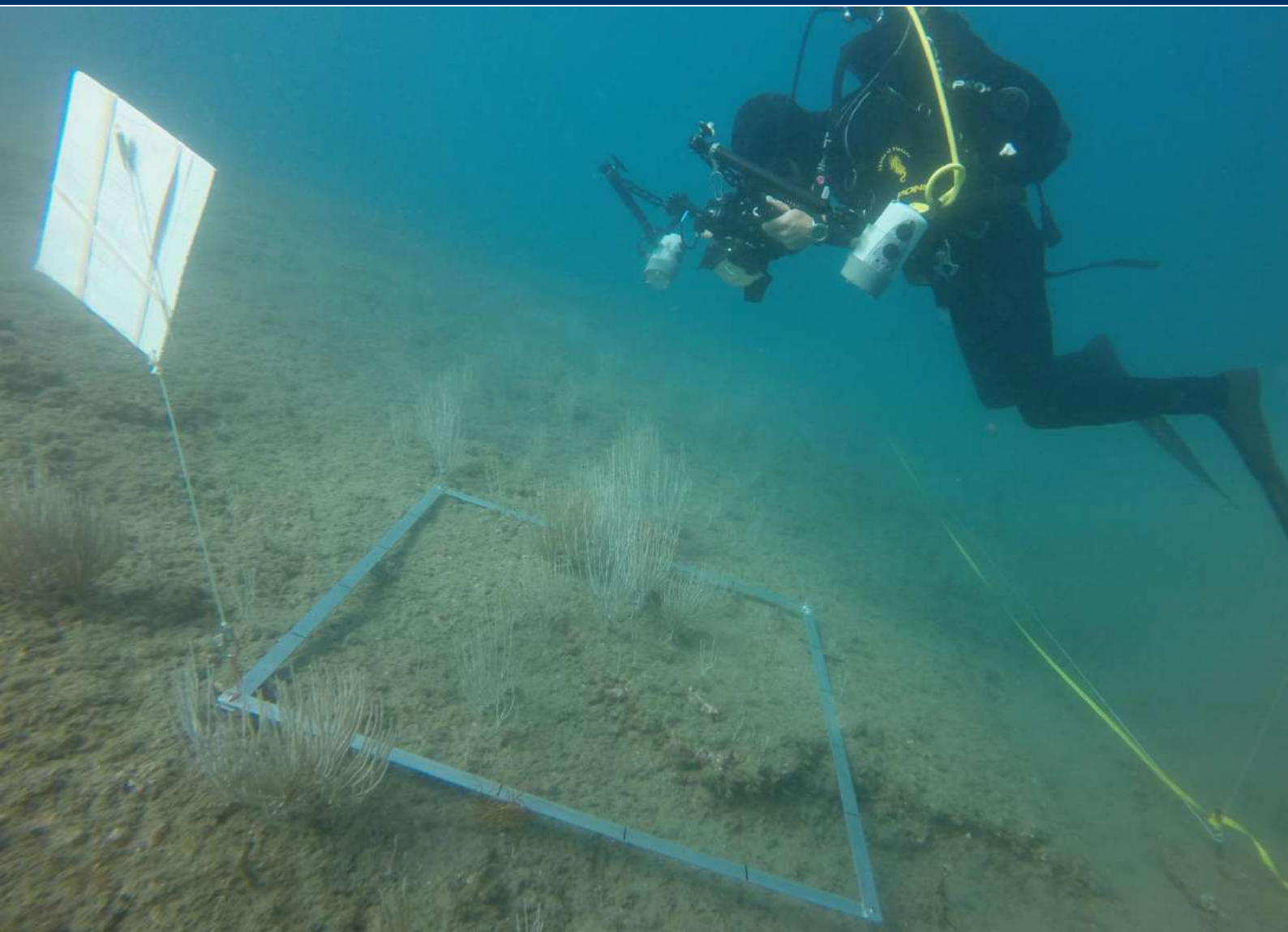


Aire Marine Protégée



Côte agathoise

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016



Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414

agde
Archipel de vie



Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables_2016

Aire Marine Protégée de la côte agathoise
Ville d'Agde
Direction Gestion du Milieu Marin
Rue Alsace Lorraine
34300 Agde



Responsables de l'étude :
Sylvain Blouet

Participants aux missions de terrain :
Sylvain Blouet, Chéré Edouard, Mathieu Foulquié, Renaud Dupuy de la Grandrive

Crédits photographiques :
Sylvain Blouet, Renaud Dupuy de la Grandrive, Edouard Chéré, Mathieu Foulquié

Avertissement : Les documents rendus par la Ville d'Agde dans le cadre de cette étude engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison, être modifiés sans son accord.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Blouet S., Chéré E., Dupuy de la Grandrive R., Foulquié M. 2016. Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques Harmony sur le site de plongée des Tables, année 2016. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. Ville d'Agde publ. Fr. :72PP

Contenu

1	Introduction.....	1
1.1	Contexte	1
1.2	Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414	2
1.2.1	Contexte écologique	2
1.2.2	Activités	4
1.3	Zone de mouillages et d'équipements légers (ZMEL) Brescou & Les Tables	4
1.4	Les site des Tables	6
1.5	Objectifs	7
2	Méthodologie	8
2.1	Généralités	8
2.1.1	Protocole BACI	8
2.2	Localisation des stations	8
2.2.1	Choix de l'indicateur	9
2.3	Cadre méthodologique	10
2.3.1	Organisation des plongées.....	10
2.3.2	Balisage des transects	11
2.3.3	Echantillonnage	11
2.3.4	Traitement des données.....	13
3	Résultats	15
3.1	Test de la méthodologie de comptage pour la catégorie 1	15
3.2	Abondance et densité des gorgones blanches	16
3.2.1	Zone 1	16
3.2.2	Zone témoin	18
3.3	Abondance et densité des gorgones orange	20
3.4	Nécroses	23
3.5	Evolution de la répartition spatiale des colonies	25
3.5.1	Zone 1 - La gorgone blanche.....	25
3.5.2	Zone 1 – La gorgone orange	31
3.5.3	Zone 1- Représentation 3D de la répartition des gorgones.....	37
3.5.4	Zone témoin – La gorgone blanche.....	39
3.5.5	Zone témoin – La gorgone orange.....	45
4	Discussion.....	51
4.1	Zone 1	51
4.2	Zone témoin	52
4.3	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	52
4.4	Synthèse	52
4.5	Proposition méthodologique	53
5	Bibliographie	54
6	Annexe.....	58

Liste des figures

Figure 1 : Cartographie des habitats marins de la zone marine agathoise.	3
Figure 2 : ZMEL secteur de Brescou (en haut) et des Tables (en bas).	5
Figure 3 : Représentation en 3 dimensions des ancrages écologiques sur le site des Tables.	6
Figure 4 : Situation du site de plongée des Tables.	7
Figure 5: Localisation des secteurs d'étude sur les Tables.	8
Figure 6 : <i>Eunicella singularis</i>	9
Figure 7: Mise en place d'un repère dans la roche.	11
Figure 8 : Acquisition des données photographiques à l'aide d'un quadrat (à gauche) / Positionnement schématisé des quadrats (en rouge) le long du transect de la zone 1 (à droite).	11
Figure 9: Représentation des catégories de taille. Catégorie 3 > 15 cm, Catégorie 2 de 5 à 15 cm et Catégorie 1 < 5 cm.	12
Figure 10 : <i>Leptogorgia sarmentosa</i> sur le site des Tables.	12
Figure 11: <i>Alcyonium coralloides</i> colonisant la branche dénudée d'une gorgone blanche. .	13
Figure 12 : Représentation du processus de post-traitement des images sous-marines.	14
Figure 13: Comparaison du nombre moyen de gorgones blanches dans un quadrat, en fonction de la méthodologie de comptage.	15
Figure 14: Comparaison du nombre moyen de gorgones orange dans un quadrat, en fonction de la méthodologie de comptage.	15
Figure 15: Proportion des trois différentes classes de taille en zone 1.	16
Figure 16: Evolution de la densité des gorgones blanches depuis le premier suivi en zone 1 (catégorie 2 et 3).	17
Figure 17 : Evolution de la proportion des gorgones blanches en fonction des classes de taille. Les données de 2016 figurent à titre indicatif étant donnée l'évolution du protocole de mesure.	18
Figure 18: Proportion des trois différentes classes de taille en zone témoin.	19
Figure 19: Evolution de la densité des gorgones blanches depuis 2010 en zone témoin (catégorie 2 et 3).	19
Figure 20 : Evolution de la proportion des gorgones blanches en fonction des classes de taille. Les données de 2016 figurent à titre indicatif étant donnée l'évolution du protocole de mesure.	20
Figure 21 : Nombre de colonies de gorgones orange des catégories 2 et 3, lors des différentes années de suivi.	21
Figure 22 : Evolution de la densité des gorgones orange depuis 2005 en zone 1 (catégorie 2 et 3).	22
Figure 23 : Evolution de la densité des gorgones orange depuis 2005 en zone témoin (catégorie 2 et 3).	23
Figure 24 : Nombre de colonies de gorgones blanches nécrosées, dénombrées lors des différents suivis scientifiques.	24
Figure 25: Evolution de la proportion de gorgones nécrosées dans le temps (catégories 2 et 3).	24
Figure 26 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu).	26
Figure 27: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu).	28
Figure 28: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu).	30
Figure 29 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange).	32

Figure 30 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange).....	34
Figure 31: Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange).....	36
Figure 32: Représentation 3D de la répartition des gorgones blanches et orange de catégorie 2 dans la zone d'étude, depuis 2005.	37
Figure 33 : Représentation 3D de la répartition des gorgones blanches et orange de catégorie 3 dans la zone d'étude, depuis 2005.....	38
Figure 34 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu / Gris : absence de mesure).....	40
Figure 35: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).	42
Figure 36 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).	44
Figure 37 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange / Gris : absence de mesure).....	46
Figure 38 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).	48
Figure 39 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).	50

Liste des tableaux

Tableau 1: Densités réelles relevées dans chaque quadrat de la zone 1, toutes catégories confondues.....	16
Tableau 2: Comparaison multiple de la densité entre les différentes années de suivi (catégorie 2 et 3).	17
Tableau 3: Densités réelles relevées dans chaque quadrat de la zone témoin, toutes catégories confondues.	18
Tableau 4 : Comparaison multiple de la densité entre les différentes années de suivi(catégorie 2 et 3).	20
Tableau 5 : Comparaison multiple de la densité des gorgones orange entre les différentes années de suivi en zone 1(catégorie 2 et 3).	22
Tableau 6 : Comparaison multiple de la densité des gorgones orange entre les différentes années de suivi en zone témoin(catégorie 2 et 3).	23

1 Introduction

1.1 Contexte

La Mer Méditerranée se caractérise par une grande diversité spécifique et un taux élevé d'endémisme. Bien que la Mer Méditerranée ne représente que 0,82 % de la surface des océans, elle abrite 4 à 18% des espèces marines mondiales dont de nombreuses espèces endémiques (Bianchi et Morri, 2000).

Mais la Méditerranée est écologiquement vulnérable. Depuis des siècles, elle est sujette à une pression anthropique croissante comme l'urbanisation du littoral, les rejets de déchets, l'exploitation accrue des ressources marines, le tourisme, le transport maritime, etc. Ces activités provoquent des dégradations diverses de l'environnement marin ayant un effet négatif direct sur les espèces et leurs habitats. Les effets de ces perturbations engendrent de fortes modifications de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, notamment au niveau des écosystèmes marins côtiers (Hughes *et al.*, 2003 ; Ballesteros, 2006). Le maintien de biocénoses remarquables à fort intérêt patrimonial, telles que les herbiers à magnoliophytes marines et les communautés du Coralligène, devient très préoccupant (Mills *et al.*, 1993 ; Ballesteros, 2006). Ces écosystèmes sont dominés par des espèces longévives qui se caractérisent notamment par une faible capacité de récupération.

Il est donc important de protéger les sites de grande valeur naturelle, particulièrement les écosystèmes représentatifs de la Méditerranée et les habitats de prédilection des espèces menacées ou en danger. La création d'Aires Marines Protégées (AMP) est un outil efficace qui fournit une protection durable. Elles permettent, entre autre, la restauration et un usage avisé de ce patrimoine naturel.

En 1999 et 2001, les études de Musard et de Payrot avaient mis en évidence la pression significative de la plongée sous-marine dans l'aire marine protégée de la côte agathoise et notamment le site des Tables.

En effet, le plongeur peut engendrer des contraintes mécaniques et physiques pour le milieu dans lequel il évolue : coups de palmes sur les organismes benthiques, remise en suspension du sédiment, appuis répétés des mains, frottement du matériel de plongée ou encore émissions de bulles sous les surplombs (Hawkings et Roberts 1992).

Outre le plongeur *sensu stricto*, le mouillage à répétition sur les sites impacte nettement les fonds et entraîne des séquelles beaucoup plus « profondes » pour les communautés marines. Dans une étude réalisée sur la gorgone pourpre, *Paramuricea clavata*, Bavestrello *et al.* (1998) considèrent les blessures causées par les ancres et les filets de pêche comme principale cause de mortalité des gorgones (pour le site étudié). Dans la réserve marine de Cerbère-Banyuls, il a été mis en évidence un impact de l'ancre sur les communautés benthiques de substrat dur, dans les sites de plongée non équipés de mouillages écologiques, contrairement à ceux ayant fait l'objet d'un aménagement (Dalias *et al.*, 2012).

Sur le site des Tables, afin de diminuer l'impact de l'ancre, des bouées de mouillages écologiques ont été installées en 2005, en partenariat avec les organismes de plongée d'Agde. L'utilisation de ces systèmes était basée sur le volontariat.

Depuis 2014, ce site a été intégré au sein d'une Zone de Mouillage et d'Equipements Légers (ZMEL), avec le secteur de Brescou. Ce nouveau classement a permis l'interdiction de l'ancre pour toutes les activités, lorsque les bouées sont en place.

Cette installation de mouillages écologiques a fait l'objet d'un suivi scientifique afin d'évaluer la restauration naturelle des populations de Gorgone blanche, *Eunicella singularis*.

Suite à un état initial réalisé en 2005, deux suivis ont été effectués en 2010 et 2012. Cette quatrième année de suivi permettra d'évaluer l'efficacité de ces systèmes écologiques après 12 années d'utilisation.

1.2 Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414

1.2.1 Contexte écologique

Le site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR9101414 est délimité à l'ouest par l'embouchure du fleuve Hérault et à l'est par le Port d'Ambonne. Au large, la limite sud s'étend jusqu'aux 3 milles nautiques des côtes. La zone Natura 2000 marine couvre ainsi un territoire de 6152 ha sur lequel les usages et pressions anthropiques sont nombreux (Figure 1). Les baigneurs, plongeurs, plaisanciers, pêcheurs de loisir et professionnels sont autant d'acteurs qui cohabitent sur ce territoire. Cette zone est soumise aux conditions climatiques et hydrologiques générales du Golfe du Lion, avec les températures parmi les plus basses de la Mer Méditerranée (moins de 10°C en hiver et maximum 24°C en été) et une zone de dilution liée aux apports d'eau douce du Rhône, de l'Aude, de l'Orb, de l'Hérault et des lagunes côtières. Ces apports se mélangent dans le golfe provoquant des différences de salinité parfois très marquées dans la bande côtière et une turbidité importante (Foulquié & Dupuy de la Grandrive, 2005).

La ville d'Agde, via sa direction du milieu marin, est la structure gestionnaire de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 « posidonies du Cap d'Agde ». Un Comité de Pilotage (COPIL) du site, présidé par le préfet maritime de Méditerranée, se réunit tous les ans et décide des axes de gestion du site.

Ce site bénéficie d'un Document d'Objectifs (DOCOB), d'une charte Natura 2000 et d'une animation opérationnelle depuis 2008.

Cette zone concerne de nombreux habitats d'intérêt communautaire :

- 1170-10 La roche supralittorale ;
- 1170-11 La roche médiolittorale supérieure ;
- 1170-12 La roche médiolittorale inférieure ;
- 1170-13 La roche infralittorale à algues photophiles ;
- 1170-14 Le coralligène ;
- 8330-2 Biocénose des grottes médiolittorales ;
- 8330-3 Biocénose des grottes semi-obscurées ;
- 1110 – Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine ;
- 1120-1 l'Herbier à *Posidonia Ocenica*.

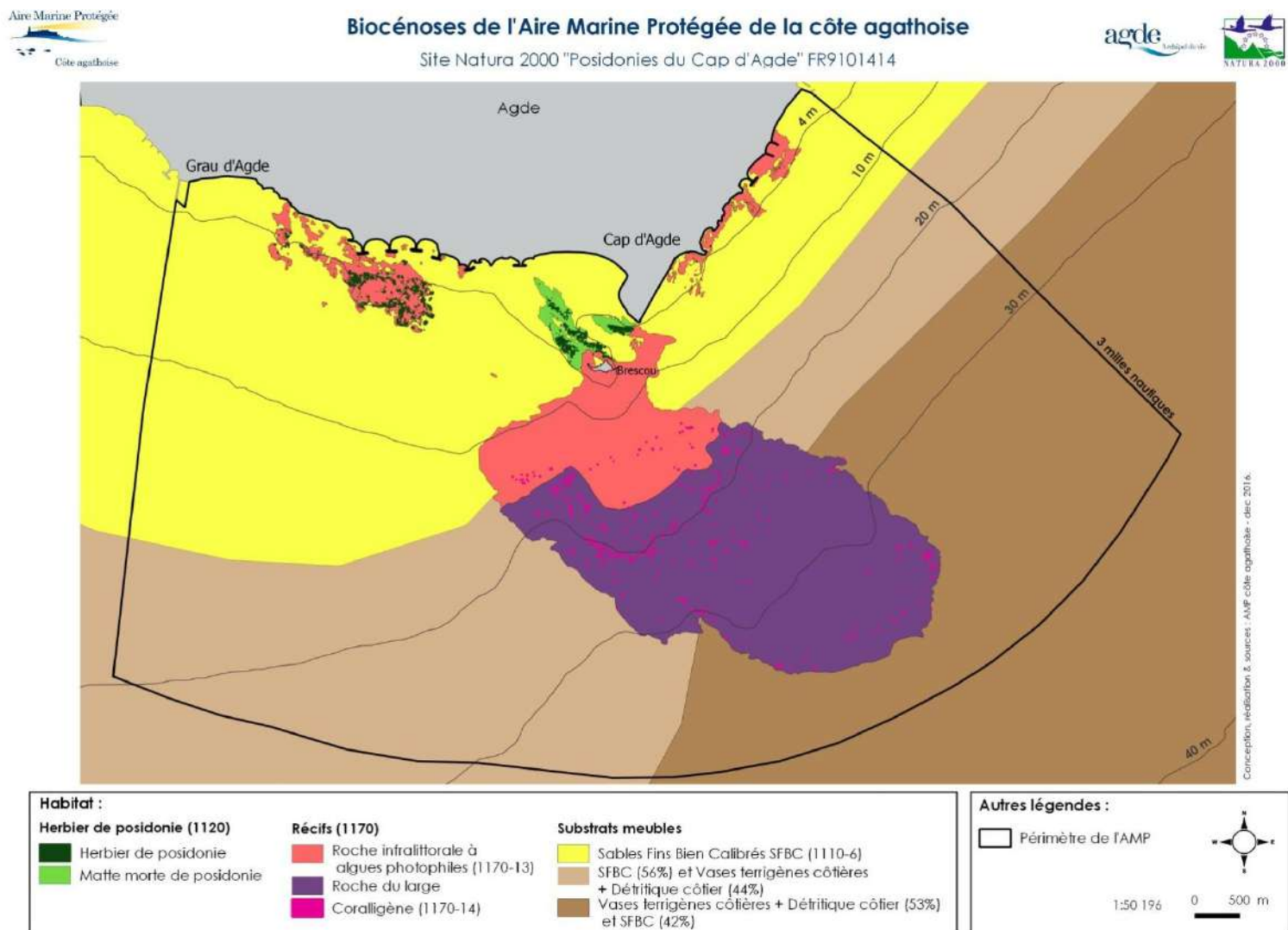


Figure 1 : Cartographie des habitats marins de la zone marine agathoise.

1.2.2 Activités

De nombreuses activités nautiques de loisirs sont pratiquées au sein du site Natura 2000 :

- La pêche récréative embarquée ;
- La pêche récréative du bord ;
- La plaisance ;
- Les bateaux de visite et de découverte de la pêche ;
- Les activités nautiques telles la planche à voile, le jet-ski, windsurf etc.;
- La plongée sous-marine ;
- La chasse sous-marine ;
- Le sentier sous-marin ;
- La baignade.

La grande majorité de ces activités s'exerce en période estivale. Durant 4 mois de l'année, toutes ces activités se côtoient en mer.

1.3 Zone de mouillages et d'équipements légers (ZMEL) Brescou & Les Tables

La ZMEL Brescou - Les Tables est située dans le périmètre de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise. Elle regroupe deux zones (Figure 2) :

- **La zone de « Brescou »** est un des deux sites les plus fréquentés par les plaisanciers. Il y est référencé un grand nombre d'activités nautiques différentes. Les enjeux autour de la fréquentation dans cette zone sont importants dans l'AMP, tant en termes de protection des habitats (Herbier de posidonies) que de gestion et de sécurité des différents usages (Figure 1). Un total de 33 mouillages écologiques y est installé.
- **le site « Les Tables »**, site phare de la plongée sous-marine agathoise. Sur ce secteur rocheux, 8 mouillages écologiques ont été installés depuis 2005, principalement exploités par les clubs de plongée (Figure 2 ; Figure 3).

La mise en place de la ZMEL a été portée par l'AMP de la côte agathoise. Cette action est inscrite au document d'objectifs (DOCOB) comme action prioritaire (action 1 du DOCOB)(Foulquié et Dupuy de la Grandrive, 2005). La DREAL PACA (2010) ayant recommandé aux AMPs d'orienter la gestion des mouillages vers la création de ZMEL, le projet de mouillages écologiques a donc été réfléchi dans cette optique à partir de 2011, en collaboration étroite avec les services de l'Etat.

Validé par tous les représentants du COPIL en 2012, ce projet a fait l'objet d'une concertation entre les représentants des différents usages, des services de l'Etat et de la collectivité. La ZMEL a été validée par décret inter-préfectoral entre le préfet de l'Hérault et le préfet maritime de Méditerranée. La zone de mouillage est installée depuis 2014.

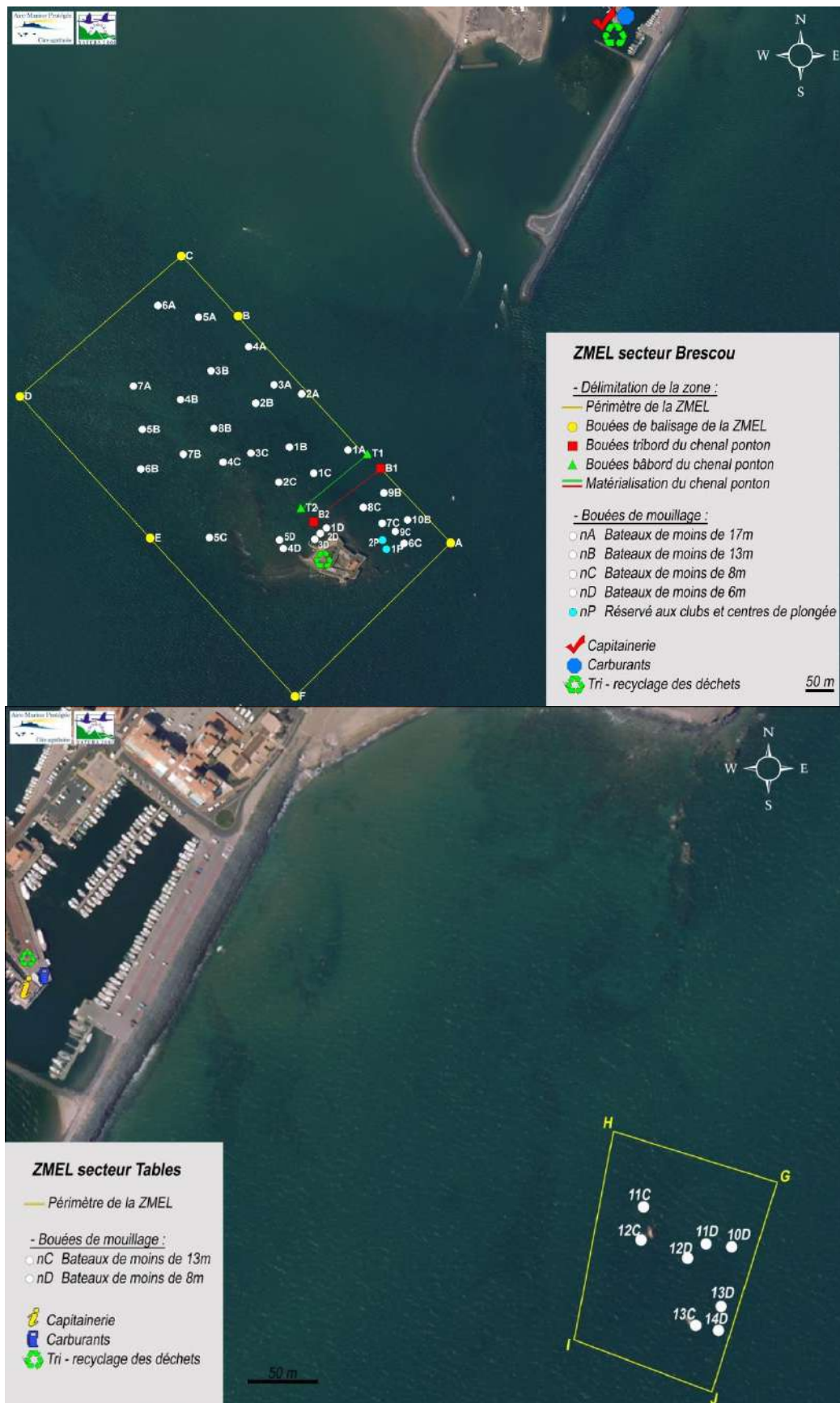


Figure 2 : ZMEL secteur de Brescou (en haut) et des Tables (en bas).

