

JUVar - Evaluation des populations de juvéniles de mérous dans les petits fonds de la corniche varoise.

Rapport technique de l'inventaire des assemblages de juvéniles de mérous et des poissons téléostéens associés réalisé en novembre 2022



Mars 2023

PREAMBULE

Contexte, financements et partenaires :

Sur la façade méditerranéenne, dans la continuité des suivis des dynamiques de populations de mérous menés par le **Groupe d'Etude du Mérou (GEM)**, l'**Office Français de la Biodiversité (OFB)** a apporté son soutien financier au projet JUVar.

Le projet a également bénéficié d'un soutien **technique et logistique de la part de la Communauté des communes du Golfe de St-Tropez-Service Espaces maritimes** lors de la campagne de terrain en octobre/novembre 2022.

Le projet JUVar est porté par Septentrion Environnement. Sa durée était de 6 mois, allant du mois de novembre 2022 au mois d'avril 2023. Les objectifs de cette étude étaient d'inventorier (1) les assemblages de juvéniles de poissons, avec (2) un échantillonnage renforcé pour quantifier la présence des juvéniles de mérous (*Epinephelus* spp.) et (3) décrire les préférences de micro-habitats de ces derniers, en utilisant le littoral de la corniche varoise comme site atelier (Fig. 2). Ce projet complète ainsi les données existantes sur les populations de mérou de la façade méditerranéenne (Condini et al., 2018), et plus particulièrement pour les premiers stades de vie de cette espèce protégée. La présence de corbs (*Sciaena umbra*) a également été relevée car ils représentent une des espèces emblématiques de Méditerranée protégée par un 4ème moratoire depuis 2013.

Chargées de mission et plongeurs scientifiques : Lucie Nunez (SE), Tiffany Monfort (SE)

Responsable scientifique : Adrien Cheminée (SE)

Analyse des données de la campagne 2022 et rédaction du rapport : Adrien Cheminée (SE), Lucie Nunez (SE), Tiffany Monfort (SE)

Citation, utilisation, reproduction : Ce travail doit être cité comme suit (Citation) ; l'utilisation et reproduction sont libres et gratuites, sous réserve de citer les auteurs et de mentionner les noms des organismes financeurs (Financements et partenaires).

Citation : « Monfort T.*, Nunez L.* & Cheminée A. 2023. JUVar - Evaluation des populations de juvéniles de mérous dans les petits fonds de la corniche varoise - Rapport technique de l'inventaire des assemblages de juvéniles de mérous et des poissons téléostéens associés réalisé en novembre 2022. Septentrion Env. publ. - 58 p. ». * Ces auteures ont contribué à hauteur égale au travail accompli.

Illustrations : page de couverture ©SEPTENTRION ENVIRONNEMENT

Ce document est publié sous licence CC BY 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>)



Sommaire

PREAMBULE	2
1. Introduction	5
1.1. Cycle de vie des poissons téléostéens et notion d'habitats essentiels	5
1.2. Contexte de l'étude - définition de la problématique et des objectifs	5
2. Matériel et Méthodes	7
2.1. Design d'échantillonnage : zones et période d'étude	7
2.2. Méthode d'échantillonnage	10
A. Assemblages de juvéniles de téléostéens (WP1)	10
B. Recensement des mérous (adultes et juvéniles) (WP2-3)	13
3. Résultats	15
WP1 : ASSEMBLAGE DES JUVÉNILES DE POISSONS TÉLÉOSTÉENS	15
3.1. Dominance et fréquence d'occurrence des espèces	15
3.2. Variabilité des assemblages de juvéniles en fonction de la zone	17
3.2.1. Assemblage des espèces de juvéniles de poissons	17
3.2.2. A l'échelle du taxon : espèces dominantes	21
3.3. Variabilité des densités relatives par classe de tailles en fonction de la zone à l'échelle du taxon	23
WP2 : RECENSEMENT DES MÉROUS ET CORBS	23
3.4. Densité totale moyenne propre aux mérous (ind/100m ²)	23
3.5. Biomasse totale propre aux mérous (g/100m ²)	25
3.5.1. Biomasse totale avec la présence d'un outlier* (mérour mesurant 1m)	25
3.5.2. Biomasse totale sans considérer l'individu outlier (mérour mesurant 1m)	25
3.6. Répartition par classe de taille sur l'ensemble des individus de mérour, adultes et juvéniles (S, M, L)	28
3.6.1. Densité totale (indiv/100m ²)	28
3.7. Focus sur la répartition en classes de tailles concernant les petits individus de mérour (<340 mm TL, de XS à XL)	29
3.7.1. Densité totale (indiv/100m ²)	29
WP3 : COMPRENDRE LES PRÉFÉRENCES DE MICRO-HABITATS DES INDIVIDUS DE MÉROUS	31
3.8. Etude de l'effet des descripteurs du micro-habitat propres à chaque individus de mérour	31
3.8.1. Présences / absences par classe de taille S, M, L	31
3.8.2. Présences / absences des petits individus (sous-classes de taille de XS à XL)	34
3.9. Etude du comportement des juvéniles de mérour en fonction du micro-habitat	37
3.9.1. Comportement des juvéniles de l'année (0+ : individus de 0 à 130 mm LT)	38
3.9.2. Comportement des juvéniles de l'année passée (1+ : individus de 130 à 200 mm LT)	41
4. Discussion	44
WP1 - ASSEMBLAGES DE JUVÉNILES DE POISSONS TÉLÉOSTÉENS	44
4.1 Descripteurs des assemblages de juvéniles	44
4.2 Patrons taxa-spécifiques	44
WP2 et WP3 - RECENSEMENT DES MÉROUS ET DES CORBS & PRÉFÉRENCES DE MICRO-HABITATS	45

4.3 Répartition spatiale des mérous et corbs le long de la corniche varoise - focus sur les juvéniles	45
4.4 Influences des caractéristiques du micro-habitat sur <i>E. marginatus</i>	47
4.5 Comportements des individus de mérous <i>E. marginatus</i>	48
4.6 Autres potentiels facteurs explicatifs de la distribution de <i>E. marginatus</i>	48
5. Synthèse et conclusion	50
Bibliographie	54
ANNEXES	58

1. Introduction

1.1. Cycle de vie des poissons téléostéens et notion d'habitats essentiels

De résidentes à migratoires, les espèces de poissons téléostéens sont plus ou moins inféodées à certains habitats marins (Harmelin, 1987). Pour une même espèce, cette mobilité et cette répartition au sein des habitats peuvent être variables dans le temps. Cette dimension temporelle est induite par la variabilité des conditions environnementales (cycle journalier ou saisonnier) ou par le cycle de vie spécifique de l'espèce (Beck et al., 2001).

En effet, dans le cas des espèces de téléostéens benthiques et necto-benthiques, un grand nombre sont méro-planctoniques : elles présentent un cycle de vie bipartite composé d'une phase pélagique dispersive (stade larvaire) et une phase benthique plus sédentaire (stade juvénile et adulte). La phase pélagique est déterminante : c'est au cours de celle-ci qu'intervient une très forte mortalité qui touche les œufs et larves, et c'est à ce moment-là que la connectivité fonctionnelle (capacités anatomiques de dispersion des larves) et structurelle (conditions océaniques et physico-chimiques) conditionnent l'apport de post-larves à proximité des futures zones de vie benthiques (Crec'hriou et al., 2015; Lozano et al., 2015). La transition du stade larvaire au stade juvénile est ainsi marquée par une métamorphose et un passage vers la phase benthique : c'est l'étape d'installation, au sein d'habitats souvent côtiers assurant la croissance et la survie des juvéniles et ayant ainsi un rôle de nurserie. La transition du stade juvénile au stade adulte constitue ensuite l'étape de recrutement, où les jeunes recrues quittent les nurseries et rejoignent les populations adultes (García-Rubies and Macpherson, 1995; Harmelin-Vivien et al., 1995).

Du point de vue du gestionnaire, afin de prendre en compte les habitats essentiels aux différentes espèces, il est donc nécessaire, pour chaque espèce, d'adopter une échelle spatiale (ensemble des habitats utilisés) et temporelle (durée des différentes phases du cycle de vie) adaptées (Cuadros, 2015).

1.2. Contexte de l'étude - définition de la problématique et des objectifs

Les petits fonds de l'Infralittoral méditerranéen présentent une mosaïque d'habitats dont certains jouent le rôle clef de nurseries, habitats essentiels pour les juvéniles de poissons et donc indispensables au bon renouvellement de leurs populations

. Paradoxalement cette frange littorale est aussi celle cumulant un maximum les effets des activités humaines, que ce soit des destructions directes des habitats lors des projets d'aménagements littoraux (Cheminée et al., 2017, 2014), des transformations d'habitats dues aux espèces non-indigènes envahissantes (Sala et al., 2011), ou encore des mortalités massives d'organismes fixées suite aux vagues de chaleur de plus en plus intenses et fréquentes en Méditerranée en lien avec le changement global (Garrabou et al., 2022). La synergie des impacts anthropiques pourrait alors altérer à la fois la qualité des habitats propices aux juvéniles de ces espèces mais aussi affecter leur dynamique des populations : ponte, dispersion des œufs, installation, croissance et mortalité des juvéniles, et/ou recrutement vers les populations adultes.

Les "**petits fonds rocheux**", terme que nous utilisons dans le présent rapport, correspondent à des habitats peu profonds (0 à 10 m), constitués d'un mélange hétérogène de galets, de blocs ou de roche continue plus ou moins recouverts d'une strate algale, et présentant une pente intermédiaire (environ 20° à 50°). Ils incluent d'une part les "petits fonds hétérogènes" ("PFH", de 0 à 2 m) connus pour leur rôle de nurserie pour diverses espèces de poissons téléostéens (Cheminée et al., 2011; Harmelin-Vivien et al., 1995), et d'autre part une fraction de la frange supérieure de la roche infralittorale à algues photophiles (RIAP) (Michez et al., 2011). Parmi la mosaïque paysagère de l'Infralittoral supérieur, ces petits fonds rocheux sont connus pour être propices au développement de

nombreuses espèces de juvéniles de poissons téléostéens et remplissent ainsi la fonction de nurserie pour ces individus (Cheminée et al., 2021; García-Rubies and Macpherson, 1995; Harmelin-Vivien et al., 1995)(Fig. 1).

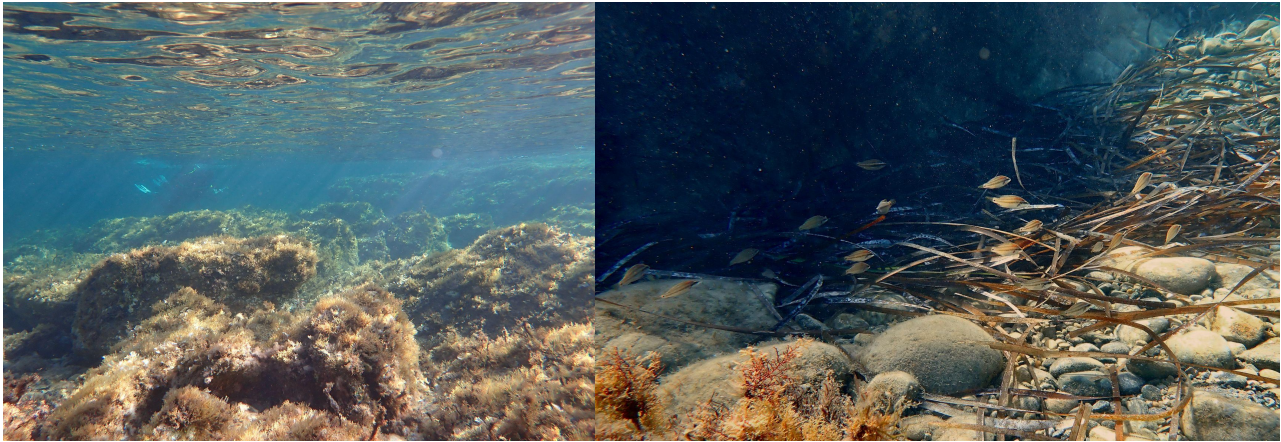


Figure 1. Habitats de type “Petits fonds rocheux”, rencontrés lors de la campagne de terrain du projet. A droite on peut notamment observer des juvéniles de crénilabres *Symphodus* spp.

En Méditerranée occidentale, les juvéniles de mérous (*Epinephelus marginatus*, *E. costae*, etc.) “de l’année” (“y0” ou “0+”), mesurent en moyenne moins de 13 cm, et les juvéniles de mérous de l’année précédente (“y+1” ou “1+”) mesurent en moyenne moins de 20 cm (Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999). Nous appellerons ici “juvéniles” ces individus 0+ et 1+. Pour les mérous, l’installation des juvéniles se fait à l’automne, et les juvéniles 0+ et 1+ utilisent durant leurs premiers mois et années de vie notamment les petits fonds rocheux (Condini et al., 2018; Cuadros et al., 2019; La Mesa et al., 2002), mais sont également connus pour parfois fréquenter les substrats de blocs hétérogènes jusqu’à 15 m de profondeur (Harmelin & Harmelin-Vivien, 1999). Grâce à la mise en place de moratoires protégeant ces espèces, depuis 1993, les effectifs des populations de mérous (*Epinephelus marginatus*, *E. costae*, etc.) ont tendance à augmenter le long des côtes françaises. Cette dynamique est documentée par des inventaires réguliers des individus adultes réalisés en plongée sous-marine (recensements visuels sous-marins, ou “Underwater Visual Census” soit “UVC” en Anglais) par la communauté scientifique et notamment le Groupe d’Etude du Mérou (GEM) (Francour et al., 2007). La littérature scientifique décrivant ces populations adultes est donc abondante (Condini et al., 2018; Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999; Koeck et al., 2014; Pastor et al., 2009). Les juvéniles, en revanche, étant donné leur comportement souvent furtif et cryptique, sont peu détectables par ces méthodes d’inventaire classiques, si bien que leurs densités sont souvent sous-évaluées. Leurs dynamiques d’installation et de recrutement, ainsi que le détail de leurs préférences de micro-habitats au stade juvénile ont fait l’objet de quelques études (Bodilis et al., 2003; Francour and Ganteaume, 1999; La Mesa et al., 2002; Vacchi et al., 1999) mais restent peu connues.

Il apparaît donc indispensable de compléter les connaissances sur les habitats des juvéniles de mérous et leurs patrons de densités le long de nos côtes. Cela permettra de mieux identifier, localiser et donc plus efficacement conserver leurs habitats essentiels, de quantifier l’état des populations actuelles de juvéniles de mérous, et d’estimer les potentiels de recrutement de jeunes individus vers les populations d’adultes.

Dans le contexte des suivis, sur la **façade méditerranéenne**, des dynamiques de **populations de mérous** et d’instruction d’une évaluation de la pertinence du renouvellement des moratoires concernant les mérous, le projet JUVar (articulé en work-packages (WP)) avait pour but d’inventorier

(1) les assemblages de juvéniles de poissons (toutes espèces) associés à l'habitat favorable aux juvéniles de mérous (WP1), avec (2) un échantillonnage renforcé pour quantifier la présence des juvéniles de mérous (*Epinephelus* spp.) (WP2) et (3) décrire les préférences de micro-habitats de ces derniers (WP3), en utilisant le littoral du site Natura 2000 de la corniche varoise comme site atelier (Fig. 2). La campagne de terrain s'est déroulée à l'automne 2022, le long des côtes varoises entre les communes du Rayol et de Saint Tropez. La présence de corbs (*Sciaena umbra*) a également été relevée car ils représentent une des espèces emblématiques de Méditerranée protégée par un 4ème moratoire depuis 2013.

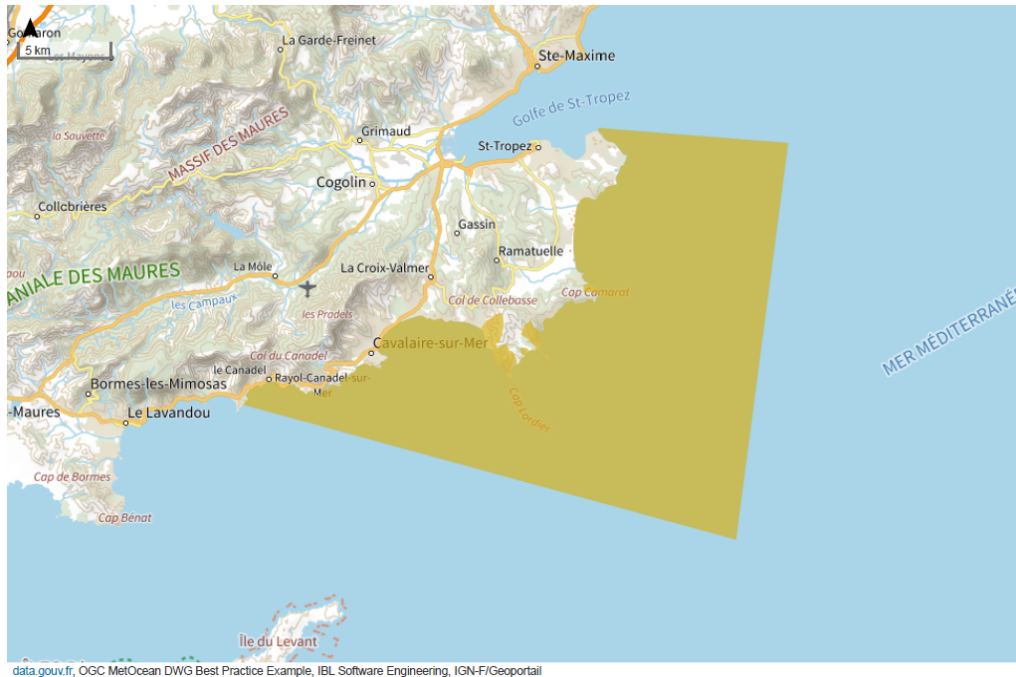


Figure 2. Littoral de la Corniche varoise et l'emprise du site Natura 2000 du même nom (en jaune).

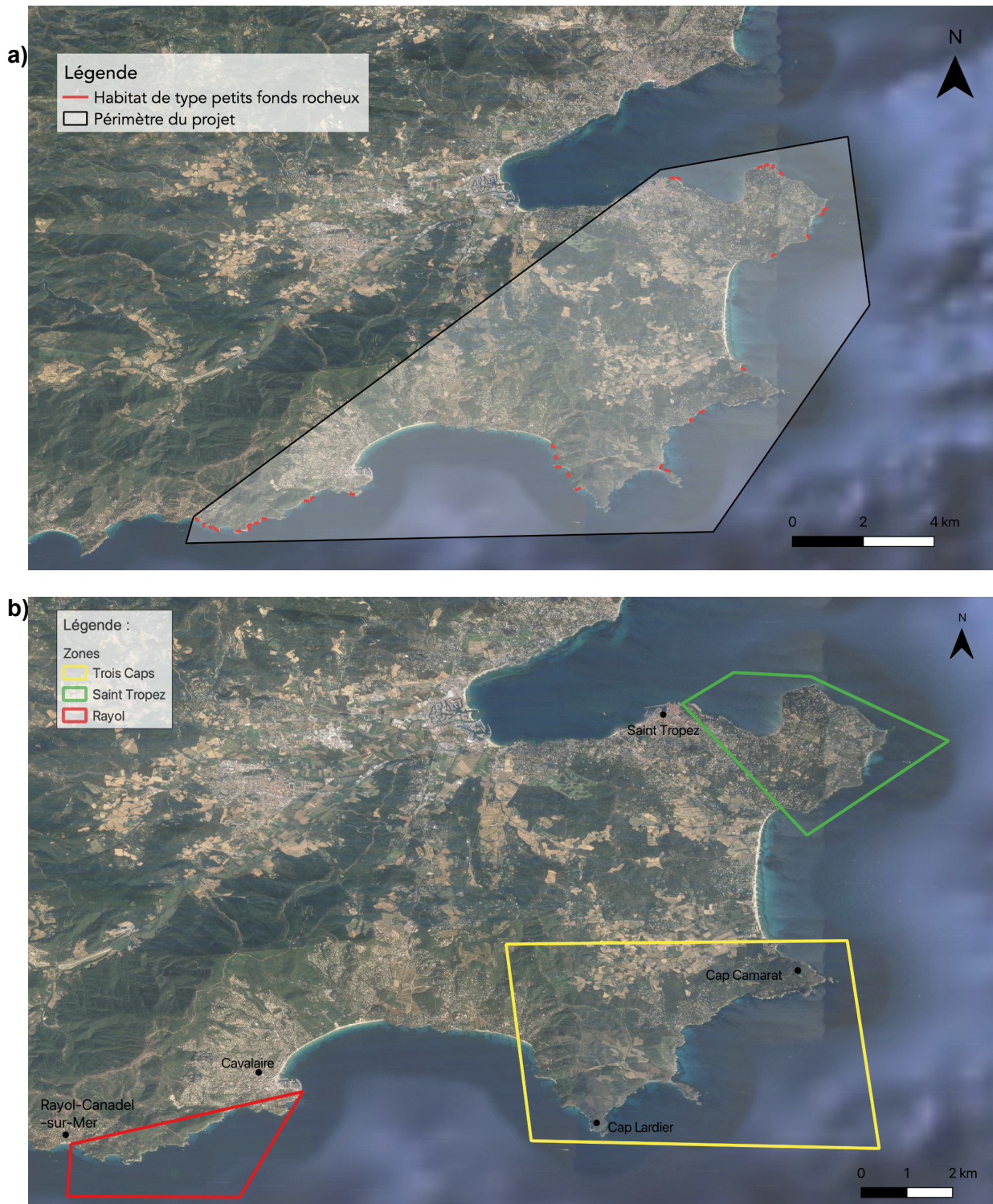
2. Matériel et Méthodes

2.1. Design d'échantillonnage : zones et période d'étude

Au préalable de la phase de recensement *in situ* des assemblages de juvéniles de poissons, des tronçons de côtes présentant des nurseries de type petits fonds rocheux ont été identifiés entre le domaine du Rayol et la commune de Saint Tropez à partir des connaissances du terrain (G. Sylla, comm. pers.), des cartographies des PFH du programme MedHab (Cheminée et al., 2020), et des recensements historiques sur la côte (Fig. 3a). Les données de la campagne d'échantillonnage ont été récoltées entre octobre et novembre 2022, sur 3 zones d'études le long de la corniche varoise : la zone du Rayol, des Trois Caps et de Saint Tropez (Fig. 3b). Cette période est propice à l'évaluation des populations de juvéniles de mérous, car cette espèce se reproduit au mois de juillet-août : nous nous attendions ainsi à voir des juvéniles âgés de un an et plus (Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999).

Les scientifiques plongeurs de Septentrion Environnement ont réalisé la mission avec l'appui technique et logistique de la Communauté des communes du Golfe de St-Tropez-Service Espaces maritimes. Au sein de chacune des 3 zones, des segments de 100 mètres présentant un habitat favorables aux juvéniles de mérous ont été pré-identifiés à partir de la cartographie des biocénoses marines et des données bathymétriques : petits fonds de roches et blocs infralittoraux entre 1 et 5 mètres de profondeur, et où des observations de juvéniles de mérous avaient déjà été faites par notre

partenaire technique et logistique, ont été pré-identifiés à partir de la cartographie des biocénoses marines et des données bathymétriques.



Pour les zones de Saint Tropez et des Trois Caps (Fig. 4 et 5), 10 segments de recensement ont été réalisés, et 12 pour la zone du Rayol (Fig. 6). C'est donc un total de 3,2 kilomètres de linéaire de côte, pour une surface d'environ 32000 m², qui ont été échantillonnés par un binôme de plongeurs scientifiques, durant environ 32 heures de plongée en scaphandre autonome.



Figure 4. Segments échantillonnés dans la zone de St Tropez. Les traits rouges représentent les segments de 100 mètres où ont été faits les recensements de poissons (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84).



Figure 5. Segments échantillonnés dans la zone des Trois Caps. Les traits rouges représentent les segments de 100 mètres où ont été faits les recensements de poissons (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84).

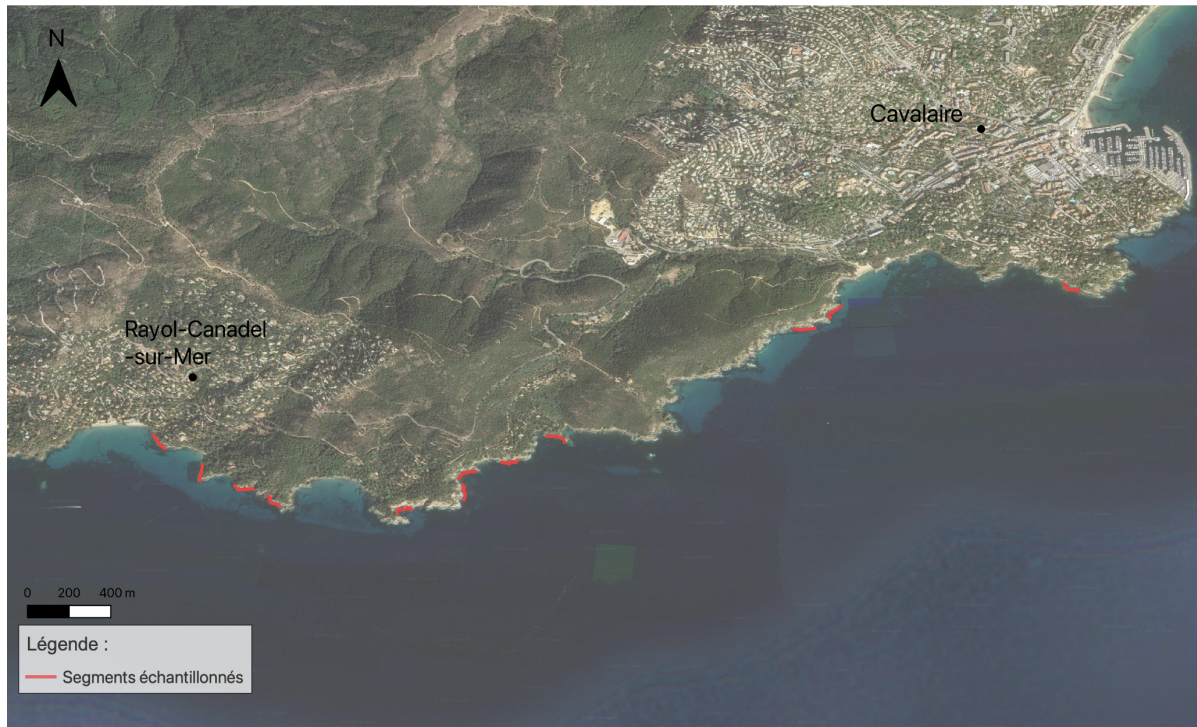


Figure 6. Segments échantillonnés dans la zone du Rayol. Les traits rouges représentent les segments de 100 mètres où ont été faits les recensements de poissons (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84),

2.2. Méthode d'échantillonnage

A. Assemblages de juvéniles de téléostéens (WP1)

Les inventaires *in situ* des juvéniles de téléostéens (espèces autres que les mérous et corbs) ont été réalisés par recensement visuel en plongée scientifique (scaphandre autonome en circuit ouvert). La totalité des inventaires a été réalisée sur la même période. Au sein des 3 zones, pour chaque segment (Fig. 4-6), 6 unités d'échantillonnage ont servi aux recensements visuels. L'unité d'échantillonnage de base consistait en un transect (1 m x 10 m : 10m²). Les transects ont tous été réalisés dans la même tranche de profondeur : entre 2 m et 2,5 m. L'effort d'échantillonnage total comprenait ainsi 192 transects (Fig. 7). Durant ces inventaires, une liste d'espèces cibles pré-déterminée a été utilisée : elle comprenait 33 taxons correspondants aux principales espèces potentiellement présentes dans cet habitat (Tableau 1). Le long de chaque transect, les observateurs ont relevé l'abondance et la taille des individus observés (+/- 0,5 mm LT), conformément aux méthodologies utilisées précédemment dans les études similaires (Cheminée, 2012; Cheminée et al., 2021, 2017, 2011; Harmelin-Vivien et al., 1995). Les recensements visuels se sont focalisés sur les individus juvéniles, selon les critères de taille de la littérature (cf. réf. précédentes).

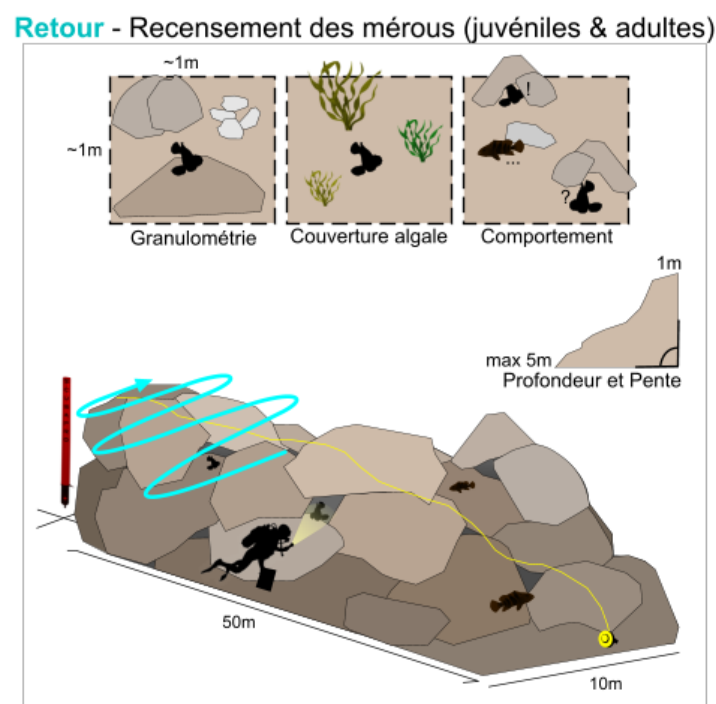
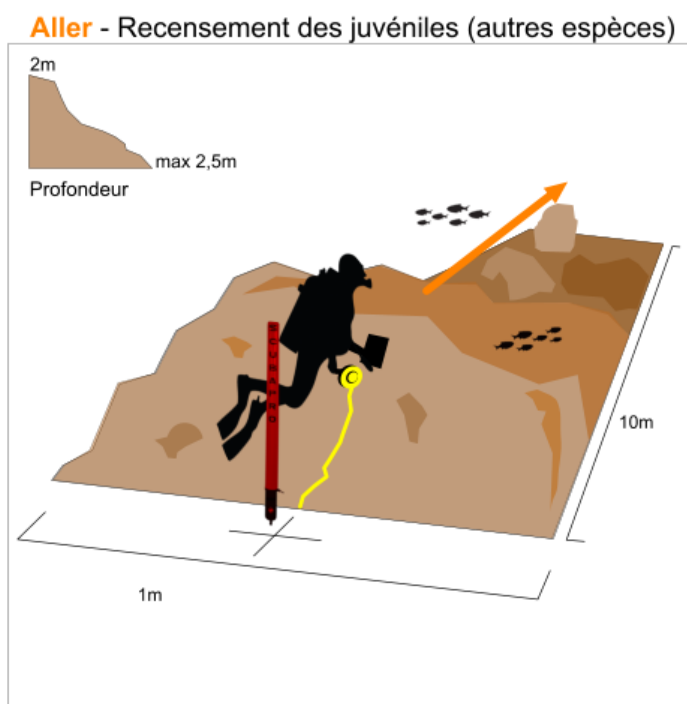
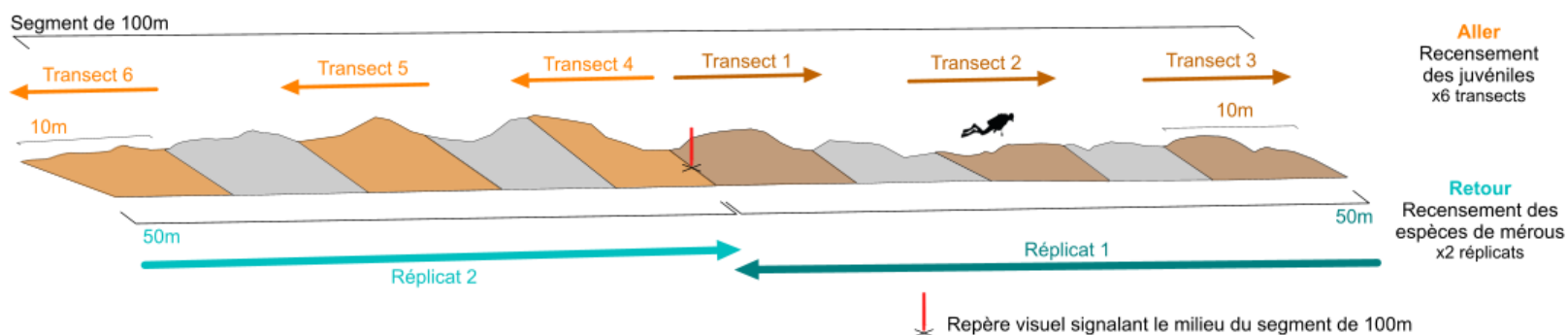


Figure 7. Recensements visuels sous-marins: pour chaque segment, les juvéniles de téléostéens (toutes espèces) sont inventoriés à l'**aller** au sein de 6 répliquats de 1 m x 10 m, tandis que les mérous (adultes et juvéniles) sont recensés au **retour** sur deux répliquats de 10 m x 50 m ; pour chaque individu de mérous, les caractéristiques de l'habitat (granulométrie, couverture algale, profondeur et pente) ainsi que son comportement, sont également décrits (cf. section M&M).

Tableau 1

Liste des espèces visées par les inventaires de juvéniles (espèces autres que mérous et corbs). Les espèces sont classées par famille. Les abréviations 'code' utilisées sur le terrain et les noms communs sont précisés pour chaque espèce.

Famille	Espèces cibles	Nom commun	Code
Labridés	<i>Coris julis</i>	Girelle commune	cj
	<i>Thalassoma pavo</i>	Girelle paon	tp
	<i>Labrus viridis</i>	Labre vert	lv
	<i>Labrus merula</i>	Labre merle	lm
	<i>Symphodus</i> spp.	Crénilabres	ss
Sparidés	<i>Dentex dentex</i>	Denti	dd
	<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	da
	<i>Diplodus cervinus</i>	Sar tambour	dc
	<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu	dp
	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	ds
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	dv
	<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre	pp
	<i>Pagellus</i> spp.	Pageots	pa
	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Canthare ou dorade grise	ca
	<i>Sarpa salpa</i>	Saupe	sp
	<i>Oblada melanura</i>	Oblade	om
	<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	sa
Moronidés	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup ou bar	lx
Pomacentridés	<i>Chromis chromis</i>	Castagnole noire	cc
Apogonidés	<i>Apogon imberbis</i>	Apogon	ai
Serranidés	<i>Anthias anthias</i>	Barbier commun	aa
	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	sca
	<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture	se
Scaridés	<i>Sparisoma cretense</i>	Poisson perroquet de Méditerranée	sce
Sphyrenidés	<i>Sphyaena viridensis</i>	Barracuda	sv
Scorpénidés	<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge	snot
	<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	spor
	<i>Scorpaena scrofa</i>	Rascasse rouge	ssco
Gadidés	<i>Phycis phycis</i>	Mostelle de roche	py
Lophiidés	<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie	lp
Congridés	<i>Conger conger</i>	Congre	co
Mullidés	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget barbet de roche	ms
Muraenidés	<i>Muraena helena</i>	Murène commune	mh

B. Recensement des mérous (adultes et juvéniles) (WP2-3)

Les inventaires *in situ* des juvéniles et adultes de mérous ont également été réalisés par recensements visuels en plongée scientifique (scaphandre autonome en circuit ouvert) lors des mêmes plongées que les inventaires des juvéniles des autres espèces (partie A, Fig. 7). Ce protocole impliquait la réalisation de 2 réplicats par segment, pour chaque zone: après l'inventaire des autres juvéniles (WP1), lors du trajet retour, l'observateur se concentrait sur les individus de mérous. Les réplicats mesuraient 50 m de long, chaque réplicat était parcouru minutieusement en scaphandre autonome sur une profondeur de 1 à 5 m de profondeur, à la recherche des juvéniles et adultes de mérous, avec inspection des cavités et recoins rocheux où pouvaient être dissimulés les petits individus. La largeur moyenne du réplicat était de 10 mètres mais pouvait varier en fonction de la nature de la pente (peu ou très abrupte). Lorsqu'un individu de mérou était localisé, les paramètres de son biotope et le recouvrement en macrophytes étaient relevés : profondeur, granulométrie (complexité abiotique), pente, pourcentage de couverture algale en fonction de la hauteur moyenne de la couverture (0 à 5 cm, 6 à 10 cm, 11 à 15 cm, > 15 cm) (García-Rubies and Macpherson, 1995; Hinz et al., 2019; Le Direac'h et al., 2015) (Tableau 2). La liste d'espèces cibles comprenait 6 taxons correspondants aux espèces de mérous potentiellement présentes dans cet habitat et à une espèce de Sciaenidae, à savoir le corb qui est d'intérêt écologique (Tableau 3). Le long de chaque réplicat, les observateurs ont relevé l'abondance, la taille des individus observés (+/- 0,5 mm LT), et le comportement de ces derniers : fuyant (l'individu s'enfuyait et se cachait dès qu'il apercevait l'observateur), indifférent (l'individu était indifférent à la présence de l'observateur) et curieux (l'individu faisait du sur-place tout en regardant l'observateur) (Bozec et al., 2011). Tous les individus ont été recensés, y compris les adultes.

Tableau 2

Descripteurs de l'habitat et du comportement des individus de mérous relevés sur le terrain (Garcia-Rubies and Macpherson, 1995).

Variables descriptives		Ordre de grandeur correspondant
Complexité abiotique – Catégories de granulométrie	Roche continue	/
	Blocs	>1 m
	Roche moyenne	de 30 cm à 1 m
	Petite roche	de 10 cm à 30 cm
	Galets	de 1 à 10 cm
	Gravier/sable (GS)	<1 cm
Complexité biotique - Catégories de couverture algale en fonction de la hauteur de la strate	A1	0 à 5 cm
	A2	6 à 10 cm
	A3	11 à 15 cm
	A4	> 15 cm
Catégories de comportement	Fuyant	
	Indifférent	
	Curieux	
Profondeur (m)		
Catégories de pente	1	douce (0-15°)
	2	prononcée (16-30°)
	3	raide (31-60°)
	4	très raide (61-90°)
	5	plus de 90°

Tableau 3

Liste des espèces de mérus et corbs visées par les inventaires spécifiques effectués. Les espèces sont classées par famille. Les abréviations 'code' utilisées sur le terrain et les noms communs sont précisés pour chaque espèce.

Famille	Espèces cibles	Nom commun	Code
Serranidés	<i>Epinephelus marginatus</i>	Mérou brun	em
	<i>Epinephelus aeneus</i>	Mérou blanc	eae
	<i>Epinephelus caninus</i>	Mérou gris	eca
	<i>Epinephelus costae</i>	Badèche	eco
	<i>Mycteroperca rubra</i>	Mérou royal	mr
Sciaenidés	<i>Sciaena umbra</i>	Corb	su

2.3 Traitement des données et analyses statistiques

Dans le cas des mérus, après une étude des densités toutes tailles confondues, la répartition des densités (individus juvéniles et adultes) selon la taille (LT) a permis de distinguer les individus de taille S (de 0 à 333 mm), des individus de taille M (de 333 à 666 mm), et les individus de taille L (supérieure à 666 mm). Dans un deuxième temps, après avoir constaté que le nombre d'individus recensés était important dans la classe de taille S (cf. section Résultats), à savoir la classe de taille comportant les plus petits individus de mérus, il a été décidé de répartir les individus de cette classe de taille S dans une nouvelle classification par **sous-classes de tailles**. Une répartition des densités dans des sous-classes de taille XS, S, M, L, XL (nouvelles classes comprenant seulement les individus inférieurs à 340 mm LT) a permis d'apporter de nouveaux éléments à l'analyse. Il est important de rappeler que les individus de ces sous-classes XS, S, et M correspondent aux individus juvéniles (O+ et 1+, c.a.d. de LT < 200 mm) avec plus précisément les juvéniles de l'année (O+) inclus dans les classes XS et S. Les classes de taille supérieure à 200 mm LT (L et XL) correspondent à des individus subadultes (à partir de 200 mm, à savoir la classe L, les individus sont au moins âgés de 2 ans (Harmelin et Harmelin-Vivien, 1999).

L'exploration des tables de données (data-mining et calculs statistiques basiques) ainsi que les représentations graphiques exploratoires (barplots) ont été réalisées grâce au langage R via l'interface R.Studio Version 2022.12.0 (R Core Team, 2017). Les analyses inférentielles ont été réalisées via le logiciel PRIMER 7/PERMANOVA + (Anderson et al., 2008; Clarke and Gorley, 2006). Notamment, la routine PERMANOVA+ a permis l'analyse de variance des descripteurs des populations afin de tester un éventuel effet des variables explicatives (zone). Par ailleurs, les routines DISTLM et dbRDA ont permis de quantifier la corrélation entre paramètres abiotiques et biotiques des micro-habitats avec les descripteurs des populations de juvéniles de mérus afin d'identifier les éventuelles préférences de ceux-ci en termes de micro-habitats.

3. Résultats

WPI : ASSEMBLAGE DES JUVÉNILES DE POISSONS TÉLÉOSTÉENS

3.1. Dominance et fréquence d'occurrence des espèces

Sur la totalité des 192 transects un total de 1419 individus juvéniles ont été recensés, appartenant à 15 espèces des 33 espèces cibles. Sur l'ensemble des transects, les *Symphodus* spp. étaient les plus dominants et représentaient 39 % de l'abondance totale. De plus, la dominance globale des espèces montrait que 6 d'entre elles représentaient 97,5 % de l'abondance totale tous transects confondus. Ces espèces étaient *Symphodus* spp., (39 %), *Oblada melanura* (24 %), *Thalassoma pavo* (11 %), *Sarpa salpa* (11 %), *Diplodus sargus* (8%) et *Coris julis* (4,5 %) (Fig. 8a).

Les résultats ont également révélé que 5 espèces montraient une fréquence d'occurrence d'au moins 10 %. Ainsi, les juvéniles de *Symphodus* spp. ont été recensés dans 57 % des transects, suivi par 4 autres espèces recensées dans au moins 10 % des transects : *T.pavo* (35 %), *D.sargus* (32 %), *C. julis* (19%), et *O. melanura* (12,5 %) (Fig. 8b).

Parmi les espèces cibles, 10 autres d'entre elles présentaient une fréquence d'occurrence inférieure à 2,5 % et 10 autres se sont révélées absentes sur tous les transects. Les espèces absentes étant notamment la famille des *Syngnathidae* spp., les espèces cryptiques telles que les rascasses rouges et brunes, les pagres et les pageots, ainsi que le canthare *S. cantharus* (Fig.8b)

Lorsque l'on s'est intéressé à la fréquence d'occurrence des différentes espèces en fonction de la zone étudiée (Figure 9), on a observé que certaines espèces avaient plus fréquemment été observées dans certaines zones. En ce qui concerne les 6 espèces dominantes du cortège, les *Symphodus* spp. étaient pour chaque zone l'espèce avec la plus forte fréquence d'occurrence alors que les girelles paons (*T. pavo*) ont elles été deux fois plus observées dans la zone du Rayol que dans la zone de Saint Tropez, avec respectivement une fréquence d'occurrence de 49 % contre 25%. Le sar commun (*D. sargus*) a également été plus fréquemment observé dans la zone des Trois Caps (47 %) que dans les deux autres zones, alors que les girelles communes (*C. julis*) avaient une fréquence d'occurrence inférieure à 20 % dans les zones du Rayol et des Trois Caps, et supérieur à 30% dans la zone de Saint Tropez (Fig. 9).

Nous avons également remarqué que parmi les 15 espèces observées au moins dans un transect sur les 192 transects, certaines étaient totalement absentes dans certaines zones comme notamment dans la zone de Saint Tropez où n'ont pas été observées les saupes (*Sarpa salpa*), les sars à museau pointu (*Diplodus puntazzo*), les murènes (*Muraena helena*), les labres merle (*Labrus merula*), les apogons (*Apogon imberbis*) ni les mulets (*Mullus surmuletus*). Les juvéniles de crénilabres étaient l'espèce la plus fréquemment observée dans toutes les zones (Rayol : 47%, Trois Caps : 57 %; Saint Tropez : 67 %), suivi de la girelle paon sur les zones du Rayol (47%) et des Trois Caps (30%).

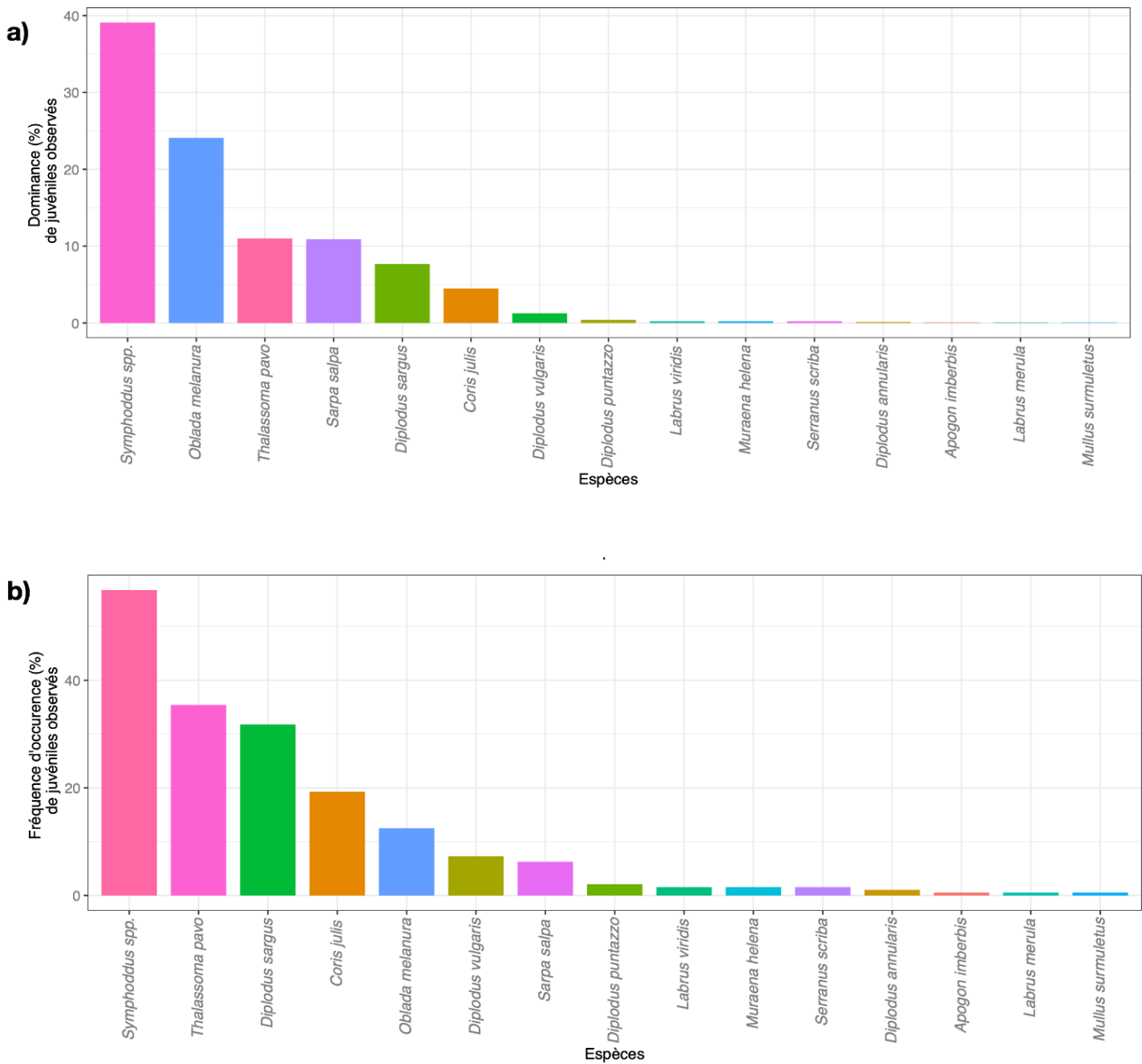


Figure 8. a) Dominance des juvéniles (%) de chaque espèce sur l'ensemble des aires, des habitats et des niveaux de protection. La hauteur des barres correspond au pourcentage de juvéniles observés d'une espèce par rapport aux effectifs totaux. **b)** Fréquence d'occurrence (%) des juvéniles de chaque espèce sur l'ensemble des aires, des habitats et des niveaux de protection. La hauteur des barres correspond au pourcentage de transects où l'espèce de juvéniles a été observée (au moins une fois).

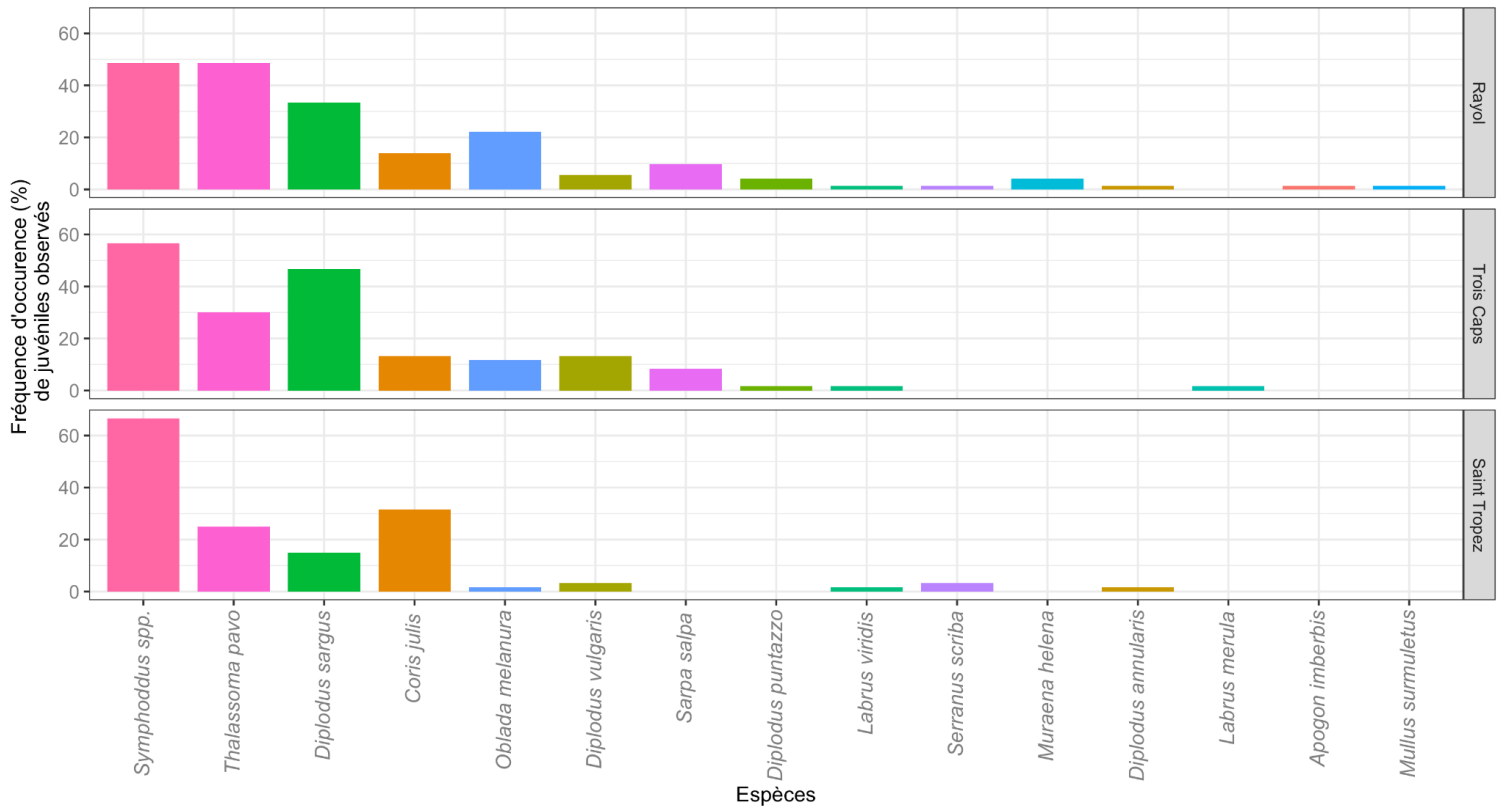


Figure 9. Fréquence d'occurrence (%) des juvéniles de chaque espèce par zone (Rayol, Trois Caps et Trois Caps). La hauteur des barres correspond au pourcentage de transects où l'espèce de juvéniles a été observée (au moins une fois).

3.2. Variabilité des assemblages de juvéniles en fonction de la zone

3.2.1. Assemblage des espèces de juvéniles de poissons

Le facteur zone s'est avéré significatif pour l'étude de la composition relative de l'assemblage de l'assemblage de juvéniles de poissons en termes de densité par espèces (PERMANOVA, $p = 0,001$). La composition relative variait significativement entre le Rayol et Trois Caps, ainsi qu'entre le Rayol et Saint Tropez (test pair-wise, $p < 0,05$) (Figure 10). On a également remarqué que la composition relative de l'assemblage était significativement différente entre Saint Tropez et Trois Caps (test pair-wise, $p < 0,05$). Plus précisément la dissimilarité entre les assemblages du Rayol et Saint Tropez s'expliquait notamment par les abondances de trois espèces *Symphodus spp.*, *Thalassoma pavo* et *Oblada melanura* qui chacune contribuaient respectivement à hauteur de 38%, 20% et 14 % à la dissimilarité entre les deux zones. Pour ce qui est de la dissimilarité entre le Rayol et Trois Caps, elle s'expliquait également par les abondances des trois espèces précédentes (*Symphodus spp.*, *T. pavo* et *O. melanura*) avec des contributions respectives de 31%, 18% et 18% mais également par l'abondance d'une quatrième espèce qui était *Diplodus sargus* avec une contribution à la dissimilarité entre zone de 13%. Enfin pour ce qui est de la dissimilarité entre les zones de Saint Tropez et des Trois Caps, elle s'expliquait principalement par les abondances de 3 espèces qui étaient *Symphodus spp.*, *Thalassoma pavo* et *Diplodus sargus* qui chacune contribuaient respectivement à hauteur de 40 %, 13% et 12% à la dissimilarité entre les deux zones.

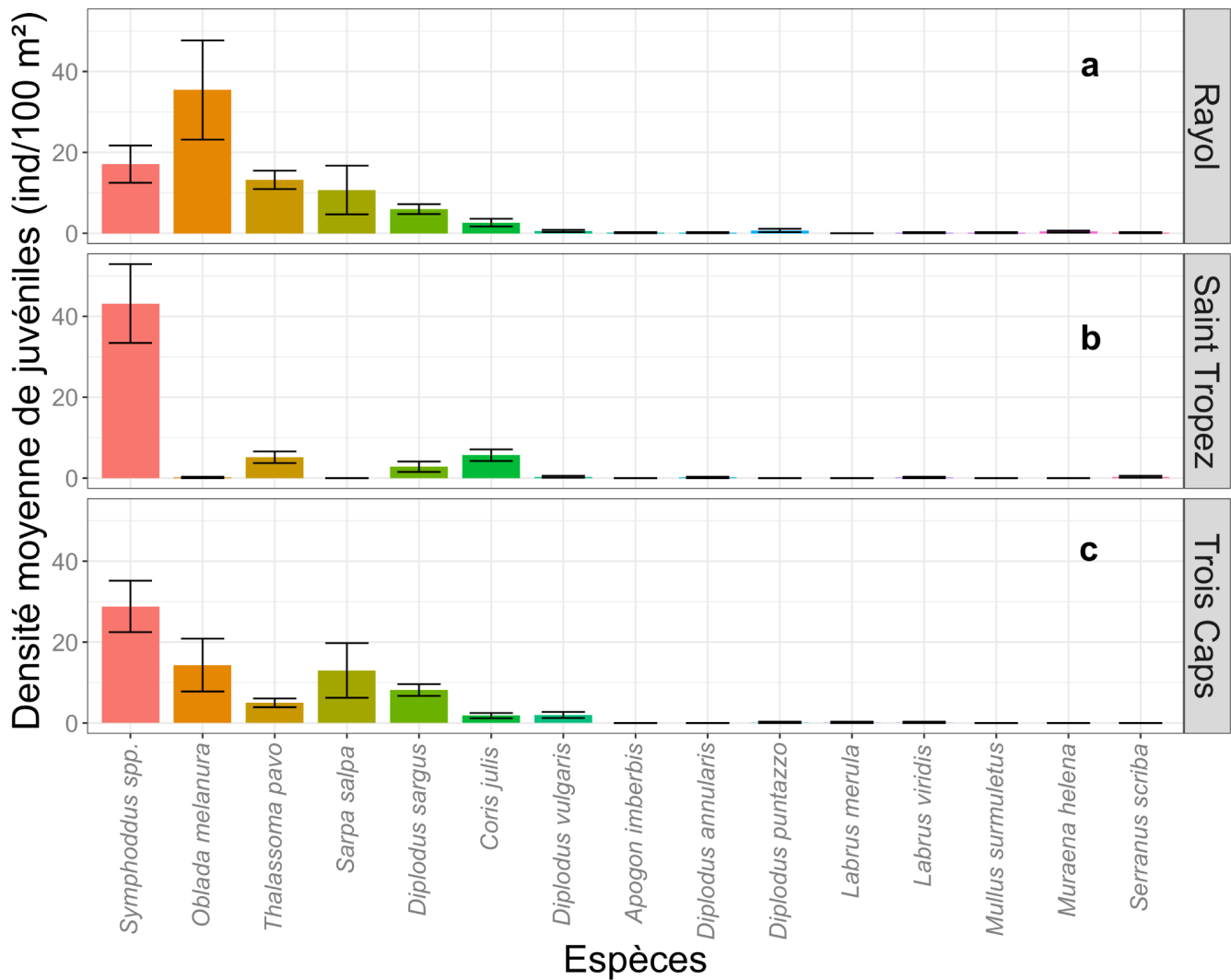


Figure 10. Densité moyenne (ind/100 m²) de chaque espèce par zone (Rayol, Saint Tropez et Trois Caps), (moyenne et erreur standard (SE)). La hauteur des barres représente la densité moyenne de chaque espèce en fonction de la zone d'étude. Les barres noires représentent l'erreur standard. Résultats des tests pair-wise : deux traitements présentant des lettres différentes présentent des différences significatives en termes d'assemblage. Seules les 15 espèces cibles recensées au moins une fois sont prises en compte dans le graphique.

En ce qui concerne la richesse spécifique (nombre d'espèces différentes) par réplicat, en moyenne par zone, elle ne variait pas significativement d'une zone à l'autre (ANOVA, $p = 2e-06$) et était de 2 espèces en moyenne par transect avec un maximum de 5 espèces sur certains transects (Fig. 11a). En revanche, au sein des zones, la richesse spécifique par transect moyenne variait significativement en fonction des segments (ANOVA, $p < 0,001$) (Fig. 11b).

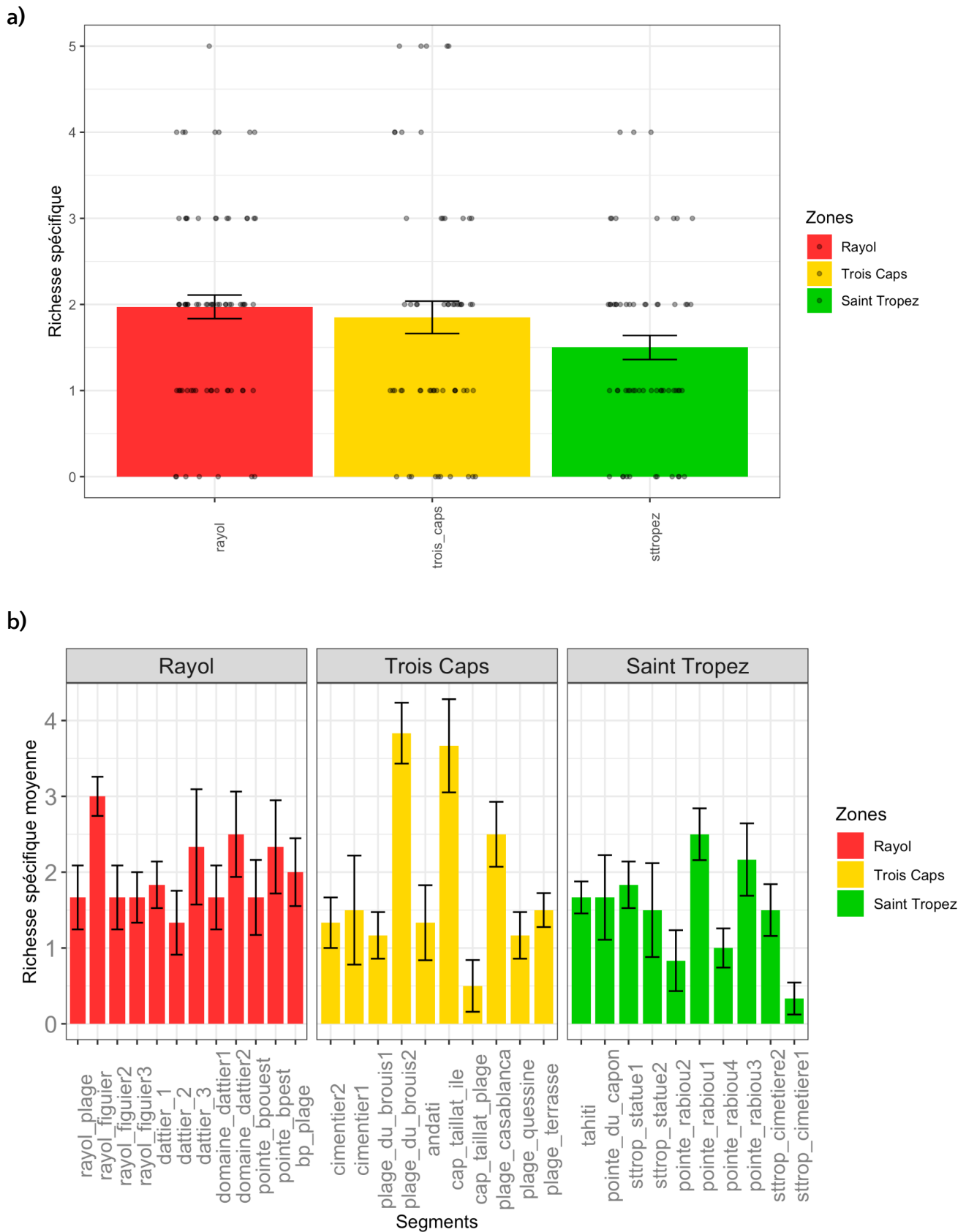


Figure 11. a) Richesse spécifique par transect moyennée en fonction de la zone : les points gris représentent les valeurs par transects. **b)** Richesse spécifique par transect moyennée par segment (moyenne et erreur standard (SE)).

Pour ce qui est de la densité totale de juvéniles par transect (toutes espèces confondues), sa moyenne par zone ne variait pas significativement d'une zone à l'autre (Fig. 12a), en revanche les valeurs entre segments au sein des zones étaient disparates (Fig. 12b) avec une moyenne par segment minimum de 7 (ind/100 m²) pour un segment dans la zone des Trois Caps (cap_taillat_plage) et maximum de 245 (ind/100 m²) pour un segment dans la zone du Rayol (dattier_3).

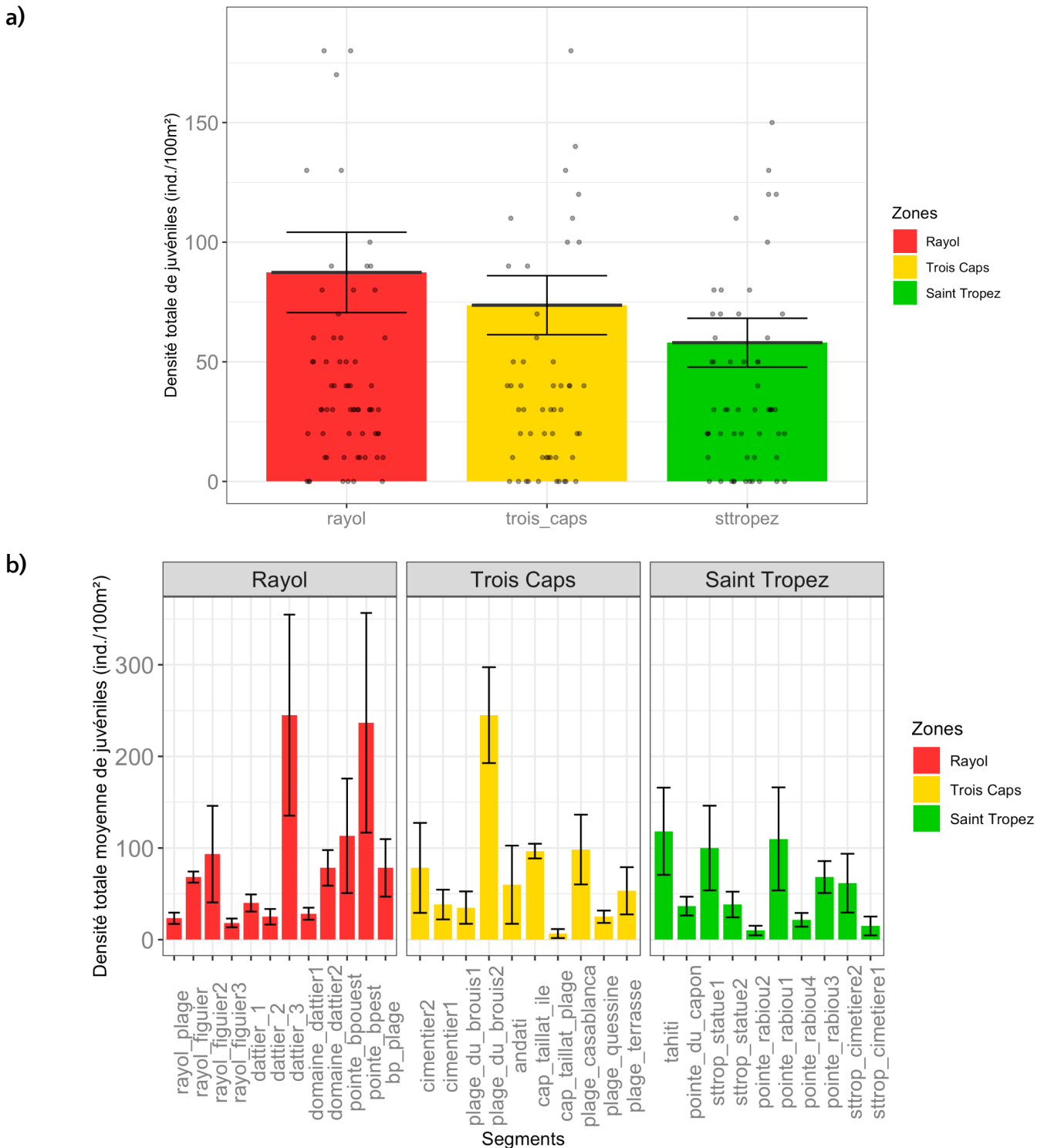


Figure 12. a) Densité totale de juvéniles (ind/100 m²) par transect moyennée par zone: les points gris représentent les valeurs de chaque transect **b)** Densité totale de juvéniles (ind/100 m²) par transect moyennée par segment (moyenne et erreur standard (SE)).

3.2.2. A l'échelle du taxon : espèces dominantes

Pour les 5 taxons qui montraient une fréquence d'occurrence d'au moins 10 % toutes zones confondues (c'est à dire : *Symphodus* spp., *Thalassoma pavo*, *Diplodus sargus*, *Coris julis*, et *Oblada melanura*) (Fig. 8b), des analyses détaillées ont été appliquées.

Il existait un effet significatif de la zone sur les densités taxa-spécifique des six taxons: *Symphodus* spp. (ANOVA, $p = 0.0298$), *D. sargus* (ANOVA, $p = 0.0224$), *C. julis* (ANOVA, $p = 0.0319$), *O. melanura* (ANOVA, $p = 0.0152$) et *T. pavo* (ANOVA, $p=0.000797$).

Les crénilabres *Symphodus* spp., observés dans toutes les zones et étant l'espèce dominante sur 2 des 3 zones d'études (Fig. 10), avaient des densités significativement plus fortes dans la zone de Saint Tropez par rapport au Rayol (Tuckey, $p < 0,05$). Toutefois, aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne les densités des juvéniles de crénilabre entre les zones du Rayol et des Trois Caps, ainsi qu'entre les zones des Trois Caps et de Saint Tropez (Tuckey, $p > 0,05$) (Fig.13a).

Pour le **sar commun *D. sargus***, observés dans toutes les zones (Fig.10), nous avons observé que les juvéniles présentaient des densités significativement plus élevées sur la zone des Trois Caps par rapport à la zone du Rayol (Tuckey, $p < 0,05$) mais ne montraient pas de différence significative entre la zone du Rayol et des Trois Caps (Tuckey, $p > 0,05$) (Fig. 13b).

Les juvéniles de **girelle commune (*C. julis*)**, présentaient des densités significativement plus fortes dans la zone des Trois Caps par rapport à la zone de Saint Tropez (Tuckey, $p < 0,05$). Entre les zones du Rayol et de Saint Tropez, et les zones des Trois Caps et du Rayol, les densités étaient pour cette espèce étaient similaires (Tuckey, $p > 0,05$) (Fig. 13c).

Les densités de **juvéniles de *Thalassoma pavo* (girelle paon)**, étaient pour la zone du Rayol significativement plus élevées par rapport aux deux autres zones d'étude (Tuckey, $p < 0,05$) qui elles présentaient des densités de juvéniles similaires (Fig. 13d).

Pour ***Oblada melanura* (oblades)** qui était la deuxième espèce la plus abondante dans la zone des Trois Caps et la deuxième dans la zone du Rayol (Fig. 10), elles présentaient des densités de juvéniles significativement plus fortes dans la zone du Rayol par rapport à la zone de Saint Tropez (Tuckey, $p < 0,05$). Les densités entre la zone des Trois Caps et du Rayol étaient elles similaires et ne variaient pas significativement (Tuckey, $p > 0,05$) (Fig. 13e).

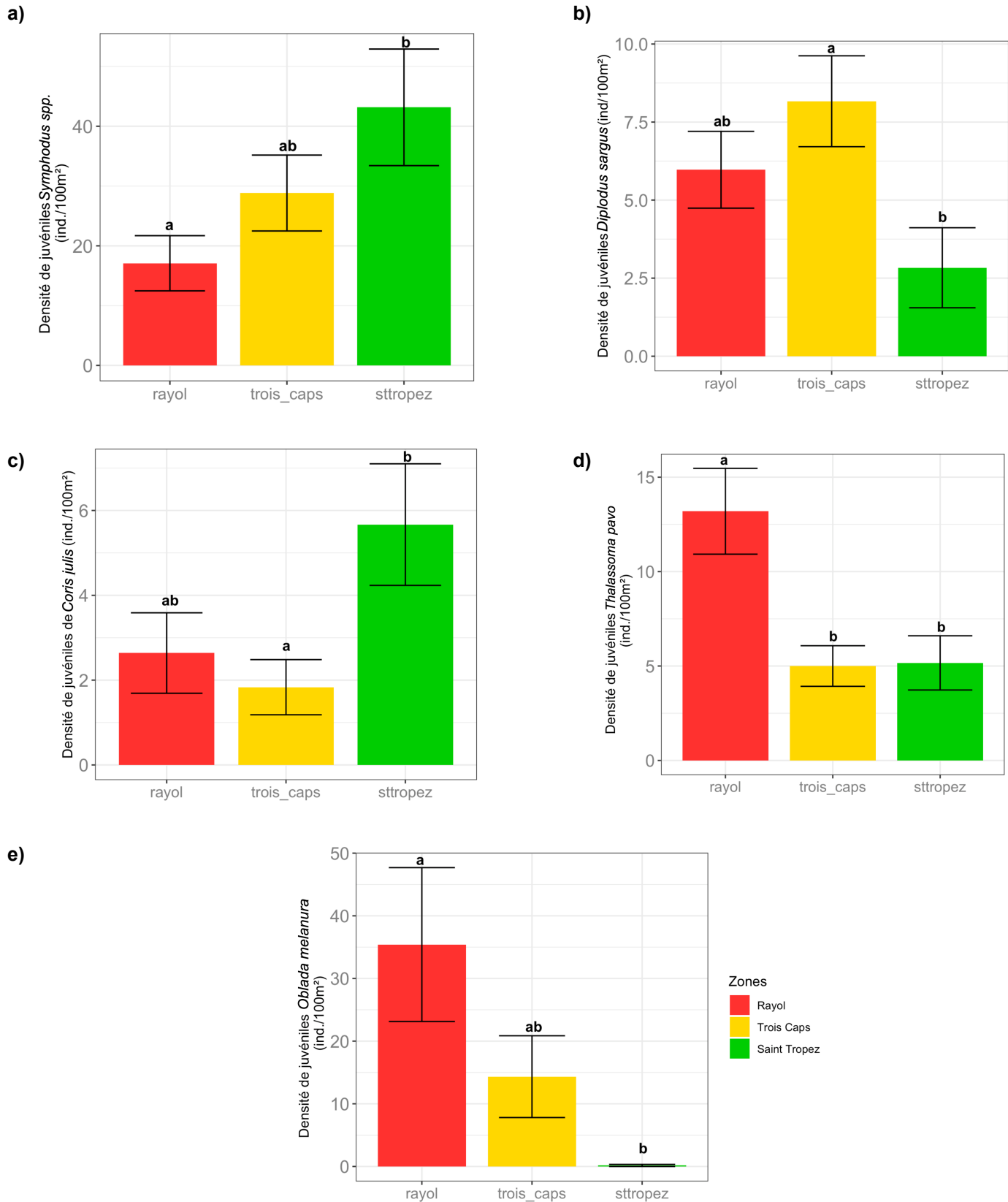


Figure 13. a) Densité totale de juvéniles *Symphodus* spp. (ind/100 m²) par transect moyennée par zone ; b) Densité totale de juvéniles *Diplodus sargus* (ind/100 m²) par transect moyennée par zone ; c) Densité totale de juvéniles *Coris julis* (ind/100 m²) par transect moyennée par zone ; d) Densité totale de juvéniles *Thalassoma pavo* (ind/100 m²) par transect moyennée par zone ; e) Densité totale de juvéniles *Oblada melanura* (ind/100 m²) par transect moyennée par zone. La barre noire représente l'erreur standard. Résultats des tests pair-wise : deux traitements présentant au moins une lettre en commun ne présentent pas de différences significatives en termes de densité.

3.3. Variabilité des densités relatives par classe de tailles en fonction de la zone à l'échelle du taxon

Les analyses statistiques ont révélé que les patrons de répartition par classe de taille ne variaient pas significativement en fonction de la zone (PERMANOVA, $p > 0,05$), pour tous les 6 taxons dominants étudiés en détail.

WP2 : RECENSEMENT DES MÉROUS ET CORBS

Lors de l'échantillonnage, un total de 43 individus (38 mérous bruns et 5 corbs) a été recensé toutes zones confondues, pour les 32000 m² inventoriés (Voir Fig. 23 à 26 dans la section [Synthèse et conclusions](#)). Parmi les individus de mérous (*E. marginatus*), nous avons fait la distinction entre les individus juvéniles, les individus dits "jeunes adultes" et les individus adultes (cf. M&M), tandis que les cinq individus de corbs qui ont été inventoriés étaient tous adultes. L'analyse réalisée ci-après n'incorpore pas ces derniers car trop peu nombreux. Aucune autre espèce de mérou n'a été observée durant cette campagne de terrain. Les données propres aux mérous bruns (*E. marginatus*) (désignés ci-après par le simple terme de "mérou") ont donc été traitées indépendamment.

3.4. Densité totale moyenne propre aux mérous (ind/100m²)

La densité totale moyenne (ind/100m², moyenne \pm erreur standard) propre aux mérous (toutes tailles confondues) ne différait pas entre zones (PERMANOVA, $p > 0,05$), même si elle semblait plus importante dans la zone du Rayol que dans les deux autres zones (Trois Caps et St Tropez) (Fig. 14a). Au sein d'une même zone, la densité totale des mérous différait entre les segments (PERMANOVA, $P = 0,032$) ; ainsi dans la zone de Rayol, la densité totale moyenne était plus importante dans les segments Rayol-Figuier 2 et Dattier 2 (respectivement 0.6 ind/100m² \pm 0.2 et 0.5 ind/100m² \pm 0.1) (Fig. 14b). Dans la zone des Trois Caps, la densité totale moyenne était plus importante dans le segment Plage de Brouis 2 (0.4 ind/100m² \pm 0.2) qui n'était pas significativement différent du segment Andati. Dans la zone de St Tropez, c'était le segment Pointe Rabiou 4 qui avait une densité totale moyenne plus élevée (0.4 ind/100m² \pm 0.2) mais qui n'était pas significativement différent du segment Pointe du Capon.

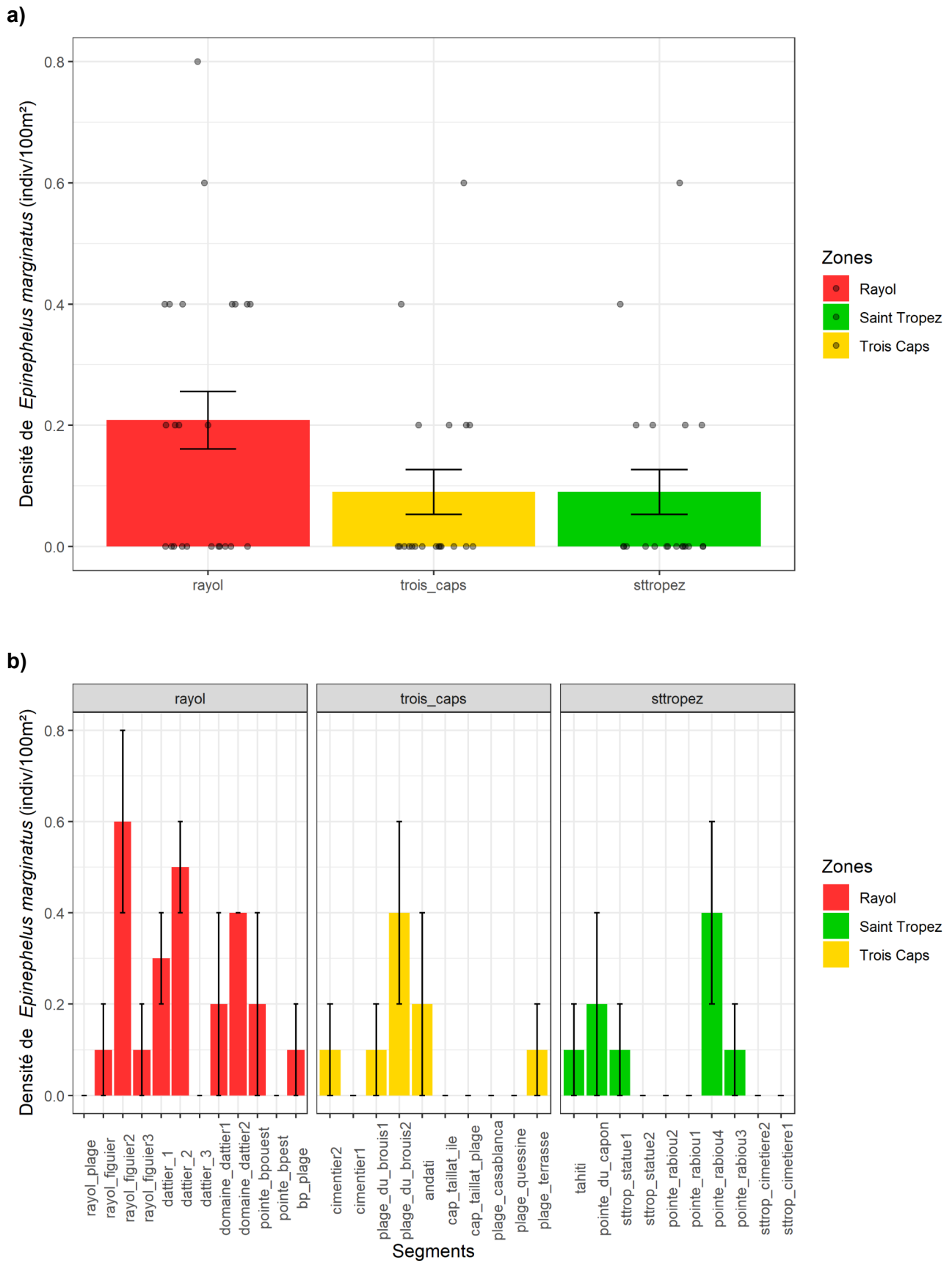


Figure 14. Densité totale moyenne des mérous (toutes classes de taille, ind/100m²) en fonction **a)** de la zone étudiée (Rayol, Trois Caps ou Saint Tropez), **b)** des différents segments répartis dans chacune de ces zones. La hauteur des barres représente la densité totale moyenne par traitement. Les barres noires représentent l'erreur standard. Les points représentent la densité totale moyenne par segment des différentes zones.

3.5. Biomasse totale propre aux mérus (g/100m²)

3.5.1. Biomasse totale avec la présence d'un outlier* (mérus mesurant 1m)

Dans la zone de Rayol, la biomasse totale moyenne tendait à être plus importante que dans les deux autres zones (Fig. 15a) (225,48 ±182,20 g/100m² contre 11,97 ±6,26 g/100m² pour la zone des Trois Caps et 50,70 ±36,01 g/100m² pour la zone de St-Tropez), mais globalement ces différences entre zones n'étaient pas significatives (PERMANOVA, p = 0,256). Au sein d'une même zone, la biomasse totale ne différait pas significativement entre les segments (PERMANOVA, p = 0,262) (Fig. 15b), bien qu'une biomasse particulièrement importante (4375,27 g/100m²) a été observée dans le segment Dattier 1 (situé dans la zone de Rayol).

Cette grande valeur de la biomasse était associée à un individu adulte d'une taille de 1 mètre (TL - visible sur la Fig. 15a). Les mêmes analyses ont donc été ci-dessous réitérées en retirant cet individu du jeu de données.

3.5.2. Biomasse totale sans considérer l'individu outlier (mérus mesurant 1m)

Lorsque l'individu d'un mètre a été écarté de l'analyse de la biomasse totale, les valeurs propres à chaque zone variaient sensiblement et étaient plus homogènes. Les zones de Rayol et de Saint Tropez n'affichaient plus une aussi grande différence en termes de valeur moyenne de biomasse (Fig 16a). La biomasse totale de la zone de Saint Tropez était dans ce cas plus importante que celle de la zone de Rayol (respectivement 50,70 ±36,01, et désormais 48,14 ±25,58 g/100m²). Néanmoins cette différence restait non significative (PERMANOVA, p = 0,281). La moyenne de la biomasse totale pour la zone des Trois Caps restait la plus faible. L'examen des valeurs de biomasse individuelles (points sur le barplot) a permis de souligner la présence de nombreux individus de faible biomasse (inférieure à 100g) correspondant à de jeunes individus (Fig. 16).

La biomasse totale pour cette espèce observée à l'échelle du segment était différente selon les zones considérées (Fig. 16b). Dans la zone de Rayol, après retrait de l'individu de 1 m TL, les moyennes de biomasse dans chaque segment étaient du même ordre que celles dans les deux autres zones et ainsi plus facilement comparables. En écartant cet individu, on a pu s'apercevoir par exemple de la plus forte biomasse totale présente dans le segment Pointe Rabiou 4 (zone de St Tropez, 356,27±352 g/100m²), résultat qui n'était que peu visible auparavant. Néanmoins ce segment n'était pas significativement différent des autres segments de la zone (PERMANOVA, pas de différence significative entre segment : p=0,324). Au sein de la zone de Rayol, le segment Pointe BpOuest comportait la plus grande biomasse totale moyenne, bien que cette différence n'était pas statistiquement significative. Enfin, la biomasse totale au sein des segments de la zone des Trois Caps était peu importante par rapport aux deux autres zones, avec beaucoup de segments comportant une biomasse totale nulle.

* En statistique, un outlier est défini comme une valeur anormale et extrême comparée au reste du jeu de données.

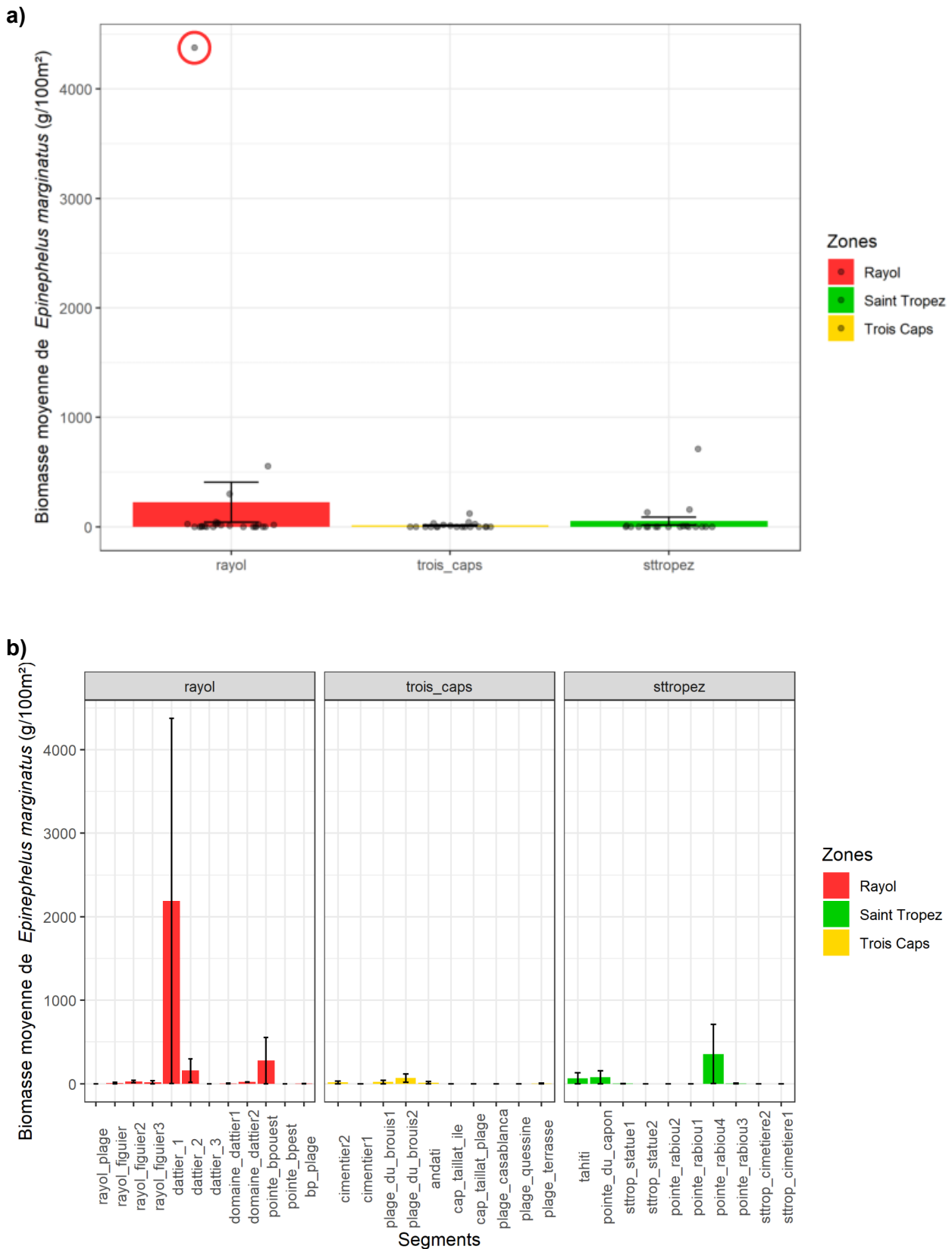


Figure 15. Biomasse totale moyenne des mérous (g/100m²) en fonction de a) la zone étudiée (Rayol, Trois Caps ou Saint Tropez), b) des différents segments répartis dans chacune de ces zones. La hauteur des barres représente la biomasse totale moyenne par zone. Les barres noires représentent l'erreur standard. Les points représentent la biomasse totale moyenne de chaque segment des différentes zones. Le cercle rouge identifie la valeur de la biomasse correspondant à la présence d'un individu isolé de grande taille (1 m).

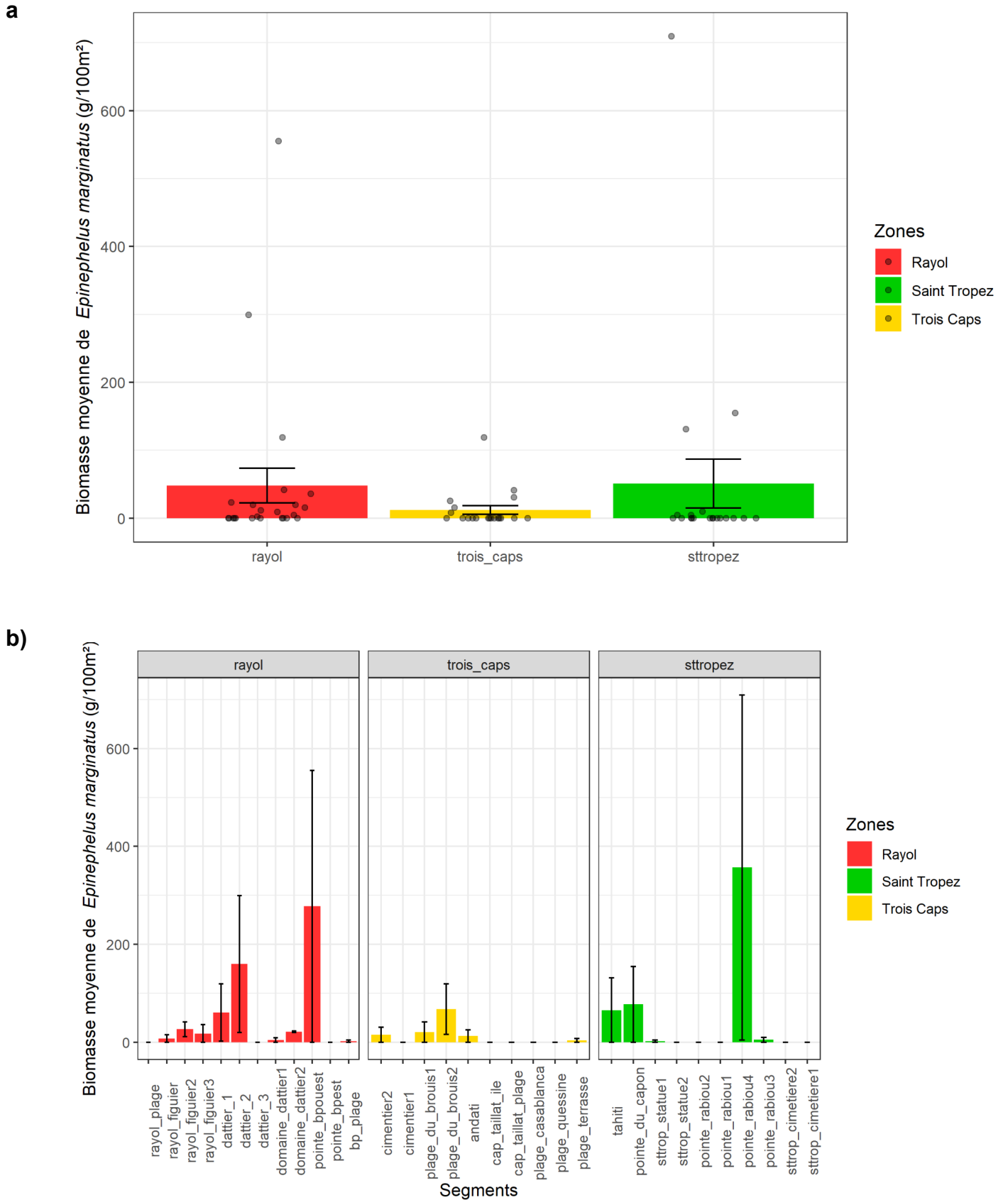


Figure 16. Biomasse totale moyenne des mérous en écartant l'individu d'un mètre (TL) (g/100m²) en fonction **a)** de la zone étudiée (Rayol, Trois Caps ou Saint Tropez), **b)** des différents segments répartis dans chacune de ces zones. La hauteur des barres représente la densité totale moyenne par zone. Les barres noires représentent l'erreur standard. Les points représentent la biomasse totale moyenne de chaque segment des différentes zones.

3.6. Répartition par classe de taille sur l'ensemble des individus de mérus, adultes et juvéniles (S, M, L)

3.6.1. Densité totale (indiv/100m²)

La répartition des densités dans les classes de taille S, M, L (classes comprenant toutes les tailles dont celles d'individus adultes) a permis de distinguer les individus de taille S (de 0 à 333 mm), des individus de taille M (de 333 à 666 mm), des individus de taille L (supérieure à 666 mm), quelle que soit la zone considérée (Fig 17a). La classe de taille S présentait des effectifs plus nombreux que les deux autres classes de taille (M et L), quelque soit la zone considérée (PERMANOVA, interaction zone x classe non significative, $p=0.143$). Seule la zone de Rayol présentait des individus de la classe de taille L (Fig 17b). Les autres zones en étaient dépourvues. Les densités de classe de taille M étaient peu importantes (zone de Rayol et St Tropez) voire nulles (zone des Trois Caps) (Fig. 17b).

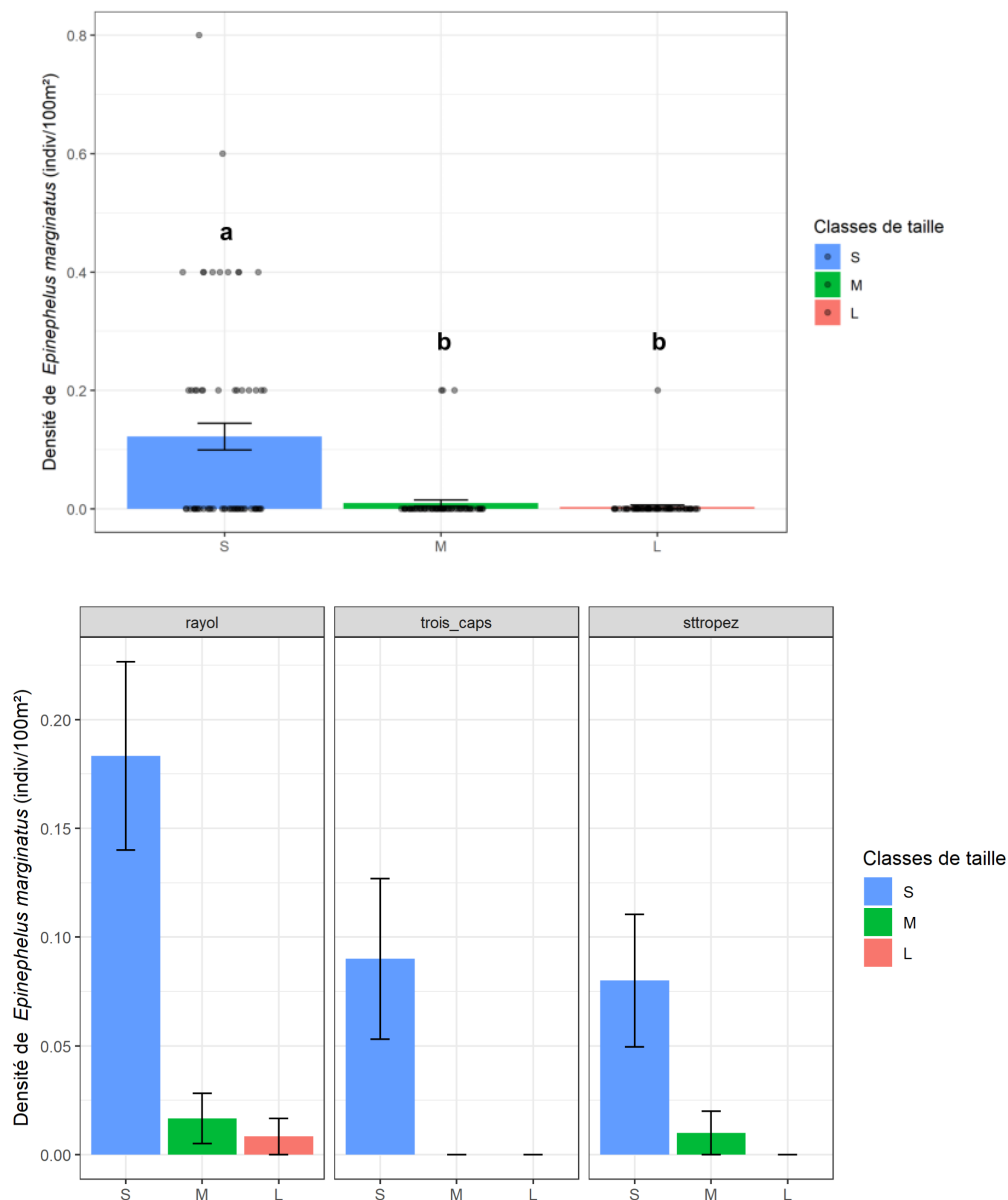


Figure 17. Répartition de la densité totale en différentes classes de taille, à savoir petite (S, de 0 à 333 mm), moyenne (M, de 333 à 666 mm), et large (L, supérieure à 666 mm); **a)** Densité par classe de tailles (S, M, L) totale et **b)** Densité par classe de tailles (S, M, L) en fonction des zones d'étude (Rayol, Trois Caps et St Tropez). La hauteur des barres représente la densité moyenne totale ou par zone. Les barres noires représentent l'erreur standard. Les points représentent la densité totale moyenne de chaque zone.

3.7. Focus sur la répartition en classes de tailles concernant les petits individus de mérus (<340 mm TL, de XS à XL)

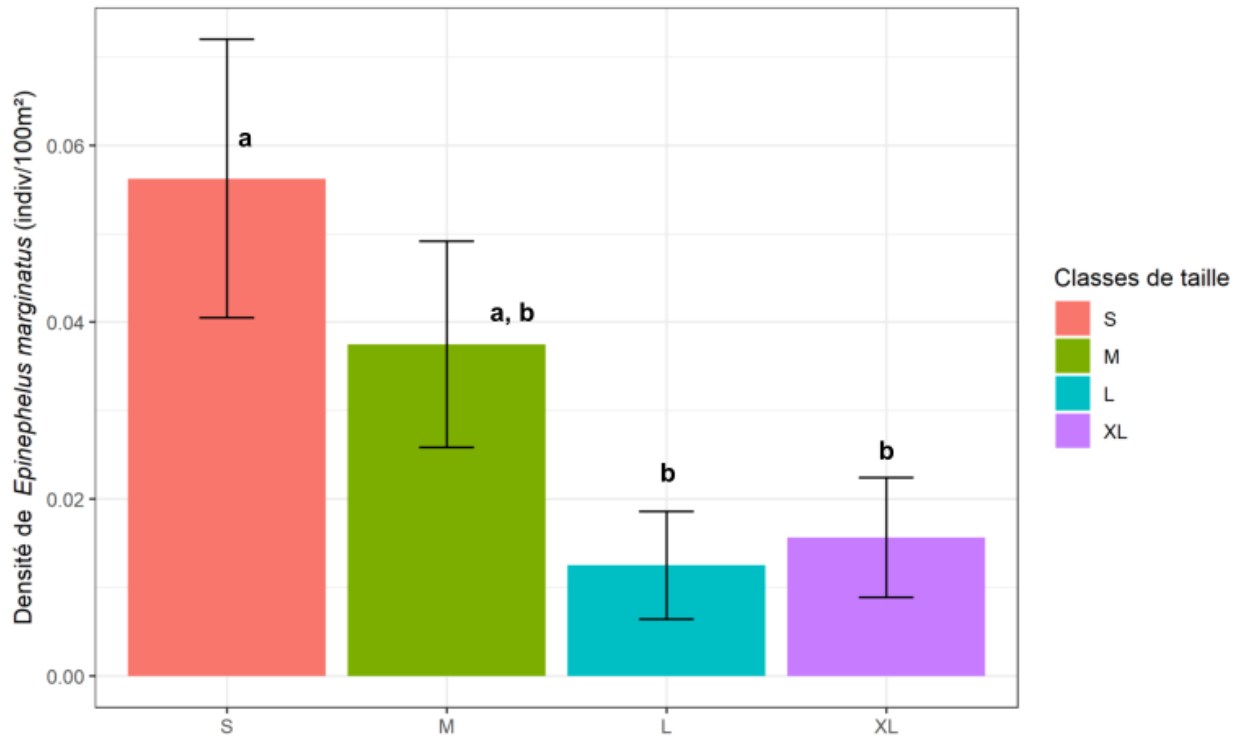
Après avoir constaté - avec la répartition de la densité en classe de taille comprenant l'ensemble des individus (de juvéniles à adultes - S, M, L) - que le nombre d'individus recensés était important dans la classe de taille S, à savoir la classe de taille comportant les plus petits individus de mérus, il a été décidé de répartir les individus de cette classe de taille S dans une nouvelle classification par tailles. Une répartition des densités dans les classes de taille XS, S, M, L, XL (classes comprenant seulement les individus inférieurs à 340 mm, cette dernière et les tailles supérieures n'étant pas comprises dans l'analyse - cf M&M) a permis d'apporter de nouveaux éléments à l'analyse. Il est important de rappeler que les individus des classes XS, S, et M correspondent aux individus juvéniles (0+ et 1+, c.a.d. de LT < 200 mm) avec plus précisément les juvéniles de l'année (0+) inclus dans les classes XS et S. Les classes de taille supérieure à 200 mm LT (L et XL) correspondent à des individus subadultes (à partir de 200 mm, à savoir la classe L, les individus sont au moins âgés de 2 ans - cf. section [2. Matériels et Méthodes](#)).

3.7.1. Densité totale (indiv/100m²)

Des différences de densités entre classes de taille (XS à XL) ont pu être constatées qu'importe la zone observée (PERMANOVA, $p = 0.05$; Fig. 18a). Ainsi, nous avons observé qu'aucun individu de classe XS (inférieur à 60 mm) n'était présent dans notre jeu de données, quelque soit la zone étudiée. Toutes zones confondues, la densité moyenne de la classe de taille S ($60 \leq LT < 130$ mm) était la plus importante comparée aux densités des autres classes, avec une différence significative avec les classes de taille L et XL mais non significative avec la classe de taille M. L'effet de l'interaction entre les classes de taille (de XS à XL) et la zone sur les densités était proche de la limite de significativité (PERMANOVA, $p=0.075$; Fig. 18b).

Cette tendance générale a aussi pu être observée pour les zones de Rayol et de Trois Caps avec cependant des différences de significativité entre classe (aucune différence n'était significative dans la zone des Trois Caps). La zone de St Tropez différait des deux autres. En effet, la densité de la classe de taille M semblait inférieure à celle des classes de taille L et XL dans cette zone. Toutefois, la densité de la classe de taille S était aussi importante que la classe de taille L. Dans cette zone, aucune différence entre classe de taille en termes de densité n'était significative (Fig. 18b).

a)



b)

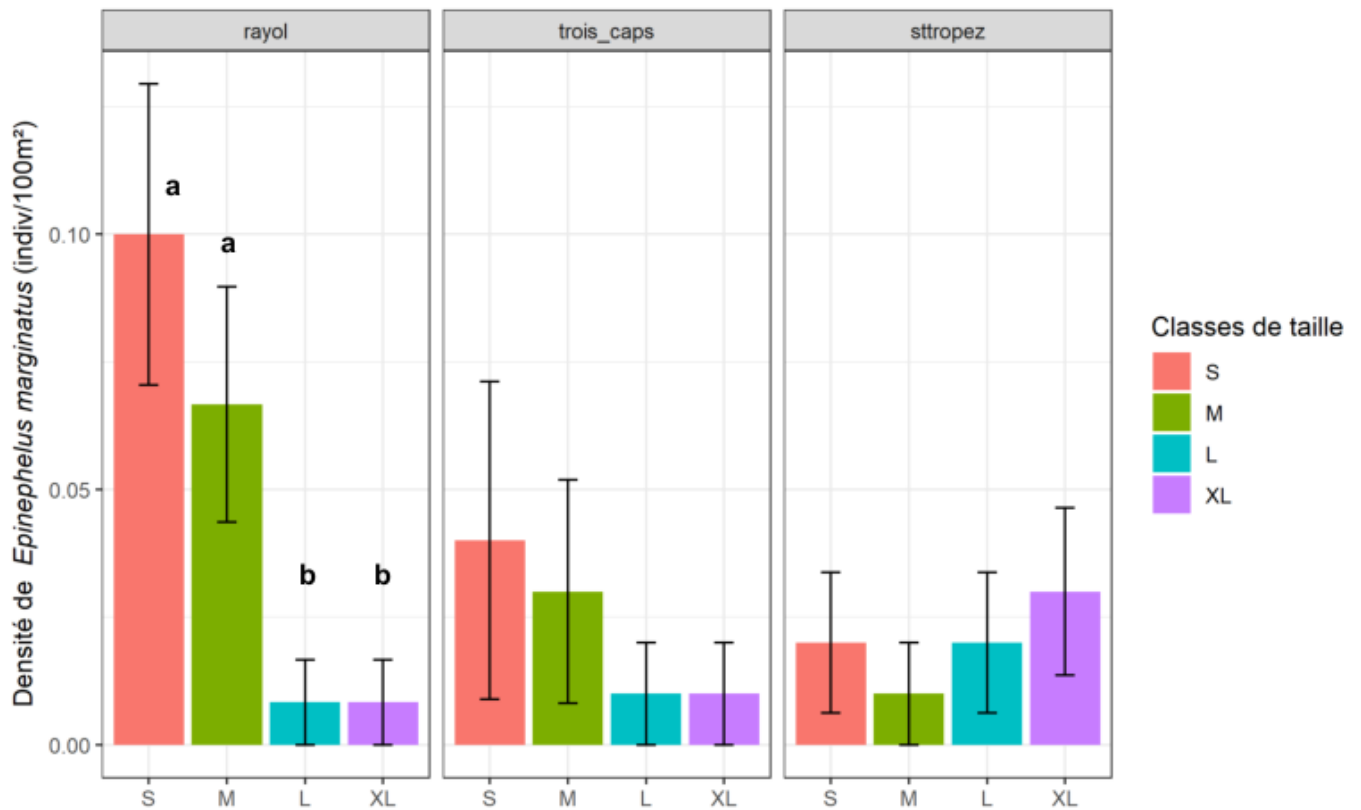


Figure 18. Répartition de la densité totale des petits mérous bruns en différente classe de taille, à savoir XS (TL < 60 mm), S (60 ≤ TL < 130 mm), M (130 ≤ TL < 200 mm), L (200 ≤ TL < 270 mm) et XL (270 ≤ TL < 340 mm); **a)** Densité par classe de tailles (XS, S, M, L, XL) totale et **b)** Densité par classe de tailles (XS, S, M, L, XL) en fonction des zones d'étude (Rayol, Trois Caps et St Tropez). La hauteur des barres représente la densité moyenne totale ou par zone. Les barres noires représentent l'erreur standard. Les points représentent la densité totale moyenne de chaque zone. Résultats des tests pair-wise : deux traitements présentant au moins une lettre en commun ne présentent pas de différences significatives en termes de densité.

WP3 : COMPRENDRE LES PRÉFÉRENCES DE MICRO-HABITATS DES INDIVIDUS DE MÉROUS

Au sein de ces trois zones, le micro-habitat (granulométrie et hauteur de la couverture algale) a été relevé pour chaque individu recensé. De plus, le comportement propre à chaque mérou a aussi été rapporté. Ainsi, une analyse corrélant les densités par classes de taille S, M, L (celles comprenant tous les individus) et de XS à XL (celles se focalisant sur les petits individus, de taille inférieure à 340 mm) en fonction du type de micro-habitat utilisé a pu être réalisée. Dans un dernier temps, une analyse sur le comportement des individus juvéniles de mérous (de 0 à 200 mm) en lien avec les préférences de micro-habitat a pu être faite. Ce WP3 ne s'axait que sur les présences/absences par classe de taille ou par comportement. Les autres variables réponses n'ont pas été considérées.

3.8. Etude de l'effet des descripteurs du micro-habitat propres à chaque individu de mérou

3.8.1. Présences / absences par classe de taille S, M, L

Une première analyse a été réalisée sur la présence/absence par classes de taille S, M, L (variable réponse), à savoir la procédure DISTLM (Distance-based linear modèle ; Tableau 4). Cette procédure a permis d'observer deux résultats. Le premier résultat et donc la première étape de cette procédure - appelée "tests marginaux" - consistait à déterminer quelle variable de l'environnement (donc du micro-habitat) pouvait influencer la variable réponse à savoir la présence (ou l'absence) des individus de mérou recensés et classifiés dans des classes de taille (S, M, L). Cette première phase ne permettait pas de considérer les effets de plusieurs variables du micro-habitat en même temps. Plus exactement, une seule variable du micro-habitat était considérée (une par une) pour déterminer ce qui pourrait avoir une influence sur ces classes de taille. Ainsi, il a été possible d'observer que la variable "Blocs" prise seule (sans considérer les effets des autres variables du micro-habitat) avait un effet sur la présence/absence des individus de mérous répartis en classe de taille.

La seconde étape a été de considérer les possibles associations entre les différentes variables du micro-habitat. Cette étape était plus réaliste car il se pourrait que plusieurs variables de l'environnement aient un rôle sur la présence ou l'absence des individus de mérous. D'après cette dernière étape, les variables "Blocs" et "Profondeur" avaient une importance dans la présence ou l'absence des individus de mérous catégorisés en ces trois classes de taille (déterminé par le critère de sélection "AICc" le plus faible : 253,56).

Afin de visionner l'influence que pouvaient avoir les variables qui décrivaient le micro-habitat sur la présence d'individus de mérou répartis en classe de taille (S, M, L), il a été réalisé une analyse de redondance basée sur une distance (aussi appelée dbRDA), appliquée sur une matrice de ressemblance calculée avec le Coefficient de Gower. Cette analyse statistique (se basant sur un jeu de données multivarié) a permis de visualiser la présence de chaque individu de mérou dans un espace à plusieurs dimensions (Fig. 19 A - Axe 1 et Axe 2). L'axe 1 représentait 98.4% de la variation dite "ajustée" ("fitted variation"), c'est-à-dire la variation liée à ce qui était mis à l'étude (ce qui est entré dans le modèle statistique pour tester l'effet des descripteurs de l'environnement). L'axe 1 représentait à 98.4% le jeu de données propre à la présence de mérou répartie en classe de taille (S, M, L) quand mis en lien avec les variables propres au micro-habitat. Ce même axe expliquait 18.1 % du total de la variation, signifiant que d'autres variables (de l'environnement ou non) pourraient conditionner cet axe, mais qui n'ont pas été prises en compte dans la représentation. L'axe 2 représentait 1.6% de la variation ajustée et 0.3% du total de variation. Au total, avec ces 2 axes 100% de la variation ajustée a pu être affichée.

Dans un second temps, il a alors été possible de projeter les vecteurs de corrélation des descripteurs du micro-habitat (obtenus grâce au coefficient de corrélation de Pearson ; Fig 19 B). Deux vecteurs de corrélation se démarquaient par leur taille et leur orientation : celui de la variable "Blocs" et celui de la variable "Profondeur". Plus un vecteur de corrélation est de taille importante, plus il a une importance dans l'analyse. L'orientation est aussi intéressante car elle indique comment le vecteur a une influence sur le jeu de données. Ainsi, on a pu mettre en relation le nuage de points (visualisation de chaque mérou recensé) avec les vecteurs de corrélation (symbolisant les effets des descripteurs du micro-habitat). Les variables "Blocs" et "Profondeur" étaient celles qui avaient le plus d'effet sur la présence de mérous.

Il a été possible de faire de même avec les vecteurs de corrélation propres à la taille des individus de mérou (S, M, L, Fig. 19 C). Ainsi, les mérous présents étaient majoritairement de taille S (0 à 333 mm), puis de taille M (333 à 666 mm). Les individus de taille M et L semblaient principalement privilégier des micro-habitats composés de blocs et une profondeur importante. Les individus de taille S semblaient présenter plus d'affinité pour les micro-habitats avec plus de Roches petites à moyennes, et avec une plus faible profondeur (faible tranche d'eau).

Tableau 4

Procédure DISTLM (DISTance-based Linear Models) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences dans chaque classe de taille (S, M, L). Les tests marginaux testent la variable seule, sans considérer les autres ; la meilleure solution détermine quelles variables explicatives* expliquent le plus le jeu de données, à savoir la présence ou l'absence des individus de mérou en fonction de sa classe de taille (S, M, L) .

*Ordre de grandeur : Roche continue > Blocs > Roche moyenne > Petite roche > Galets > GS ; A2 > A1.

Variable réponse : Présence/absence par classe de taille S, M, L

Tests marginaux					Meilleure solution (Procédure de sélection "Best" et critère de sélection "AICc")				
Variables explicatives	SS (trace)	Pseudo-F	P	Prop	AICc	R ²	RSS	Nb de variables	Sélections
Roche continue	371,95	0,94944	0,615	0,023	253,56	0,18	13416	2	Blocs ; Profondeur
Blocs	2103,6	6,0184	0,01	0,128	254,08	0,128	14331	1	Blocs
Roche moyenne	433,78	1,1115	0,486	0,026	255,71	0,19	13326	3	Blocs ; Roche moyenne ; Profondeur
Petite roche	122,77	0,3086	1	0,007					
Galets	326,15	0,83016	0,592	0,02					
GS	31,992	0,07997	1	0,002					
A1	82,672	0,20729	0,852	0,005					
A2	82,672	0,20729	0,83	0,005					
Profondeur	582,6	1,5069	0,221	0,035					
Pente	65,545	0,16418	1	0,004					

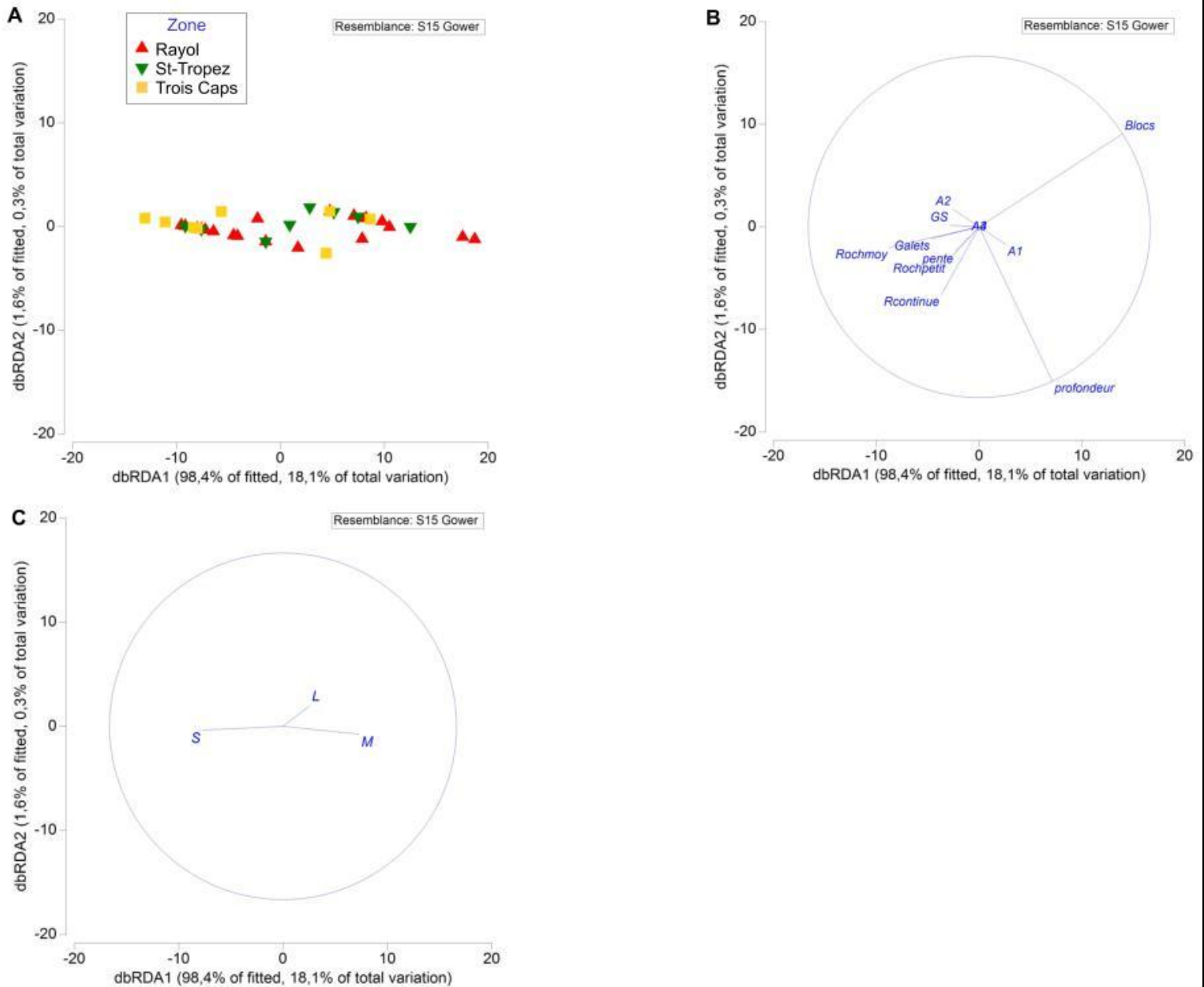


Figure 19. Analyse de redondance basée sur une distance (Distance-based redundancy analysis : dbRDA) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences dans chaque classe de taille (S, M, L). **(A)** Chaque point représente un individu de mérus observé dans une des différentes zones (en rouge: la zone de Rayol ; en jaune: la zone des Trois-Caps ; en vert: la zone de St-Tropez). **(B)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différentes variables décrivant le micro-habitat de chaque individu (Tableau 2). **(C)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différentes classes de taille (S, M, L) pour chaque mérus.

3.8.2. Présences / absences des petits individus (sous-classes de taille de XS à XL)

Comme un plus grand nombre de petits individus de mérus a pu être recensé, il a été décidé de subdiviser la classe de taille "S" en plusieurs sous-catégories (de XS à XL). Ainsi, les données de présence/absence de chaque individu de petits mérus réparties dans ces nouvelles catégories ont pu être extraites et il a été possible de voir plus en détails l'effet du micro-habitat sur ces petits individus.

Une première analyse a été réalisée sur la présence/absence par classes de taille XS, S, M, L, XL (variable réponse), à savoir la procédure DISTLM (Distance-based linear modèle ; Tableau 5). Cette procédure a permis d'observer deux résultats. Le premier résultat et donc la première étape de cette procédure - appelée "tests marginaux" - consistait à déterminer quelle variable de l'environnement (donc du micro-habitat) pouvait influencer la variable réponse à savoir la présence (ou l'absence) des petits individus de mérus recensés et classifiés dans des classes de taille (XS, S, M, L, XL). Cette première phase ne permettait pas de considérer les effets de plusieurs variables du micro-habitat en même temps. Plus exactement, une seule variable du micro-habitat était considérée à tour de rôle pour déterminer ce qui pourrait avoir une influence sur ces classes de taille. Ainsi, il a été possible d'observer que la variable "Blocs", considérée indépendamment des autres variables du micro-habitat, avait un effet sur la présence/absence des individus de mérus répartis en classe de taille. La variable "Roche moyenne" avait aussi un effet quand considérée séparément du reste des variables.

La seconde étape a été de considérer les possibles associations entre les différentes variables du micro-habitat. Cette étape était plus réaliste car il se pourrait que plusieurs variables de l'environnement aient un rôle sur la présence ou l'absence des petits individus de mérus. D'après cette dernière étape, la variable "Roche moyenne" avait une importance dans la présence ou l'absence des petits individus de mérus catégorisés en ces classes de taille (déterminé par le critère de sélection "AICc" le plus faible : 262,3).

Afin de visionner l'influence que pouvaient avoir les variables qui décrivaient le micro-habitat sur la présence d'individus de mérus de petite taille répartis en sous-classes de taille (XS, S, M, L, XL), il a été réalisé une nouvelle analyse de redondance basée sur une distance (aussi appelée dbRDA) sur une matrice de ressemblance (Coefficient de Gower). Cette analyse statistique (se basant sur un jeu de données multivarié) a permis de visualiser la présence de chaque individu de mérus dans un espace à plusieurs dimensions (Fig. 20 A - Axe 1 et Axe 2). L'axe 1 représentait 77.3% de la variation dite "ajustée" ("fitted variation"), c'est-à-dire la variation liée à ce qui était mis à l'étude (ce qui est entré dans le modèle statistique pour tester l'effet des descripteurs de l'environnement). L'axe 1 représentait à 77.3% le jeu de données propre à la présence de mérus répartie en classe de taille (XS, S, M, L, XL) quand mis en lien avec les variables propres au micro-habitat. Ce même axe expliquait 18.3 % du total de la variation, signifiant que d'autres variables (de l'environnement ou non) pourraient conditionner cet axe, mais qui n'ont pas été prises en compte dans la représentation. L'axe 2 représentait 17.2% de la variation ajustée et 4.1% du total de variation. Au total, avec ces 2 axes, 97.5% de la variation ajustée a pu être expliquée. Un troisième axe exprimait les derniers pourcents restants mais n'a pas été intégré dans cette analyse. Le nuage de points représentant les petits individus de mérus semblait départager les individus de la zone de Rayol, des individus des deux autres zones.

Dans un second temps, il a alors été possible de projeter les vecteurs de corrélation des descripteurs du micro-habitat (obtenus grâce au coefficient de corrélation de Pearson ; Fig. 20 B). Deux vecteurs de corrélation se démarquaient par leur taille et leur orientation : celui de la variable "Blocs" et celui de la variable "Roche moyenne". Plus un vecteur de corrélation est de taille importante, plus il a une importance dans l'analyse. L'orientation est aussi intéressante car elle indique comment le vecteur a une influence sur le jeu de données. Ainsi, on a pu mettre en relation le nuage de points (visualisation de chaque petit mérus recensé) avec les vecteurs de corrélation (symbolisant les effets des

descripteurs du micro-habitat). Les variables "Blocs" et "Roche moyenne" étaient celles qui avaient le plus d'effet sur la présence de mérous. Les variables "A1" et "A2" avaient aussi des vecteurs de corrélation considérables mais avaient moins d'influence dans l'analyse que les vecteurs de corrélation des variables "Blocs" et "Roche moyenne".

Il a été possible de faire de même avec les vecteurs de corrélation propres à la taille des individus de mérou de petites tailles (XS, S, M, L, XL, Fig. 20 C). Ainsi, le vecteur de corrélation de la variable "S" était le plus grand et était orienté principalement dans le sens des points correspondants à des individus de mérous présents dans la zone de Rayol. Le vecteur de corrélation XL était orienté quant à lui principalement dans le sens d'individus des zones des Trois Caps et de St-Tropez. Les individus de taille S (de 60 mm à 130 mm) semblaient être positivement influencés par la variable "Roches moyennes" et négativement par la variable "Blocs" ; ceux de la classe de taille M (de 130 à 200 mm) étaient corrélés négativement à la présence de la strate algale basse (0-5 cm, variable "A1"), et positivement à la présence de la strate algale intermédiaire (5-10 cm, variable "A2"), ainsi que partiellement corrélés à la variable "Blocs". La présence des individus de la classe de taille XL semblait positivement influencée par la variable "Roche continue", tandis que ceux de classe de taille L semblaient faiblement positivement corrélés aux variables "A2", "pente" et "Galets".

En résumé, il semblait que les plus petits individus (S, donc < 130 mm, c'est à dire les 0+) avaient une préférence pour les habitats très peu profonds, avec substrat de roches petites à moyennes et/ou de Galets-Sables, tandis que les individus XL (entre 270 et 340 mm) présentaient une affinité pour les micro-habitats à roche continue ou à grands blocs, et avec de plus importantes profondeurs. Les individus de taille M semblaient avoir une affinité pour les micro-habitats avec un substrat composé de blocs et d'une hauteur de strate algale intermédiaire (de 6 à 10 cm).

Tableau 5

Procédure DISTLM (DISTance-based Linear Models) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences dans chaque classe de taille (XS, S, M, L, XL). Les tests marginaux testent la variable seule, sans considérer les autres ; la meilleure solution détermine quelles variables explicatives* expliquent le plus le jeu de données, à savoir la présence ou l'absence des individus de mérou en fonction de sa classe de taille (XS, S, M, L, XL) .

*Ordre de grandeur : Roche continue > Blocs > Roche moyenne > Petite roche > Galets > GS ; A2 > A1.

Variable réponse : Présence/absence par classe de taille XS, S, M, L, XL

Tests marginaux					Meilleure solution (Procédure de sélection "Best" et critère de sélection "AICc")				
Variables explicatives	SS (trace)	Pseudo-F	P	Prop	AICc	R ²	RSS	Nb de variables	Sélections
Roche continue	362,53	0,41821	0,755	0,011	262,3	0,103	29091	1	Roche moyenne
Blocs	2878,6	3,6034	0,024	0,089	262,92	0,089	29557	1	Blocs
Roche moyenne	3345	4,2544	0,014	0,103	263,11	0,138	27964	2	Roche moyenne ; A1
Petite roche	345,5	0,39836	0,795	0,011	263,11	0,138	27964	2	Roche moyenne ; A2
Galets	307,29	0,35388	0,775	0,009	263,11	0,138	27964	3	Roche moyenne ; A1, A2
GS	528	0,61227	1	0,016					
A1	845,08	0,98978	0,499	0,026					
A2	845,08	0,98978	0,45	0,026					
Profondeur	604,81	0,70302	0,524	0,019					
Pente	172,38	0,19769	1	0,005					

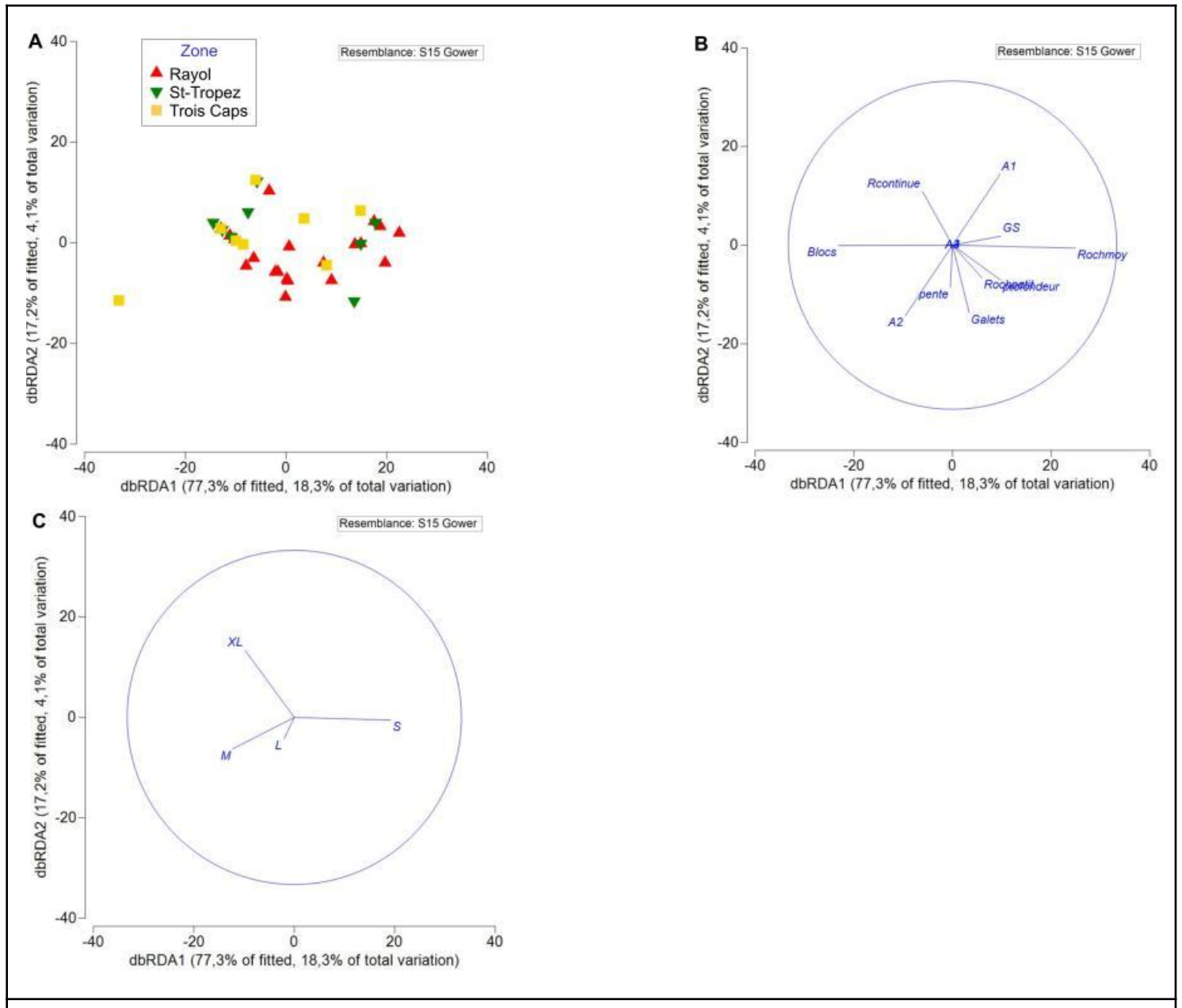


Figure 20. Analyse de redondance basée sur une distance (Distance-based redundancy analysis : dbRDA) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences dans chaque classe de taille (XS, S, M, L, XL). **(A)** Chaque point représente un individu de mérou observé dans une des différentes zones (en rouge: la zone de Rayol ; en jaune: la zone des Trois-Caps ; en vert: la zone de St-Tropez). **(B)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différentes variables décrivant le micro-habitat de chaque individu (Tableau 2). **(C)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différentes classes de taille (XS, S, M, L, XL) pour chaque mérou.

3.9. Etude du comportement des juvéniles de mérou en fonction du micro-habitat

Pour mémoire (cf. section [Matériel et Méthodes](#)), l'étude du comportement a été réalisée uniquement sur les juvéniles de mérous, c'est-à-dire les individus de taille inférieure à 200 mm. En effet, il a été démontré que la taille de cette espèce conditionne son comportement (Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999). Il a donc été décidé de différencier les individus de l'année (0+ : individus mesurant de 0 à 130 mm) et ceux de l'année précédente (1+ : individus mesurant de 130 à 200mm).

Pour chacune de ces tailles de juvéniles, l'effet du micro-habitat sur le comportement a pu être étudié.

3.9.1. Comportement des juvéniles de l'année (0+ : individus de 0 à 130 mm LT)

Une première analyse a été réalisée sur la présence/absence par comportement des juvéniles de l'année (variable réponse), à savoir la procédure DISTLM (Distance-based linear modèle ; Tableau 6). Cette procédure a permis d'observer deux résultats. Le premier résultat et donc la première étape de cette procédure - appelée "tests marginaux" - consistait à déterminer quelle variable de l'environnement, donc du micro-habitat, pouvait influencer la variable réponse. Cette première phase ne permettait pas de considérer les effets de plusieurs variables du micro-habitat en même temps. Plus exactement, une seule variable du micro-habitat était considérée (à tour de rôle) pour déterminer ce qui pourrait avoir une influence sur ces comportements. Ainsi, il a été possible d'observer que la variable "Roches moyennes" considérée indépendamment des autres variables du micro-habitat avait un effet sur le comportement des individus juvéniles de mérous (0+).

La seconde étape a été de considérer les possibles associations entre les différentes variables du micro-habitat. Cette étape était plus réaliste car il se pourrait que plusieurs variables de l'environnement aient un rôle sur le comportement des juvéniles de mérous de l'année. D'après cette dernière étape, la variable "Roches moyennes" avait une influence sur le comportement de ces juvéniles (déterminé par le critère de sélection "AICc" le plus faible : 127,16).

Afin de visionner l'influence que pouvaient avoir les variables qui décrivaient le micro-habitat sur le comportement des individus de mérou juvéniles de l'année (0+), il a été nécessaire de réaliser une analyse de redondance basée sur une distance (aussi appelée dbRDA) sur une matrice de ressemblance (Coefficient de Gower). Cette analyse statistique (se basant sur un jeu de données multivarié) a permis de visualiser la présence de chaque individu de mérou dans un espace à plusieurs dimensions (Fig. 21 A - Axe 1 et Axe 2). L'axe 1 représentait 91.6% de la variation dite "ajustée" ("fitted variation"), c'est-à-dire la variation liée à ce qui était mis à l'étude (ce qui est entré dans le modèle statistique pour tester l'effet des descripteurs de l'environnement). L'axe 1 représentait à 91.6% le jeu de données propre à au comportement des juvéniles de mérous de l'année, quand mis en lien avec les variables propres au micro-habitat. Ce même axe expliquait 61.8 % du total de la variation, signifiant que peu d'autres variables (de l'environnement ou non) pourraient conditionner cet axe, mais qui n'ont pas été prises en compte dans la représentation. L'axe 2 représentait 8.4% de la variation ajustée et 5.7% du total de variation. Au total, avec ces 2 axes, 100% de la variation ajustée a pu être expliquée.

Dans un second temps, il a alors été possible de projeter les vecteurs de corrélation des descripteurs du micro-habitat (obtenus grâce au coefficient de corrélation de Pearson ; Fig. 21 B). Un vecteur de corrélation se démarquait par sa taille et orientation : celui de la variable "Roches moyennes". Plus un vecteur de corrélation est de taille importante, plus il a une importance dans l'analyse. L'orientation est aussi intéressante car elle indique comment le vecteur a une influence sur le jeu de données. Ainsi, on a pu mettre en relation le nuage de points (visualisation de chaque petit mérou recensé) avec les vecteurs de corrélation (symbolisant les effets des descripteurs du micro-habitat). La variable "Roches moyennes" était celle qui avait le plus d'effet sur le comportement de ces mérous 0+.

Il a été possible de faire de même avec les vecteurs de corrélation propres au comportement de ces juvéniles de mérou de taille inférieure à 130 mm (Fuyant, Indifférent, Curieux, Fig. 21 C). Ainsi, les vecteurs de corrélation des variables "Fuyant" et "Curieux" étaient les plus grands et étaient orientés principalement dans le sens des points correspondants à des individus de mérous présents, en opposition l'un de l'autre. Le vecteur de corrélation Indifférent était orienté quant à lui dans une autre direction. Les juvéniles de l'année (0+) semblaient adopter principalement deux comportements : Fuyant ou Curieux. Ceux étant fuyants semblaient être retrouvés sur de la Roche moyenne, des

Graviers/Sable et une hauteur algale A2 (de 6 à 10 cm). Le comportement curieux semblait être positivement corrélé aux variables "Pente", "Roche petite" et "Blocs". Le comportement indifférent semblait être positivement corrélé aux variables "Profondeur" et "Galets".

Autrement dit, en résumé, les juvéniles de l'année (0+) adoptaient plusieurs comportements : les individus fuyants semblaient avoir une affinité pour du substrat composé de roches moyennes, les individus curieux pour des petites roches et des grands blocs, et les individus indifférents pour la présence de galets et des profondeurs plus importantes.

Tableau 6

Procédure DISTLM (DISTance-based Linear Models) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences des divers comportements relevés (Fuyant, Indifférent, Curieux) chez les individus de mérous de l'année (0+). Les tests marginaux testent la variable seule, sans considérer les autres ; la meilleure solution détermine quelles variables explicatives* expliquent le plus le jeu de données, à savoir la présence ou l'absence des juvéniles de mérou (de taille maximum de 130 mm) en fonction du comportement observé.

*N.b. : Rappel des ordres de grandeur des classes de granulométrie et des classes de hauteur de strate algale (cf. M&M) : Roche continue > Blocs > Roche moyenne > Petite roche > Galets > GS ; A2 > A1.

Variable réponse : Présence/absence par comportement (Fuyant, Indifférent, Curieux) des juvéniles y0

Tests marginaux					Meilleure solution (Procédure de sélection "Best" et critère de sélection "AICc")				
Variables explicatives	SS (trace)	Pseudo-F	P	Prop	AICc	R ²	RSS	Nb de variables	Sélections
Roche continue	49,383	0,038647	1	0,002	127,16	0,213	16127	1	Roche moyenne
Blocs	1530,9	1,2917	0,518	0,075	127,76	0,538	9458,2	4	Roche continue ; Roche moyenne ; GS ; Pente
Roche moyenne	4367,2	4,3329	0,045	0,213	128,09	0,415	11983	3	Roche continue ; Roche moyenne ; Pente
Petite roche	2136,3	1,862	0,211	0,104					
Galets	1256,8	1,0453	0,358	0,061					
GS	624,55	0,50292	1	0,030					
A1	624,55	0,50292	1	0,030					
A2	624,55	0,50292	1	0,030					
Profondeur	342,43	0,27188	0,708	0,017					
Pente	1931,7	1,6651	0,4	0,094					

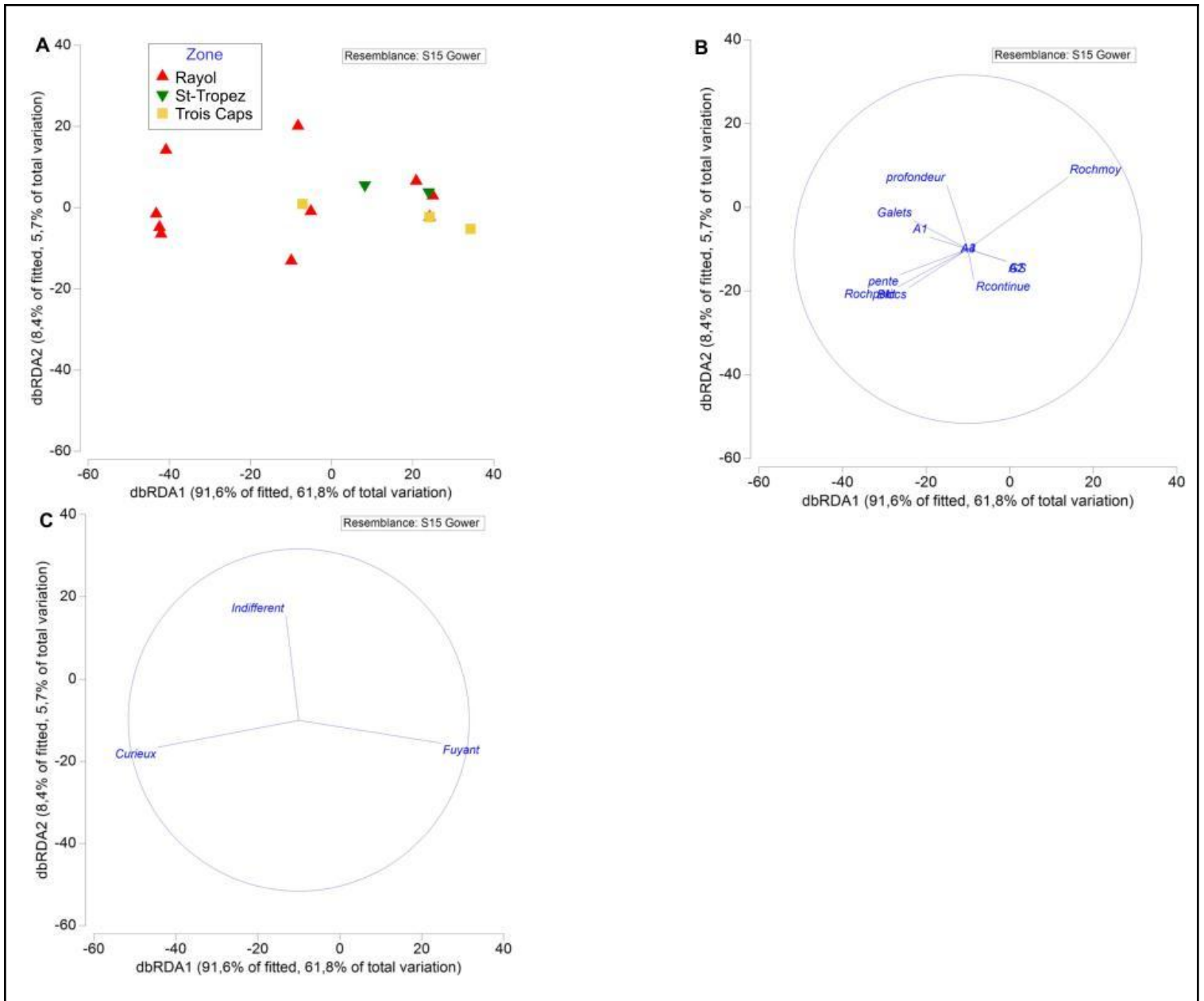


Figure 21. Analyse de redondance basée sur une distance (Distance-based redundancy analysis : dbRDA) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences des juvéniles de mérou de l'année (O+: de taille maximum de 130 mm) en fonction du comportement observé (Fuyant, Indifférent, Curieux). **(A)** Chaque point représente un individu de mérou observé dans une des différentes zones (en rouge: la zone de Rayol ; en jaune: la zone des Trois-Caps ; en vert: la zone de St-Tropez). **(B)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différentes variables décrivant le micro-habitat de chaque individu (Tableau 2). **(C)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différents comportements (Fuyant ; Indifférent, Curieux) pour chaque mérou.

N.b. : Rappel des ordres de grandeur des classes de granulométrie et des classes de hauteur de strate algale (cf. M&M) : Roche continue > Blocs > Roche moyenne > Petite roche > Galets > CS ; A2 > A1.

3.9.2. Comportement des juvéniles de l'année passée (1+ : individus de 130 à 200 mm LT)

Une première analyse a été réalisée sur la présence/absence par comportement des juvéniles de l'année passée (variable réponse), à savoir la procédure DISTLM (Distance-based linear modèle ; Tableau 7). Cette procédure a permis d'observer deux résultats. Le premier résultat et donc la première étape de cette procédure - appelée "tests marginaux" - consistait à déterminer quelle variable de l'environnement, donc du micro-habitat, pouvait influencer la variable réponse. Cette première phase ne permettait pas de considérer les effets de plusieurs variables du micro-habitat en même temps. Plus exactement, une seule variable du micro-habitat était considérée (à tour de rôle) pour déterminer ce qui pourrait avoir une influence sur ces comportements. Ainsi, il a été possible d'observer qu'aucune variable considérée indépendamment des autres variables du micro-habitat n'avait un effet sur le comportement des individus juvéniles de mérous (1+).

La seconde étape a été de considérer les possibles associations entre les différentes variables du micro-habitat. Cette étape était plus réaliste car il se pourrait que plusieurs variables de l'environnement aient un rôle sur le comportement des juvéniles de mérous de l'année passée. D'après cette dernière étape, l'association entre les variables "Roches continues", "Roche petite", "A2", "Profondeur" avait une influence sur le comportement de ces juvéniles (déterminé par le critère de sélection "AICc" le plus faible : 69.789). Il est nécessaire de mentionner que plusieurs critères de sélection AICc étaient égaux, signifiant que les associations choisies par la procédure de sélection "Best" sont ex aequo. En conséquence, ce n'était pas de résultat clair qui ressortait de cette démarche, mais une approximation des associations qui pourraient entrer en vigueur.

Afin de visionner l'influence que pouvaient avoir les variables qui décrivaient le micro-habitat sur le comportement des individus de mérou juvéniles de l'année passée (1+), il a été réalisé une analyse de redondance basée sur une distance (aussi appelée dbRDA) obtenue à partir d'une matrice de ressemblance (Coefficient de Gower). Cette analyse statistique (se basant sur un jeu de données multivarié) a permis de visualiser la présence de chaque individu de mérou dans un espace à plusieurs dimensions (Fig. 22 A - Axe 1 et Axe 2). L'axe 1 représentait 75.2% de la variation dite "ajustée" ("fitted variation"), c'est-à-dire la variation liée à ce qui était mis à l'étude (ce qui est entré dans le modèle statistique pour tester l'effet des descripteurs de l'environnement). L'axe 1 représentait à 75.2% le jeu de données propre au comportement des juvéniles de mérous de l'année passée, quand mis en lien avec les variables propres au micro-habitat. Ce même axe expliquait 72.2 % du total de la variation, signifiant que peu d'autres variables (de l'environnement ou non) pourraient conditionner cet axe, mais qui n'ont pas été prises en compte dans la représentation. L'axe 2 représentait 24.8% de la variation ajustée et 23.9% du total de variation. Au total, avec ces 2 axes, 100% de la variation ajustée a pu être affichée.

Dans un second temps, il a alors été possible de projeter les vecteurs de corrélation des descripteurs du micro-habitat (obtenus grâce au coefficient de corrélation de Pearson ; Fig. 22 B). Plusieurs vecteurs de corrélation avaient une taille importante : celui de la variable "Roche petite" était juxtaposé avec celui de la variable "A2". Le vecteur de corrélation "A1" était opposé à ces deux vecteurs. Ceux des variables "Galets" et "Profondeur" étaient plutôt orientés selon l'axe 2. Nous avons pu mettre en relation le nuage de points (visualisation de chaque petit mérou recensé) avec les vecteurs de corrélation (symbolisant les effets des descripteurs du micro-habitat). Les variables "Profondeur" et "Galets" semblaient avoir un effet négatif sur le comportement de ces juvéniles mérous (1+).

Il a été possible de faire de même avec les vecteurs de corrélation propres au comportement de ces juvéniles de mérou mesurant de 130 à 200 mm (Fuyant, Indifférent, Curieux, Fig. 22 C). Ainsi, le vecteur de corrélation de la variable "Fuyant" était orienté principalement dans le sens des points correspondants à des individus de mérous présents. Le vecteur de corrélation "Curieux" était presque en opposition et celui de la variable "Indifférent" était orienté quant à lui dans une autre direction. Les

juvéniles de l'année passée semblaient adopter principalement un comportement Fuyant. Ces individus semblaient être retrouvés sur de la Roche moyenne et de la Roche continue. Le comportement curieux semblait être positivement corrélé aux variables "Roche petite" et "A2". Le comportement indifférent semblait être positivement corrélé associé aux variables "Profondeur" et "Galets".

Autrement dit, les juvéniles de l'année passée (1+) adoptaient plusieurs comportements : les individus fuyants semblaient avoir une affinité pour du substrat composé de roches moyennes, les individus curieux pour des petites roches, et les individus indifférents pour la présence de galets et des profondeurs plus importantes. Ces deux derniers comportements étaient néanmoins peu rencontrés chez ces juvéniles.

Tableau 7

Procédure DISTLM (DISTance-based Linear Models) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences des divers comportements relevés (Fuyant, Indifférent, Curieux) chez les juvéniles de mérous de l'année passée (1+). Les tests marginaux testent la variable seule, sans considérer les autres ; la meilleure solution détermine quelles variables explicatives* expliquent le plus le jeu de données, à savoir la présence ou l'absence des juvéniles de mérou (mesurant entre 130 et 200 mm) en fonction du comportement observé.

*N.b. : Rappel des ordres de grandeur des classes de granulométrie et des classes de hauteur de strate algale (cf. M&M) : Roche continue > Blocs > Roche moyenne > Petite roche > Galets > GS ; A2 > A1.

Variable réponse : Présence/absence par comportement (Fuyant, Indifférent, Curieux) des juvéniles y+1

Tests marginaux					Meilleure solution (Procédure de sélection "Best" et critère de sélection "AICc")				
Variables explicatives	SS (trace)	Pseudo-F	P	Prop	AICc	R ²	RSS	Nb de variables	Sélections
Roche continue	84,784	0,079564	1	0,008	69,789	0,929	760,53	4	Roche continue ; Roche petite ; A2 ; Profondeur
Blocs	730,36	0,7296	0,409	0,068	69,789	0,929	760,53	4	Roche continue ; Roche petite ; A1 ; Profondeur
Roche moyenne	235,69	0,22436	1	0,022	69,789	0,929	760,53	5	Roche continue ; Roche petite ; A1 ; A2 ; Profondeur
Petite roche	3064	3,9912	0,261	0,285					
Galets	1269,8	1,3408	0,226	0,118					
GS	0	No test		0					
A1	3064	3,9912	0,261	0,285					
A2	3064	3,9912	0,254	0,285					
Profondeur	1645	1,8086	0,158	0,153					
Pente	235,69	0,22436	1	0,022					

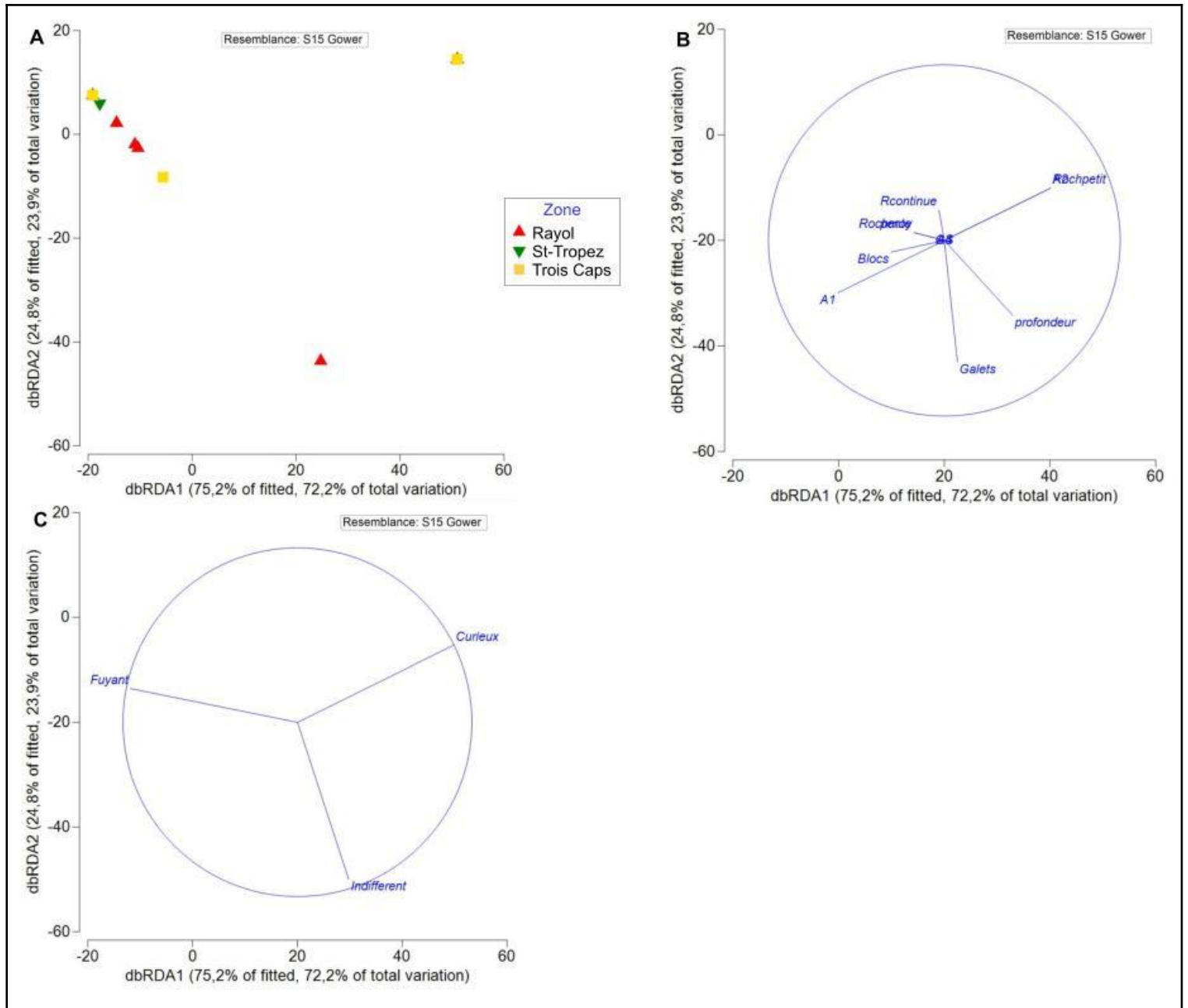


Figure 22. Analyse de redondance basée sur une distance (Distance-based redundancy analysis : dbRDA) exécutée sur une matrice de ressemblance (Matrice de similarité utilisant le coefficient de Gower) créée à partir des présences/absences des juvéniles de mérou de l'année passée (1+ : mesurant entre 130 et 200 mm) en fonction du comportement observé (Fuyant, Indifférent, Curieux). **(A)** Chaque point représente un individu de mérou observé dans une des différentes zones (en rouge: la zone de Rayol ; en jaune: la zone des Trois-Caps ; en vert: la zone de St-Tropez). **(B)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différentes variables décrivant le micro-habitat de chaque individu (Tableau 2). **(C)** Vecteurs de corrélation (Pearson) des différents comportements (Fuyant ; Indifférent, Curieux) pour chaque mérou.

N.b. : Rappel des ordres de grandeur des classes de granulométrie et des classes de hauteur de strate algale (cf. M&M) : Roche continue > Blocs > