chimique ou biologique (La Rivière *et al.*, 2015). Néanmoins, bien que Abadie *et al.*, (2016) évoquent de possibles modifications chimiques, par intrusion d'hydrogène sulfuré au sein des sillons laissés par les ancrs, ce sont essentiellement des pressions physiques qui sont rapportées (Francour *et al.*, 1999 ; Milazzo *et al.*, 2002 ; Diviacco & Boudouresque, 2006 ; Cancemi *et al.*, 2008) et qui vont parfois s'exercer de manière simultanée (pressions concomitantes selon La Rivière *et al.*, 2015).

B. Paramètres à prendre en compte pour évaluer l'impact de l'ancrage

L'impact est défini comme la conséquence d'une pression sur l'habitat exposé, exprimée sous forme d'une modification de ses caractéristiques biotiques et/ou abiotiques. Différentes pressions peuvent donc engendrer des impacts semblables sur un habitat, ainsi « l'extraction de substrat » et « l'abrasion peu profonde » vont entraîner, toutes les deux, l'élimination des espèces érigées à la surface du substrat (La Rivière *et al.*, 2015). Aussi même si on se limite aux pressions physiques, le degré d'impact va dépendre de paramètres aussi divers que la taille de l'embarcation, les outils mis en œuvre, la manière de procéder, mais aussi de la nature même de l'habitat et de la durée, de la fréquence ou de l'échelle spatiale d'exposition à la pression.

B.1. Sensibilité des habitats








La Rivière *et al.* (2015) définissent la sensibilité d'un habitat à une pression donnée, comme la combinaison de la résistance (capacité de l'habitat à tolérer une pression sans modification notable de ses caractéristiques biotiques et abiotiques) et de la résilience (temps nécessaire à la récupération d'un habitat une fois que la pression a cessé). Il en résulte une échelle qualitative de sensibilité (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) qui s'établit de très faible (habitat qui ne présente pas de modification notable de son fonctionnement lorsqu'il est soumis à la pression et qui va récupérer en moins d'un an lorsque celle-ci cesse), à très haute (habitat qui va être en partie détruit par la pression et qui nécessitera un pas de temps supérieur à 25 ans pour récupérer, voire dont la restauration sera imperceptible à cette échelle de temps).

Tableau 2 : Échelle semi-quantitative de sensibilité, obtenue par croisement de la résilience et de la résistance d'un habitat à une pression donnée (La Rivière *et al.*, 2015).

Résilience Résistance	Aucune > 25 ans	Faible 10 – 25 ans	Modérée 2 – 10 ans	Haute 1-2 ans	Très haute < 1 ans
Aucune	Très haute	Haute	Haute	Modérée	Faible
Faible	Haute	Haute	Modérée	Modérée	Faible
Modérée	Haute	Modérée	Modérée	Faible	Faible
Haute	Modérée	Modérée	Faible	Faible	Très faible

Cette démarche est ensuite appliquée aux habitats benthiques de Méditerranée. Cela permet de disposer d'un niveau de sensibilité des principaux habitats (La Rivière *et al.*, 2016), ou de le déterminer en présence de faciès particuliers (e.g. faciès de mattes mortes non évalué par La Rivière *et al.*, 2016), de le déterminer pour chacune des pressions physiques qui peuvent être observées lors de l'ancrage (Tableau 3).

Tableau 3 : Sensibilité des principaux habitats aux différentes pressions physiques (d'après La Rivière *et al.*, 2016 ou estimé*). Valeurs de sensibilité : TH - très haute, H - haute, M - modérée, F - faible, TF - très faible, V - variable ; NA - non applicable ; SFBC - sables fins bien calibrés ; Alg. Infral - algues infralittorales ; H. Cy/SFBC – herbier de Cymodocées sur SFBC ; H.Po – Herbier de Posidonies ; MM – facies de matre morte de Posidonies ; DC - détritique côtier ; Coral - coralligène.

	Biocénoses	SFBC	Alg. infral.	H.Cy / SFBC	H.Po	MM*	DC	Coral.
Catégories de pressions	Pressions							
Pertes physiques (Permanent)	Perte d'habitat	TH	TH	TH	TH	TH	TH	TH
	Changement d'habitat	TH	TH	TH	TH	TH	TH	TH
Perturbations physiques du fond (Temporaire et/ou réversible)	Extraction de substrat	M	H (TH)	H	TH	H	M	TH
	Tassement	NA	F (TH)	NA	V (F-H)	F	M	M
	Abrasion superficielle	TF	H (TH)	H	F	TF	M	H
	Abrasion peu profonde	F	H (TH)	H	TH	F	M	TH
	Abrasion profonde	M	H (TH)	H	TH	M	H	TH
	Remaniement	M	NA	H	H	H	H	NA
	Dépôt faible de matériel	V (F-M)	M(TH)	F	F	F	F	V (F-TH)
	Dépôt important	H	H (TH)	H	TH	M	H	TH
Changements hydrologiques	Modification conditions hydrodynamiques	F	F - TH	F	M	F	H	TF
	Modification charge en particules	TF	F - H	F	V (M-H)	F	H	V (F-M)

Un score de sensibilité « Non applicable » signifie que l'habitat considéré ne peut pas être exposé à la pression considérée dans l'état actuel des connaissances (La Rivière *et al.*, 2015), de même un score « variable » traduit le fait qu'en fonction de l'intensité de la pression, la résistance et/ou la résilience pourront fluctuer et générer un score de sensibilité différent. Toutes pressions confondues, les herbiers de Posidonies et le coralligène montrent les scores de sensibilité les plus élevés (Tableau 3), ce qui est en adéquation avec les conclusions de Holon *et al.* (2015).

A l'échelon local, des variations du score de sensibilité d'un habitat peuvent être enregistrées, au regard de son état de conservation (e.g. habitat dégradé ou fragmenté), de la distribution des populations des espèces caractérisant l'habitat (e.g. espèces en limite d'aire de répartition) et de l'isolement géographique par rapport à d'autres habitats équivalents (e.g. diminution de l'apport d'individus adultes, de larves, spores et propagules influençant la résilience ; La Rivière *et al.*, 2015). Ainsi Francour *et al.* (1997) montrent qu'une faible tenue mécanique (ou compacité) de la matre de l'herbier de Posidonies et un déchaussement important des rhizomes augmentent l'impact du mouillage. De même, Cancemi *et al.*, (2008) signalent un nombre de faisceaux arrachés par l'ancrage (bateaux de 7 à 8 m de long) près de huit fois supérieur en présence d'une matre de faible compacité.

B.2. Outils et modalités d’ancrage

Les outils utilisés mais aussi les procédures mises en œuvre lors de l’ancrage sont de nature à modifier l’intensité ou le degré de l’impact.

Les éléments communément envisagés sont :

- La taille du bateau,
- Les caractéristiques du mouillage,
- La durée, la densité et la fréquence de l'activité d’ancrage,
- Les procédures d’ancrage

La taille du bateau

La taille du bateau constitue un élément déterminant dans la mesure où il va conditionner pour partie la tranche bathymétrique d’ancrage, mais aussi les caractéristiques du mouillage. En outre des réponses différentes sont rapportées au regard de la taille des unités. Walker *et al.* (1989) notent que les bateaux de plus de 8 m de long sont responsables de plus grandes cicatrices d’amarrage (176–314 m²) en Australie occidentale. Bien que Ganteaume *et al.* (2005a) n’enregistrent aucune différence significative de l’état de l’herbier de *Posidonies* entre un site où l’ancrage est interdit depuis une dizaine d’années et un site soumis à un ancrage modéré (densité de 2,5 bateaux. ha⁻¹ au maximum), ils mesurent des densités inférieures à la normale et un pourcentage de rhizomes plagiotropes bien supérieurs aux autres sites pour le site accueillant les très grosses unités. Plus récemment Demers *et al.* (2013) montrent une corrélation positive entre la longueur de la chaîne et la taille des cicatrices chez *Posidonia australis*. Quant à Glasby & West (2018) ils démontrent une augmentation de la taille des cicatrices d’ancrages avec la taille des bateaux.

Sur la base des données de la littérature, il est possible de proposer un classement des différentes pressions exercées en fonction de la taille des unités (Tableau 4) sur la base d’une fréquence modérée.

Tableau 4 : Nature des pressions dues à un ancrage peu fréquent, en fonction de la taille des bateaux.

Taille des bateaux	4 m	12 m	> 24m	> 60 m
Perturbations physiques du fond	<p>< -Abrasion superficielle -----></p> <p style="padding-left: 40px;">< ----Abrasion peu prof-----></p> <p style="padding-left: 80px;">< ----Abrasion profonde-----></p> <p style="padding-left: 120px;">< -----Tassement -----></p> <p style="padding-left: 160px;">< --Remaniement -----></p> <p style="padding-left: 200px;">< ----Dépôt faible de matériel -----></p> <p style="padding-left: 240px;">< - Dépôt important-----></p> <p style="padding-left: 280px;">< -- Extraction de substrat</p>			
Changements hydrologiques	<p style="padding-left: 120px;">< ----Modification de la charge en particules -----></p>			
Perte physique	<p style="padding-left: 240px;">< -Changement d’habitat</p>			

La perte d’habitat telle qu’elle est définie, à savoir une perte physique permanente d’un habitat marin existant au profit d’un habitat terrestre ou dulcicole, ne peut résulter de l’activité

d’ancrage et n’est donc pas prise en considération. Certaines pressions s’exercent de manière concomitante et, en l’absence de données expérimentales sur l’existence de synergies, on considère qu’elles vont simplement s’additionner. De même les quelques données disponibles semblent indiquer qu’en dessous d’une certaine taille (e.g. 4 m de long), l’activité d’ancrage ne génère pas de pression détectable (Boudouresque *et al.*, 1995).

Les caractéristiques du mouillage

Les caractéristiques principales du mouillage sont la longueur de la chaîne (ou portée), le type et la masse de l’ancre. La longueur de chaîne déployée détermine l’efficacité de l’ancrage. En règle générale, elle doit être comprise dans un rapport de 3 à 7 pour 1, pour garantir le maintien de l’ancre sur le fond et éviter que celle-ci ne glisse sur le fond (Griffiths *et al.*, 2017). Ce rapport doit être adapté aux conditions locales, notamment la profondeur (les eaux plus profondes nécessitant en général une portée plus faible), mais aussi les conditions météorologiques (une portée plus importante est recommandée dans des conditions défavorables ; Griffiths *et al.*, 2017). Bien qu’il existe quelques études relatives à l’impact des chaînes sur le fond (Ganteaume *et al.*, 2005b ; Montefalcone *et al.*, 2008, La Manna *et al.*, 2015), peu proposent une évaluation quantitative des dommages générés par les mouvements des chaînes et de l’ancre sur le fond (Griffiths *et al.* 2017 ; Tableau 5).

Tableau 5 : Estimation de la longueur de chaîne (LC en m) reposant sur le fond marin et surface d’abrasion (SA en m²), sur la base d’un évitement de 45° (valeur minimale) ou d’un évitement complet (valeur maximale) pour quatre classes de longueur de bateaux et huit plages de profondeur. N/A : non applicable (d’après Griffiths *et al.*, 2017).

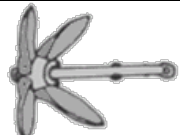


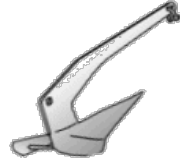



Prof. en m	0<x≤5	5<x≤10	10<x≤15	15<x≤20	20<x≤25	25<x≤30	30<x≤40	40<x≤50
Taille des bateaux < 15 m								
LC	9.0	10.0	9.5	9.0	7.5	6.5	N/A	N/A
SA	32-255	←-----			39-314	-----→		
Taille des bateaux 15<x≤50								
LC	13.0	17.0	20.0	22.0	24.0	25.0	26.50	27.50
SA	66-531	113-908	157-1257	190-1521	226-1810	245-1964	276-2206	297-2376
Taille des bateaux 50<x≤100								
LC	14.5	19.0	22.5	25.5	28.0	30.0	34.50	38.50
SA	83-681	142-1134	199-1590	255-2043	308-2463	353-2827	467-3739	582-4657
Taille des bateaux x>100								
LC	15.0	19.5	23.5	26.5	29.0	31.0	35.50	39.00
SA	88-707	149-1195	217-1735	276-2206	330-2642	377-3019	495-3959	597-4778

Le type d’ancre est en principe fonction de la nature du substrat dans la zone d’ancrage et de la taille de l’embarcation à laquelle il est destiné. On distingue sept grands types d’ancres, qui sont commercialisés, avec des modifications mineures, sous différentes appellations (Tableau 6). Seulement quatre types d’ancres ont fait l’objet de tests comparatifs visant à évaluer leur impact sur les herbiers de Posidonies (Millazzo *et al.*, 2004 ; Cancemi *et al.*, 2008).

Les résultats montrent que pour un type donné (e.g. ancre plate, ou ancre à soc de charrue), l’augmentation de la masse de l’ancre se traduit généralement par une augmentation du degré d’impact (augmentation du nombre de faisceaux arrachés ; Tableau 6).

Par contre pour des ancres de masse équivalente (4 kg environ), les ancres de types « à bascule » présentent un impact moindre, alors que pour les ancres plus grosses (> 10 kg), ce sont les types « soc de charrue » qui semblent les moins dommageables (Tableau 6).

Tableau 6 : Design et type d’ancres en fonction du type de fond et type d’ancres testées sur les herbiers de Posidonies par Milazzo *et al.* (2004) & Cancemi *et al.* (2008). Le poids de l’ancre testée et le nombre de faisceaux arrachés en moyenne à chaque cycle d’ancrage est indiqué dans la couleur correspondante à l’étude.

Design	Type – Dénomination commerciale	Type de fond	Tests	
			Masse de l’ancre	Nb faisc. / essai
	Type grappin – Ombrello	Fonds végétalisés et roche. Très commune pour bateaux <6m	4 kg	5,9
	Type plate – Brittany, Danforth, Fob, Fortress, Sentinel	Fonds meubles Très commune pour bateaux<6m	4 kg 8 kg 10 kg 15 kg	4,6 15 90 125
	Type à bascule – Hall	Fonds durs. Tous bateaux	4 kg 4 kg	1,9 2
	Type soc de charrue – Bugel, CQR, Delta, Kobra, Plough, Rock, Spoon	Tous types de fonds (action de pénétration du fond)	11 kg 15 kg	75 90
	Type à pelle concave – Océane, Rocna, Spade	Tous types de fonds (action de compaction du fond)		
	Type à griffe – Bruce, Claw	Fonds meubles et graviers	6 kg	10
	Type à Jas	Fonds durs		

La durée, la densité et la fréquence de l’ancrage

La durée, la densité et la fréquence de l’ancrage sont des paramètres nécessaires pour quantifier précisément l’activité d’ancrage, mais ils s’avèrent rarement disponibles, car ils nécessitent des suivis réguliers, qui ne sont réalisés qu’au sein de quelques AMP. Aussi le plus souvent l’évaluation se limite au nombre moyen quotidien et à la taille des navires ancrant dans la zone étudiée, pendant la période de pointe de fréquentation (Abadie *et al.*, 2016).

Seule l’analyse de Deter *et al.* (2017) propose une évaluation de la durée d’ancrage par type d’habitat à l’échelon de la façade méditerranéenne française, sur la base de données issues des

Systèmes d'Identification Automatisés (AIS ; dispositifs obligatoires pour les navires de transport de passagers et les navires d'une jauge brute égale ou supérieure à 300 tonneaux - Convention SOLAS, 1974, également adoptés par la grande plaisance - Conseil supérieur de la navigation de plaisance et des sports nautiques, 2006). Avec une occupation moyenne de 36,4 h.ha⁻¹.an⁻¹, les herbiers de Posidonies représentent l'habitat le plus soumis à l'ancrage, en termes de durée pour la période 2010-2015 (Deter *et al.*, 2017).

En termes de densité d'ancrage, Boudouresque *et al.* (2006) proposent une densité maximale de 10 ancrages par jour et par hectare pendant la période de pointe et une moyenne de 2 ancrages par jour et par hectare en moyenne sur l'année. Sans réelle spécification de la taille du bateau, ces seuils concernent plutôt les petites unités (moins de 24 m de longueur). A l'échelle du littoral méditerranéen français, Holon *et al.* (2018) mettent en évidence, par modélisation, une augmentation des surfaces de mattes mortes lorsque l'on dépasse une valeur d'ancrage de 56 bateaux de plus de 15 m par cellule de 2 500 m² par saison estivale, soit une valeur de 2,2 embarcations pour 100 m² au cours de l'été.

En termes de fréquence d'ancrage, aucune valeur seuil n'est proposée. Tout au plus Cerchiello (2018) mentionnent (i) un travail sur la plage d'El Portet à Moraira (Teulada - Espagne) par Valero *et al.* (2009) qui montre que les zones d'herbiers les plus affectées coïncident avec les zones subissant le plus grand afflux de bateaux de plaisance et (ii) un suivi, réalisé à Moraira et sur l'île de Tabarca (Alicante – Espagne ; Pérez-Tonda *et al.*, 2011), qui aboutit à des conclusions très similaires, soulignant que le mouillage entraîne une perte de densité et de recouvrement des herbiers, ainsi qu'une augmentation des faciès de mattes mortes. Il en est de même pour Abadie *et al.* (2016), qui signalent des dommages mécaniques dans les herbiers, du fait d'un ancrage intensif (1 768 navires, entre mai et octobre 2014, baie de l'Alga - Corse), induisant une modification de la nature du substrat et la création de zones de matte nue (taches anthropiques) à 15 et 20 m de profondeur, dans les secteurs fréquentés par les plus grands navires (> à 20m).

Face à ce manque de données, Ruitton *et al.* (2020) proposent de passer par une évaluation du risque visant à relier les pressions à l'état de l'environnement et basée sur la distribution et l'intensité des pressions. L'importance de l'ancrage est évaluée sur la base du nombre moyen de bateau ancré pendant la période de pointe de fréquentation (Tableau 7).

De manière plus simple la vulnérabilité des écosystèmes peut être considérée comme une fonction de l'exposition et de la sensibilité aux menaces, de l'impact potentiel et de la capacité d'adaptation (GIEC, 2008).

Les procédures d'ancrages

Les procédures d'ancrage dépendent des conditions météorologiques mais aussi de la qualification du pilote et de son expérience, de sa connaissance du site fréquenté comme des impacts engendrés par l'ancrage et plus largement de son niveau d'implication à la conservation des habitats marins. Force est de reconnaître qu'il n'existe donc pas d'étude permettant de corréler facilement le degré d'impact de l'ancrage à la qualification du pilote.

Toutefois, Milazzo *et al.* (2004), comme Cancemi *et al.* (2008), montrent que c'est lors de la phase de récupération de l'ancre que les dommages observés sont les plus importants pour les herbiers marins. Un positionnement à la verticale de l'ancre, avant de procéder au relevage de celle-ci, est de nature à réduire (25 à 85 %) le nombre de faisceaux de Posidonies endommagés (Cancemi *et al.*, 2008).

Tableau 7 : Grille de notation de l'importance de l'ancrage. Les chiffres donnés dans le tableau représentent le nombre moyen de bateaux ancrés par jour et par km² pendant la période de pointe de fréquentation (juillet et août pour la Méditerranée ; Ruitton *et al.*, 2020).

Score	Caractéristiques de l'importance de l'ancrage	
	Suivi de l'ancrage pendant la période de pointe de fréquentation	Pas de suivi de l'ancrage, des observations ponctuelles ou des connaissances des gestionnaires
4	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux ≥ 200 m long, $\geq 2.j^{-1}.km^{-2}$ (Principalement bateaux de croisière) - Bateaux 21-200 m long, $\geq 7.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux 10-20 m long, $\geq 16.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux < 10 m long, $\geq 60.j^{-1}.km^{-2}$ - Nombre total de bateaux $\geq 50.j^{-1}.km^{-2}$ (Principalement petits navires mais sans connaître leur longueur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux > 200 m long régulièrement sur la zone - Bateaux 21-200 m long fréquents sur la zone - Bateaux 10-20 m long nombreux en haute saison - Bateaux < 10 m long très abondants en haute saison - Zone totalement occupée par les bateaux au mouillage, capacité maximale de mouillage atteinte en haute saison
3	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux ≥ 200 m long, $1.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux 21-200 long, 2 to $7.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux 10-20 m long, 8 to $16.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux < 10 m long, 30 to $60.j^{-1}.km^{-2}$ - Nombre total de bateaux 20-50.$j^{-1}.km^{-2}$ (Principalement petits navires mais sans connaître leur longueur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux > 200 m long occasionnels sur la zone - Bateaux 21-200 m long occasionnels - Bateaux 10-20 m long fréquents - Bateaux < 10 m long nombreux - Capacité de mouillage occasionnellement atteinte
2	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux 21-200 m long, $\leq 2.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux 10-20 m long, 3 to $8.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux < 10 m long, 10 to $30.j^{-1}.km^{-2}$ - Nombre total de bateaux 8 to $20.j^{-1}.km^{-2}$ (Principalement petits navires mais sans connaître leur longueur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux 21-200 m long très occasionnels sur la zone - Bateaux 10-20 m long occasionnels - Bateaux < 10 m long fréquents - Capacité de mouillage jamais atteinte
1	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux 10-21 m long, $\leq 2.j^{-1}.km^{-2}$ - Bateaux < 10 m long, max $10.j^{-1}.km^{-2}$ - Nombre total de bateaux $\leq 8.j^{-1}.km^{-2}$ ((Principalement des petits navires mais sans connaître leur longueur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bateaux 10-20 m long très occasionnels - Bateaux < 10 m long occasionnels

3. Application au golfe de Sant'Amanza

A. Présentation du site

Le golfe de Sant'Amanza est situé sur la commune de Bonifacio, et dans la partie Est de la RNBB et couvre une superficie de 1 450 ha (Figure 6). En fond de golfe, sont présents cinq récifs-barrières (monuments naturels de grande importance ; Barralon *et al.*, 2018), ainsi qu'une zone de mouillage organisée, un port de plaisance et une ferme aquacole (Figure 6). Bien qu'un grand nombre d'activités humaines (plaisance, plongée, pêche ; Cancemi *et al.*, 1998) se déroulent au sein du golfe, principalement lors de la saison estivale. Son orientation en fait un secteur abrité, très fréquenté par les plaisanciers (Sorba *et al.*, 2018).

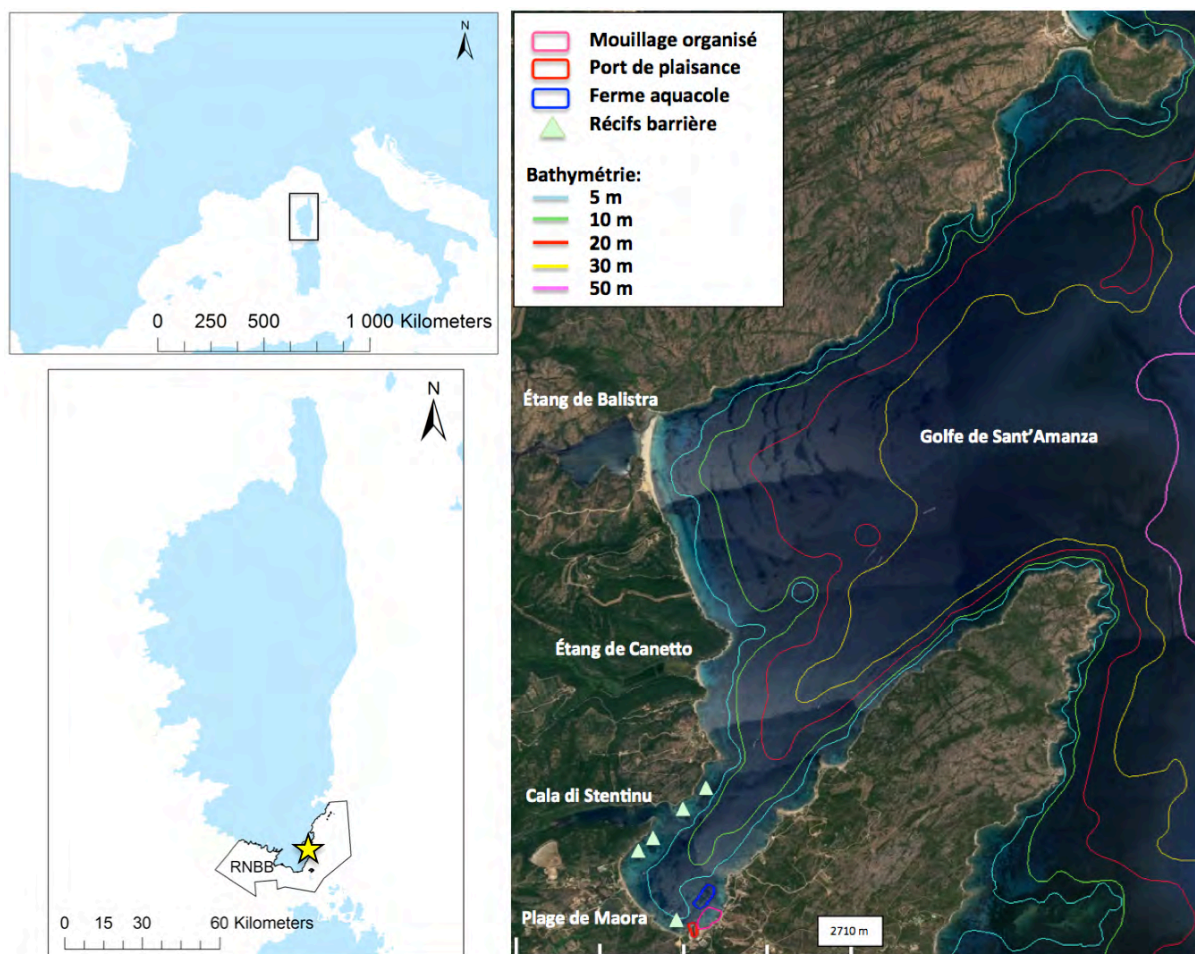


Figure 6 : Localisation du site d'étude (à gauche) et principales caractéristiques géographiques du golfe de Sant'Amanza (à droite). L'étoile indique la localisation du golfe par rapport à la RNBB.

Aussi dans le cadre du programme GIREPAM au regard de l'augmentation de la fréquentation des activités de plaisance dans ce golfe il a semblé utile de :

- Actualiser la carte des principaux peuplements du golfe de Sant'Amanza et évaluer l'évolution de ces peuplements, au cours des dernières années ;
- Appréhender les éventuels impacts, engendrés par l'augmentation des activités de plaisance sur le site ;
- Proposer une carte de sensibilité des peuplements au mouillage.

B. Démarche adoptée

L'évaluation de la sensibilité des habitats du golfe aux pressions physiques induites par l'ancrage requiert de disposer d'une cartographie de ces habitats. Cette cartographie est réalisée par traitement de données optiques pour ce qui concerne la tranche superficielle (jusqu'à -10 à 15m environ) et acoustiques pour ce qui concerne la tranche bathymétrique au-delà de 10 m de profondeur.

Les données optiques sont issues de la BD ORTHO® de l'IGN de 2016 (pixel 50 cm) et d'images drones, réalisées en 2018-2019 (sur des secteurs limités) et en 2020 (pixel de 3 cm) sur l'ensemble du littoral du golfe. Les données acoustiques ont été acquises par sonar à balayage latéral, lors de la campagne océanographique CARBONSINK avec le N/O Europe de l'Ifremer, au mois d'Août 2018. Les données sont ensuite traitées selon la méthode décrite par Bonacorsi (2012), à l'aide du logiciel Envi 4.7® (pour les données optiques) et du logiciel Caraibes 3.8® de l'ifremer (pour les données acoustiques). Le traitement nécessite l'acquisition de données-terrains, réalisées sur l'ensemble de la période 2018-2020, avec différents outils (seau de calfat en de-ça de moins 10 m ; ROV, quadrat-photo immergeable, plongée en scaphandre autonome ou prélèvements à la benne Van Veen, au-delà ; Figure 7).

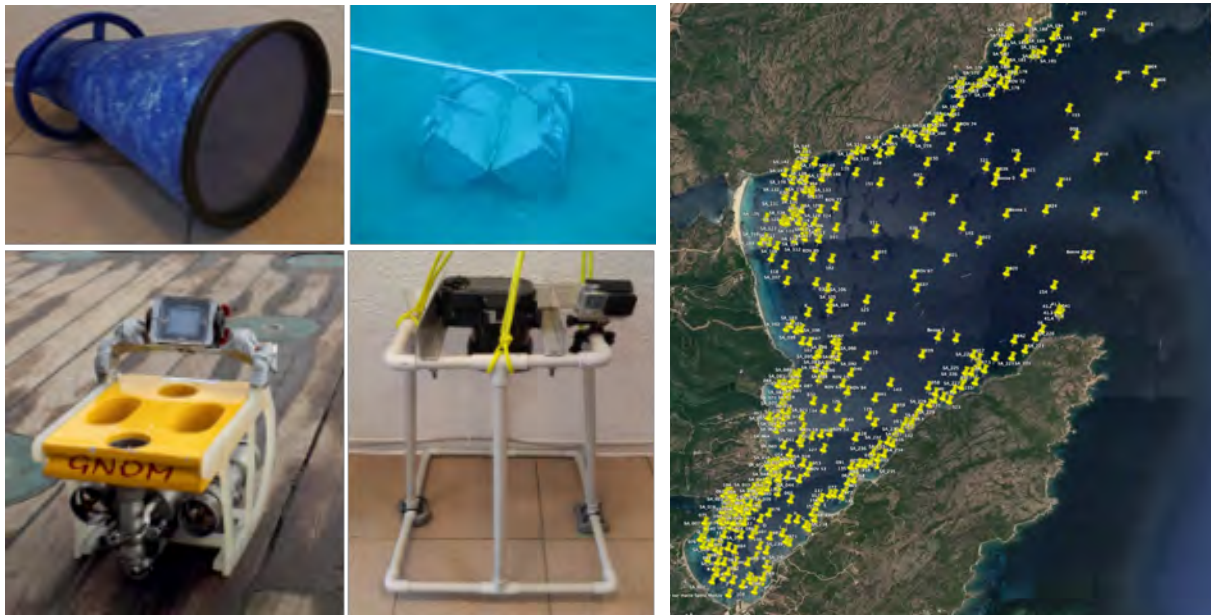


Figure 7 : Outils utilisés pour l'acquisition des données-terrain et carte de répartition de celles-ci dans le golfe de Sant'Amanza. En haut à gauche : seau de calfat ; en haut au centre : benne Van Veen ; en bas à gauche : ROV ; en bas au centre : quadrat-photo avec caméra GoPro et appareil photographique ; à droite carte de répartition des données-terrain sur fond de carte Google Earth.

A l'issue du traitement, les données sont intégrées dans un Système d'Information Géographique (logiciel ArcGIS 10.0®), le système de projection retenu est le WGS 1984 Mercator. Enfin une évaluation de la fiabilité de la carte est réalisée en appliquant l'échelle de Valette (2018) modifiée (Annexe).

Parallèlement afin de mieux cerner les pressions engendrées par les activités d'ancrage au sein du golfe, les données AIS ®Marine Traffic issues de la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>) sont utilisées pour la période 2010-2018 complétées pour la période Mars 2019-Mars 2020 par des données directement acquises auprès de Marine Traffic. De façon pratique, dans la phase applicative, nous avons supposé que les pressions

concomitantes s'additionnent simplement et avons affecté une valeur identique à chaque pression, y compris la perte physique d'habitat.

C. Évaluation de l'ancrage sur les biocénoses du golfe de Sant'Amanza

C.1. Actualisation de la répartition des biocénoses du golfe de Sant'Amanza

La cartographie des peuplements et types de fonds du golfe (Figure 8) montre que près de la moitié du golfe est occupée par un herbier de Posidonies (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), qui s'établit globalement entre les isobathes -5 et -30 m.

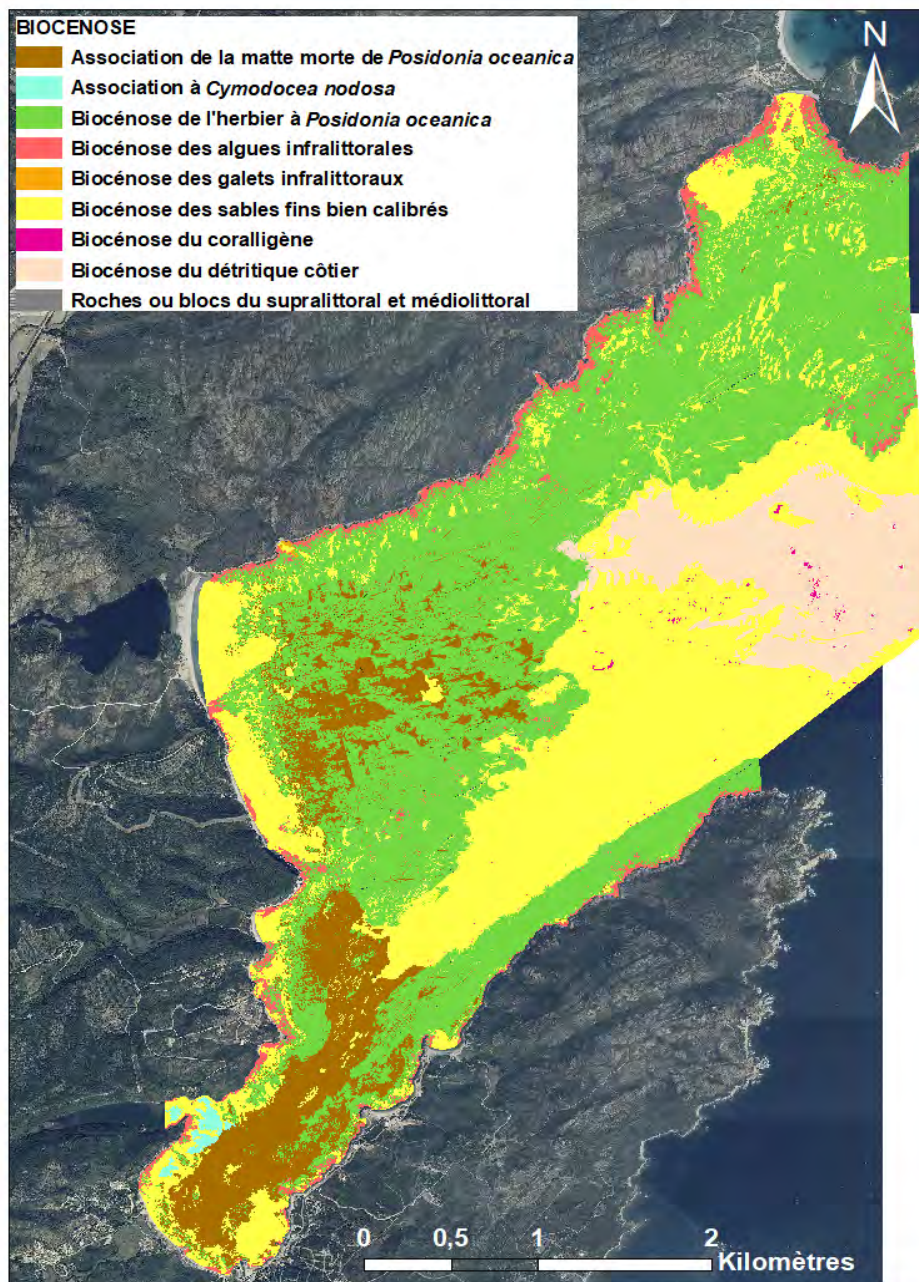


Figure 8 : Carte de la répartition des biocénoses dans le golfe de Sant'Amanza sur la base des données acoustiques de 2018 et des données optiques de la BD Ortho de 2016, des images drones de 2018, 2019 et 2020.

Tableau 8 : Surface des différentes biocénoses du golfe de Sant’Amanza à l’issue de la cartographie, en 2020.

Biocénoses	Surfaces (en ha)	Surfaces (en %)
Association de la matte morte de Posidonies	158,7	11,1
Association à Cymodocée	4,3	0,3
Biocénose de l’herbier de Posidonie	645,0	45,1
Biocénose des algues infralittorales	45,6	3,2
Biocénose des sables fins bien calibrés	439,4	30,7
Biocénose du coralligène	1,8	0,1
Biocénose du détritique côtier	135,7	9,5

Cet herbier de Posidonies est, en partie, installé sur roche, principalement en bordure de littoral et dans le secteur Nord-Ouest du golfe. Ce positionnement sur roche se traduit, dans la partie Sud-Est du golfe, par une émergence des feuilles de Posidonies dès la fin du printemps et à la formation de structures assimilables à de petits récifs frangeants (Figure 9). Du fait de la nature rocheuse du littoral, la biocénose des algues infralittorales est assez bien représentée (Tableau 8). L’herbier à *Cymodocea nodosa* couvre des surfaces très limitées. Il est principalement localisé en fond de golfe, à proximité des installations aquacoles, et à l’entrée de la Cala di Stentinu.



Figure 9 : Petits récifs frangeants de Posidonies sur roche dans le secteur Est du golfe de Sant’Amanza, en Mai 2020.

En fond de golfe (secteur Sud), l’herbier est remplacé par l’association de la matte morte de Posidonies. C’est également le cas au droit de la plage de Balistra (Figure 8). Ces mattes mortes de Posidonies occupent des surfaces importantes avec plus de 11% des fonds (Tableau 8). Si certaines de ces mattes mortes semblent être d’origine naturelle, d’autres, au regard de leur forme, sont caractéristiques d’activités anthropiques (e.g. marque en éventail, caractéristique du balayage d’une chaîne d’ancre sur le fond ; Figure 10). Ces mattes mortes sont parfois en partie masquées par des sables fins bien calibrés, qui s’accumulent dans les dépressions. Ces sables sont d’ailleurs largement présents, en particulier dans le secteur Est du golfe (Figure 8). En profondeur, ils cèdent la place à du détritique côtier assez grossier, qui traduit l’intensité de l’hydrodynamisme à l’entrée et dans l’axe du golfe, et à quelques rares pointements de coralligène.

La fiabilité cartographique s’établit entre 75 % (données acquises par sonar à balayage latéral) et 97 % (données drone) ce qui, au regard des surfaces respectives, donne une valeur moyenne pondérée de 82 % pour l’ensemble du golfe.

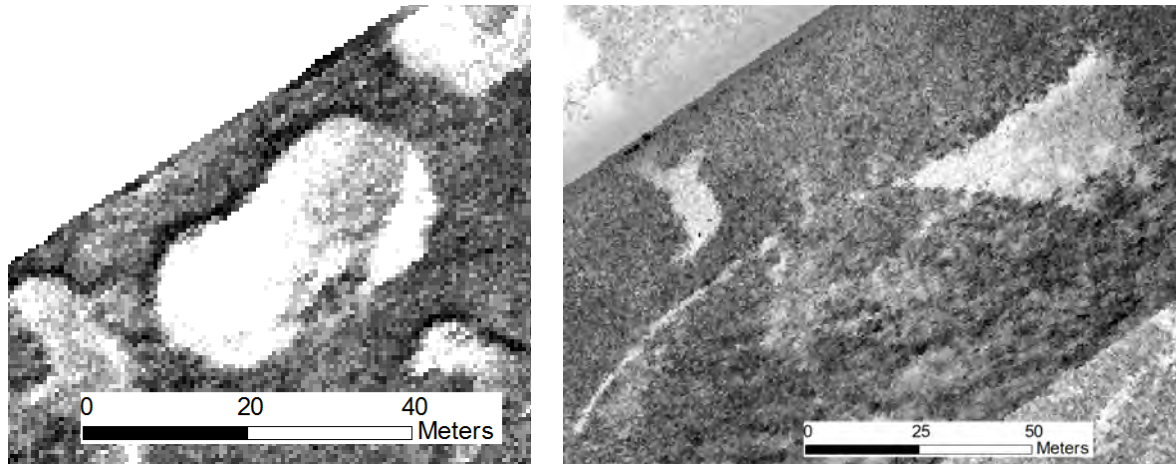


Figure 10 : Sonogrammes présentant des mattes mortes pouvant être d'origine naturelle (à gauche), et caractéristiques d'ancrage (à droite).

C.2. Caractérisation de l'activité d'ancrage dans le golfe de Sant'Amanza

L'étude de Sorba *et al.* (2018), réalisée dans le cadre du programme GIREPAM, au cours de l'été 2017 et l'analyse de Fontaine *et al.* (2019), qui concerne l'ensemble du littoral de la Corse, ont permis de caractériser la fréquentation du golfe. Les données AIS, extraites de la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>), montrent une augmentation générale de la fréquentation pour la période 2012-2018, avec des fluctuations en fonction de la taille des bateaux (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Fontaine *et al.* (2019) montrent que la pression d'ancrage au droit de la plage de Balistra peut être importante et atteindre 80 bateaux (valeur cumulée pour les 22 Juin et 22 Août 2018 ; **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

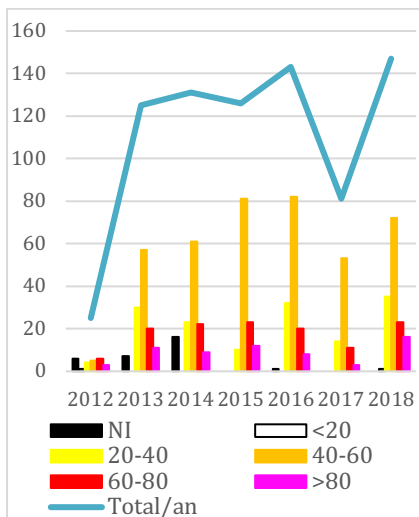


Figure 11 : Fréquentation du golfe de Sant'Amanza, par la plaisance (données AIS ; MEDXTRIX, 2020) de 2012 à 2018 en nombre de bateaux par classe de taille (en m ; histogramme) et en cumulée (ligne).

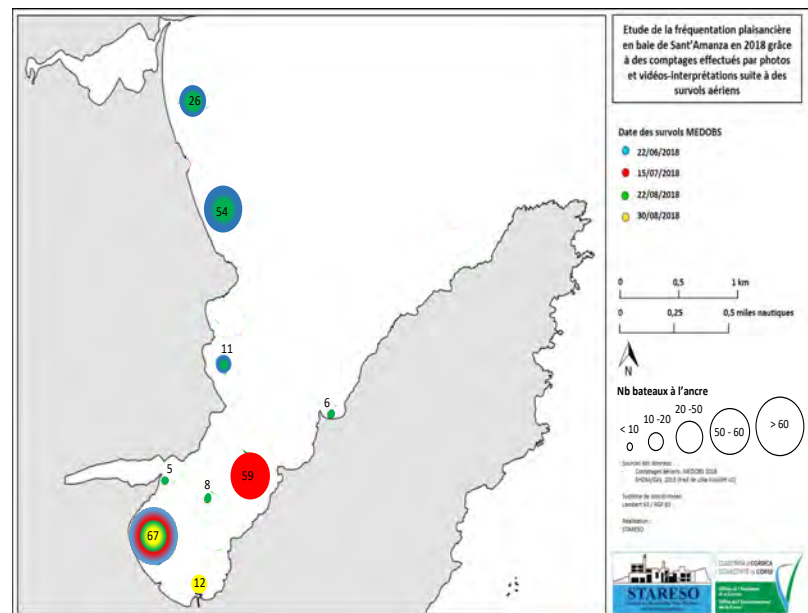


Figure 12 : Distribution des bateaux à l'ancre, lors des comptages au cours de l'été 2018 (Fontaine *et al.*, 2019). Les couleurs renvoient aux dates des comptages et la taille des cercles est fonction du nombre de bateaux observés (valeurs cumulées).

Sorba *et al.* (2018) soulignent que ce site (Balistra-Canetto) est le second de la RNBB en termes de fréquentation par la grande plaisance (avec 56 unités observées durant les comptages au cours de l'été 2017), et qu'il est particulièrement prisé par les unités de grande taille en raison de la protection qu'offre le golfe vis-à-vis des vents d'Ouest.

L'analyse de l'ensemble des données AIS, sur l'ensemble de la période 2012-2019, montre que la pression d'ancrage s'exerce majoritairement sur les petits fonds (-5 à -15 m) pour les unités de 20 à 40 m de long, et sur les fonds au-delà de -20 m pour les unités supérieures à 60 m de long alors qu'elle s'établit majoritairement entre -5 et -25 m de profondeur pour les unités de 40 à 60 m de long (Figure 13).

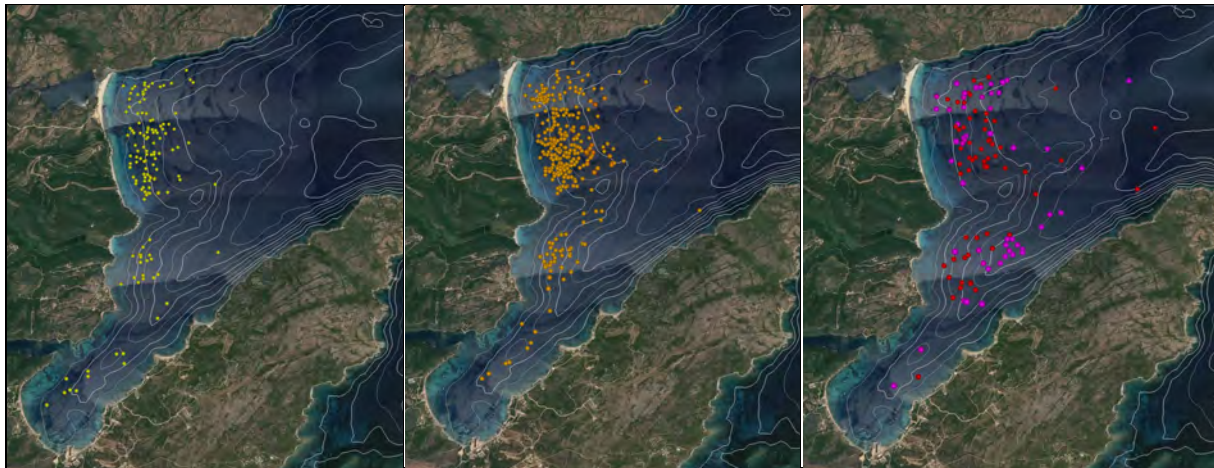


Figure 13 : Répartition de la pression d'ancrage (données AIS) sur la période 2012-2019 dans le golfe de Sant'Amanza. A gauche, bateaux de 20 à 40 m, au centre ceux de 40 à 60 m, à droite ceux supérieurs à 60 m (rouge : 60-80 m ; fuchsia > à 80 m).

En outre les données disponibles montrent que ces ancrages s'effectuent très majoritairement au-dessus des herbiers, ou à proximité de ces derniers (MEDTRIX ; Sorba *et al.*, 2018), et sont à l'origine de nombreuses traces anthropiques (Figure 14).



Figure 14 : Carte des traces anthropiques dans le golfe de Sant'Amanza, en 2020. Encadré : Zoom sur la zone des corps-morts dans le Sud du golfe.

Ainsi, face à la plage de Balistra, plusieurs cicatrices linéaires, plus ou moins jointives entaillent les mattes mortes et l'herbier de *Posidonies* (Figure 15). Dans le secteur Nord-Ouest du golfe, quelques longues trainées doubles, parallèles à la côte, sont également visibles et trahissent d'anciennes activités de chalutages (Figure 8). Enfin dans le secteur Sud-Est, à proximité du port, on dénombre la présence sur le fond de nombreux corps morts (Figure 14), dont quelques-uns ont été enlevés récemment mais pour lesquels une marque circulaire, dénudée d'herbier, reste visible sur le fond.

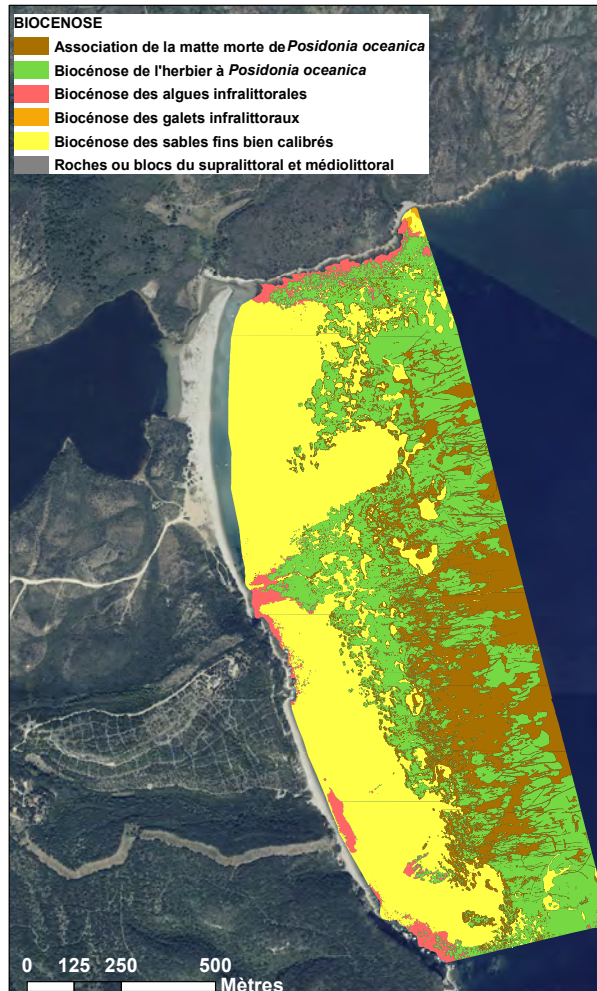


Figure 15 : Carte des biocénoses superficielles, au niveau de la plage de Balistra, à partir des images drones de 2020.

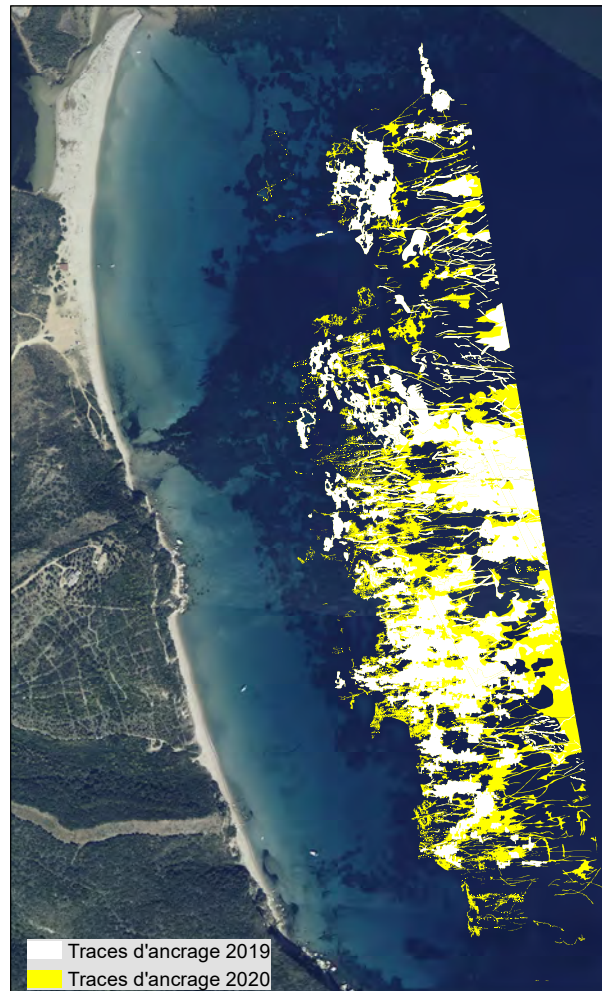


Figure 16 : Carte de distribution des traces anthropiques au niveau de la plage de Balistra. En blanc, données de la période 2018-2019, en jaune données de 2020.

Si l'origine de certaines de ces marques anthropiques ne laisse guère de doute (Figure 10), il est par contre difficile de toutes les corréliser directement aux activités d'ancrage. Toutefois, la disponibilité de données drones pour 2018-2019 et pour 2020 permet de comparer la distribution de ces marques anthropiques (Figure 16) au niveau de la plage de Balistra. On constate une augmentation des marques en 2020 par rapport à la période précédente (2018-2019). La comparaison de surfaces des différentes biocénoses au niveau de la plage de Balistra montre principalement une réduction des surfaces d'herbier et une augmentation des surfaces de mattes mortes (Tableau 9). Une disparition de 8 ha d'herbier de *Posidonies* dans cette partie du golfe de Sant'Amanza au cours de l'année écoulée est donc imputable en tout ou partie à l'activité d'ancrage.

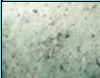





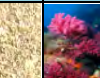
Tableau 9 : Évolution des surfaces des différentes biocénoses présentes au niveau de la plage de Balistra, à partir des données drones 2018-2019 et 2020.

Biocénoses	Surfaces (en ha) en 2019	Surfaces (en ha) en 2020	Évolution entre 2019 & 2020
Association de la matte morte de Posidonies	14,6	23,3	+ 8,7
Biocénose de l'herbier de Posidonie	51,6	43,4	- 8,2
Biocénose des algues infralittorales	3,3	3,9	+ 0,6
Biocénose des sables fins bien calibrés	47,9	46,8	+ 1,1

C.3. Sensibilité des biocénoses à la pression d'ancrage dans le golfe de Sant'Amanza

Dans la mesure où lors de l'activité d'ancrage plusieurs pressions s'exercent avec des valeurs de sensibilité différentes (Tableau 3), il convient de déterminer une sensibilité globale qui puisse être appliquée à chaque type d'habitat. Pour ce faire, un score de 1 à 5 est attribué aux valeurs de sensibilité (très faible, faible, modérée, haute, très haute) puis la moyenne de ces scores est calculée (Tableau 10). Seules les pressions pouvant s'exercer suite à l'ancrage sont prise en considération. En outre la sensibilité pour les algues infralittorales est établie en tenant compte des espèces prédominantes (espèces du genre *Cystoseira*).

Tableau 10 : Sensibilité générale des principaux habitats du golfe de Sant'Amanza aux différentes pressions physiques s'exerçant lors de l'activité d'ancrage. Valeurs de sensibilité : TH - très haute, H - haute, M – modérée ; SFBC - sables fins bien calibrés ; Alg. Infral - algues infralittorales ; H. Cy/SFBC – herbier de Cymodocées sur SFBC ; H.Po – Herbier de Posidonies ; MM – facies de matte morte de Posidonies ; DC - détritique côtier ; Coral - coralligène.

Biocénoses	SFBC	Alg. infral.	H.Cy / SFBC	H.Po	MM*	DC	Coral.
							
Sensibilité générale	M	TH	H	TH	M	H	TH

Néanmoins cette approche ne tient pas compte des services écosystémiques inhérents aux différents habitats et en particulier de la séquestration du carbone par les herbiers marins, élément majeur dans un contexte de changement climatique. Cette capacité des herbiers marins peut persister au sein d'herbiers morts si l'intégrité des mattes mortes n'est pas remise en cause. Il apparaît donc important d'éviter toutes pressions d'abrasions qui seraient de nature à provoquer un démantèlement de ces mattes et une libération du carbone séquestré. Cet élément conduit à augmenter arbitrairement d'un niveau, la sensibilité générale des mattes mortes (Figure 17).

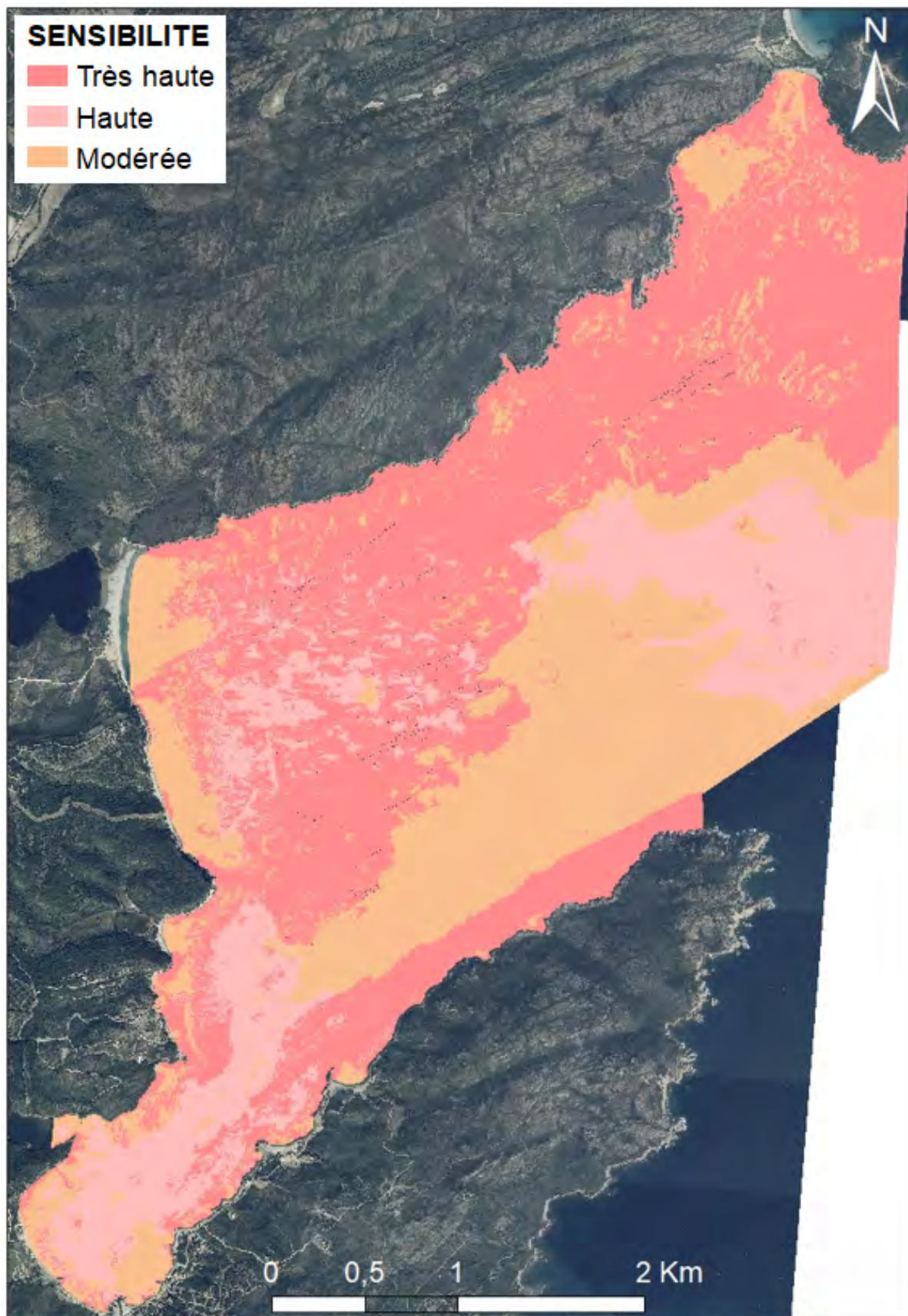


Figure 17 : Carte de sensibilité générale des biocénoses du golfe de Sant'Amanza aux activités d'ancrages.

4. Conclusion et propositions de gestion

L'ensemble de l'étude confirme l'impact des activités d'ancrage sur les biocénoses marines et en particulier sur les herbiers de Posidonies, du fait de leur sensibilité intrinsèque (La Rivière *et al.*, 2016), et de leur répartition sur l'ensemble de la tranche bathymétrique où s'exerce cette activité, confirmant, à une échelle locale, les observations de Deter *et al.* (2017). Ainsi, au niveau du golfe de Sant'Amanza la totalité des herbiers de Posidonies sont impactés par l'ancrage, ce qui s'est traduit par une diminution des surfaces d'herbiers au sein du golfe et une augmentation de la superficie des mattes mortes.

Si ces mattes mortes s'avèrent moins sensibles que l'herbier vivant, aux pressions générées par l'ancrage, il est important de garantir leur intégrité afin d'éviter un relargage du carbone qu'elles ont séquestré parfois depuis plusieurs milliers d'années (Monnier *et al.*, 2020).

En tenant compte de la taille des unités, il est possible d'estimer les pressions concomitantes qui vont s'exercer sur chaque type d'habitat (Tableau 4) et d'en préciser la sensibilité. Ainsi aucune pression ne semble détecter pour des petites unités (< 4 m). Pour les unités de 4 m à moins de 24 m, la sensibilité est faible sur les sables fins bien calibrés et modérée sur les mattes mortes et le détritique côtier, alors qu'elle est haute à très haute pour les autres habitats (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

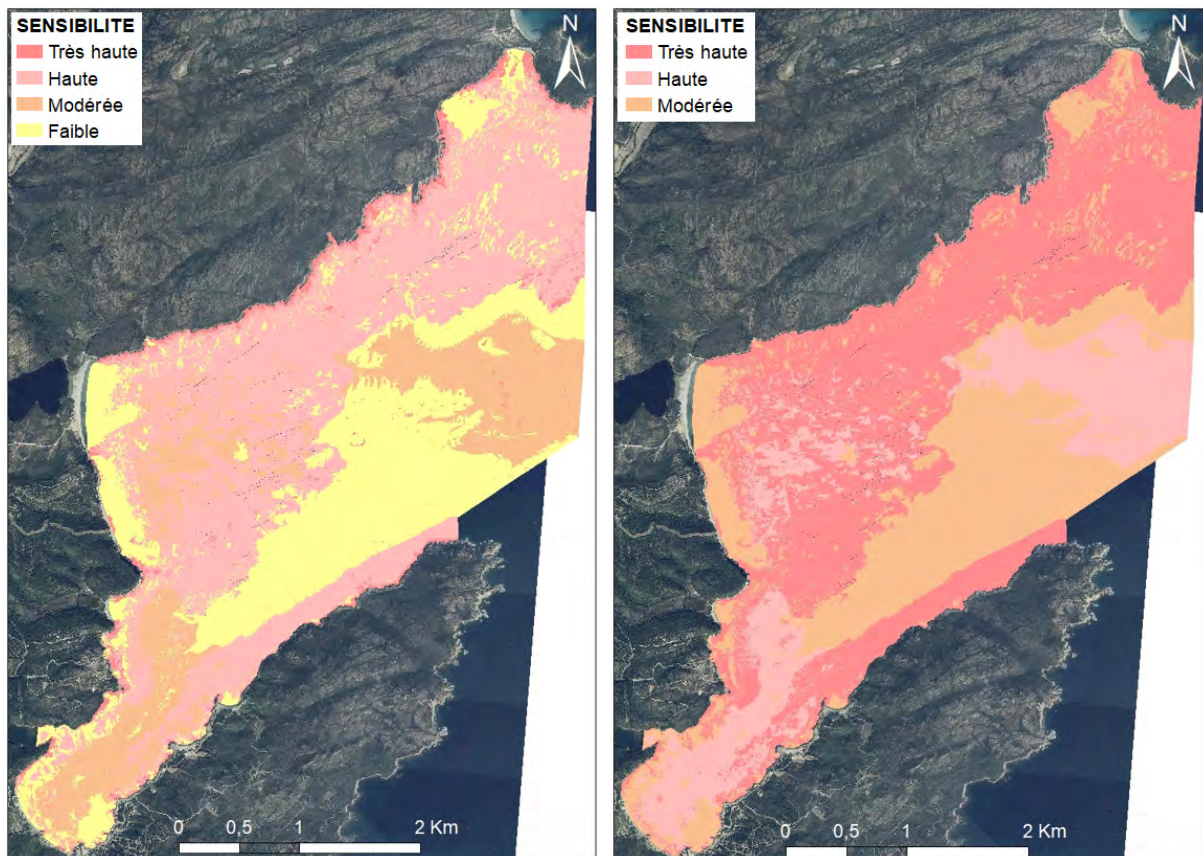


Figure 18 : Carte de sensibilité des biocénoses du golfe de Sant'Amanza à l'ancrage des unités de 4 à 24 m (à gauche) et de 24 à 60 m (à droite).

Pour les unités de 24 m à 60 m, la sensibilité est modérée au niveau des sables fins bien calibrés, mais elle est très haute pour l'herbier de posidonies et haute pour tous les autres habitats (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Enfin pour les unités supérieures à 60 m, la

sensibilité est haute au niveau des sables fins bien calibrés, des herbiers de cymodocées et du détritique côtier et très haute pour les autres habitats.

Sur cette base, il est donc possible de proposer une répartition des zones d'ancrages en fonction de la taille des bateaux, tout en limitant l'impact sur les habitats les plus sensibles :

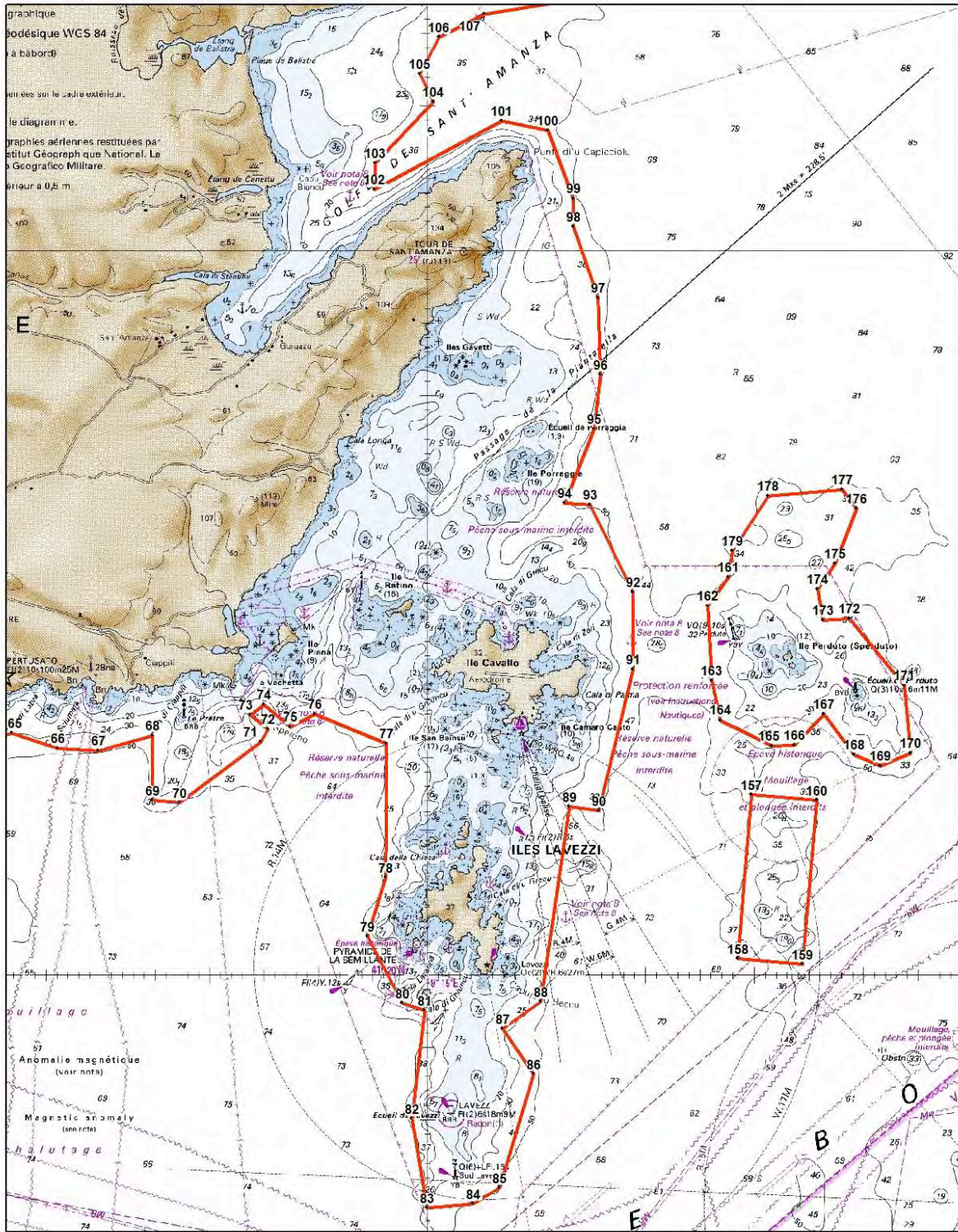
- Ainsi l'ancrage des petites unités (< 4 m) peut être envisagé sur l'ensemble du golfe car l'impact peut être considéré comme négligeable.
- Pour les unités de 4 m à moins de 24 m, l'ancrage peut s'effectuer sans problème sur les habitats dont la sensibilité est faible (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** - gauche).

De même pour les habitats dont la sensibilité est modérée, l'ancrage peut être toléré, dans la mesure où l'importance de celui-ci n'excède pas le niveau 2 tel que défini par Ruitton *et al.* (2020 ; Tableau 7).

Le gestionnaire peut également, au regard de l'importance ou de l'attrait de certains secteurs, proposer des mesures additionnelles telles que :

- Accepter uniquement des bateaux équipés des ancres les moins destructives (Tableau 6),
- Recommander que le relevage de l'ancre s'effectue uniquement lorsque le navire est à la verticale de celle-ci,
- Autoriser l'ancrage que dans certaines conditions météorologiques (e.g. temps calme et ou régime de vent faible).
- Pour les unités de 24 m à 60 m, l'ancrage reste envisageable sur les habitats à sensibilité modérée (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** – droite), dans la mesure ou pendant la période de pointe de fréquentation, l'importance de l'ancrage est inférieure à 2 unités .j⁻¹.km⁻² ou, en l'absence de données de suivi, reste très occasionnelle (Ruitton *et al.*, 2020 ; Tableau 7).
Néanmoins pour ces unités, la mise en place de mouillages organisés est à privilégier.
- Pour les unités au-delà de 60 m, l'ancrage est à proscrire dans tout le golfe, du fait de la sensibilité élevée de tous les habitats et seul un recours à des mouillages organisés doit être envisagé.
- Enfin, dans un souci de conservation des Posidonies, il convient d'imposer une distance de sécurité au minimum égale à la taille des unités, entre la zone d'ancrage et ou d'aménagements (corps-morts) et les limites de ces herbiers.

En cohérence avec ce principe de précaution, et en accord avec le gestionnaire de la RNBB, les autorités maritimes viennent de publier un arrêté préfectoral (Arrêté N°206/2020 du 14 Octobre 2020) qui n'autorise l'ancrage des unités supérieures à 24 m dans le périmètre de la RNBB, que vers le large et au-delà d'une limite prédéfinie (isobathe -40 m environ ; **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).



Sant'Amanza-Lavezzi

Fond cartographique issu de l'espace diffusion du SHOM
 Système géodésique WGS84.
 Ne pas utiliser pour la navigation.

0 1 2
 Kilomètres

Légende

- Points cités dans l'arrêté
- ★ Sémaphore
- Limite de la zone de mouillage réglementé par l'arrêté

Figure 19 : Limite de la zone de mouillage réglementée pour les unités supérieures à 24 m dans le périmètre de la RNBB dans le secteur Sant'Amanza – Lavezzi. L'ancrage n'est autorisé qu'au-delà de la ligne rouge en direction du large.

5. Bibliographie

- Abadie A, Lejeune P, Pergent G, Gobert S, 2016 - From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: The premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Pollution Bulletin*, 109 : 61-71.
- Barralon E, Boussard A, Pergent-Martini C, Pergent G, Rouanet E, 2018 - Cartographie et évaluation de l'état de conservation des formations récifales à *Posidonia oceanica* en Corse. Contrat Office de l'Environnement de la Corse, Agence de l'Eau RMC, LIFE MARHA (AFB) et GIS Posidonie Centre Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1-64 + annexe.
- Bonacorsi M, 2012 - Caractérisation des peuplements benthiques du Cap Corse. Thèse mention « Biologie des populations et écologie », Université de Corse Pascal Paoli : 166p.
- Boudouresque C-F, Arrighi F, Finelli F, Lefèvre J-R, 1995 - Arrachage des faisceaux de *Posidonia oceanica* par les ancres : un protocole d'étude. *Rapp. Comm. int. Explor. sci. Médit.*, 34 : 2
- Boudouresque C-F, Bernard G, Bonhomme P, Charbonnel E, Diviacco G, Meinesz A, Pergent G, Pergent-Martini C, Ruitton S, Tunesi L, 2006 - Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *Ramoge*, 1-102.
- Cancemi G, Villedieu S, De Falco G, Pergent G, 1998 - Évaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* et caractérisation des conditions du milieu dans des sites présentant différents niveaux d'anthropisation. *Rapport Office de l'Environnement/Université de Corse, Eq.E.L. édit.* : 1-40 + annexes.
- Cancemi G, Guala I, Coppa S, Buron K, 2008 - L'impact des ancrages sur les herbiers à *Posidonia oceanica* et sur les populations de grande nacre (*Pinna nobilis*). AMPAMED.
- Cappato A, Canevello S, Baggiani B, 2011 – Croisière et plaisance en Méditerranée. Istituto Internazionale delle Comunicazioni, Gênes – Italie. Plan Bleu.
- Carreño A, Hardy P-Y, Sánchez E, Martínez E, Piante C, Lloret J, 2019 - Safeguarding Marine Protected Areas in the growing Mediterranean Blue Economy. *Recommendations for Leisure Boating. PHAROS4MPAs project* : 52 p.
- CE, 2017 - Décision (UE) 2017/848 de la Commission du 17 mai 2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la directive 2010/477/UE, L125 : 43-74.
- Cerchiello G, 2018 - La sostenibilidad de la náutica de recreo. Estudio de caso del fondeo de las embarcaciones en Jávea (Alicante). *Revista Investigaciones Turísticas*, 16: 165-195.
- Collins KJ, Suonpää AM, Mallinson JJ, 2010 - The impacts of anchoring and mooring in seagrass, Studland Bay, Dorset, UK. *Underwater Technology*, 29 (3): 117-123.
- Conseil supérieur de la navigation de plaisance et des sports nautiques, 2006 - Grande Plaisance - Règlement Technique applicable aux navires de croisières commerciaux ou privés de plus de 24 mètres. *Assemblée Plénière du 19 octobre 2006* : 118p.
- Demers M-CA, Davis AR, Knott NA, 2013 - A comparison of the impact of 'seagrass-friendly' boat mooring systems on *Posidonia australis*. *Marine Environmental Research*, 83: 54–62.
- Deter J, Lozupone X, Inacio A, Boissery P, Holon F, 2017 - Boat anchoring pressure on coastal seabed: Quantification and bias estimation using AIS data. *Marine Pollution Bulletin*, 123 (1–2) : 175-181.
- Diedrich A, Terrados J, Arroyo NL, Balaguer P, 2013 - Modeling the influence of attitudes and beliefs on recreational boaters' use of buoys in the Balearic Islands. *Ocean & Coastal Management*, 78: 112-120.

- Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of the European Union. L164: 119–140.
- Diviacco G, Boudouresque C-F, 2006 - L'herbier à *Posidonia oceanica* et les mouillages. In « Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica* » Boudouresque C-F, Bernard G, Bonhomme P, Charbonnel E, Diviacco G, Meinesz A, Pergent G, Pergent-Martini C, Ruitton S, Tunesi L, eds., Ramoge Publ. : 83-91.
- Fontaine Q, Marengo M, Leduc M, Lejeune P, 2019 - Étude relative à la plaisance et aux mouillages en Corse : Rapport final – Année 2018/2019. Contrat OEC / STARESO : 190 p.
- Francour P, Ganteaume A, Poulain M, 1999 - Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems*, 9 : 391-400.
- Francour P, Poulain M, Bernard G, Bonhomme P, Charbonnel E, 1997 - Impact des mouillages forains sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le Parc National de Port-Cros (Méditerranée nord-occidentale). GIS Posidonie, publ., Marseille : 1-51.
- Ganteaume A, Bonhomme P, Bernard G, Poulain M, Boudouresque C-F, 2005a - Impact de l'ancrage des bateaux de plaisance sur la prairie à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros (Méditerranée nord-occidentale). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 21: 147–162.
- Ganteaume A, Bonhomme P, Emery E, Boudouresque C-F, 2005b - Impact sur la prairie à *Posidonia oceanica* de l'amarrage des bateaux de croisière, au large du port de Porquerolles (Provence, France, Méditerranée). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 21 : 163-173.
- GECT-PMIBB, 2017 - Échange d'expériences entre les aires protégées sur les problématiques de gestion liées à la fréquentation. Compte-rendu du séminaire GIREPAM, Bonifacio - 28 septembre 2017, OEC publ. : 40p.
- GIEC. 2008. Bilan 2007 des changements climatiques rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 103 p.
- Giglio V J, Ternes MLF, Mendes TC, Cordeiro CAMM, Ferreira CEL, 2017 - Anchoring damages to benthic organisms in a subtropical scuba dive hotspot. *Journal of Coastal Conservation*, 21 (2): 311-316.
- Glasby TM, West G, 2018 - Dragging the chain: Quantifying continued losses of seagrasses from boat moorings. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28: 383–394.
- Griffiths CA, Langmead OA, Readman JAJ, Tillin HM, 2017 - Anchoring and Mooring Impacts in English and Welsh Marine Protected Areas: Reviewing sensitivity, activity, risk and management. A report to Defra Impacts Evidence Group: 525p.
- Holon F, Mouquet N, Boissery P, Bouchouca M, Delaruelle G, Tribot AS, Deter J, 2015 - Fine-scale cartography of human impacts along French Mediterranean coasts: a relevant map for the management of marine ecosystems. *PLoS One* 10, e0135473.
- Holon F, Marre G, Parravicini V, Mouquet N, Bockel T, Descamp P, Tribot A-S, Boissery P, Deter J, 2018 - A predictive model based on multiple coastal anthropogenic pressures explains the degradation status of a marine ecosystem: Implications for management and conservation. *Biological Conservation*, 222: 125–135.
- JORF, 2019 - Arrêté du 9 septembre 2019 relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation. Journal Officiel de la République Française n°224 du 26/09/2019 : 34p.
- La Manna G, Donno Y, Sarà G, Ceccherelli G, 2015 - The detrimental consequences for seagrass of ineffective marine park management related to boat anchoring. *Marine Pollution Bulletin*, 90: 160–166.

- La Rivière M, Aish A, Gauthier O, Grall J, Guérin L, Janson A-L, Labrune C, Thibaut T, Thiébaud E., 2015 - Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques. Rapport SPN 2015-69. MNHN Paris : 52 pp.
- La Rivière M, Michez N, Aish A, Bellan-Santini D, Bellan G, Chevaldonné P, Dauvin J- C, Derrien-Courtel S, Grall J, Guérin L, Janson A-L, Labrune C, Sartoretto S, Thibaut T, Thiébaud E, Verlaque M, 2016 - Évaluation de la sensibilité des habitats benthiques de Méditerranée aux pressions physiques. Rapport SPN 2015-70. MNHN. Paris, 101 pp.
- Lloret J, Zaragoza N, Caballero D, Riera V, 2008 - Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean and Coastal Management*, 51: 749-754.
- MEDTRIX, 2020 - Suivi du mouillage de la grande plaisance par données AIS – Données Andromède Océanologie consultées le 10/2020 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>).
- Milazzo M, Badalamenti F, Ceccherelli G, Chemello R, 2004 - Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299: 51-62.
- 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: 280–290.
- Monnier B, Pergent G, Mateo M-A, Clabaut P, Pergent-Martini C, 2020 - Seismic interval velocity in the mat of *Posidonia oceanica* meadows: Towards a non-destructive approach for large-scale assessment of blue carbon stock. *Marine Environmental Research*, 161: 105085.
- Montefalcone M, Lasagna R, Bianchi C-N, Morri C, Albertelli G, 2006 - Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: a case study in Prelo Cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 22(Supplement 1): 207-217.
- Montefalcone M, Chiantore M, Lanzone A, Morri C, Albertelli G, Bianchi C-N, 2008 - BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1637–1645.
- Préfecture Maritime de la Méditerranée, 2020 - Arrêté préfectoral réglementant le mouillage et l'arrêt des navires de 24 mètres et plus au droit du département de la Corse-du-Sud dans le périmètre de la réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, N°206/2020.
- Ruitton S, Astruch P, Blanfuné A, Cabral M, Thibaut T, Boudouresque C-F, 2020 - Bridging risk assessment of human pressure and the status of ecosystems. GECOMARS 2020 - Workshop international sur la gestion écosystémiques, 4-5 Février Marseille.
- Sagerman J, Hansen J-P, Wikström SA, 2020 - Effects of boat traffic and mooring infrastructure on aquatic vegetation: A systematic review and meta-analysis. *Ambio*, 49 (2): 517-530.
- Safety Of Life at Sea (SOLAS) 1974
[\[http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-%28SOLAS%29,-1974.aspx\]](http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-%28SOLAS%29,-1974.aspx).
- Sorba V, Lietta M, Cancemi G, Buron K, Laudato M, Colonna-Cesari R, Di Meglio S, Mori A, 2018 - Rapport sur la grande plaisance dans la RNBB durant l'été 2017. OEC, 1-32.
- Valette A, 2018 - Changement climatique : Caractérisation des puits de carbone liés aux herbiers de Magnoliophyte marines de la Corse. Thèse Doctorat « Ecologie marine », Université de Corse : 1-185.
- Venturini S, Massa F, Castellano M, Costa S, Lavarello I, Olivari E, Povero P, 2016 - Recreational Boating in Ligurian Marine Protected Areas (Italy) : A Quantitative Evaluation for a Sustainable Management. *Environmental Management*, 57 (1) :163-175.

- Venturini S, Paoli C, Massa F, Vassallo P, Fanciulli G, Povero P, Bertolotto R, 2017 - Monitoraggio ambientale relativo allo stazionamento di navi di crociera e interazioni nel complesso sistema delle attività antropiche che insistono nell'area marina protetta (AMP) Portofino e nel golfo del Tigullio (Mar Ligure). In: *Sixth International Symposium « Monitoring of mediterranean coastal areas » Problems and Measurement Techniques*. Conese Cl. Edit., Firenze University Press Livorno – Italy, 28 settembre 2016: 309-318.
- Walker DI, Lukatelich RJ, Bastyan G, McComb AJ, 1989 - Effect of boat moorings on seagrass beds near Perth, Western Australia. *Aquatic Botany*, 36: 69–77.

Annexe : Échelle d'évaluation de la fiabilité de la carte des habitats. En bleu, les critères relatifs à la phase d'acquisition cartographique ; en vert ceux concernant la phase d'acquisition des données terrain (vert) ; en gris ceux relatifs à la phase d'interprétation.

Critères d'évaluation	3 POINTS	2 POINTS	1 POINT	0 POINT
Couverture des données brutes	100 %	75 à 99 %	50 à 74 %	≤ 50 %
Positionnement/géoréférencement	GPS différentiel	GPS (non différentiel) ou autre système électronique non satellitaire de navigation	Carte marine ou alignement remarquable	Estime ou pas de relevé géographique
Nature des peuplements	Très différente	Différente	Proche	Très proche
Topographie : pente	Faible et constante	Faible et irrégulière	Forte et constante	Forte et irrégulière
Exploitation de la donnée brute (Effet de surface ; Présence d'artefacts)	100 % de la donnée brute	100 % > de la donnée brute ≥ 75 %	75 % < de la donnée brute ≤ 50 %	< 50 % de la donnée brute
Taille du Pixel, Echelle	Pixel ≤ 0.5 m Echelle ≤ 1/2 000 ≤ 10 % de la portée	0,5 m < Pixel ≤ 2 m 1/2 000 < Echelle ≤ 1/10 000 10 % < de la portée ≤ 20%	2 m < Pixel ≤ 5 m ; 1/10 000 < Echelle ≤ 1/25 000 20% < de la portée ≤ 50 %	Pixel > 5 m Echelle > 1/25 000 > 50 % de la portée
Répartition des données terrain / Surface d'étude	Couverture ≥ 75 %	75 % > C > 50 %	50 % > C ≥ 25 %	C < 25 %
Densité	VT / km ² ≥ 50	25 ≤ VT / km ² > 50	5 ≥ VT / km ² > 25	VT / km ² < 5
Niveau de détail	Classes définies sur la base d'une analyse biologique détaillée	Classes définies sur la base des principales espèces ou formes de vie caractéristiques	Classes définies sur la base de données physiques ou de zones biologiques générales	Classes définies à partir de données historiques
Limite des habitats	Qualification certaine et limites certaines	Qualification certaine mais limites incertaines	Qualification douteuse	Information non fournie
Méthode utilisée	Logiciel de SIG et logiciel de traitement d'image	Logiciel de SIG et logiciel de retouche d'image ou logiciel de traitement d'image	Logiciel de retouche d'image	Levé manuel
Pourcentage d'exactitude Avec données externes Sans données externes	≥ 80 %	80 % > % Exact ≥ 60 % ≥ 80 %	60 % > % Exact ≥ 50 % 80 % > % Exact ≥ 60 %	% Exact < 50 % % Exact < 60 %