Contrairement à certaines ZMEL de Méditerranée comme sur la façade Atlantique, cette zone n'a pas pour vocation de pallier un manque de places dans le port de plaisance du Cap d'Agde. Ses buts principaux sont de :

- **Limitier l'impact de l'ancrage par l'installation de mouillages écologiques**, afin de préserver les communautés benthiques et leurs habitats (herbiers de posidonies, grandes nacres, petits fonds rocheux...).
- **Sécuriser la zone** où les différents usagers se côtoient (baigneurs, plaisanciers, plongeurs, chasseurs...). Un règlement de police codifie ces aspects de sécurité (limitation de vitesse, circulation limitée, ...).

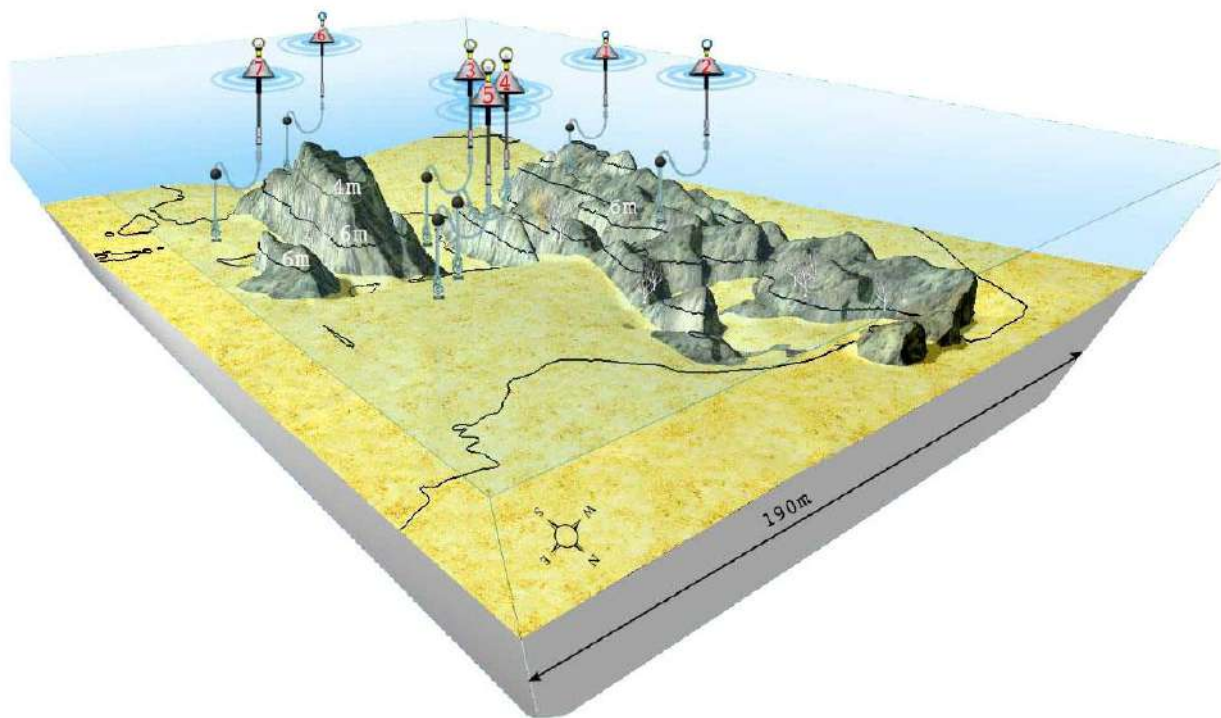


Figure 3 : Représentation en 3 dimensions des ancres écologiques sur le site des Tables.

1.4 Les site des Tables

Cette zone rocheuse sous-marine de faible superficie est située à quelques centaines de mètres des falaises du Cap d'Agde (Figure 2).

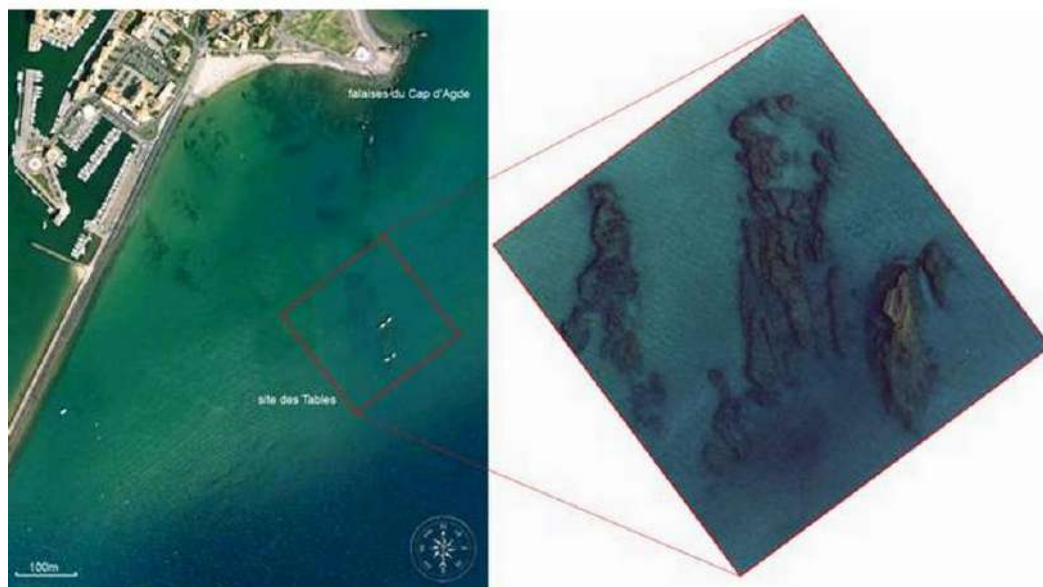


Figure 4 : Situation du site de plongée des Tables.

Elle est constituée par un ensemble de dalles volcaniques de tuf, composées de nombreuses failles, grottes et autres surplombs qui abritent une faune et une flore très diversifiées.

Les accumulations de tufs, déposées en strates, forment de larges plateaux plus ou moins horizontaux, entre 3 et 10 mètres de profondeur. Les parois formées par les dépôts successifs de tufs constituent vraisemblablement les surfaces verticales rocheuses sous-marines les plus hautes de l'Hérault. Ce massif d'origine volcanique présente un relief fortement cavitaire, de par les nombreuses failles et petites grottes creusées dans la roche. De plus, la friabilité du tuf a permis aux organismes foreurs et bio-constructeurs de modeler considérablement l'aspect général de cet ensemble de dalles. Tout ceci a eu pour conséquence d'augmenter la surface disponible pour la faune fixée et la flore, en contribuant au développement et à l'enrichissement biologique du milieu.

Le faciès étudié, dominé par la gorgone blanche *Eunicella singularis*, correspondrait à l'horizon profond de la biocénose des algues photophiles, tel que défini par Marinopoulos (1988 in Bellan-Santini *et al.*, 1994). Il existe dans cette zone un large éventail d'irradiance qui conditionne l'existence d'une communauté benthique dominée par *Eunicella singularis*, caractérisée par des stations horizontales à subhorizontales et sédimentées, et décrite par Weinberg (1978) dans la région de Banyuls sur Mer (Pyrénées-Orientales).

1.5 Objectifs

Cette étude a pour objectif de mesurer l'efficacité et les effets de l'installation d'ancrages écologiques sur la restauration naturelle des populations de gorgones blanches, *Eunicella singularis*.

Suite à l'état initial de 2005 et au deux suivis de 2010 et 2012, cette étude permettra d'avoir un retour de **12 années d'expérience**.

Les résultats obtenus permettront de sensibiliser et de responsabiliser les usagers (plongeurs, plaisanciers, etc.), et participent à l'appréciation de l'efficacité de la ZMEL Brescou & Les Tables.

2 Méthodologie

2.1 Généralités

2.1.1 Protocole BACI

Proposé par Green en 1979, le « Before-After Control-Impact » (ou BACI) permet d'évaluer selon un principe assez simple, les impacts sur des communautés végétales et/ou animales.

Le fondement du BACI repose sur l'élaboration de protocoles expérimentaux au sein desquels sont effectuées des campagnes d'échantillonnages avant (Before) et après (After) l'impact. Parallèlement, une zone témoin (de contrôle) est mise en place où l'impact n'aura pas d'effet et à l'intérieur de laquelle le même type d'échantillonnage, que dans la zone impactée, sera effectué.

La présente étude met en œuvre une analyse de type BACI afin d'évaluer l'impact positif de la mise en place de mouillages écologiques, sur les populations de gorgones blanches, avec des échantillonnages sur un secteur impacté et une zone témoin (zone de contrôle).

2.2 Localisation des stations

Le site des Tables se découpe en trois grandes parties (Figure 5):

- Les grandes Tables
- Les moyennes Tables
- Les petites Tables

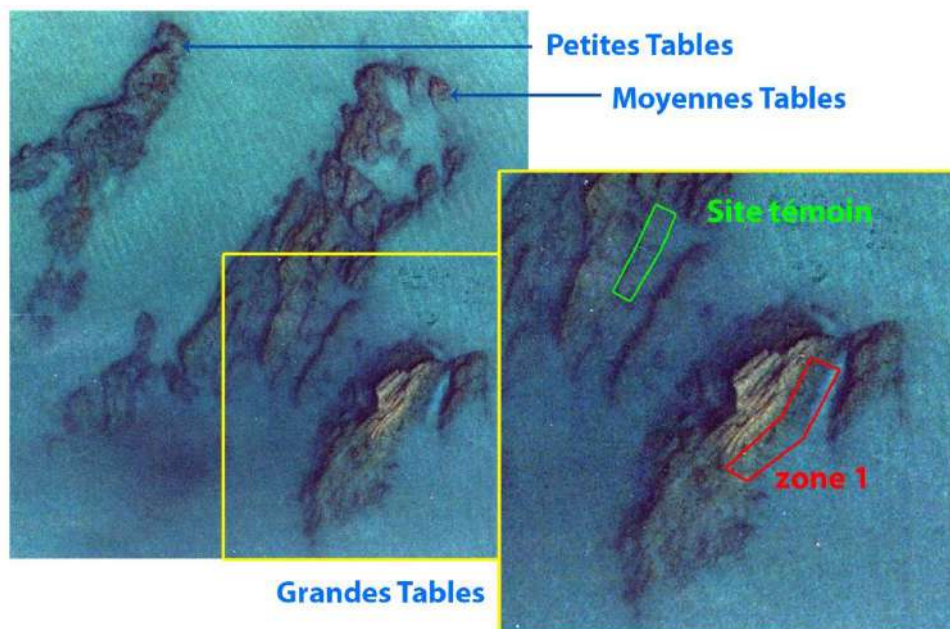


Figure 5: Localisation des secteurs d'étude sur les Tables.

En 2005, le secteur des grandes Tables était le plus impacté par l'ancrage. La morphologie et la topographie de cette zone sont idéales pour la pratique de la plongée sous-marine (baptême, formation, exploration). De plus, d'après Musard (1999), avant la mise en place

des mouillages écologiques, la majorité des clubs et centres de plongée ancrèrent leurs bateaux sur cette partie du site.

Le site des moyennes Tables, moins impacté par la pression des mouillages et moins fréquenté par les plongeurs, a été choisi comme zone témoin (de contrôle) dans le cadre du protocole «BACI» à partir du suivi de 2010.

2.2.1 Choix de l'indicateur

Les gorgonaires, en tant qu'espèces dressées, sont vulnérables aux agressions mécaniques telles que l'ancrage.

Très répandue sur les fonds rocheux agathois jusqu'à 25-30 m de profondeur, la gorgone blanche *Eunicella singularis* est localement très présente. Sa population a été estimée à 81 millions d'individus le long de la côte agathoise (Guizien, 2015). Avec la gorgone orange *Leptogorgia sarmentosa*, elles sont les principales espèces dominant la strate dressée des fonds marins rocheux dans l'AMP.

Cette espèce sensible à l'impact de l'ancrage, est très répandue et facilement identifiable, elle a donc été retenue pour suivre l'évolution de la restauration naturelle du site des Tables, suite à la mise en place d'une zone de mouillages organisés.

Le choix de cette espèce comme indicateur de l'impact de l'ancrage a également été retenu au Cap d'Abeille dans la réserve de Cerbère-Banyuls, suite à l'installation de mouillages écologiques (Bonhomme *et al.*, 2006)

2.2.1.1 Gorgone blanche, *Eunicella singularis*

La gorgone blanche, *Eunicella singularis*, est l'une des espèces de gorgones les plus communes de Méditerranée (Weinberg, 1978 ; Skoufas, 2006 ; Ribes *et al.*, 2007 ; Gori *et al.*, 2010) et notamment en Méditerranée occidentale (Gori *et al.*, 2010) (Figure 6). Cet octocoralliaire peuple les fonds rocheux entre 5 et 60m de profondeur. Sa grande répartition, au sein du bassin méditerranéen, est due à sa grande tolérance aux variations environnementales (Gori *et al.*, 2010).



Figure 6 : *Eunicella singularis*.

Le recrutement des gorgonaires est généralement annuel (Weinberg & Weinberg, 1979). *Eunicella singularis* est une espèce gonochorique à fécondation interne. La fécondation se fait sur les colonies femelles par des gamètes mâles émis en pleine eau. L'émission des larves

a lieu entre juin et juillet. Une colonie femelle peut émettre 6 000 larves mais seule une larve sur 60 000 serait capable de donner une nouvelle colonie (Weinberg, 1991).

Les colonies de gorgones blanches peuvent atteindre 20 à 50cm de hauteur. Leur croissance est conditionnée par un compromis entre l'hydrodynamisme et la capacité d'alimentation. Certaines espèces de gorgones, telle que *Eunicella cavolinii*, diminuent leur surface d'échange pour résister au courant. Tandis que d'autres, comme *Eunicella singularis*, ont une capacité d'adaptation leur permettant d'augmenter leur flexibilité afin de résister, dans une certaine mesure, à l'hydrodynamisme naturel (Skoufas *et al.*, 2000).

Pour la gorgone blanche, il a été mis en évidence une vitesse de croissance entre 1,45 et 4,5 cm/an (Weinberg, 1975 et 1978 ; Weinberg & Weinberg, 1979).

Une vitesse de croissance en hauteur particulièrement lente peut entraîner de faibles capacités de récupération des populations face à l'augmentation des perturbations (Coma *et al.*, 1998b ; Linares *et al.*, 2005).

D'un point de vue physiologique, une branche d'*E. singularis* est constituée d'un tissu externe (coenenchyme) et d'un squelette interne axial corné. Les sclérites, qui renforcent les parties molles, jouent un rôle fondamental dans les propriétés mécaniques telle que la flexibilité des ramifications (Skoufas *et al.*, 2001 ; Skoufas, 2006). Néanmoins, cette flexibilité n'enlève rien à la fragilité de ces organismes face aux contraintes physiques d'origine anthropique. Ces atteintes mécaniques des colonies provoquent une altération du coenenchyme et favorisent l'apparition de nécroses et l'installation d'épibiontes. Coma *et al.* (1998a) qualifie ces phénomènes de « croissance négative ». L'apparition des épibiontes sur les gorgones provoque une altération plus ou moins importante de leurs ramifications. Dans le cas des nécroses d'*Alcyonium coralloides*, l'issue peut être fatale. De plus, la présence d'épibiontes peut accroître la surface de contact des gorgones au courant, entraînant une détérioration partielle ou totale des colonies par arrachage (Weinberg & Weinberg, 1979 ; Coma *et al.*, 1998a).

Dans l'étude du phénomène de mortalité massive de 1999, Perez *et al.* (2000) notent que cette colonisation des portions dénudées par les épibiontes va jusqu'à provoquer la cassure de certains axes devenus trop lourds.

En dehors de ces phénomènes paroxystiques et massifs de mortalité, l'apparition de nécroses n'est pas forcément rédhibitoire pour les colonies touchées, qui montrent des capacités de régénération. Skoufas et Poulícek (2001) attestent notamment de cette capacité chez l'espèce *Eunicella singularis*.

Par ailleurs, chez certaines espèces tropicales, Sanchez et Lasker (2003) ont montré que la repousse d'une branche brisée pouvait excéder le taux normal de ramification d'origine. Néanmoins, si l'abrasion ou la rupture des axes ne sont pas obligatoirement fatales à la colonie, une gorgone arrachée de son substrat aura très peu de chance de se refixer et donc de survivre (Harmelin, 1995).

2.3 Cadre méthodologique

2.3.1 Organisation des plongées

Le travail de terrain a été réalisé par une équipe de 2 plongeurs avec une sécurité en surface. Toutes les plongées ont été réalisées en conformité stricte avec la réglementation relative à l'intervention en milieu hyperbare (Arrêté n° 90-277 du 28 mars 1990 du Ministère du travail).

2.3.2 Balisage des transects

Le suivi de l'évolution des peuplements des gorgones nécessite d'effectuer un retour sur site précis.

Ainsi, les transects sont balisés par de petits repères scellés directement dans la roche. Lors de ce suivi, il a été nécessaire de remplacer certains de ces repères (Figure 7).



Figure 7: Mise en place d'un repère dans la roche.

2.3.3 Echantillonnage

La densité des gorgones, à savoir le nombre de colonies/m², a été mesurée le long de 2 transects semi permanents, le premier de 24m x 2m (zone 1) et le deuxième de 18 m x 2m (zone témoin), à l'aide d'un quadrat de 1m x 1m (Figure 8). Au total, 78 quadrats ont été réalisés le long des 2 transects photo-échantillonnés.

Les colonies de gorgones étant des organismes à distribution agrégative, la densité mesurée à l'intérieur d'un quadrat ne peut pas être extrapolée à l'ensemble du site (Bianconi *et al.*, 1988). Les densités réelles ont donc été directement mesurées à partir des quadrats.

Le nombre de gorgones dans le quadrat est déterminé par un comptage indirect sur les photographies. Lors de ce suivi, la fiabilité de cette méthode a été remise en cause concernant le comptage des petites gorgones, et a donc été complétée en réalisant en parallèle un comptage direct.

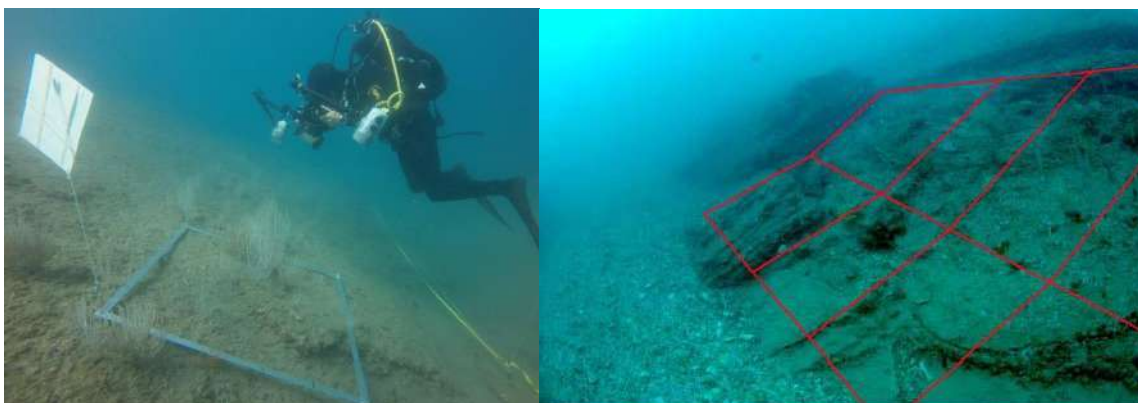


Figure 8 : Acquisition des données photographiques à l'aide d'un quadrat (à gauche) / Positionnement schématique des quadrats (en rouge) le long du transect de la zone 1 (à droite).

Les photographies sont réalisées à l'aide d'un boîtier réflex et d'un objectif 12-24 mm.

2.3.3.1 Critères de classement des gorgones

Pour caractériser les peuplements de gorgones, la hauteur totale des colonies a été retenue comme critère de classement. La mesure de la hauteur totale d'une colonie correspond à la longueur séparant la base de son extrémité apicale. Trois classes de tailles ont ainsi été établies pour l'acquisition et la distribution des données (Figure 9).

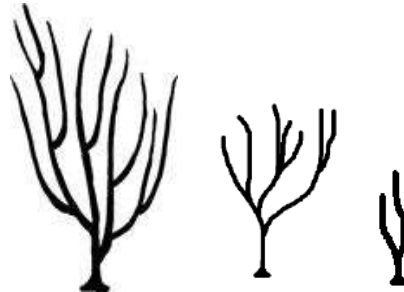


Figure 9: Représentation des catégories de taille. Catégorie 3 > 15 cm, Catégorie 2 de 5 à 15 cm et Catégorie 1 < 5 cm.

La catégorie 1 (taille minimale) a été choisie en référence au travail de Russo et Carrada (2004). Un dessin a été réalisé pour chacune des catégories afin de bien les différencier sur la représentation 3D de la répartition des gorgones (Figure 9).

2.3.3.2 Observations complémentaires

Ces observations concernent notamment la gorgone orange *Leptogorgia sarmentosa* (Figure 12), relativement bien représentée sur l'ensemble de la zone marine agathoise, où elle peut atteindre des densités significatives.

Son rôle éventuel d'espèce indicatrice des milieux turbides évoqué par Francour et Sartoretto (1993) renforce l'intérêt de suivre les populations de cette espèce. Par le passé, *Leptogorgia sarmentosa* était dénommée *Lophogorgia ceratophyta*



Figure 10 : *Leptogorgia sarmentosa* sur le site des Tables.

Afin d'évaluer l'état de santé des peuplements, la présence de nécroses et d'épibiontes a également été consignée, sans distinction de taux de nécroses (pourcentage) comme

utilisés par Sartoretto (2002) et Dalias *et al.* (2008; 2010; 2011; 2012), mais par un simple pointage présence/absence (Figure 11).



Figure 11: *Alcyonium coralloides* colonisant la branche dénudée d'une gorgone blanche.

La présence d'organismes vivants sur les branches des gorgones *Eunicella singularis* et *Leptogorgia sarmentosa*, a également fait l'objet d'observations particulières.

2.3.4 Traitement des données

Les clichés photographiques ont été pris au format Raw afin de générer des images très hautes définitions, permettant un post-traitement plus fin à l'aide d'un logiciel de traitement d'images (Figure 12).

Les gorgones dénombrées sont par la suite reportées sur une fiche d'analyse des données (Annexe 1 et 2) en fonction de la classe de taille : petites (comptage direct), moyennes et grandes (photo-interprétation).

Les données de densité permettent d'étudier la répartition spatiale des colonies et la composition du peuplement en fonction de la taille des individus.

Les différentes variables sont analysées statistiquement et sans interaction pour chaque paramètre. Des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis ont été utilisés.

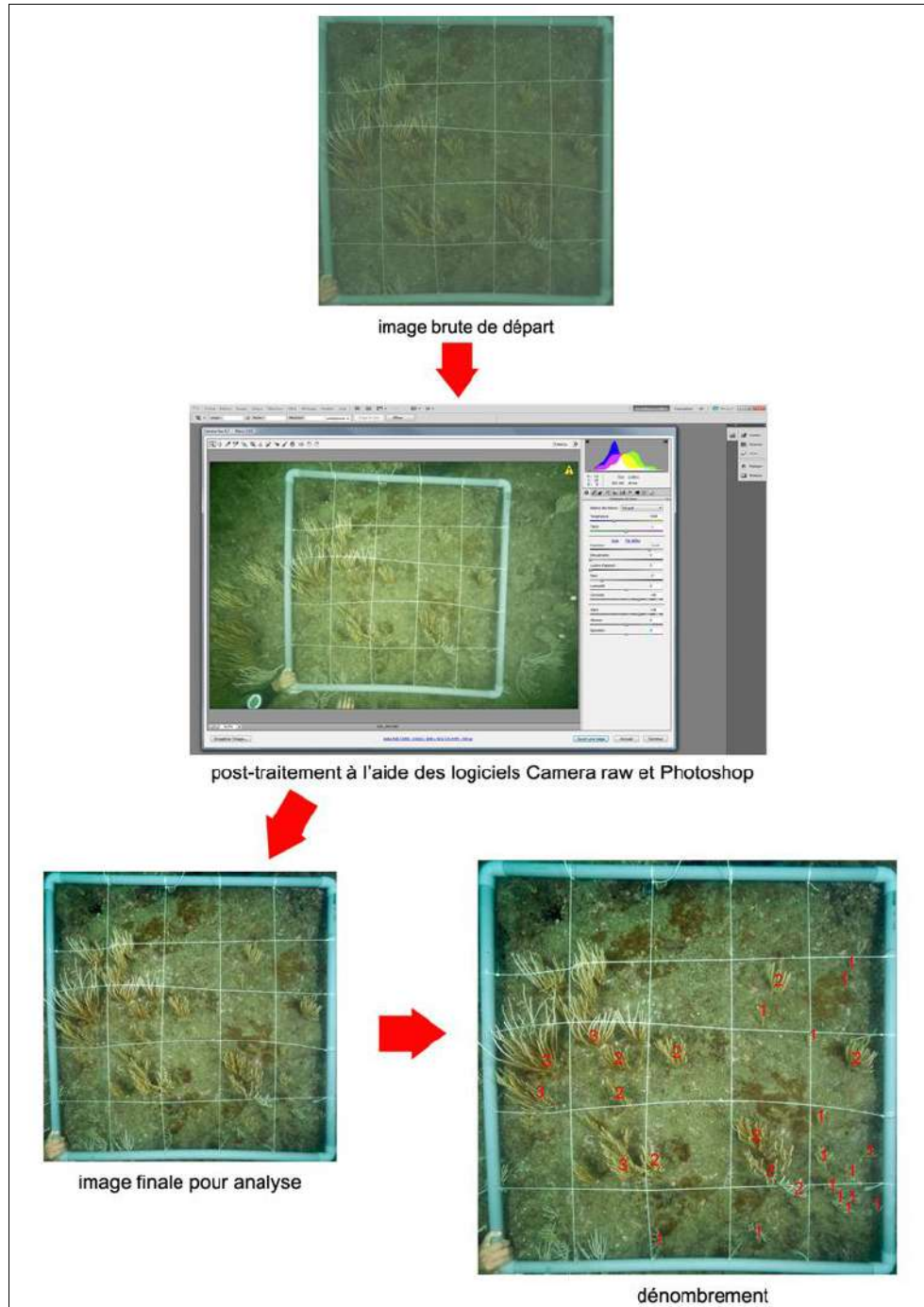


Figure 12 : Représentation du processus de post-traitement des images sous-marines.

3 Résultats

3.1 Test de la méthodologie de comptage pour la catégorie 1

Lors de ce suivi, la fiabilité du comptage par photo-interprétation a été remise en cause pour la catégorie 1. Un comptage direct sur site a permis d'effectuer une comparaison avec le nombre obtenu par les photos.

Avec le comptage direct, il a été dénombré 48,7% de gorgones blanches de plus qu'avec la photo-interprétation (Figure 13).

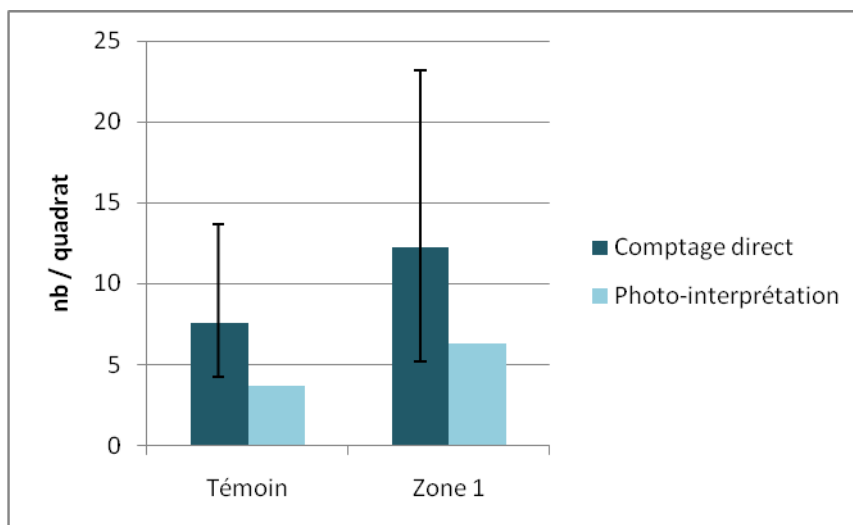


Figure 13: Comparaison du nombre moyen de gorgones blanches dans un quadrat, en fonction de la méthodologie de comptage.

Avec le comptage direct, il a été dénombré 74,8% de gorgones orange de plus qu'avec la photo-interprétation (Figure 14).

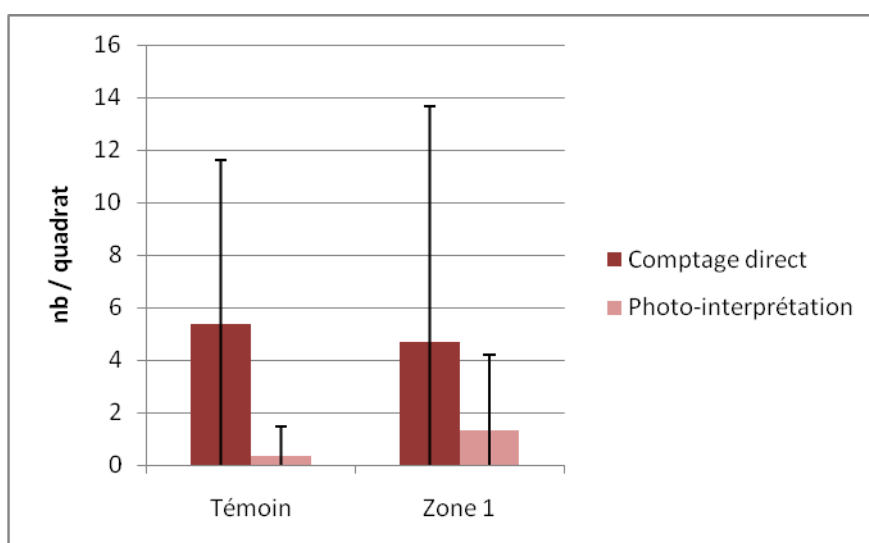


Figure 14: Comparaison du nombre moyen de gorgones orange dans un quadrat, en fonction de la méthodologie de comptage.

Pour cette catégorie de taille de gorgones, il s'avère que le comptage direct est plus fiable. Ainsi, les données du comptage direct seront utilisées dans l'analyse des données ci-dessous.

3.2 Abondance et densité des gorgones blanches

3.2.1 Zone 1

Dans la zone 1, les données sont les suivantes :

- Densité moyenne : 30,86 colonies/m² (+/- 16,46 colonies/m²)
- Maximum = 68 colonies/m²
- Abondance totale : 1 482 colonies (Tableau 1).

Tableau 1: Densités réelles relevées dans chaque quadrat de la zone 1, toutes catégories confondues.

Transect (m)	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Haut	50	25	28	24	23	24	15	21	21	13	14	0	18	13	22	18	27	43	40	39	38	54	56	25
Bas	62	47	53	29	28	21	21	15	16	5	7	19	26	63	24	27	29	36	39	44	43	60	49	68

Pour chacune des catégories de taille, les données sont les suivantes:

- Catégorie 1 :
 - o Densité moyenne : 12,23 colonies/m² (+/- 10,98 colonies/m²)
 - o Densité maximale : 57 colonies/m²
 - o Abondance : 587 colonies
- Catégorie 2 :
 - o Densité moyenne : 11,81 colonies/m² (+/- 9,45 colonies/m²)
 - o Densité maximale : 42 colonies/m²
 - o Abondance : 567 colonies
- Catégorie 3 :
 - o Densité moyenne : 6,83 colonies/m² (+/- 6,55 colonies/m²)
 - o Densité maximale : 45 colonies/m²
 - o Abondance : 328 colonies

Les gorgones blanches de petites et moyennes tailles sont les plus abondantes (Figure 15).

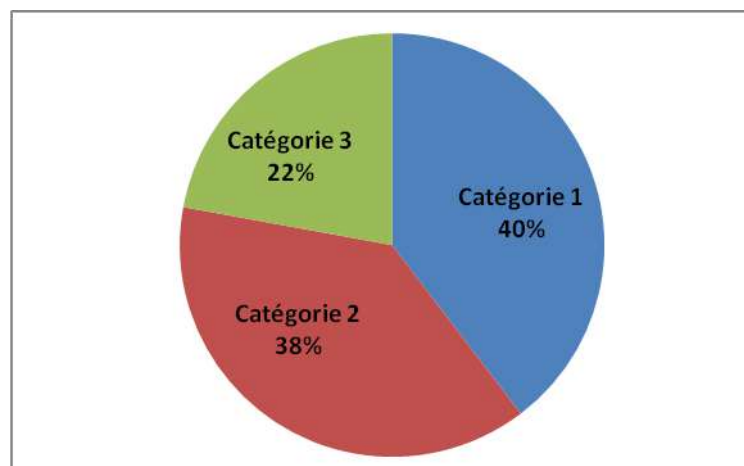


Figure 15: Proportion des trois différentes classes de taille en zone 1.

Le protocole de mesure pour les gorgones de la catégorie 1 ayant évolué en 2016, l'évolution de la densité dans le temps a été calculée à partir des données des moyennes et grandes gorgones (Figure 16 ; Tableau 2).

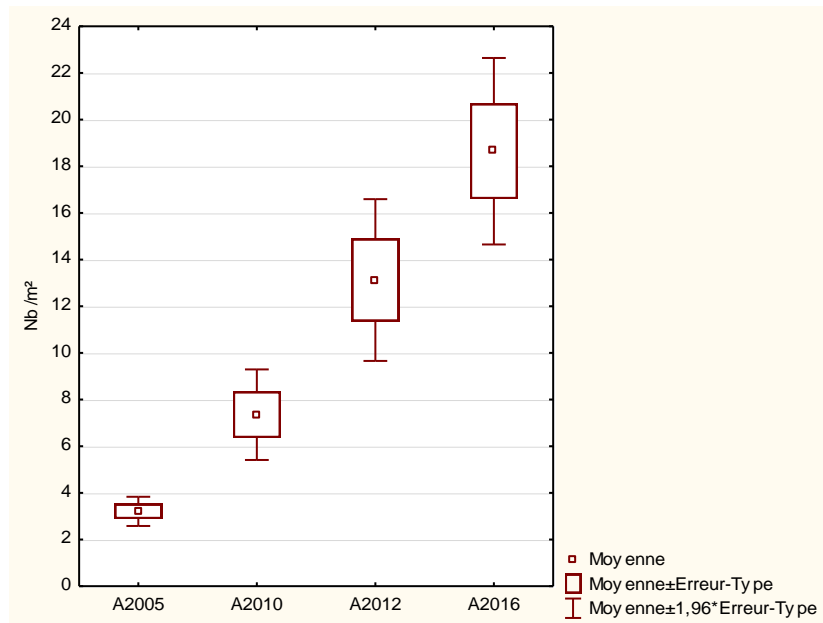


Figure 16: Evolution de la densité des gorgones blanches depuis le premier suivi en zone 1 (catégorie 2 et 3).

Depuis la mise en place des mouillages écologiques, le nombre et la densité des gorgones ont été multipliés par 5,8. L'année 2016 est similaire au suivi de 2012, mais supérieure aux années 2010 et 2005.

Tableau 2 : Comparaison multiple de la densité entre les différentes années de suivi (catégorie 2 et 3).

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données 1)				
Var. indépendante (classement) : Var1				
Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 192) =55,88601 p =,000				
Dépend. :	A2005	A2010	A2012	A2016
Var2	R:55,188	R:84,823	R:110,09	R:135,90
A2005		0,053909	0,000008	0,000000
A2010	0,053909		0,155342	0,000040
A2012	0,000008	0,155342		0,137548
A2016	0,000000	0,000040	0,137548	

Depuis 2005, la composition du peuplement des gorgones blanches a évolué (Figure 17). Malgré un biais dans le protocole d'échantillonnage ayant sous-estimé le nombre de petites gorgones de 2005 à 2010, en 2016, la proportion des petites colonies (correspondant à un recrutement datant de 1 à 2 ans), a diminué au profit des catégories moyennes et grandes.



Figure 17 : Evolution de la proportion des gorgones blanches en fonction des classes de taille. Les données de 2016 figurent à titre indicatif étant donnée l'évolution du protocole de mesure.

3.2.2 Zone témoin

Sur la zone témoin, les données sont les suivantes :

- Densité moyenne : 30,61 colonies/m² (+/- 14,72 colonies/m²)
- Maximum = 62 colonies/m²
- Abondance totale : 1 102 colonies (Tableau 1).

Tableau 3: Densités réelles relevées dans chaque quadrat de la zone témoin, toutes catégories confondues.

Transect (m)	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Haut	58	32	23	33	22	34	43	46	34	7	9	33	44	62	48	29	28	38
Bas	29	30	29	16	31	32	25	27	41	51	4	3	21	44	46	27	23	37

Pour chacune des catégories de taille, les données sont les suivantes:

- Catégorie 1 :
 - o Densité moyenne : 7,81 colonies/m² (+/- 6,04colonies/m²)
 - o Densité maximale : 22colonies/m²
 - o Abondance : 271 colonies
- Catégorie 2 :
 - o Densité moyenne : 13,15 colonies/m² (+/- 9,01colonies/m²)
 - o Densité maximale : 42 colonies/m²
 - o Abondance : 458 colonies
- Catégorie 3 :
 - o Densité moyenne : 10,65 colonies/m² (+/- 8,61colonies/m²)
 - o Densité maximale : 45 colonies/m²
 - o Abondance : 373 colonies

Les gorgones blanches de taille moyenne sont les plus abondantes (Figure 18).

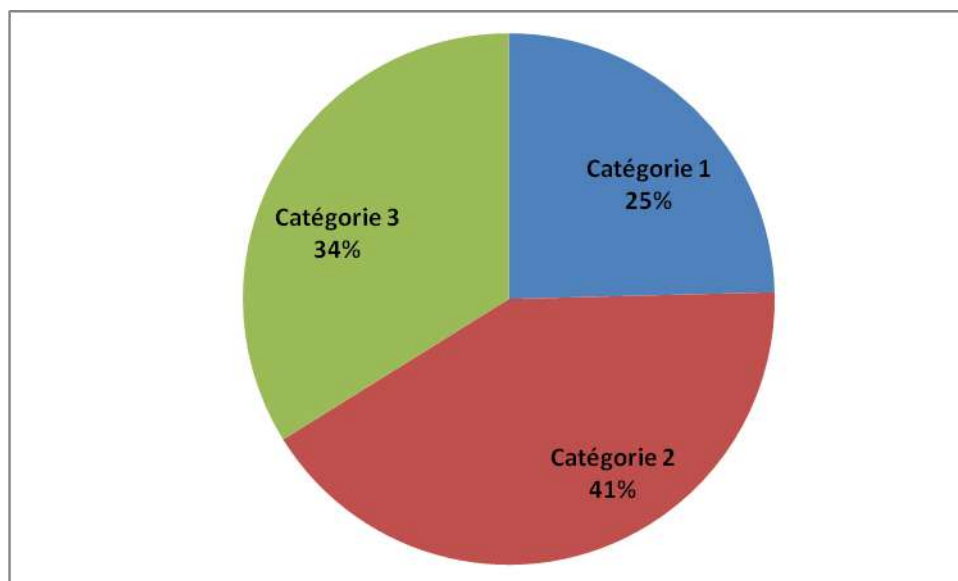


Figure 18: Proportion des trois différentes classes de taille en zone témoin.

Le protocole de mesure pour les gorgones de la catégorie 1 ayant évolué en 2016, l'évolution de la densité dans le temps a été calculée à partir des données des gorgones de tailles moyennes et grandes (Figure 19 ; Tableau 4).

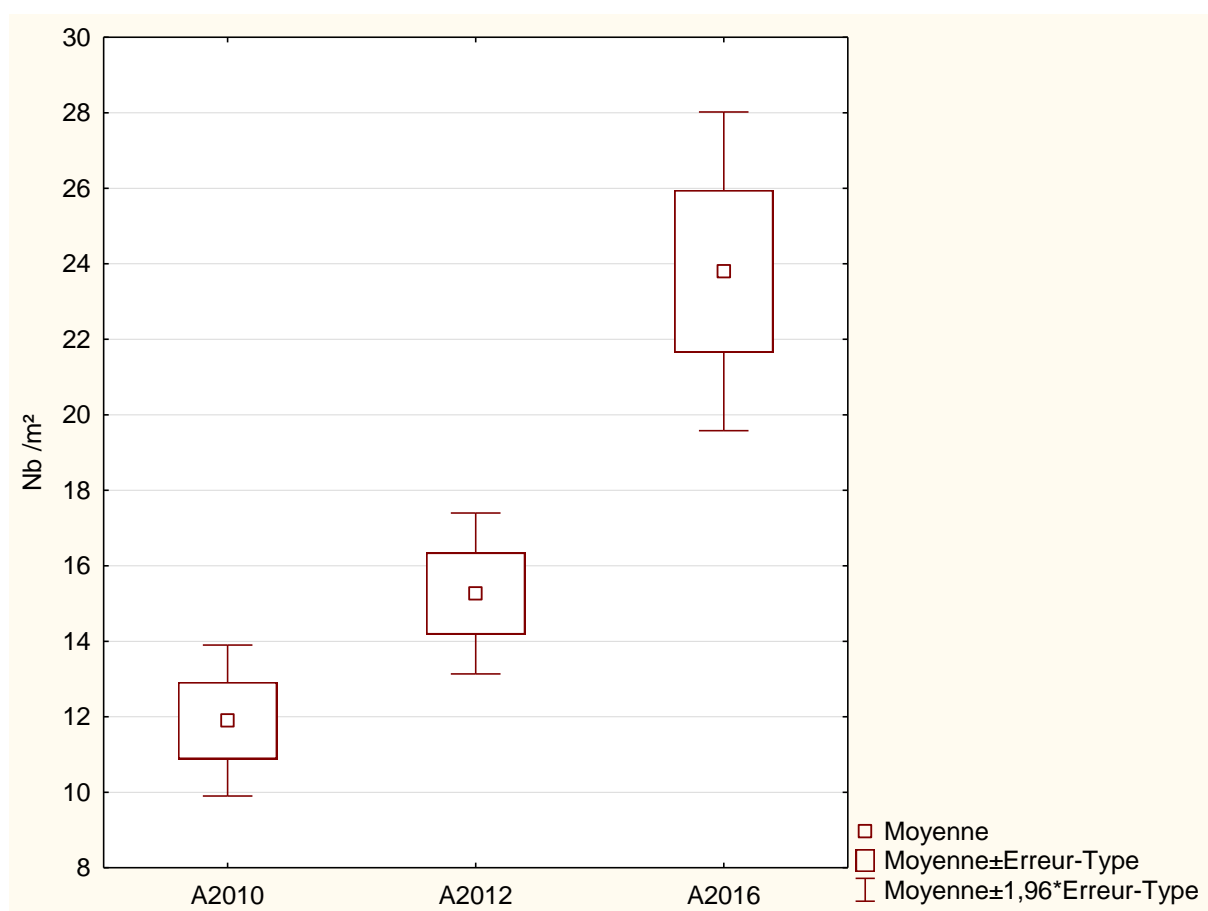


Figure 19: Evolution de la densité des gorgones blanches depuis 2010 en zone témoin (catégorie 2 et 3).

Avec la mise en place des mouillages écologiques, la densité des gorgones a été multipliée par 2. Après deux suivis stables, l'année 2016 met en évidence une densité plus importante.

Tableau 4 : Comparaison multiple de la densité entre les différentes années de suivi (catégorie 2 et 3).

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var1 Test de Kruskal-Wallis : H (2, N= 96) =23,61234 p =,000			
Dépend. : Var2	A2010 R:32,550	A2012 R:44,317	A2016 R:65,278
A2010		0,305554	0,000006
A2012	0,305554		0,007007
A2016	0,000006	0,007007	

Depuis 2010, la composition du peuplement des gorgones blanches a évolué (Figure 20). Malgré un biais dans le protocole d'échantillonnage ayant sous-estimé le nombre de petites gorgones de 2005 à 2010, en 2016, la proportion des petites gorgones ne domine plus la population.

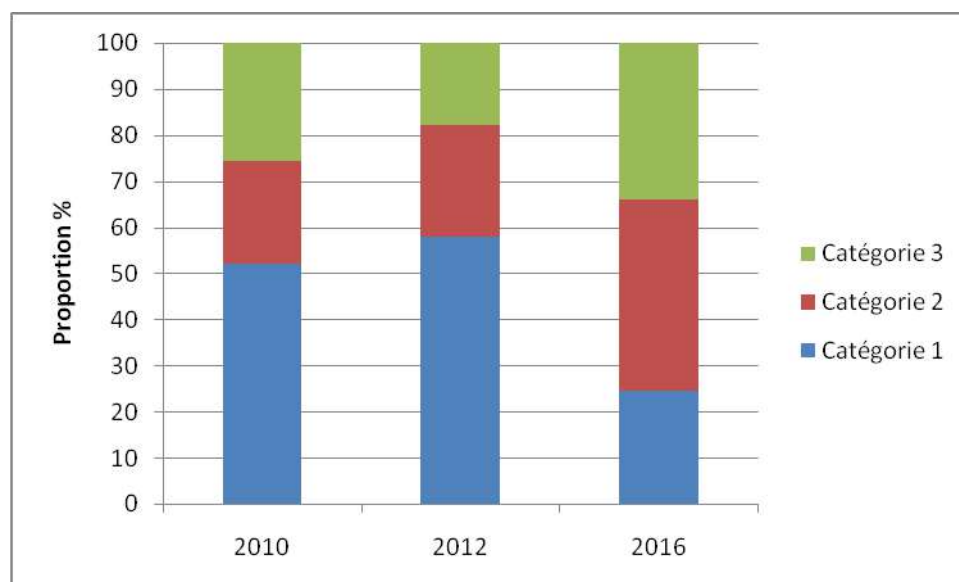


Figure 20 : Evolution de la proportion des gorgones blanches en fonction des classes de taille. Les données de 2016 figurent à titre indicatif étant donnée l'évolution du protocole de mesure.

3.3 Abondance et densité des gorgones orange

La gorgone orange est une espèce qui privilégie les milieux à fort hydrodynamisme et soumis à une certaine sédimentation (Vafidis, 2008). Dans la zone marine agathoise, la gorgone orange est relativement abondante, sa population y a été estimée à 5 millions de colonies (Guizien, 2015)

Le comptage des petites gorgones orange (catégorie 1) a été modifié cette année pour corriger la sous-estimation liée à la photo-interprétation (Cf 3.1 ; Figure 14). Aussi, lors de l'analyse du nombre de colonies au sein des deux zones d'étude, présentée ci-dessous, la catégorie 1 n'a été prise en compte (Figure 21).

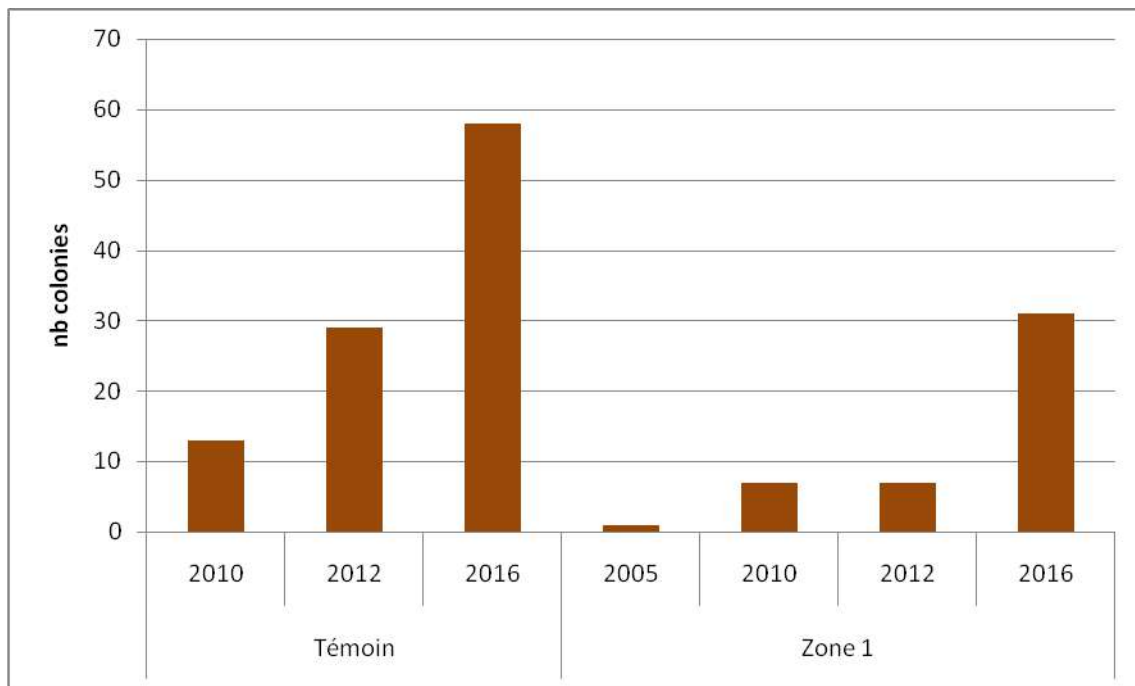


Figure 21 : Nombre de colonies de gorgones orange des catégories 2 et 3, lors des différentes années de suivi.

Depuis l'installation des mouillages écologiques, le nombre de gorgones orange ne cesse d'augmenter.

Le protocole de mesure pour les gorgones de la catégorie 1 ayant évolué en 2016, l'évolution de la densité dans le temps a été calculée à partir des données des gorgones de tailles moyennes et grandes (Figure 22 ; Tableau 5 ; Figure 23 ; Tableau 6).

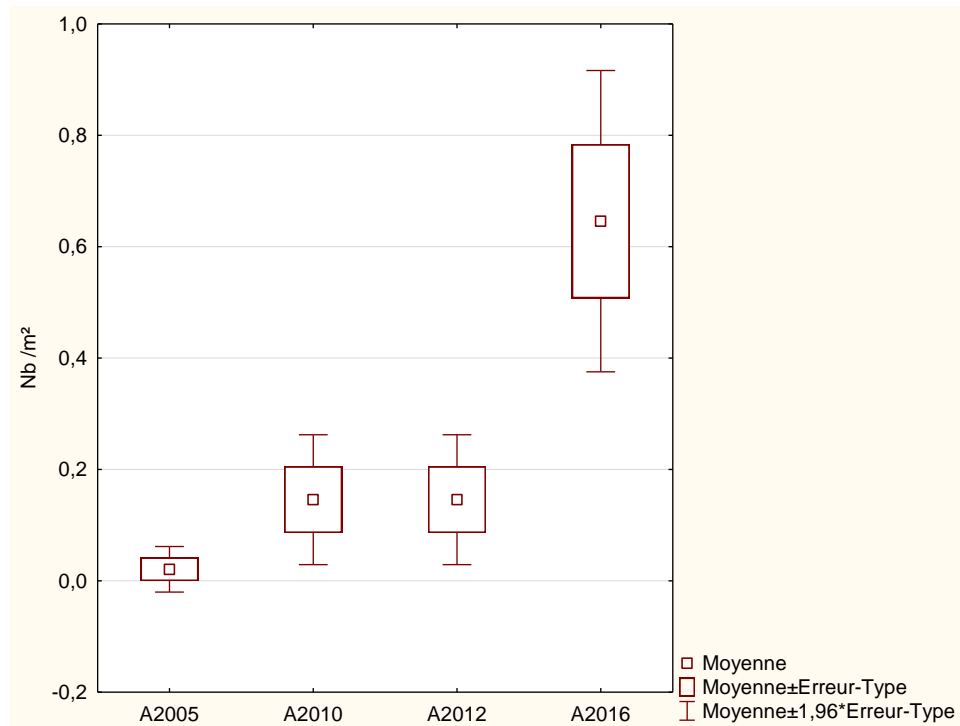


Figure 22 : Evolution de la densité des gorgones orange depuis 2005 en zone 1 (catégorie 2 et 3).

Depuis la mise en place des mouillages écologiques, le nombre et la densité des gorgones ont été multipliés par 31 en zone 1. La densité de gorgones en année 2016 est significativement différente des autres années.

Tableau 5 : Comparaison multiple de la densité des gorgones orange entre les différentes années de suivi en zone 1 (catégorie 2 et 3).

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : zone 1 Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 192) =25,86241 p =,000				
Dépend. : Var2	A2005 R:82,875	A2010 R:92,542	A2012 R:92,542	A2016 R:118,04
A2005		1,000000	1,000000	0,011601
A2010	1,000000		1,000000	0,147436
A2012	1,000000	1,000000		0,147436
A2016	0,011601	0,147436	0,147436	

En zone témoin, la densité a augmenté progressivement, chaque année étant similaire à la précédente (Figure 23 ; Tableau 6). Entre 2010 et 2016, la densité a été multipliée par 3,8.

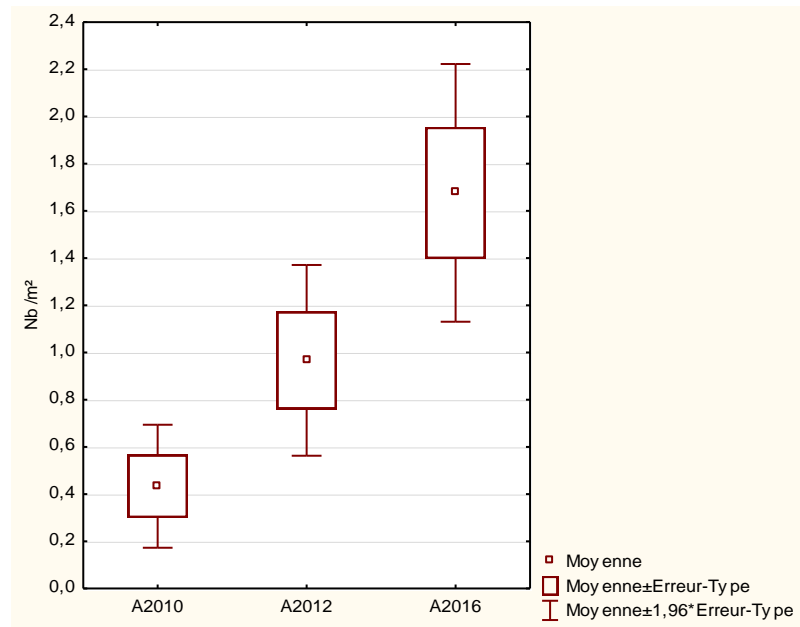


Figure 23 : Evolution de la densité des gorgones orange depuis 2005 en zone témoin (catégorie 2 et 3).

Tableau 6 : Comparaison multiple de la densité des gorgones orange entre les différentes années de suivi en zone témoin (catégorie 2 et 3).

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var5 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var4 Test de Kruskal-Wallis : $H(2, N=96) = 13,31271$ $p = ,001$			
Dépend. : Var5	A2010 R:35,617	A2012 R:48,483	A2016 R:59,250
A2010		0,220903	0,001798
A2012	0,220903		0,353824
A2016	0,001798	0,353824	

3.4 Nécroses

L'évolution du nombre de colonies nécrosées, en fonction de la catégorie de taille et dans les deux zones d'étude, est présentée ci-dessous (Figure 24 ; Figure 25):

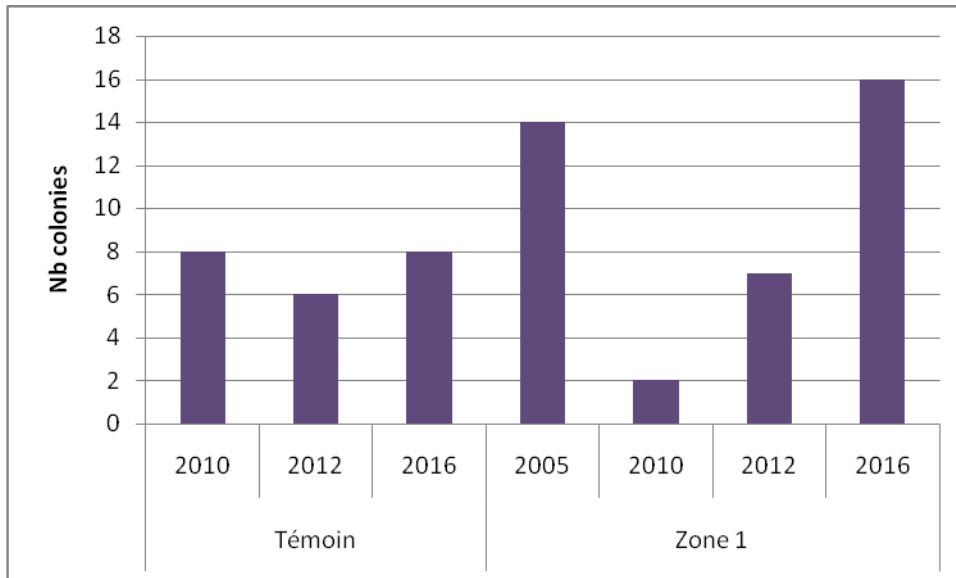


Figure 24 : Nombre de colonies de gorgones blanches nécrosées, dénombrées lors des différents suivis scientifiques.

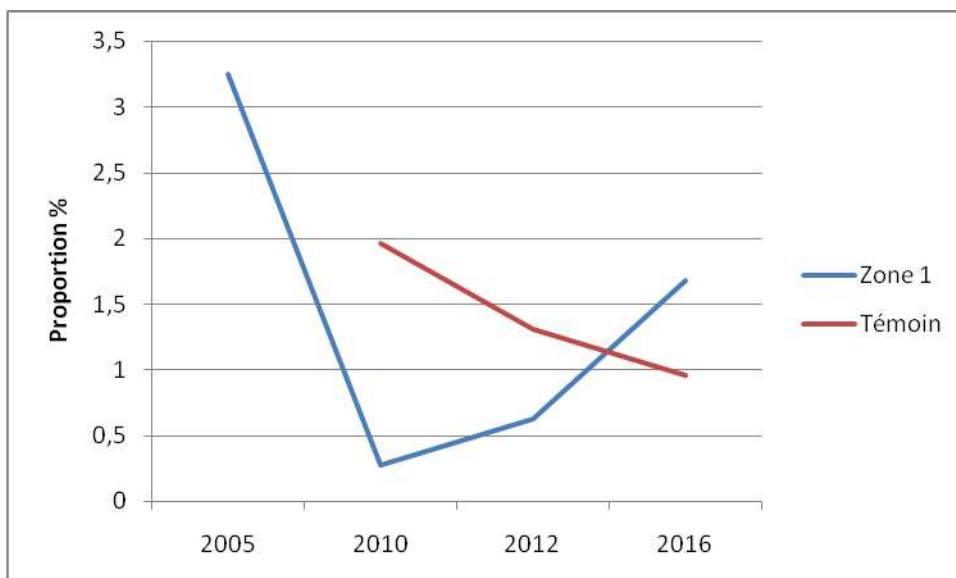


Figure 25: Evolution de la proportion de gorgones nécrosées dans le temps (catégories 2 et 3).

Suite à l'installation des mouillages écologiques, la proportion de gorgones nécrosées a nettement diminué dans la zone 1. En effet, les gorgones ont été moins « blessées » par l'action de l'ancrage. En 2016, la proportion de nécroses a augmenté. L'interdiction de mouiller dans ce secteur étant toujours bien respectée, cette évolution sera à suivre lors du prochain suivi.

La zone témoin, déjà moins impactée par l'ancrage avant l'installation des bouées, présente une diminution de la proportion de gorgones nécrosées.

3.5 Evolution de la répartition spatiale des colonies

3.5.1 Zone 1 - La gorgone blanche

3.5.1.1 Catégorie 1

Depuis 2010, la partie centrale du transect est moins colonisée par les petites colonies (Figure 26).

La densité de la portion de droite semble cependant se développer au cours des années.

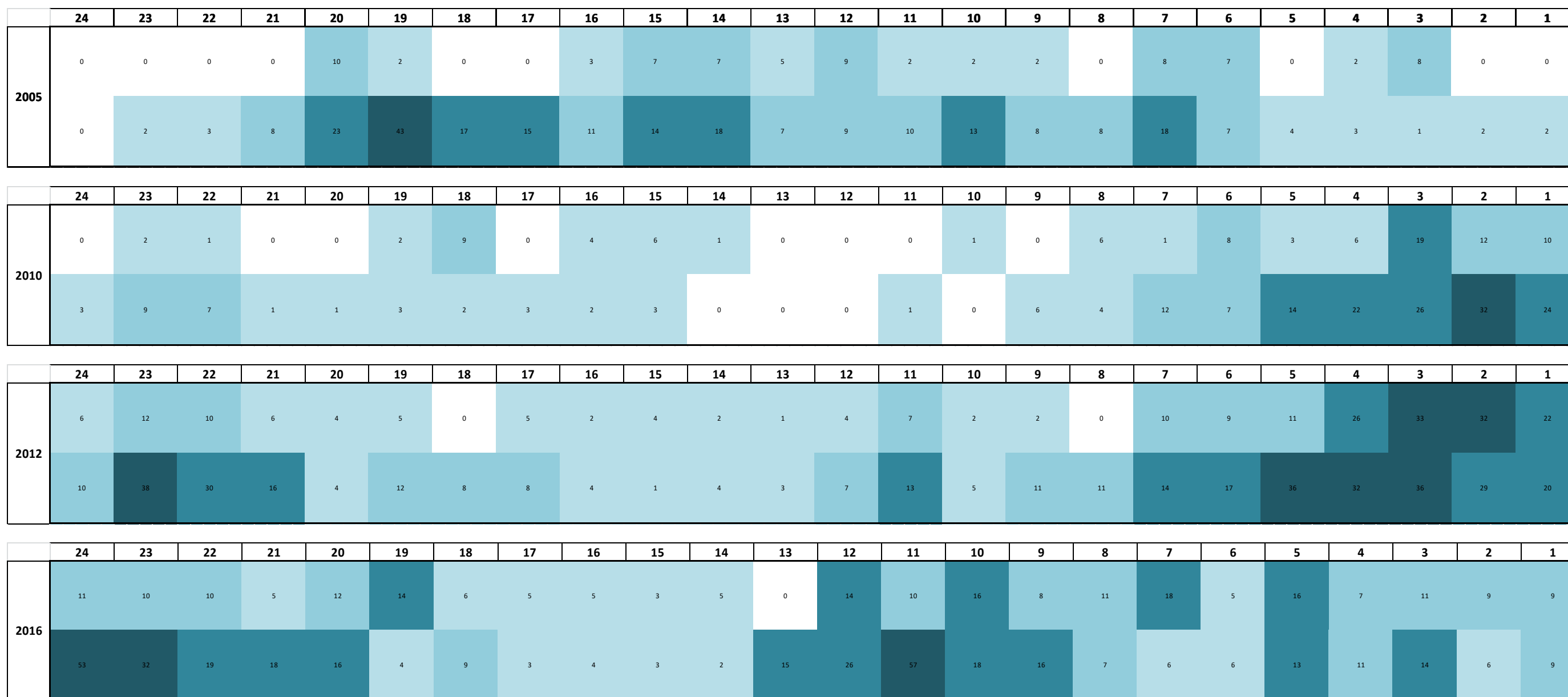


Figure 26 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu).

3.5.1.2 Catégorie 2

L'analyse spatio-temporelle montre que la partie droite du transect à commencer à se densifier à partir de 2010 (Figure 27). Alors que la portion de gauche se densifie à partir de 2016. Le centre du transect reste peu colonisé.

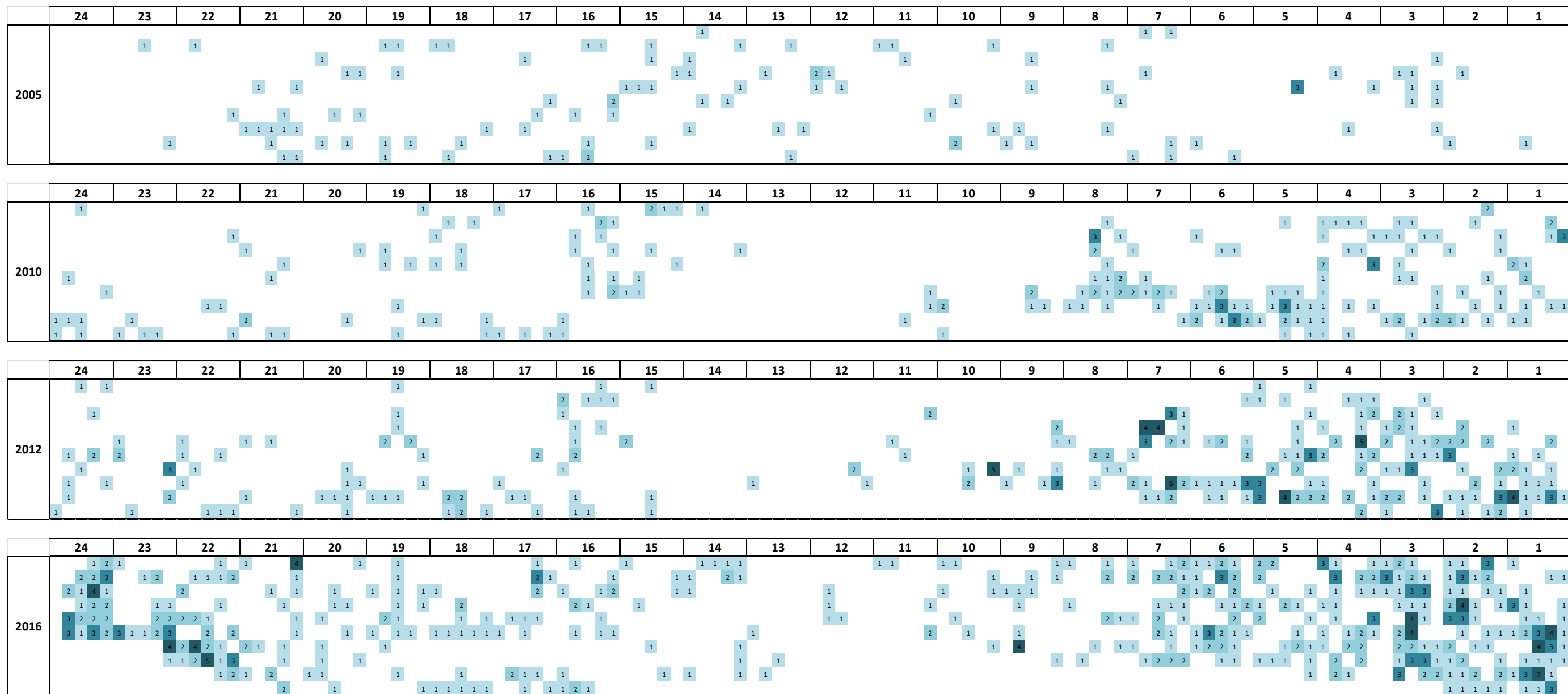


Figure 27: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu).

3.5.1.3 Catégorie 3

Comme avec les petites et moyennes gorgones, la partie droite du transect est la plus rapidement colonisée (Figure 28). La portion centrale est toujours la moins dense.

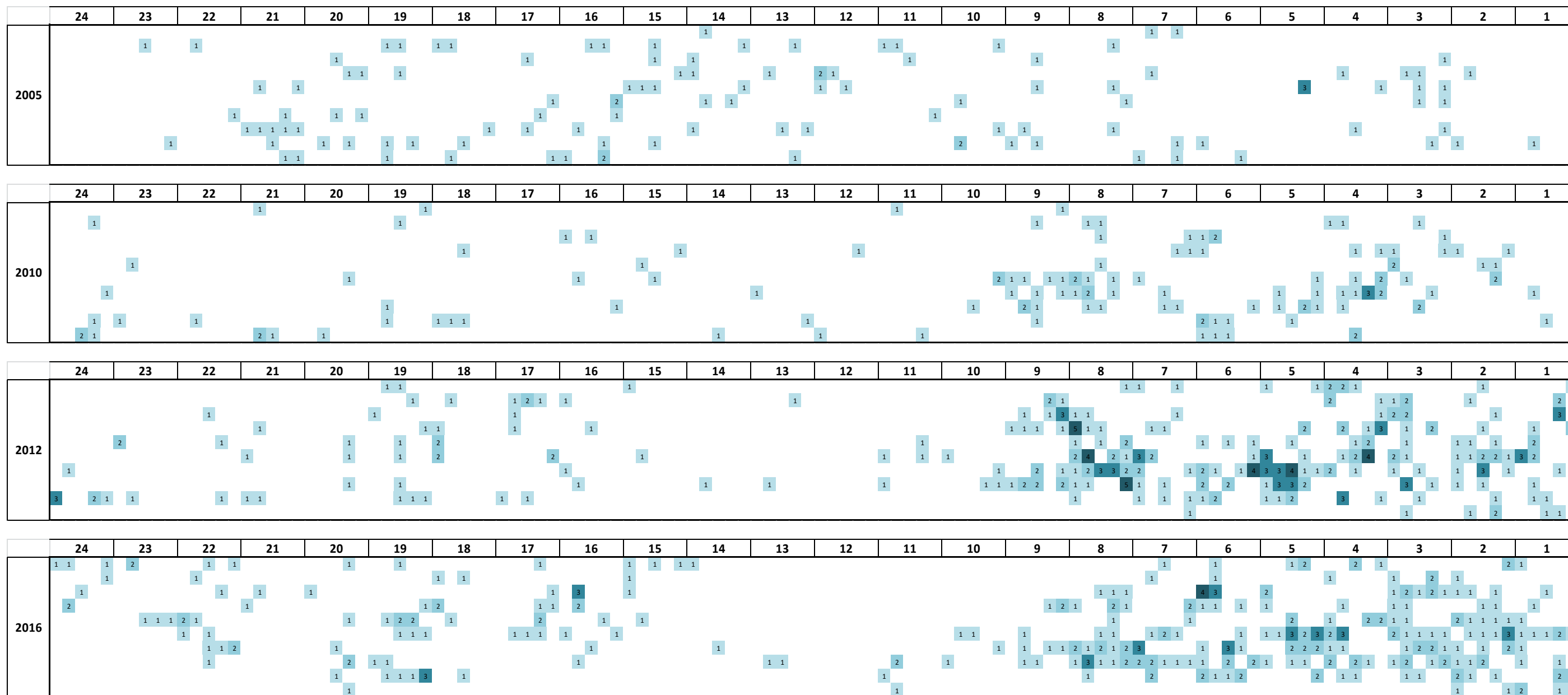


Figure 28: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu).

3.5.2 Zone 1 – La gorgone orange

3.5.2.1 Catégorie 1

L'évolution de la répartition spatiale met en évidence une forte augmentation de la densité des petites gorgones orange en 2016 (Figure 29). Même s'il est tout à fait possible que le recrutement ait augmenté au cours des années, il semble plus probable que cette différence importante soit due à la modification du protocole d'échantillonnage. En effet, il a été mis en évidence que la photo-interprétation sur les petites *L. sarmentosa* était très difficile et donnait un résultat fortement sous-estimé.

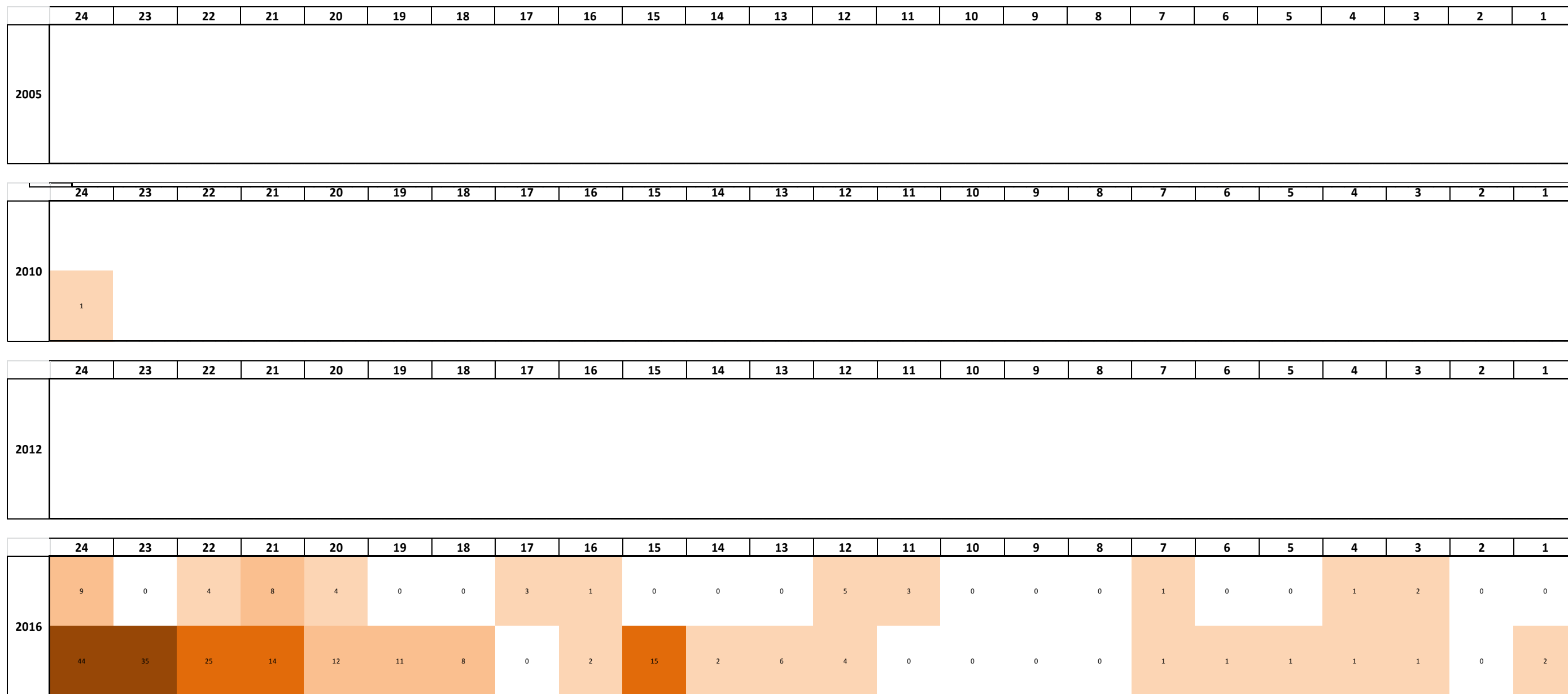


Figure 29 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange).

3.5.2.2 Catégorie 2

Le nombre de colonies de gorgones orange a augmenté au cours des années, dans la partie gauche du transect.

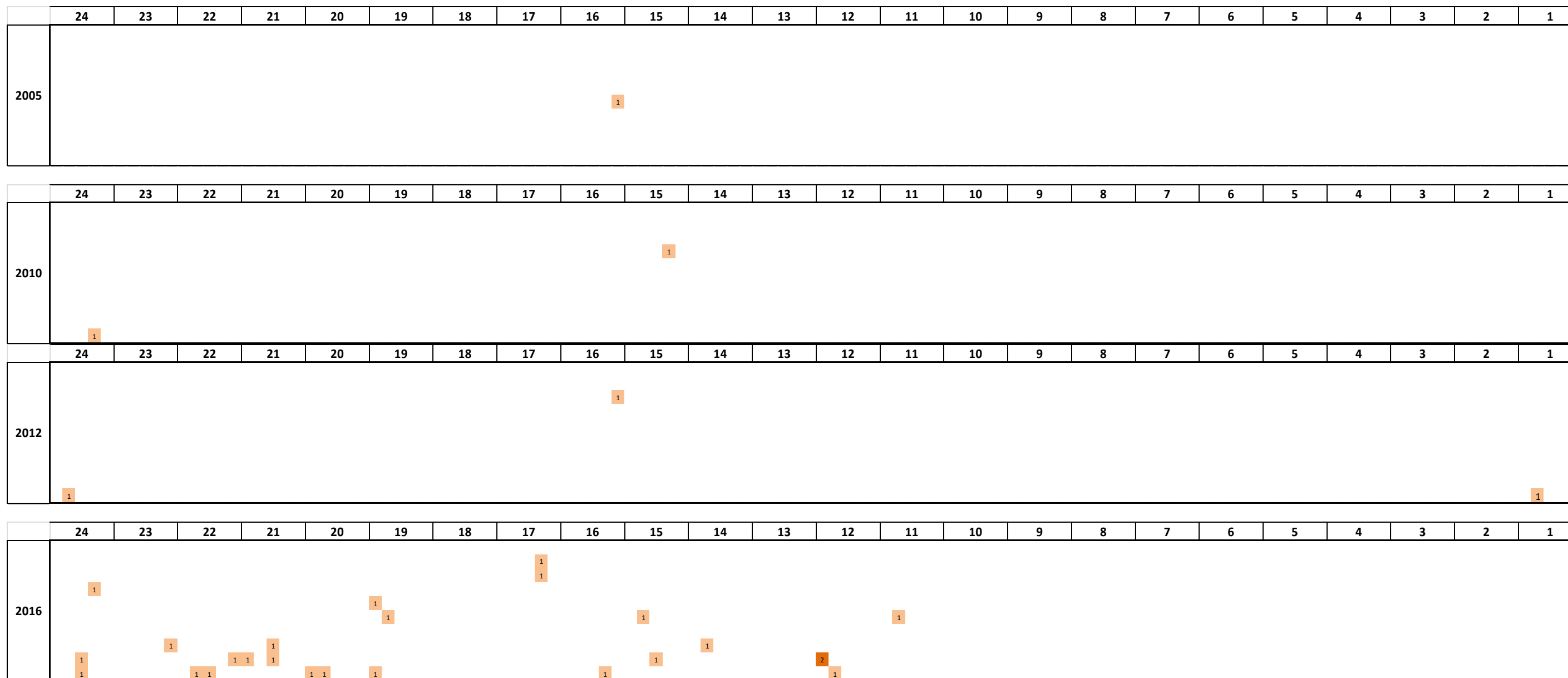


Figure 30 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange).

3.5.2.3 Catégorie 3

Le nombre de grandes gorgones est faible dans la zone 1. Elles sont principalement localisées dans la portion droite du transect.

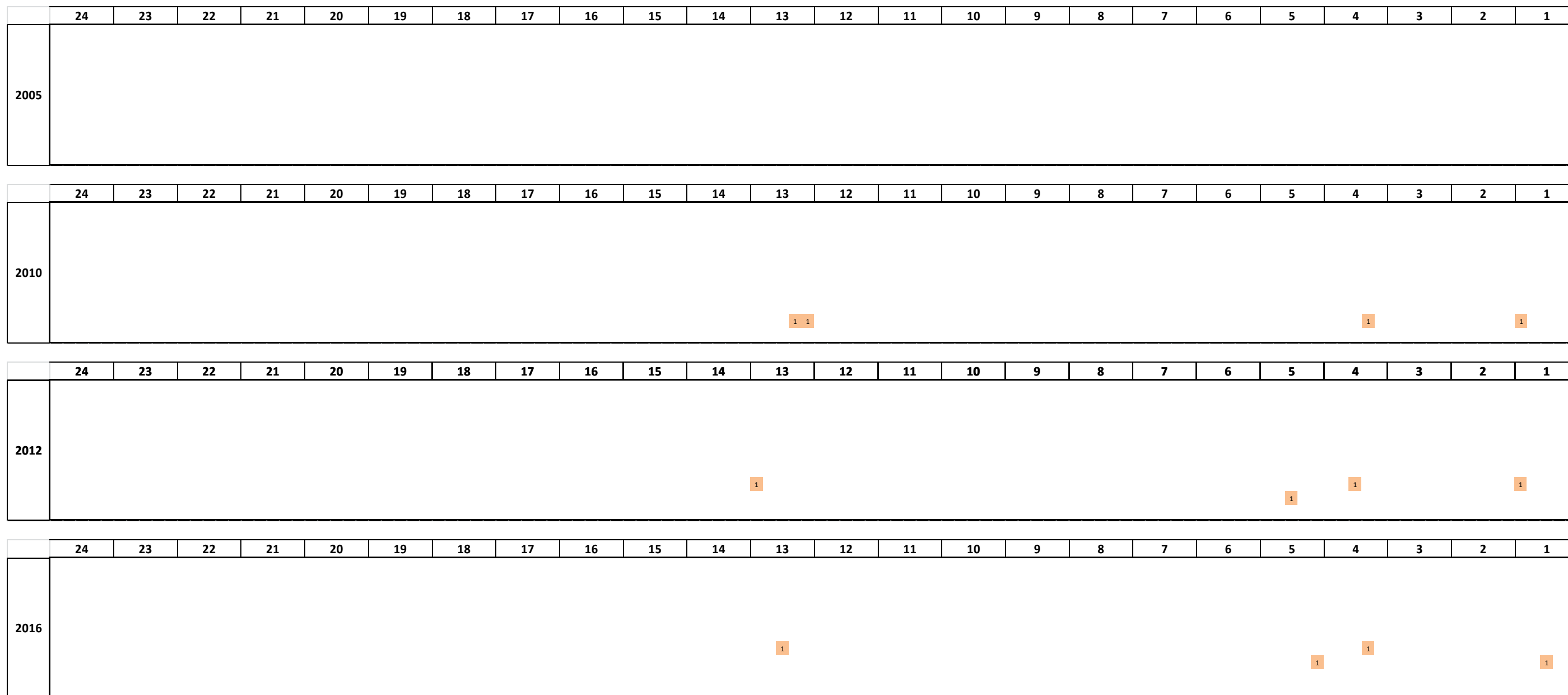


Figure 31: Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone 1, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange).

3.5.3 Zone 1- Représentation 3D de la répartition des gorgones

Ci-dessous, la représentation 3D de la zone d'étude met en évidence l'augmentation de la densité en gorgones blanches et orange, depuis l'installation des mouillages écologiques.

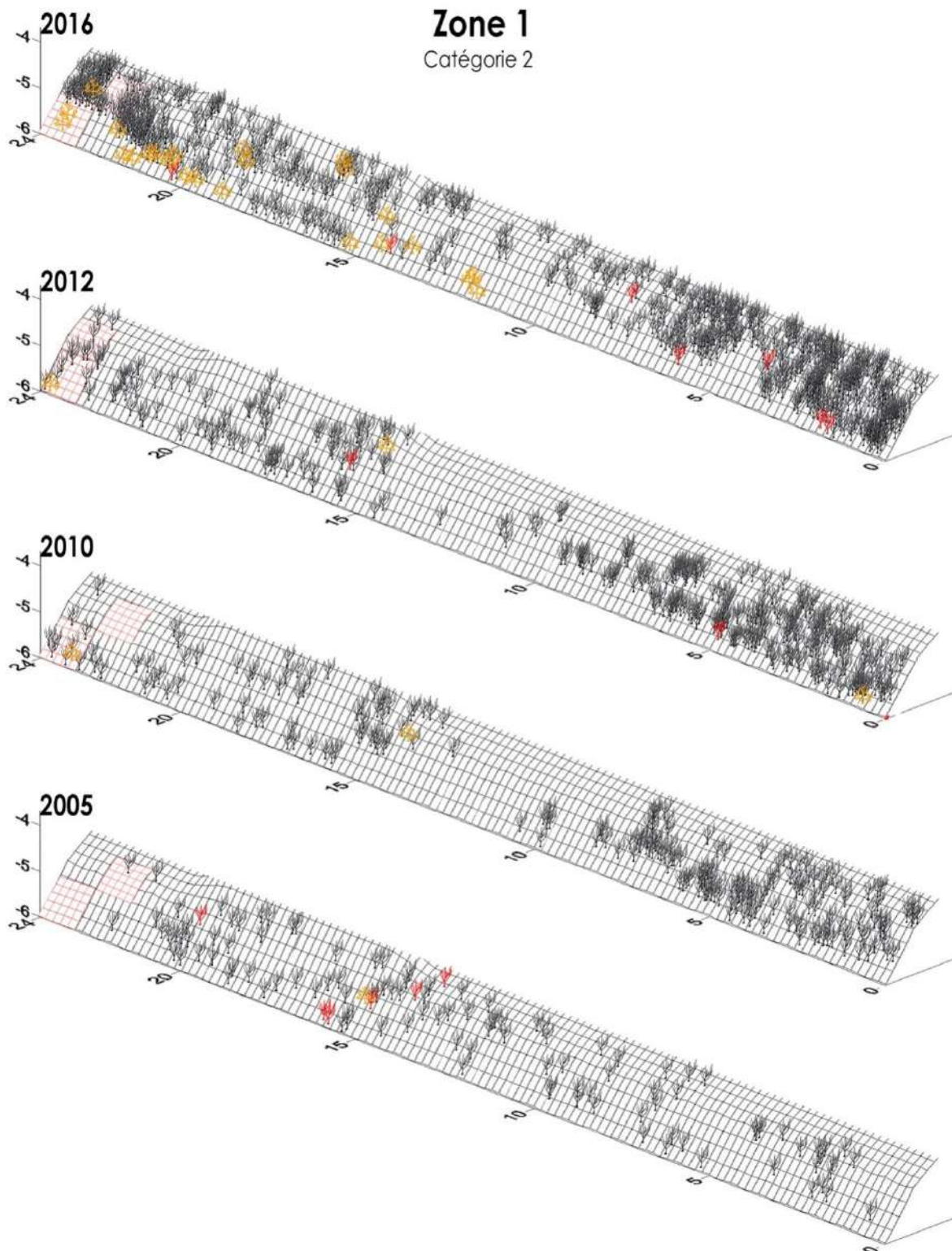


Figure 32: Représentation 3D de la répartition des gorgones blanches et orange de catégorie 2 dans la zone d'étude, depuis 2005.

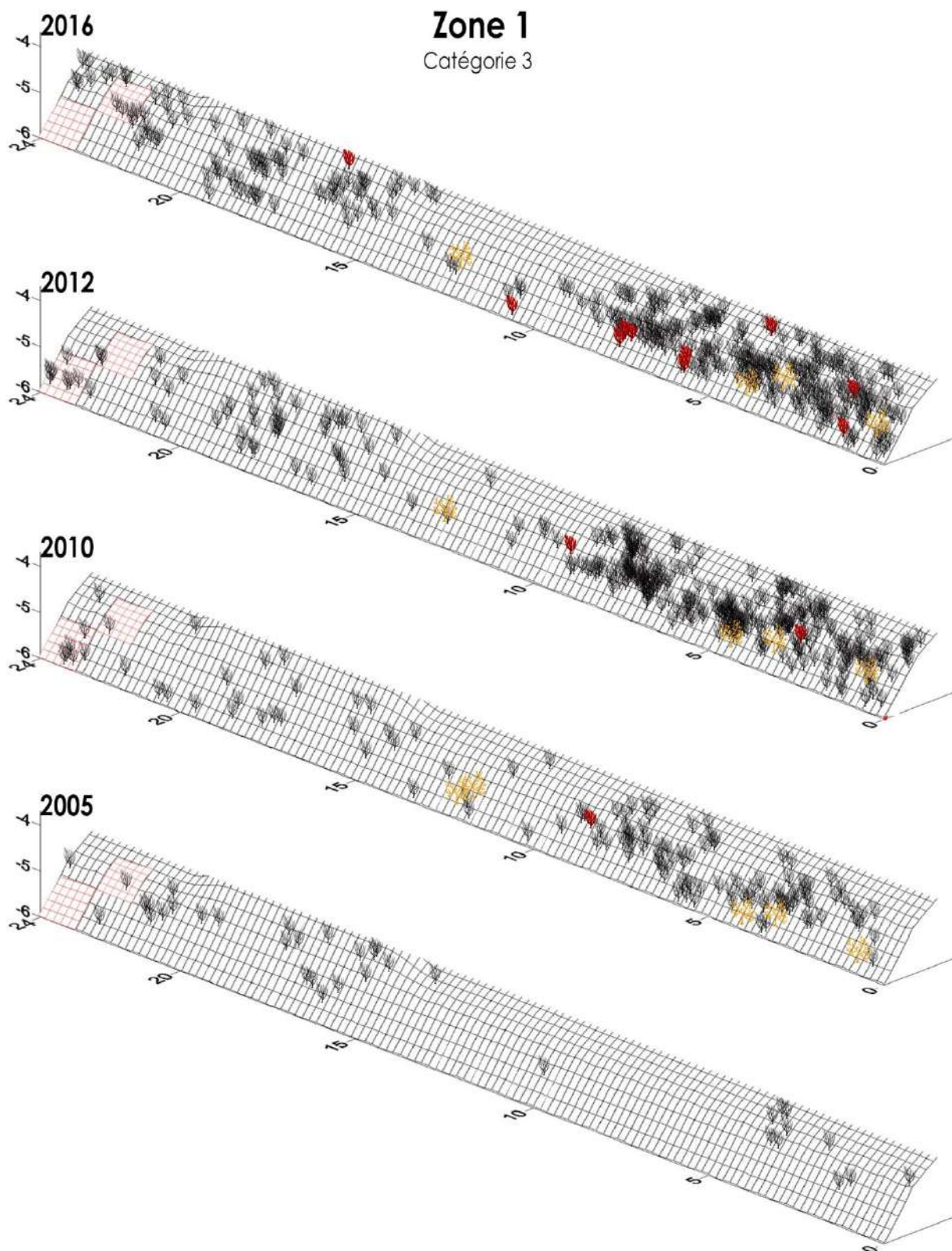


Figure 33 : Représentation 3D de la répartition des gorgones blanches et orange de catégorie 3 dans la zone d'étude, depuis 2005.

3.5.4 Zone témoin – La gorgone blanche

3.5.4.1 Catégorie 1

Lors des deux premières années, la densité était plus importante dans la portion droite du transect (Figure 34). En 2016, elle semble plus homogène dans le secteur d'étude.

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016

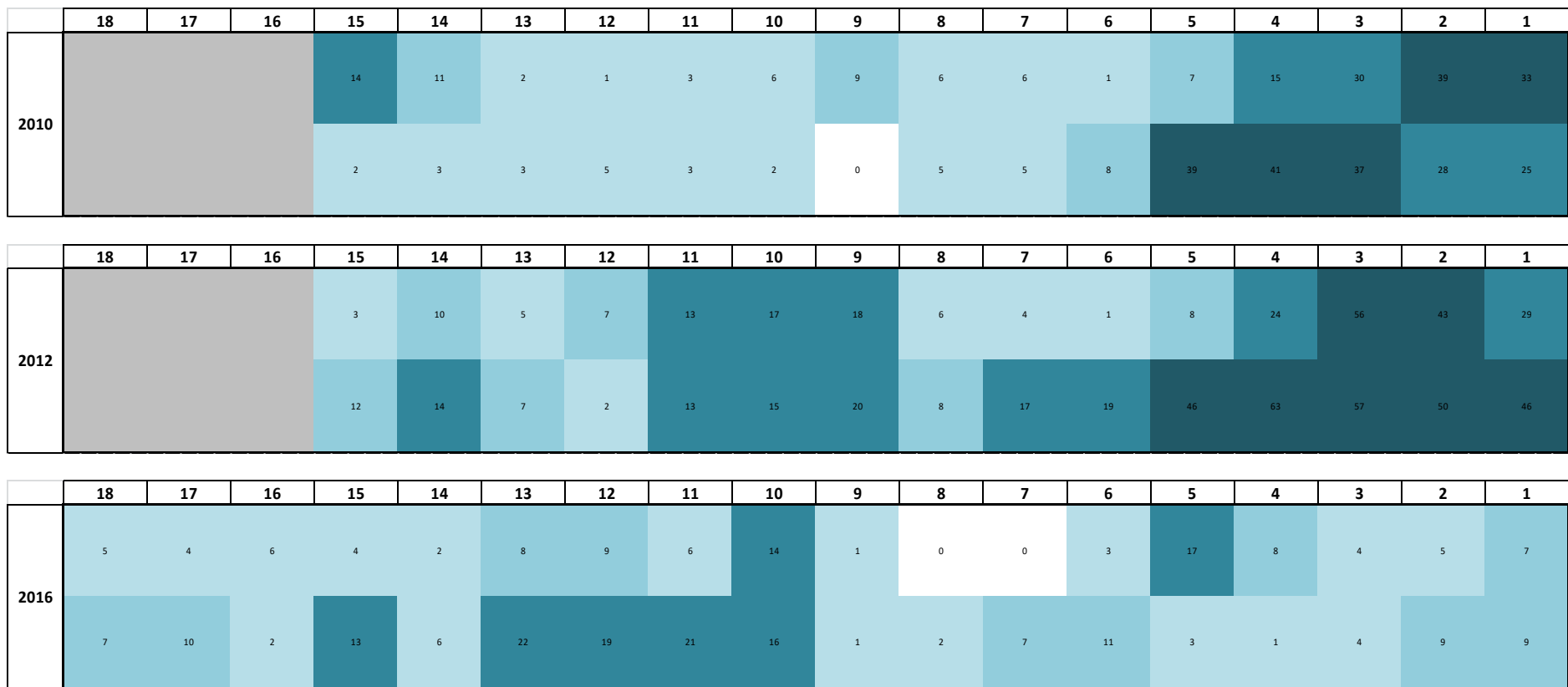


Figure 34 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu / Gris : absence de mesure).

3.5.4.2 Catégorie 2

Les gorgones de taille moyenne sont présentes sur l'ensemble du transect depuis 2010 (Figure 35). En 2016, la portion de droite s'est un peu plus densifiée.

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016

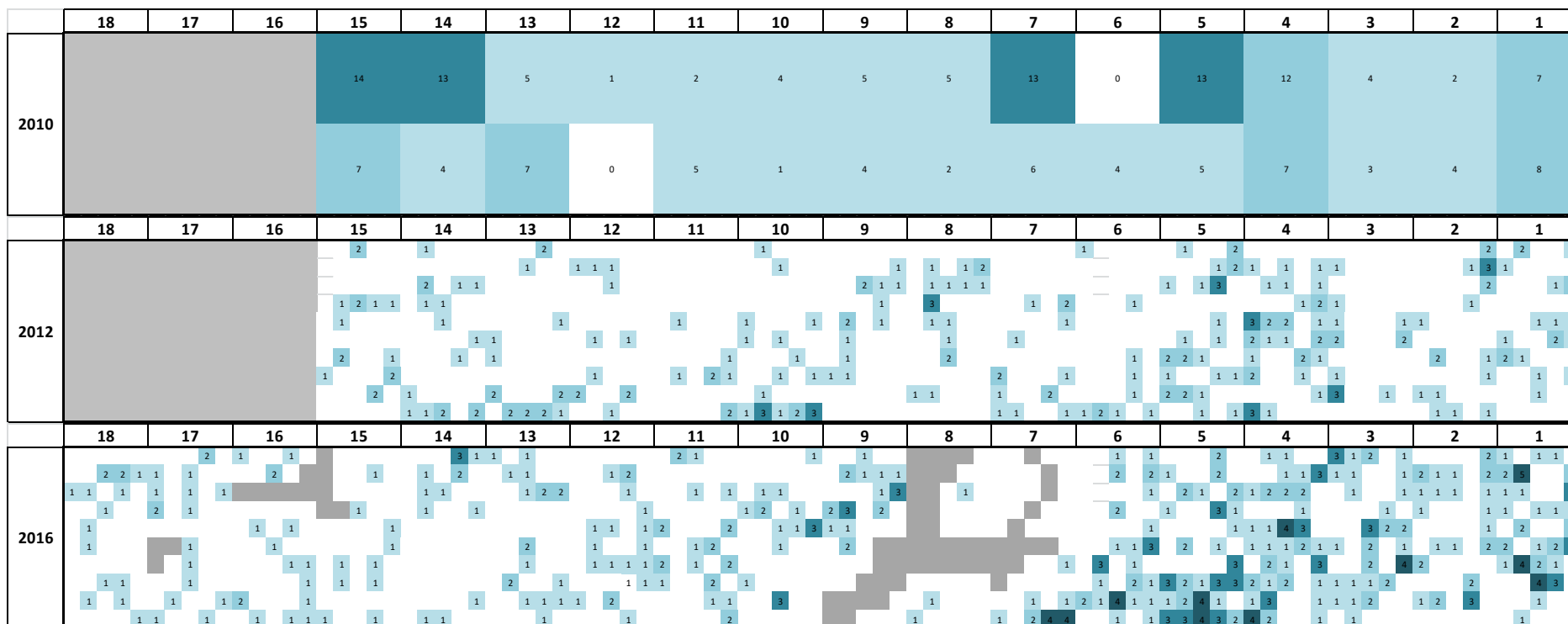


Figure 35: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).

3.5.4.3 Catégorie 3

La répartition des grandes gorgones est relativement homogène le long du transect et ce depuis 2010 (Figure 36).

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016

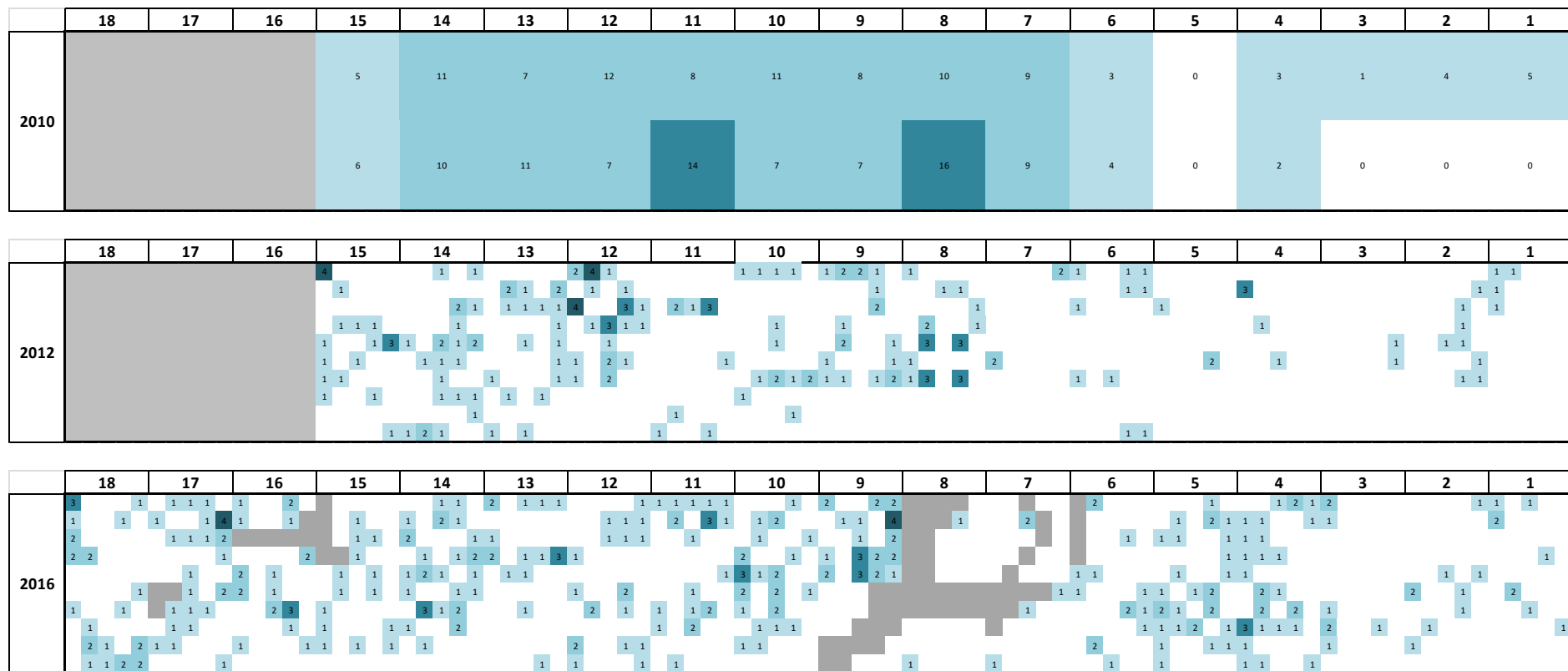


Figure 36 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du bleu / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).

3.5.5 Zone témoin – La gorgone orange

3.5.5.1 Catégorie 1

La densité en gorgones orange a augmenté depuis 2010, surtout dans la portion de droite du transect (Figure 37).

Même s'il est tout à fait possible que le recrutement ait augmenté au cours des années, il semble plus probable que cette différence importante soit due à la modification du protocole d'échantillonnage. En effet, il a été mis en évidence que la photo-interprétation sur les petites *L. sarmentosa* était très difficile et donnait un résultat fortement sous-estimé.

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016

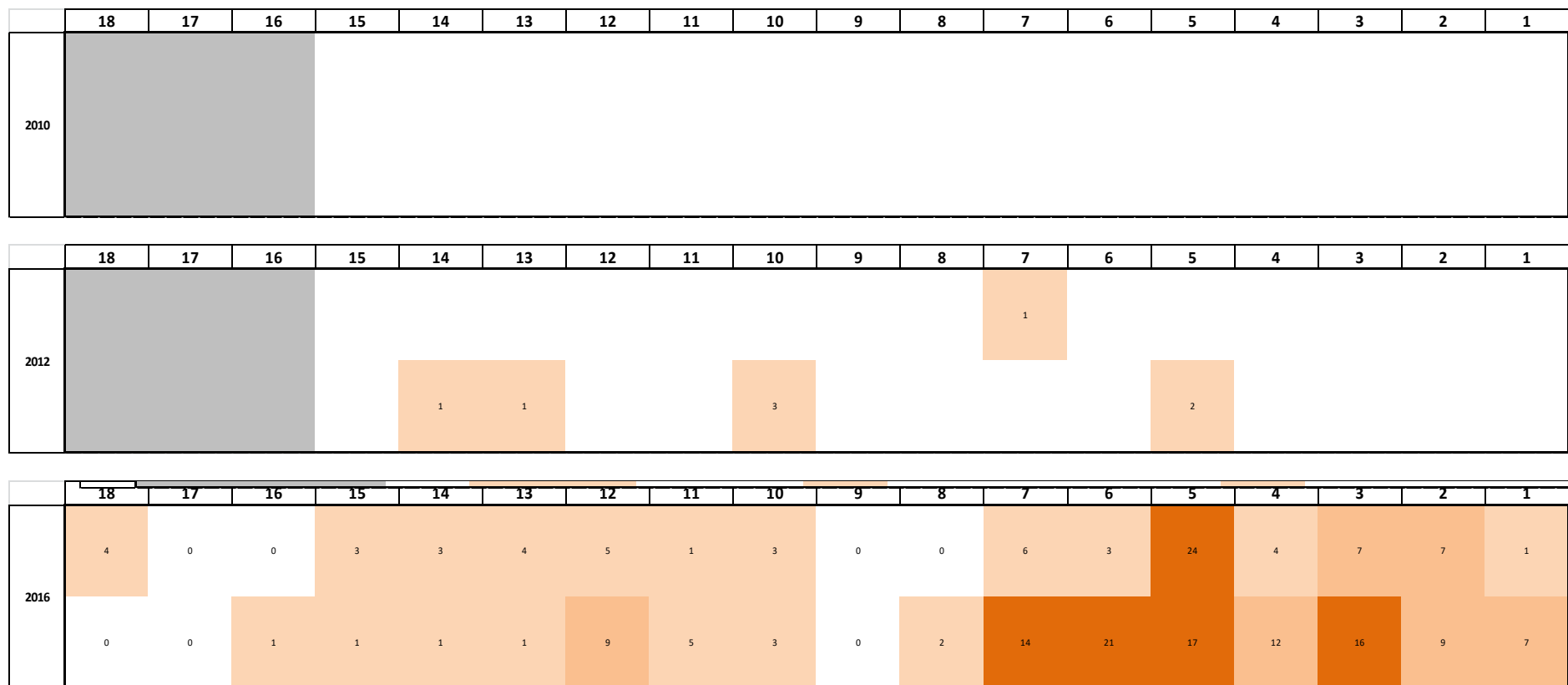


Figure 37 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 1 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange / Gris : absence de mesure).

3.5.5.2 Catégorie 2

La densité des gorgones orange moyennes a augmenté au cours des suivis. La recolonisation semble avoir débuté à partir de la droite de la zone d'étude (Figure 38).

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016

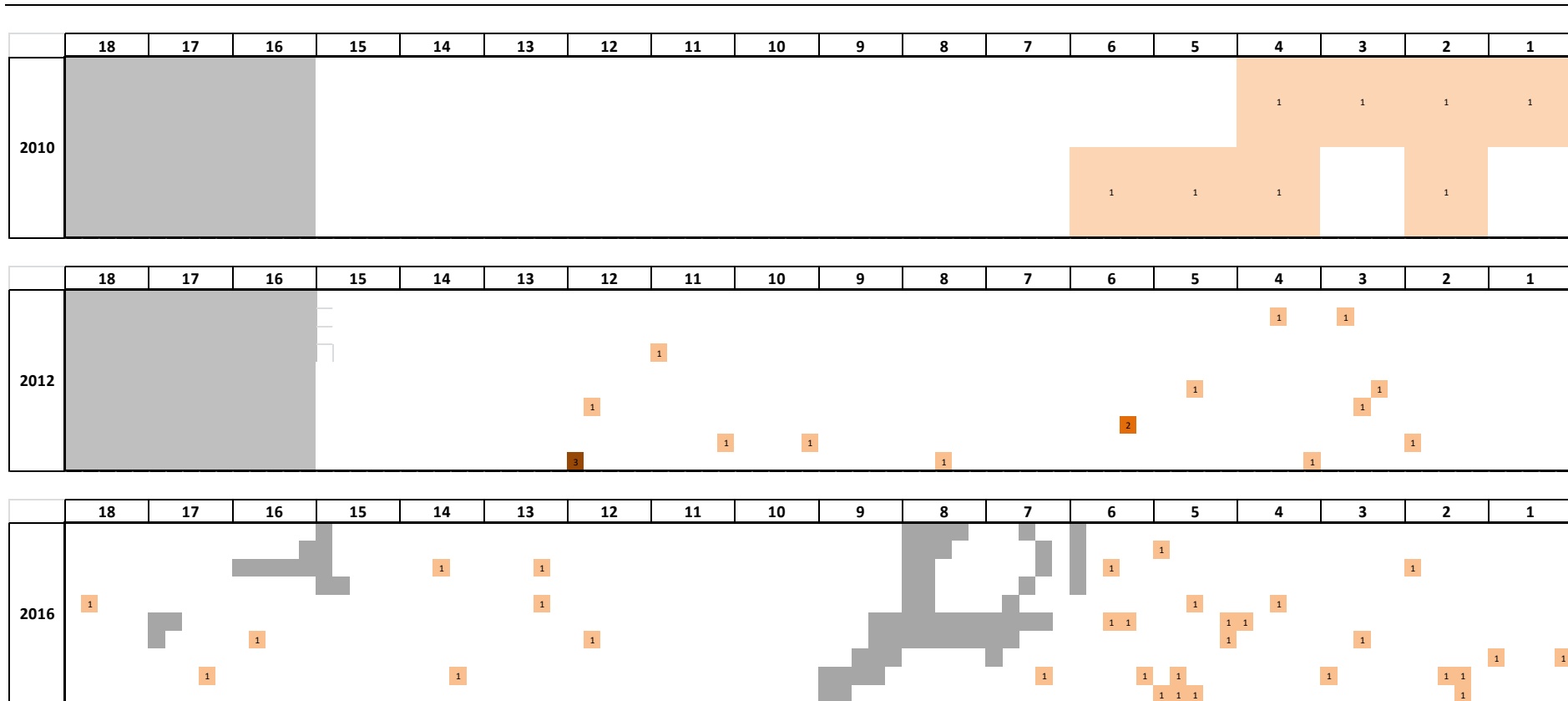


Figure 38 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 2 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).

3.5.5.3 Catégorie 3

La densité des grandes gorgones orange a augmenté au cours des suivis (Figure 39). En 2016, leur implantation est globalement plus importante dans la portion droite du transect.

Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques sur le site de plongée des Tables, 2016

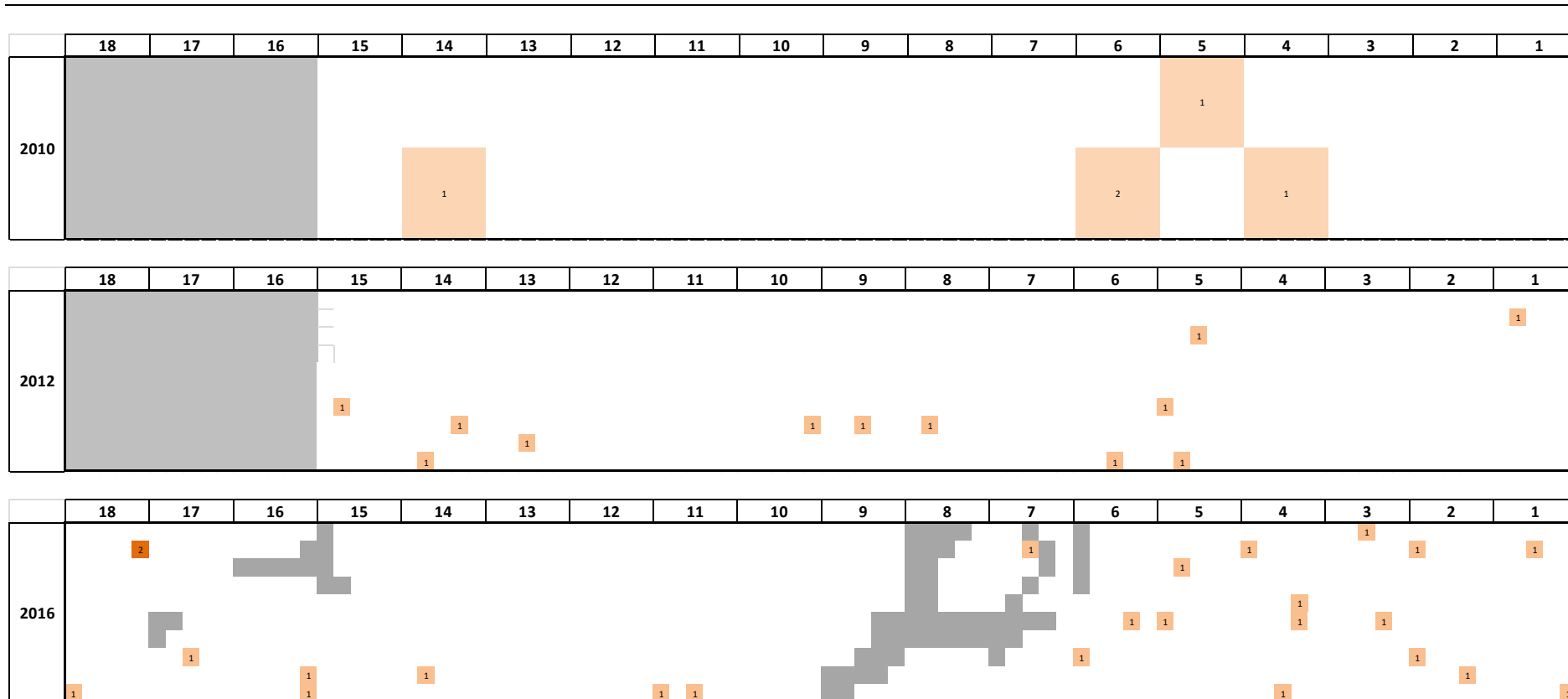


Figure 39 : Répartition spatiale des colonies de gorgones orange le long du transect permanent en zone témoin, pour la catégorie 3 (Blanc : absence de gorgones / Augmentation de la densité en colonies avec l'assombrissement du orange / Gris : absence de mesure ou faille importante dans la roche).

4 Discussion

Après 11 années d'utilisation des mouillages écologiques sur le site des Tables, les données récoltées permettent de mesurer les effets notables de ces installations.

Cette étude fait suite à :

- Un état initial réalisé en 2005, ayant permis d'établir la répartition globale des peuplements de gorgones blanches juste avant l'installation des mouillages écologiques (Blouet *et al.*, 2005) ;
- Deux retours sur site réalisés en 2010 et 2012, au cours desquels les premiers effets bénéfiques de l'installation des ancres écologiques ont pu être démontrés (Blouet *et al.*, 2011 ; Foulquié *et al.*, 2012).

4.1 Zone 1

Dans la zone d'étude, une abondance totale de 1 482 colonies d'*Eunicella singularis* a été observée, pour une densité moyenne de 31 colonies/m².

Depuis la mise en place des ancres écologiques, **la densité à augmenter progressivement. En 2016, elle a été multipliée par 6 par rapport à 2005.**

Le classement en trois catégories de taille a permis de mettre en évidence une proportion plus importante de petites et moyennes colonies, comme cela avait déjà été observé lors des précédents suivis.

La vitesse de croissance de cette espèce a été estimée entre 1,45 à 4,5cm/an par différents travaux (Weinberg, 1975 et 1978). Weinberg et Weinberg (1979) ont montré que l'émission des larves se faisait entre juin et juillet. Il est donc possible d'en déduire que les jeunes colonies observées en 2016 correspondent à des recrutements ayant eu lieu entre l'été 2014 et l'été 2015.

En zone 1, le suivi met en évidence une répartition spatiale marquée. En effet, même si le nombre de gorgones a augmenté, la zone la plus dense est toujours au début du transect (portion de droite), alors que son centre reste peu colonisé.

Dès le début, les mouillages écologiques ont été bien utilisés par les centres et clubs de plongée, et même par les plaisanciers de passage. Cependant, l'ancre était encore pratiquée occasionnellement. Depuis la mise en place de la ZMEL en 2014, avec l'interdiction réglementaire d'ancre, l'impact mécanique de l'ancre peut être considéré comme « nul » durant la période estivale.

Ainsi, cette hétérogénéité dans la recolonisation semble être due à des facteurs naturels comme la morphologie des fonds ou les phénomènes hydro-sédimentaires spécifiques à ce secteur. En effet, le site des Tables peut être exposé à de forts courants et à des mouvements sédimentaires importants, notamment lors de tempêtes provenant du Sud-Est.

Suite à l'installation des mouillages écologiques, la proportion de gorgones nécrosées à nettement diminué dans la zone 1 dès 2010. En effet, les gorgones ont été moins « blessées » par l'action de l'ancre. En 2016, la proportion de nécroses a légèrement augmenté. Étant donné que l'interdiction d'ancre dans la ZMEL est bien respectée (Chéré *et al.*, 2016), cette augmentation ne semble pas être due à la pression de l'ancre. Lors des prochains suivis, une attention particulière sera apportée à cette évolution.

4.2 Zone témoin

Depuis 2010, le suivi de la zone témoin permet d'observer la dynamique naturelle des populations de gorgones blanches situées en dehors de la zone historiquement fortement impactée par l'ancrage.

Lors de ce suivi, une abondance totale de 1 102 colonies d'*Eunicella singularis* a été observée, pour une densité moyenne de 30,6 colonies/m².

Depuis la mise en place des ancres écologiques, **la densité à augmenter progressivement. En 2016, elle a été multipliée par 2 par rapport à 2010.**

Depuis le premier suivi, avec l'augmentation de la densité, la répartition des gorgones le long du transect est restée homogène, preuve de l'absence d'un impact mécanique lié à l'ancrage.

Parallèlement, la proportion de gorgones nécrosées diminue dans la zone témoin, moins impactée par l'ancrage avant l'installation des bouées.

Ces indicateurs semblent montrer que la zone témoin évolue comme une zone pas ou très peu impactée, et présente des conditions favorables à l'établissement d'une population saine.

4.3 *Leptogorgia sarmentosa*

Espèce indicatrice des milieux turbides (Francour et Sartoretto, 1993), *Leptogorgia sarmentosa* est relativement abondante dans la zone marine agathoise, notamment sur le Roc de Brescou où des individus de très grande taille sont régulièrement observés, parfois en forte densité. En 2015, sa population y a été estimée à 5 millions de colonies (Guizien, 2015).

En 1996, Dupuy de la Grandrive et Foulquié n'avaient observé qu'un seul individu sur l'ensemble de la zone des Grandes Tables, où se situe la zone 1.

En 2005, 1 seule colonie avait été dénombrée sur la zone 1. Après 11 années, c'est 31 colonies de moyenne et grande taille qui ont été observées.

Cette augmentation a aussi été mise en évidence dans la zone témoin, avec 13 colonies en 2010 et 58 en 2016, soit 4,5 fois plus.

Ces résultats semblent montrer le succès du recrutement de cette espèce. Ils semblent également indiquer que les conditions naturelles sont propices à son installation.

4.4 Synthèse

Depuis la mise en place des 8 mouillages écologiques des Tables en 2005, complétés par une interdiction de l'ancrage dans le cadre de la ZMEL depuis 2014, la densité en gorgones blanches et orange a nettement augmentée. **Ces résultats sont la preuve de l'efficacité de ces systèmes dans la gestion des habitats.**

En l'espace de 11 ans, la densité en gorgones blanches de la zone 1, initialement impactée par l'ancrage, a fortement augmenté jusqu'à devenir similaire à celle de la zone témoin.

Cette augmentation s'observe nettement sur les grandes colonies, naturellement les plus sensibles aux contraintes et aux dégradations mécaniques. En effet, leur nombre a été

multiplié par 9 pour les gorgones blanches de la zone 1, avec 36 colonies en 2005 contre 328 en 2016.

Avec une densité moyenne globale (toutes tailles confondues) de 31 colonies/m² et un maximum de 68 colonies/m², les densités en gorgones blanches du site des Tables sont comparables, voir supérieures, à celles d'autres Aires Marines Protégées de Méditerranée Nord-occidentale. En 2010, Gori *et al.* observaient des densités maximales de 37 colonies /m² dans le Parc Naturel du Cap Creus (Catalogne), alors qu'aux Iles Mèdes, Linares *et al.* (2008) ont mesuré une densité maximale de 41 colonies/m². En 2011, sur certains sites de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls peu fréquentés par les plongeurs, la densité moyenne d'*Eunicella singularis* était de 17,98 colonies /m² (Dalias *et al.*, 2011).

Cependant, les densités observées sur le site des Tables, n'atteignent pas (pour l'instant) les densités records de 84 colonies/m² citées par Weinberg (1991).

La préservation de la population de gorgones blanches dans l'Aire Marine Protégée agathoise par des mesures de gestion comme l'installation d'ancrages écologiques est importante. En effet, une étude récente sur la connectivité entre les zones rocheuses du Golfe du Lion à mis en avant, pour la gorgone blanche, le rôle de source démographique des secteurs d'Agde et des Aresquiers (Guizien, 2015). Cet ensemble contribue grandement aux populations de l'ouest (Côte Vermeille), et pour une moindre mesure à celles de l'est du Golfe du Lion (Côte Bleue). Ainsi, la préservation des populations d'*Eunicella singularis* d'Agde et des Aresquiers, est importante pour la persistance de la métapopulation à l'échelle du Golfe du Lion (Guizien, 2015).

4.5 Proposition méthodologique

Ce suivi a été l'occasion de remettre en question la méthodologie utilisée. Ont ainsi été comparées deux techniques de comptage pour les gorgones de la catégorie 1, à savoir celles inférieures à 5 cm.

Il semble évident que des données issues d'un comptage direct sont plus proches de la vérité que celles issues d'une photo-interprétation. En effet, la qualité de l'analyse photographique dépend de nombreux paramètres comme la turbidité de l'eau, le matériel utilisé et l'expérience du photographe. Mais elle est aussi rendue difficile par la petite taille des gorgones de cette catégorie, même avec un post-traitement sur des photographies hautes définitions, notamment pour les petites gorgones orange qui sont plus fines et dont la couleur se rapproche parfois de celle du substrat. La densité en grandes gorgones est aussi un paramètre pouvant biaiser le comptage, les petites gorgones pouvant être cachées par les plus grandes.

Cependant, la photo-interprétation permet de rentabiliser au mieux le temps passé sur le terrain en plongée. La réalisation d'un comptage direct pour les trois classes de taille nécessiterait un temps sur le terrain en plongée important, il convient donc de trouver le bon compromis entre ces deux techniques de mesure.

Lors de ce suivi, pour la catégorie 1, le comptage direct a permis de dénombrer 48,7% de gorgones blanche et 74,8% de gorgones orange en plus, par rapport au comptage par photo-interprétation. Ainsi, pour cette catégorie de taille, le comptage direct est le plus efficace et sera utilisé lors des suivis à venir. Pour les 2 autres catégories, le dénombrement par photo-interprétation sera conservé.

5 Bibliographie

Ballesteros E. 2006. Mediterranean coralligenous assemblages : a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology*, 44 : 123-195.

Bavestrello G., Cerrano C., Zanzi D. & Cattaneo-Vietti R., 1998. Damage by fishing activities to the gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conservation*, Volume 7, Issue 3 : 253-262.

Bellan-Santini D., Lacaze J.C. & Poizat C., 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Museum National d'Histoire Naturelle de Paris publ., Paris : 246 PP.

Bianchi C. N. & Morri C., 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (5) : 367-376.

Bianconi C.H., Rivoire G., Stiller A. et Boudouresque C.F., 1988. Le corail rouge *Corallium rubrum* (Lamarck) dans la Réserve naturelle de Scandola (Corse). *Trav .sci. Parc nat. rég. Rés .nat Corse* 16 : 80 PP.

Blouet S., Foulquie M. et Dupuy De La Grandrive R., 2005. Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques Harmony, sur le site de plongée des Tables. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. ADENA publ. Fr. : 42 PP.

Blouet S., Chéré E., Dupuy de la Grandrive R. et Foulquié M., 2011. Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques Harmony, sur le site de plongée des Tables. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. ADENA publ. Fr. : 52PP.

Bonhomme P., Dalias N., Lenfant P. et Cadiou G., 2006. Mise en place d'un protocole de suivi de la zone de mouillages organisée du Cap l'Abeille dans la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Fr. : 1- 50.

Chéré E., Blouet S., Dupuy de la Grandrive R., Bouvelle E et Lange M., 2016. Bilan de la Zone de Mouillages et d'Equipements Légers de Brescou & Les Tables, saison 2016 - Aire Marine Protégée de la côte agathoise - Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414 – Ville d'Agde. Fr. : 35 PP.

Coma R., Ribes M., Gili J.M. & Zabala M., 1998a. An energetic approach to the study of lifehistory traits of two modular colonial benthic invertebrates. *Marine Ecology Progress Series*, 162: 89-103.

Coma R., Ribes M., Zabala M. & Gili J.M., 1998b. Growth in a modular colonial marine invertebrate. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 47: 459-470.

Dalias N., Astruch P., Ruitton S., Donato M., Lerouvreur F., Bonhomme D. et Crech'riou R., 2008. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls – Année 2007. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales & OCEANIDE - GIS Posidonie. OCEANIDE - GIS Posidonie publ. Fr. :76 PP.

Dalias N., Astruch P., Antonioli P.A. et Foulquié M., 2010. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls – Année 2009. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales & OCEANIDE - GIS Posidonie. OCEANIDE - GIS Posidonie publ. Fr. : 104 PP.

Dalias N., Astruch P., Antonioli P.A., Foulquié M. et Tessier A., 2011. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls – Année 2010. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales & OCEANIDE - GIS Posidonie. OCEANIDE - GIS Posidonie publ. Fr. : 107 PP.

Dalias N., Astruch P., Foulquié M. et Rouanet E., 2012. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (2007 - 2011) – Rapport final. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales & SEANEO - GIS Posidonie. SEANEO - GIS Posidonie publ. Fr. : 136 PP.

Foulquié M., Dupuy De La Grandrive R., 2005. Document d'objectifs du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde », inventaire de l'existant et analyse écologique ; ADENA publ. Fr.: 303 PP.

Foulquié M., Blouet S., Chéré E., Dupuy de la Grandrive R., Fabre E. et Dalias N., 2012. Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques Harmony sur le site de plongée des Tables. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414. Suivi 2012. SEANEO – ADENA. SEANEO publ. Fr. : 91 PP.

Francour P. et Sartoretto S., 1993. *Lophogorgia ceratophyta* (L.)(Gorgoniidae) dans le golfe de Marseille. Qualité du milieu marin – indicateurs biologiques et physico-chimiques. Boudouresque C.F., Avon M. & Pergent-Martini C. edit., GIS Posidonie publ., Fr.: 151-159.

Gori A., Rossi S., Berganzo E., Pretus J. L., R. T. Dale J. & Gili J. M., 2010. Spatial distribution patterns of gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*, and *Leptogorgia sarmentosa* (Cape of Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Mar. Bio.*

Green, R.H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental problems. Wiley, New York.

Harmelin J.G., 1995. Gorgones; les plus beaux ornements de la Méditerranée sont-ils menacés ? *Océanorama* N°24, 3-9.

Guizien K., 2015. Roc Connect : Connectivité des populations d'invertébrés benthiques de l'habitat rocheux du Golfe du Lion Roc Connect : Connectivity of benthic invertebrates populations dwelling in the Gulf of Lion rocky habitat. Programme LITEAU IV. 40PP.

Hawkins J. P. et Roberts C. M. 1992. Effects of recreational scuba diving on fore -reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation* 62 : 171-178.

Hughes T. P., Baird A. H., Bellwood D. R., Cards M., Connolly S. R., Folke C., Grosberg R., Hoegh-Guldberg O., Jackson J. B. C., Kleypas J., Lough J. M., Marshall P., Nyström M., Palumbi S. R., Pandolfi J. M., Rosen B. & Roughgarden J., 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, 301 : 929-933.

Linares C., Coma R., Diaz D., Zabala M., Hereu B. & Dantart L., 2005. Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 305 : 127-137.

Linares C., Coma R., Garrabou J., Diaz D. & Zabala M., 2008. Size distribution density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *J appl Ecol*, 45:688-699.

Mills L. S., Soule M. E. & Doak D. F., 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *Bioscience*, 43 : 219-224.

Musard O., Dupuy De La Grandrive R., Richard E. et Foulquié M., 1999. Etat des lieux de la plongée sous-marine au Cap d'Agde. Contribution au programme Natura 2000 Posidonies du Cap d'Agde. : 16 PP.

Payrot J., 2001. Etude socio-économique des activités nautiques récréatives du Cap d'Agde. Contribution à la réalisation du document d'Objectifs pour le site Nature 2000 FR 910 1414 « Posidonies du Cap d'Agde » SPN d'Agde publ., FR.: 60 PP.

Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P. et Vacelet J. 2000. Mortalité massive d'invertébrés marins : un évènement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *C. R Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life sciences*, 323 : 853-865.

Ribes M., Coma R., Rossi S. & Micheli M., 2007. Cycle of gonadal development in *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) tends in sexual reproduction in gorgonians. *Invertebrate Biology*, 126(4):307-317.

Russo G.F. & Carrada G.C., 2004. Valutazione della moria di gorgonie. AMP Punta Campanella. Relazione finale. CoNISMa publ.: 81 PP.

Sanchez J.A. & Lasker H.R., 2003. Patterns of morphologic integration in marine modular organisms: supra-module organization in branching octocoral colonies. *Proc. R. Soc. Lond.* DOI: 10.1098/rspb. 2003.2471.

Sartoretto S., 2002. Le Réseau de Surveillance Gorgones en région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Deuxième campagne de mesure et recommandations. Conseil Régional PACA/Agence de l'Eau RMC/DIREN PACA/Conseil général 13/Conseil général 83/Conseil général 06/Ville de Marseille/GIS Posidonie/Centre d'Océanologie de Marseille. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 81 PP.

Skoufas G. et Poulicek M., 2001. Mortalité massive d'*Eunicella singularis* (Anthozoa, Gorgonacea) au nord de la Mer Egée (Golfe de Kavala, Grèce). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 36, 418.

Skoufas G., Poulicek M. & Chintiroglou C.C., 2000. Growth variation of *Eunicella singularis* (Esper, 1794) (Gorgonacea, anthozoa). *Belg. J. Zool.*, 130 (supplement 1) : 123-124.

Skoufas G., 2006. Comparative biometry of *Eunicella singularis* (Gorgonian) sclerites at Mediterranean Sea (North Aegean Sea, Greece). *Marine Biology*, 149: 1365-1370.

Vafidis D., 2008. First record of *Leptogorgia sarmentosa* (Octocorallia: Gorgoniidae) from the eastern Mediterranean Sea. *Biodiversity records*. 3 PP.

Weinberg & Weinberg, 1979. The life cycle of gorgonian : *Eunicella singularis* (Esper, 1974). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 49: 16-30.

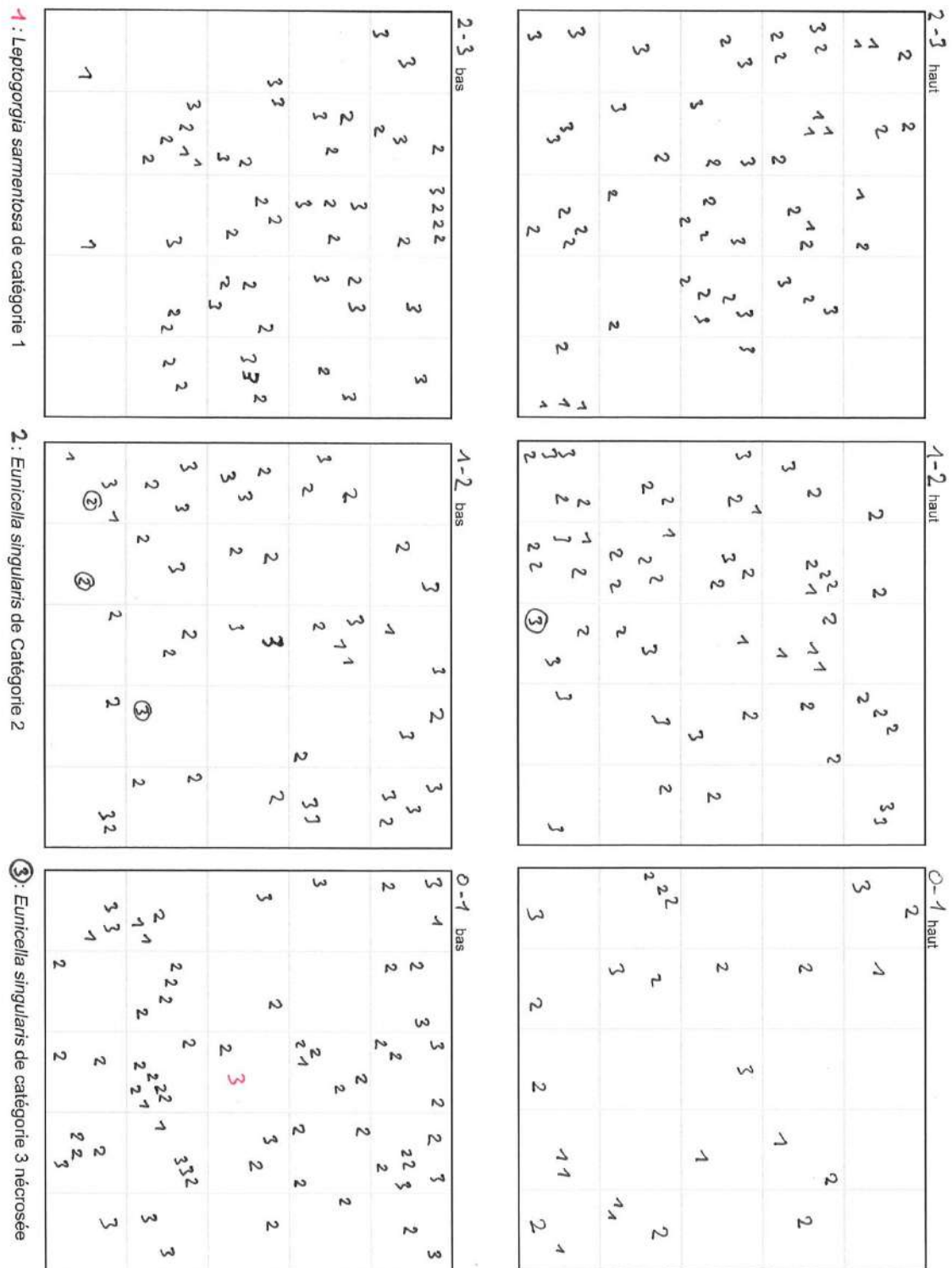
Weinberg S., 1975. Ecologie des Octocoralliaires communs du substrat dur dans la région de Banyuls-sur-mer – Essai d'une méthode. *Bijdragen tot de dierkunde*, 45 (1) : 50-70.

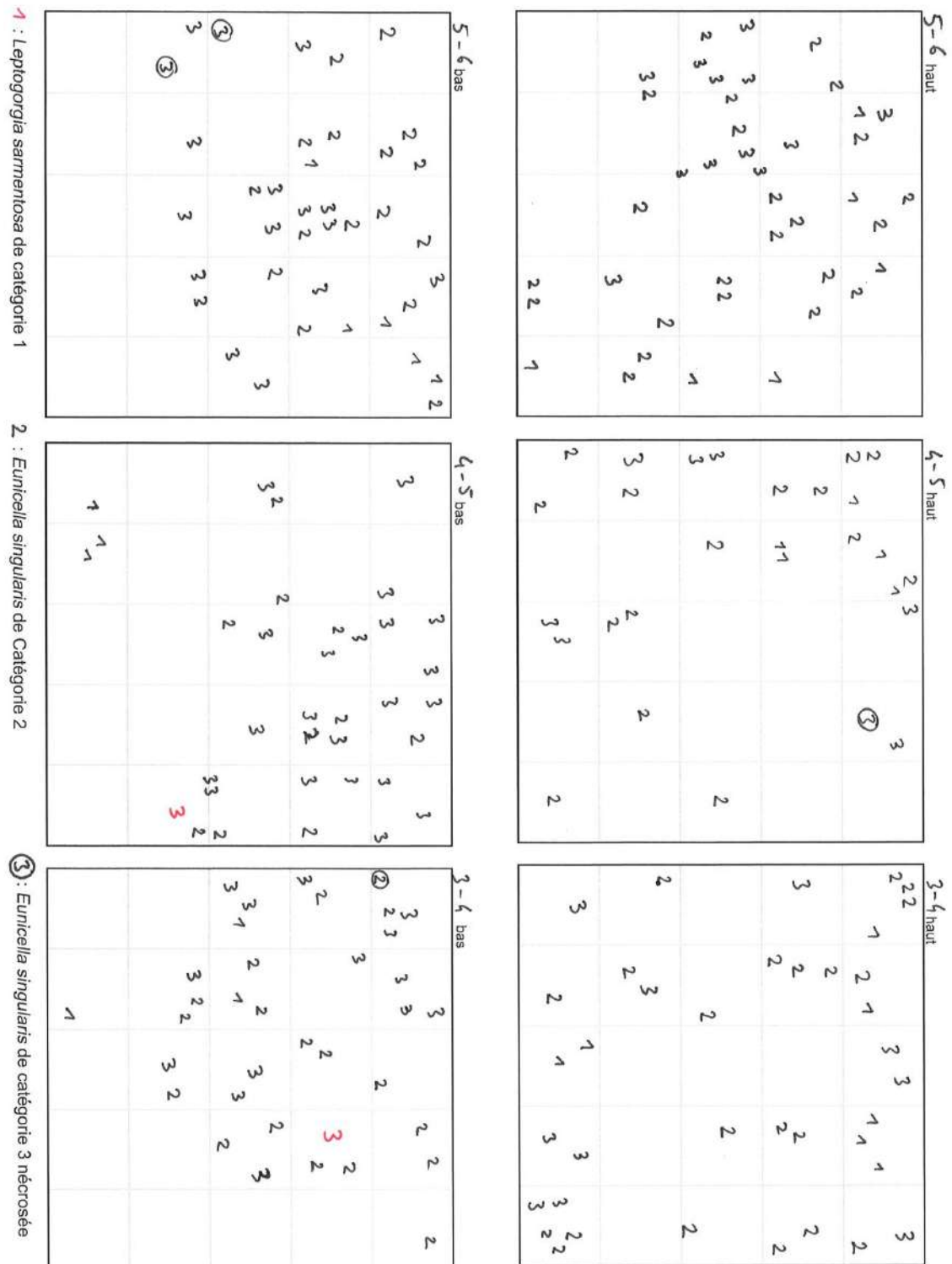
Weinberg S., 1978. Mediterranean octocorallian communities and the abiotic environment. *Marine Biology*, 49 : 41-57.

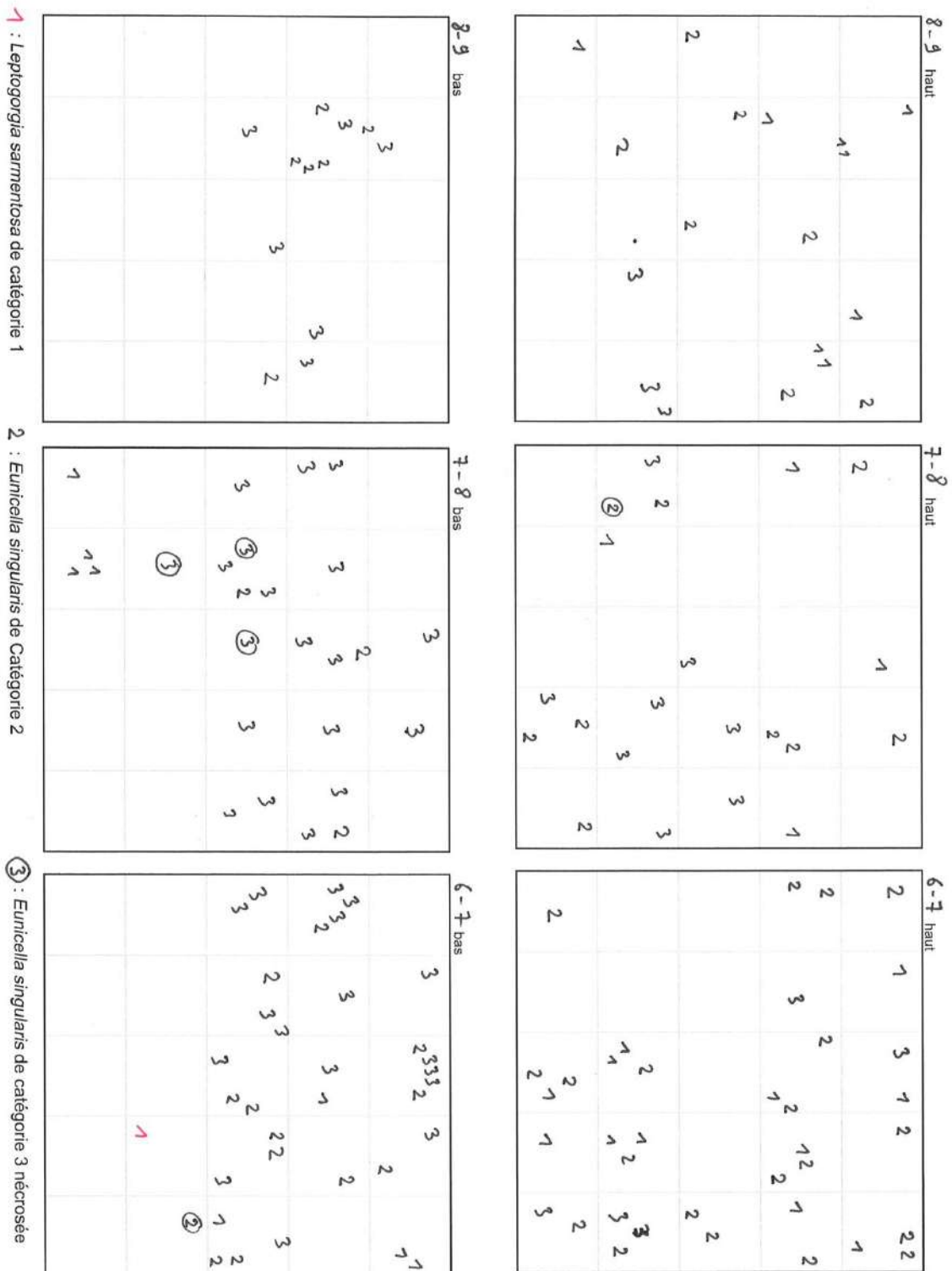
Weinberg S., 1991. Faut-il protéger les gorgones de Méditerranée. « Les espèces marines à protéger en Méditerranée ». Boudouresque C.F., Avon M. & Gravez V. edit., GIS Posidonie publ. Fr., 47-52.

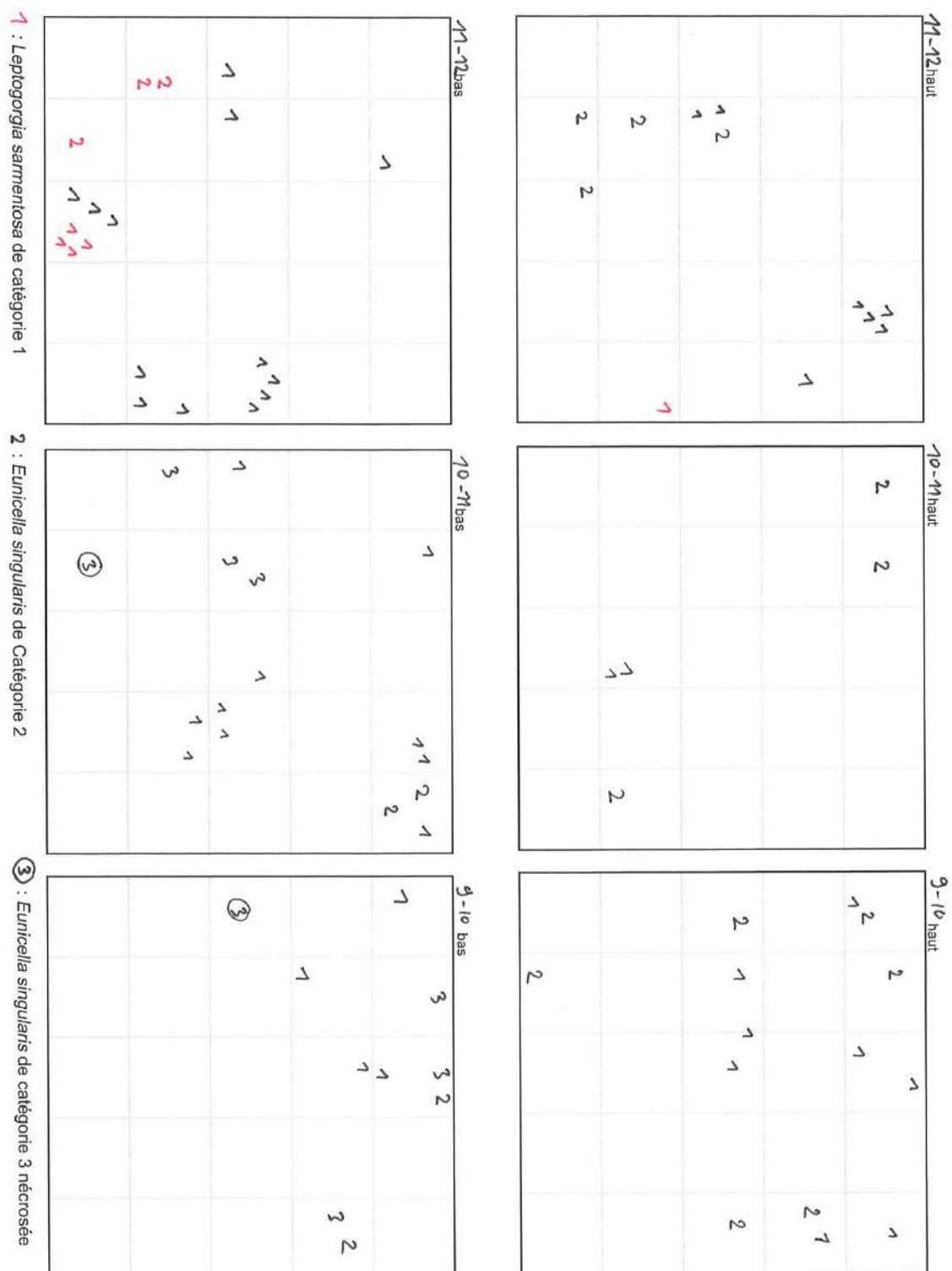
6 Annexe

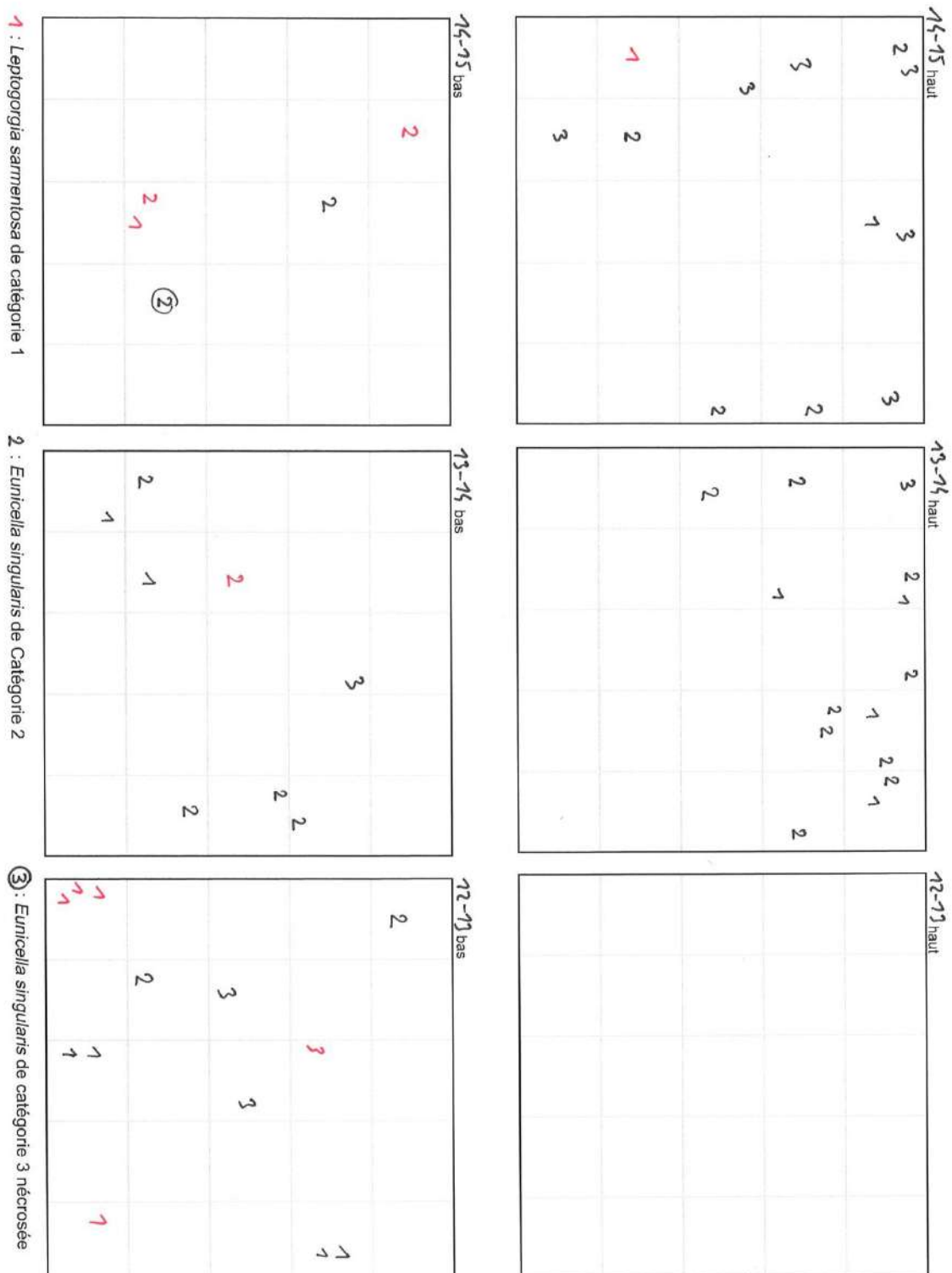
Annexe 1 : Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches au sein des quadrats de la zone 1.

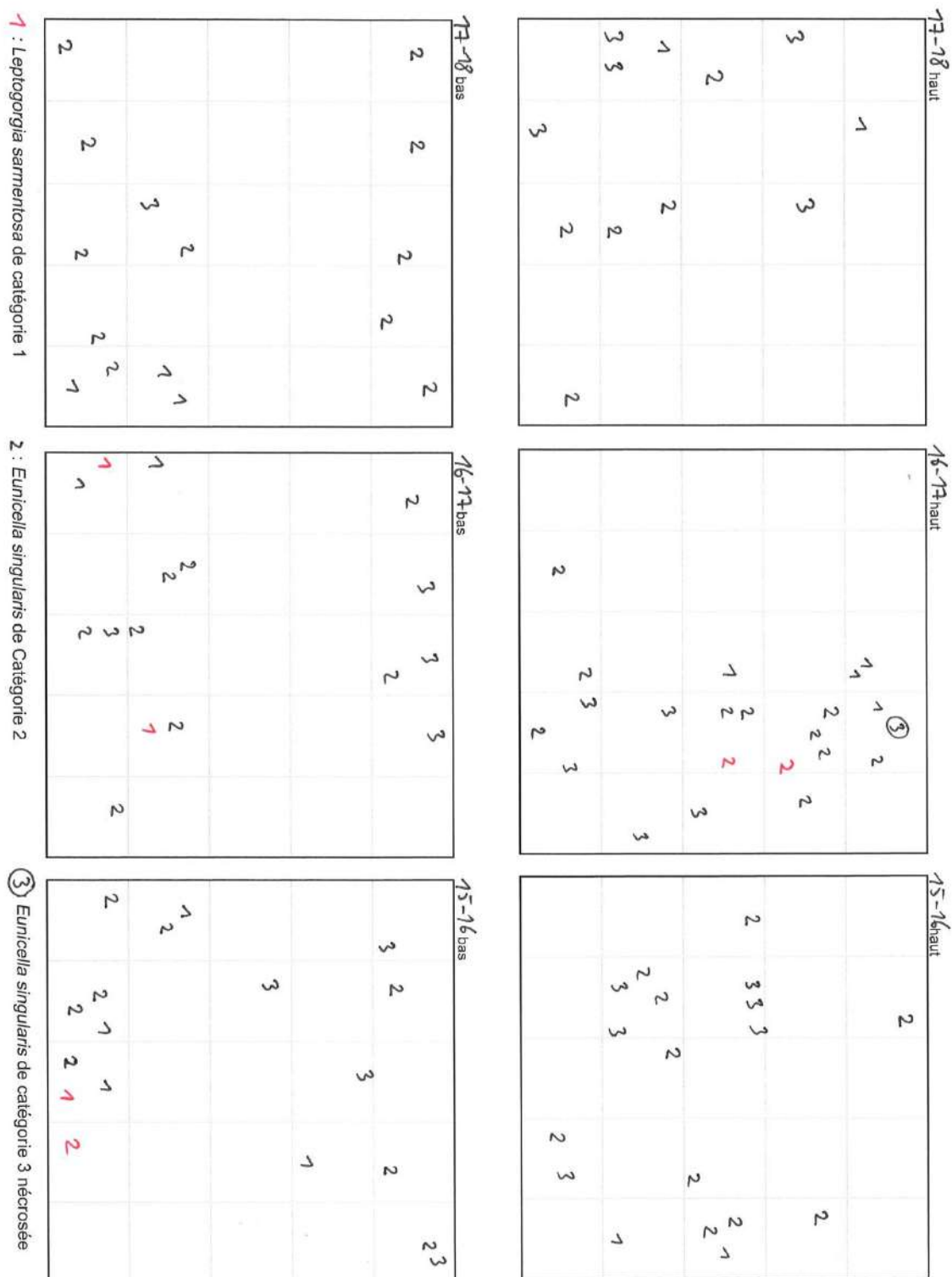


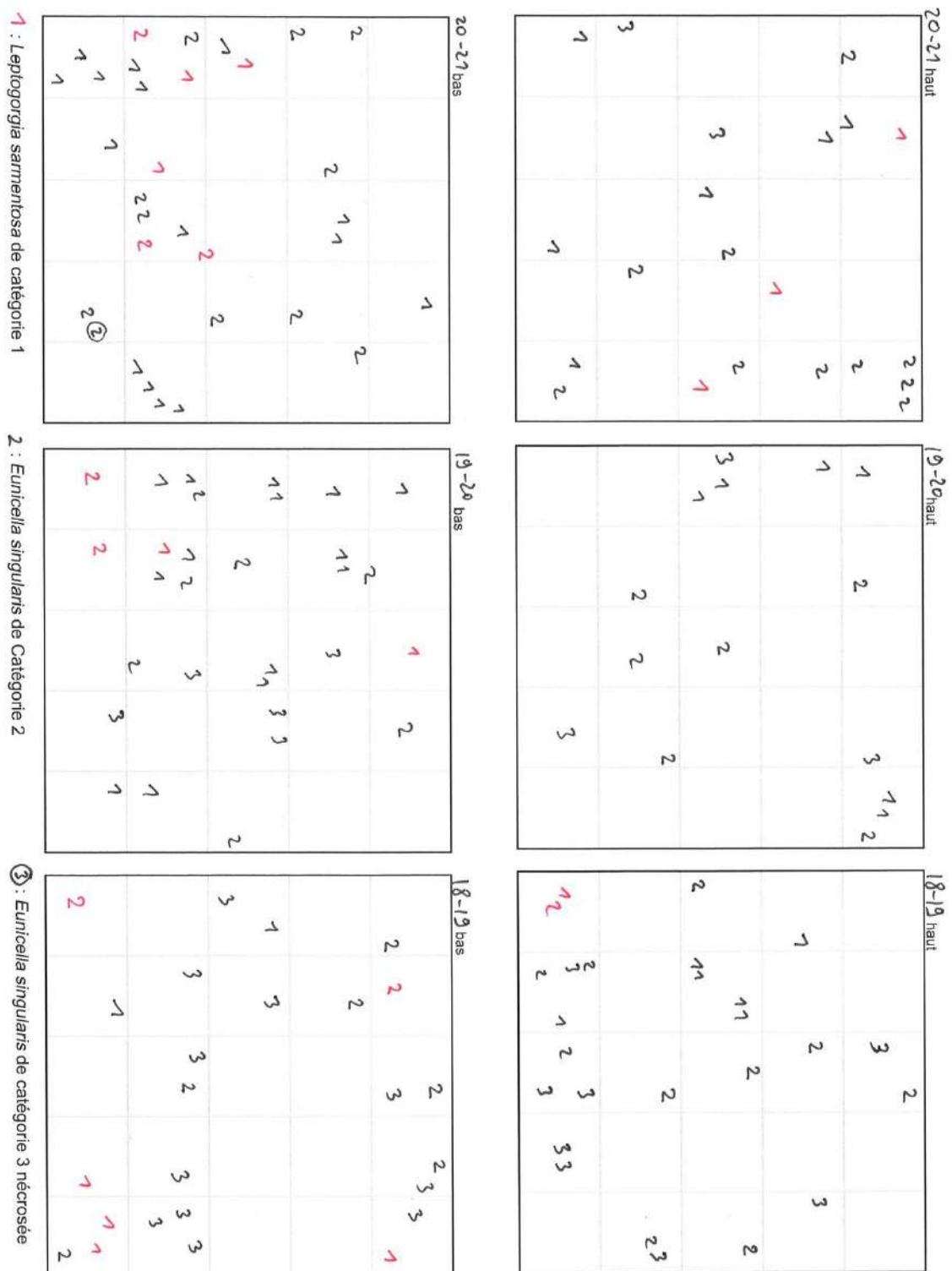


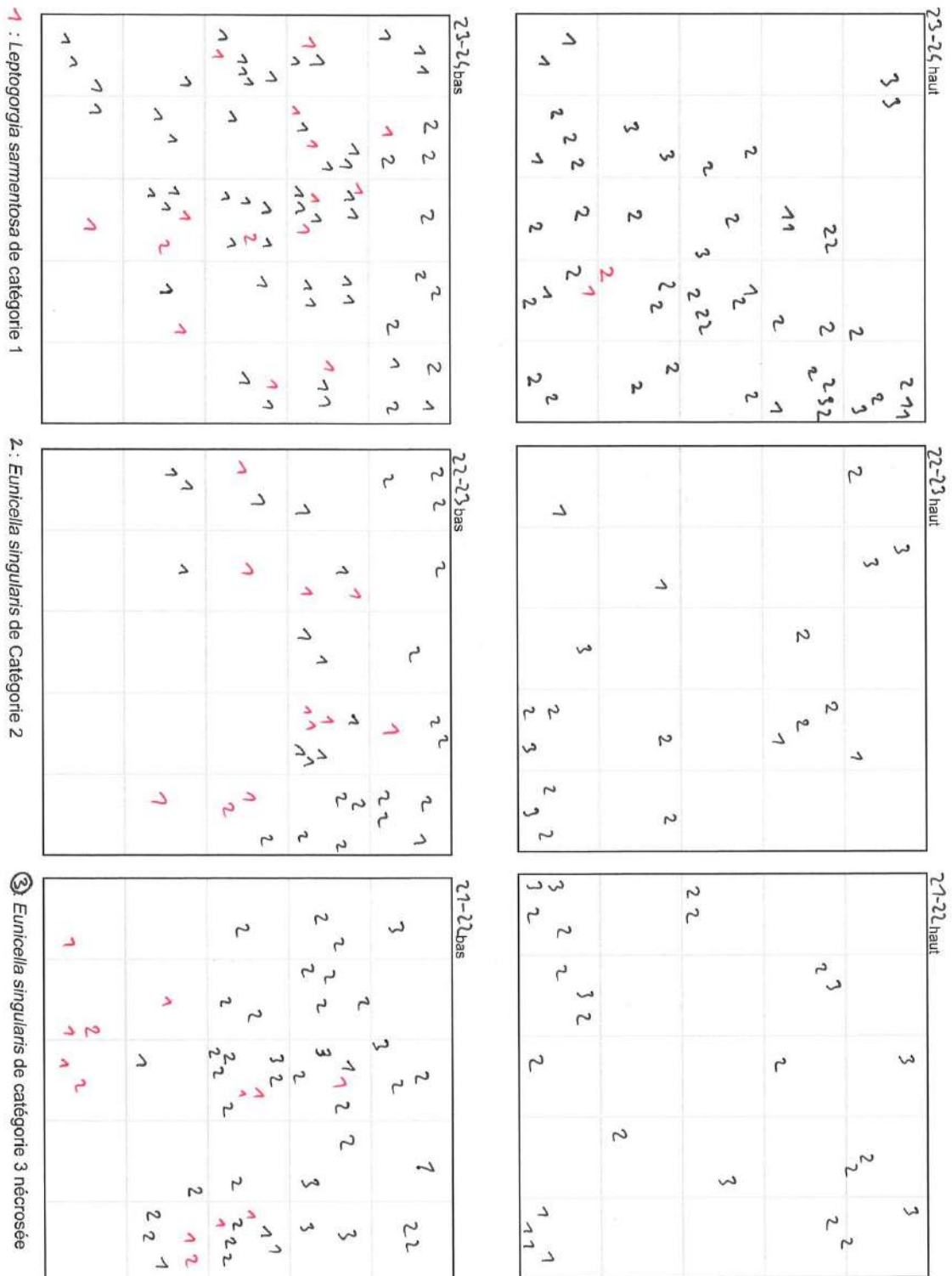




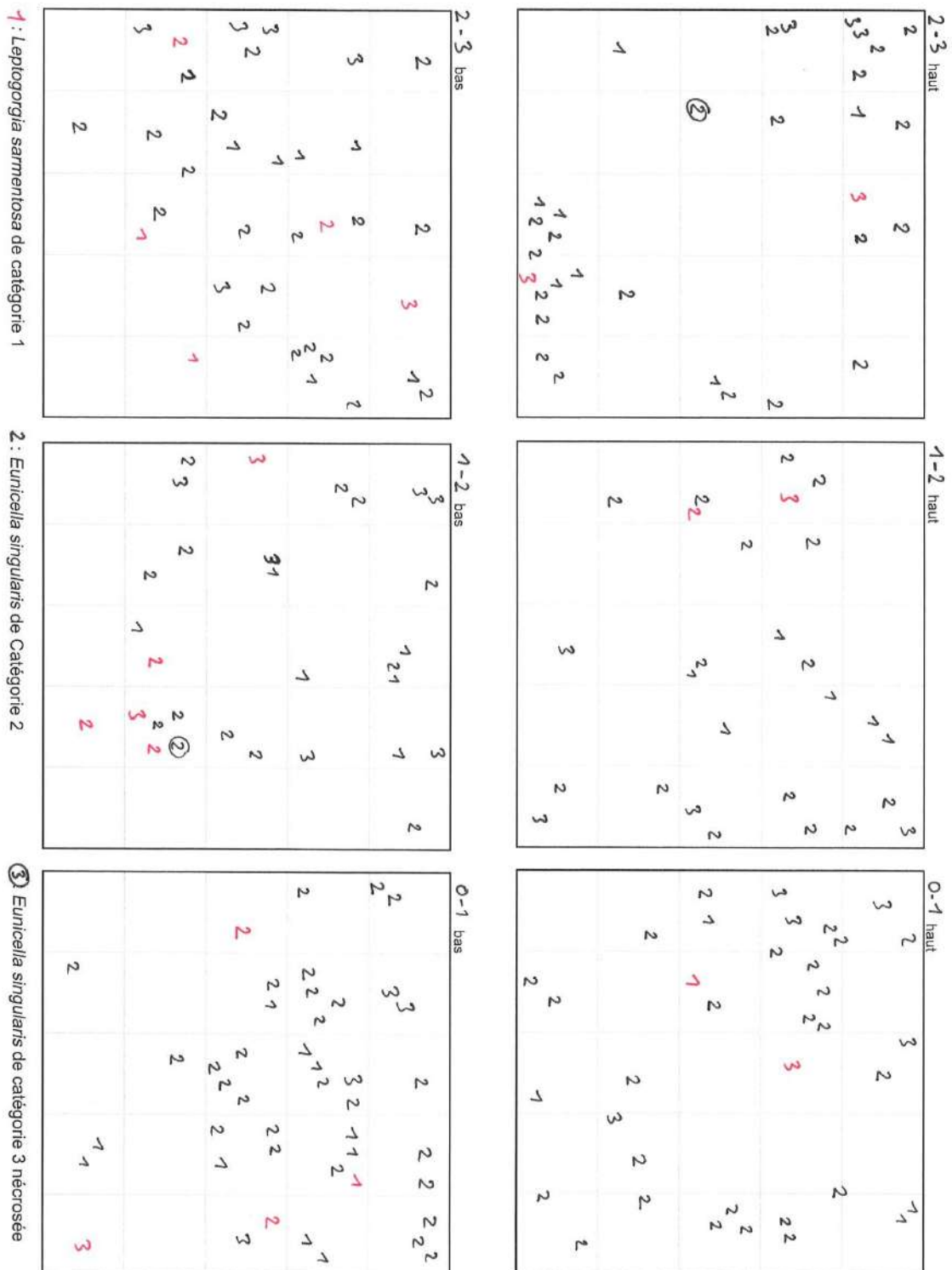


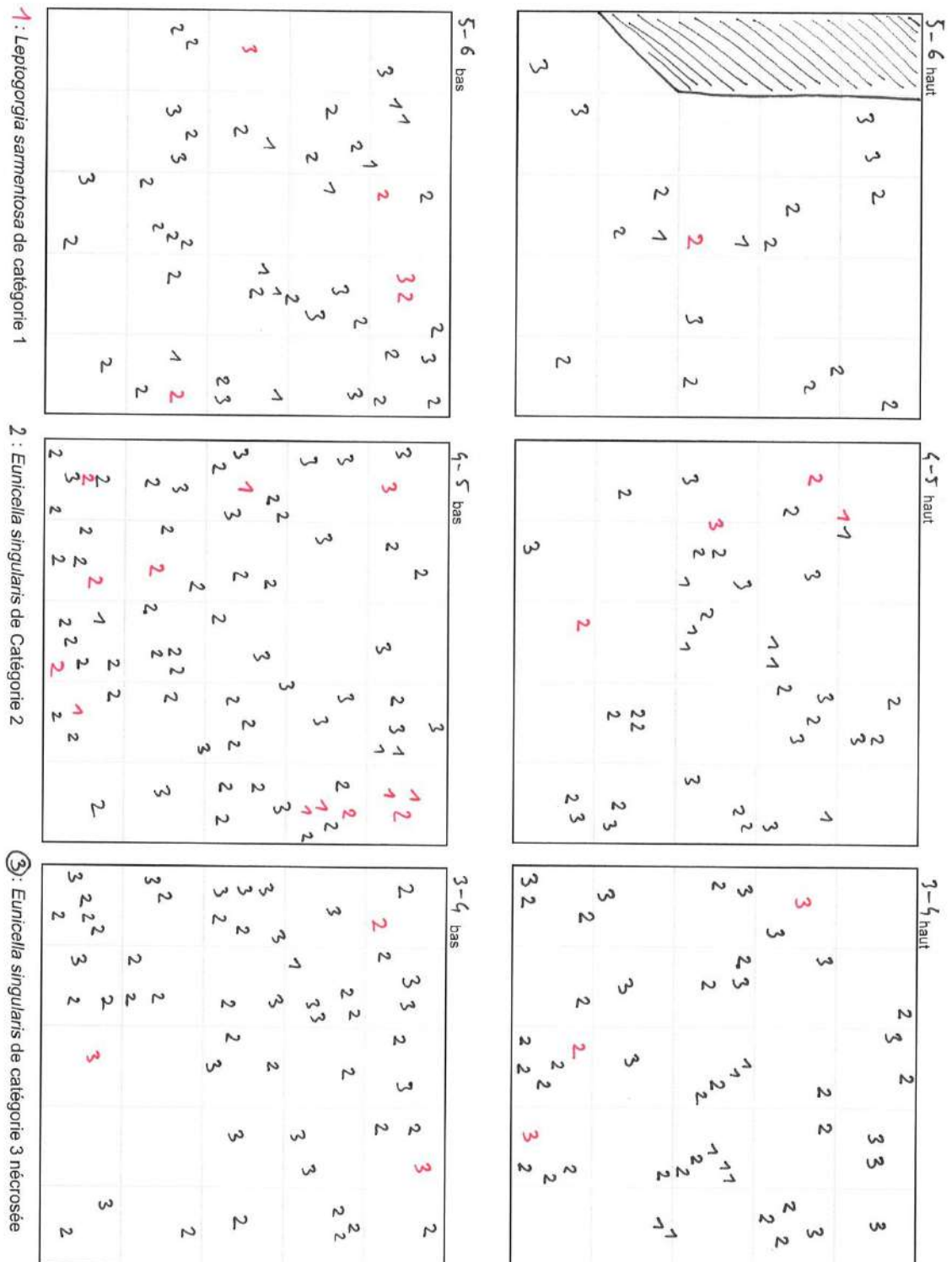


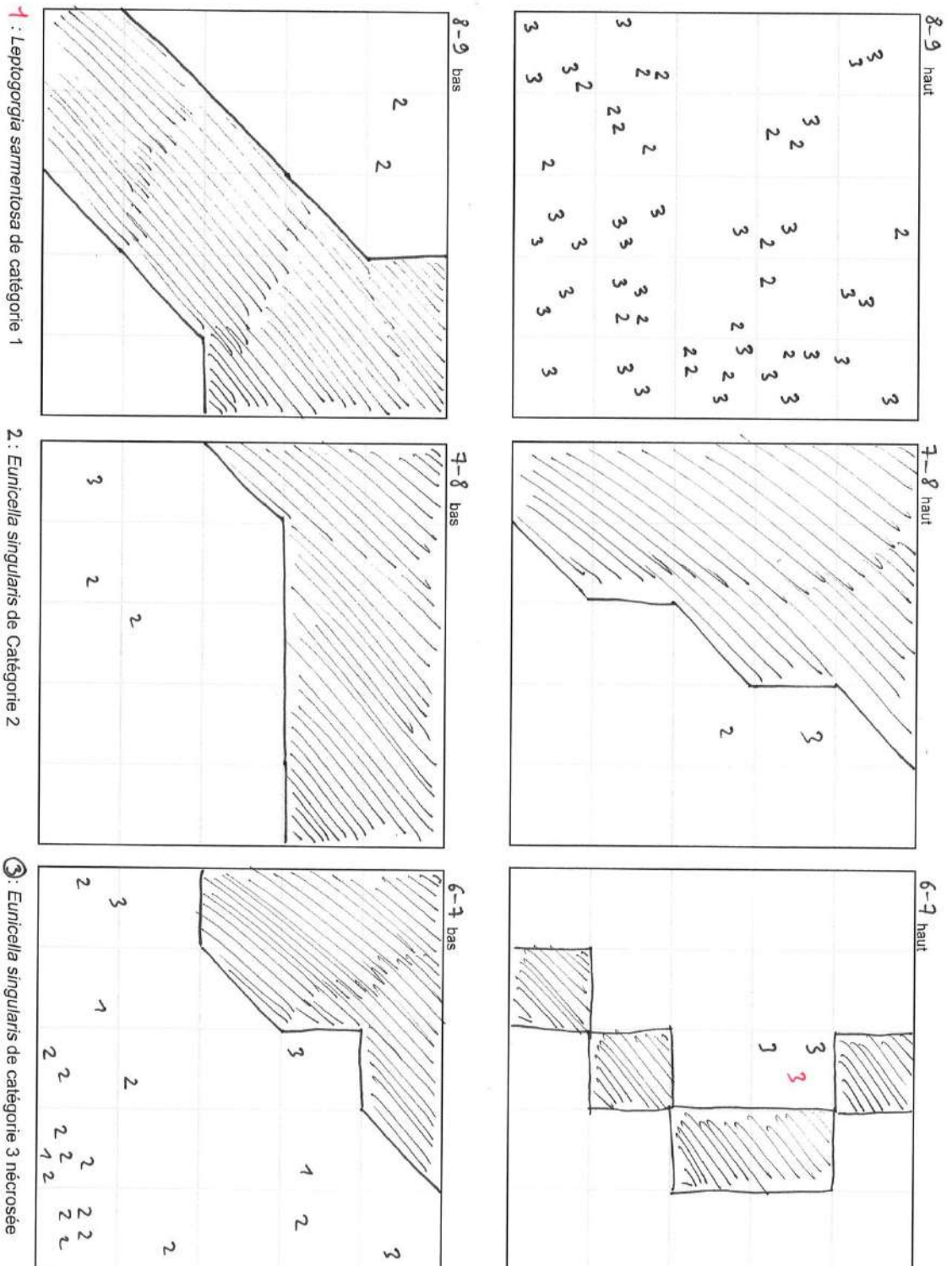


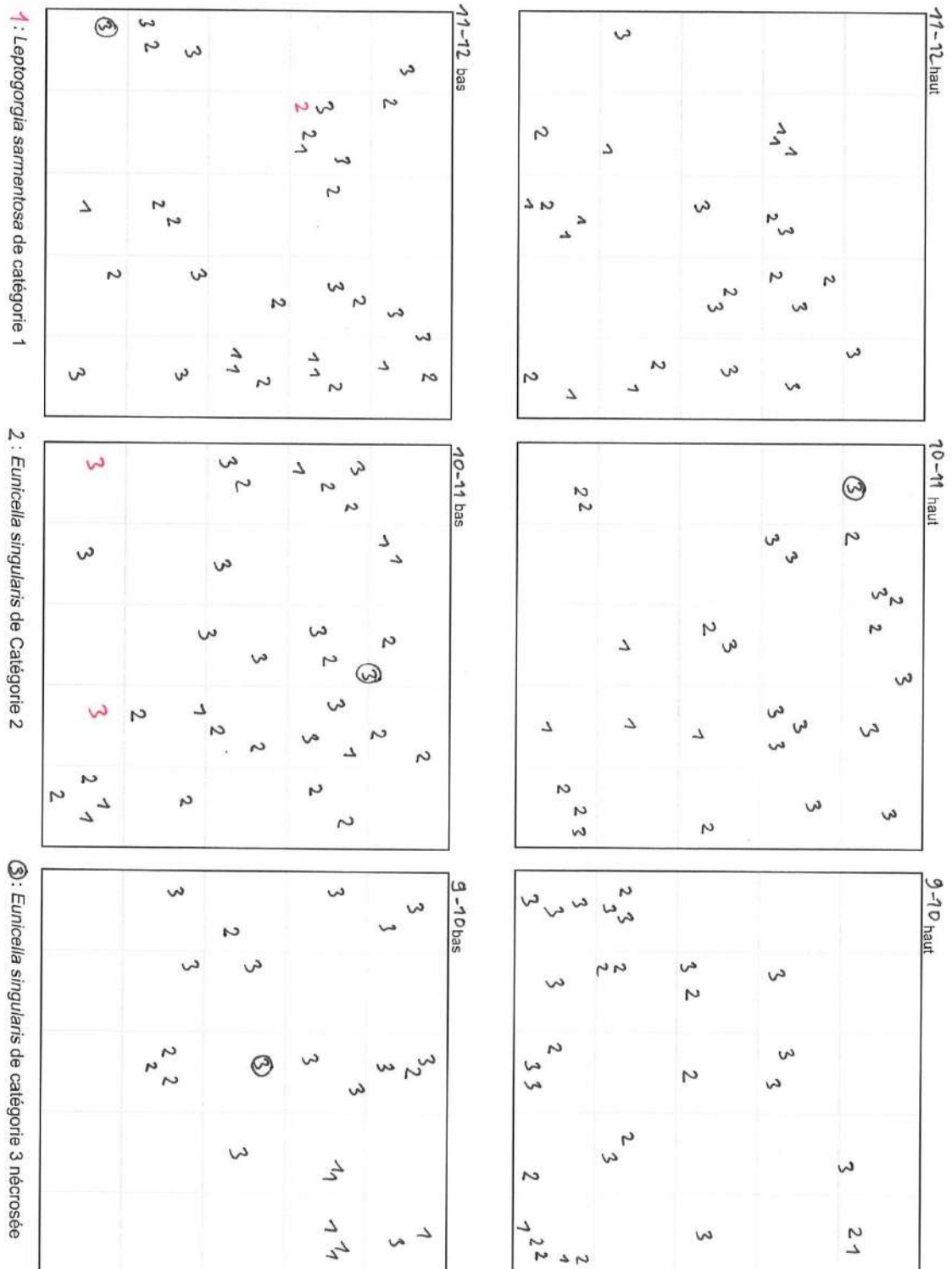


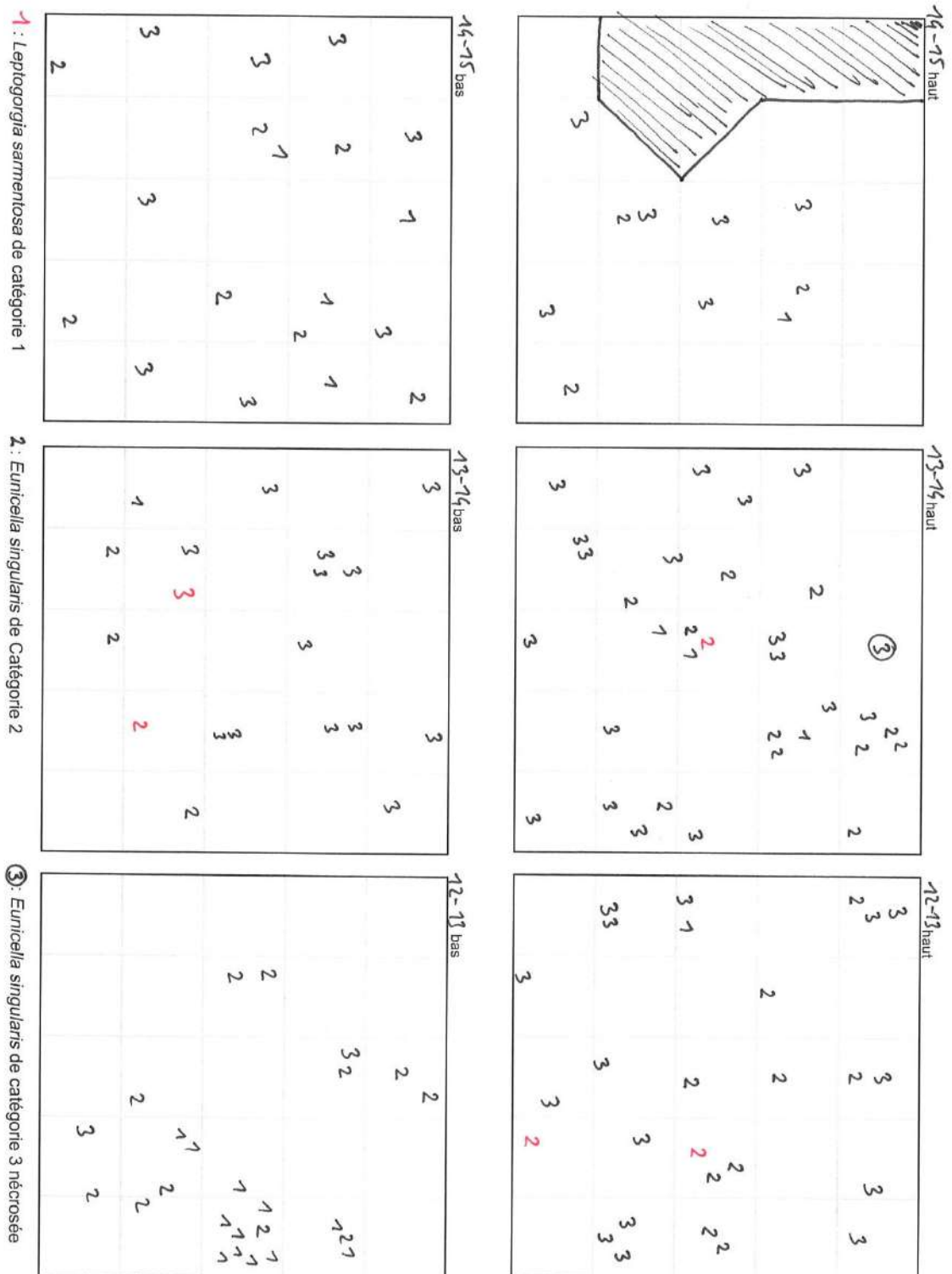
Annexe 2: Répartition spatiale des colonies de gorgones blanches au sein des quadrats de la zone témoin.

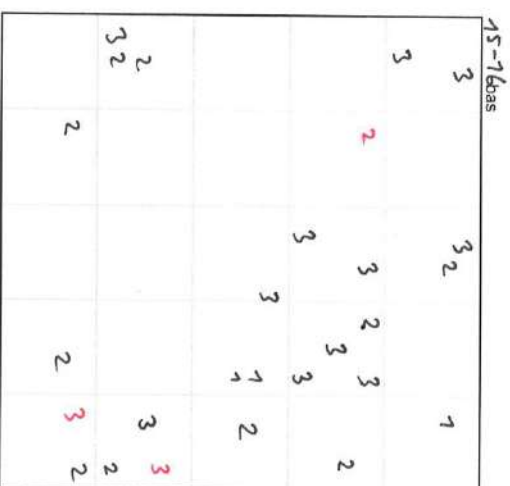
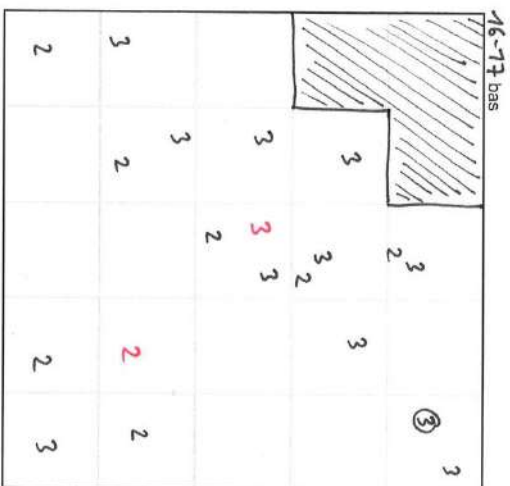
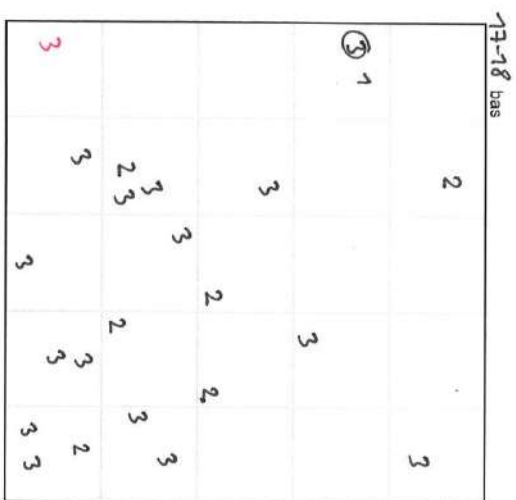
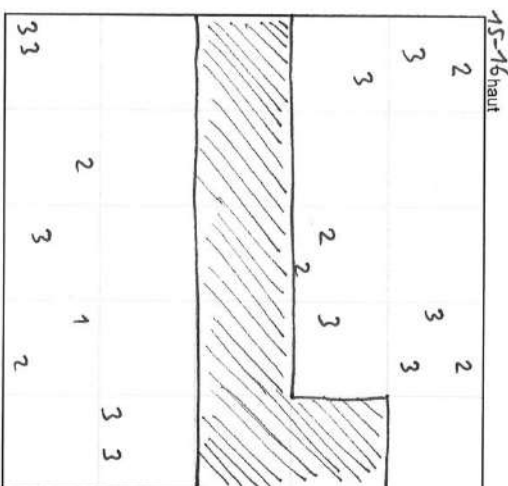
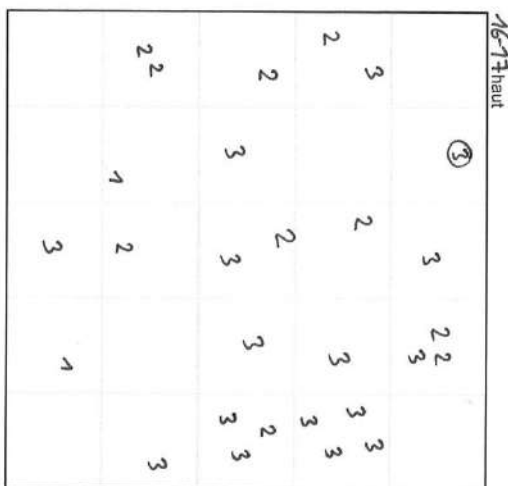
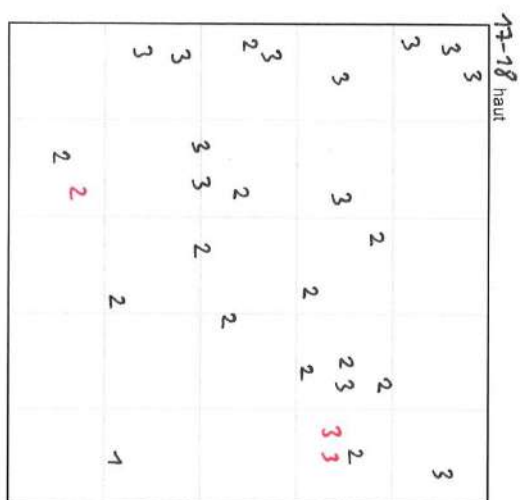












1: *Leptogorgia sarmentosa* de catégorie 1

2: *Eunicella singularis* de Catégorie 2

3: *Eunicella singularis* de catégorie 3 nécrosée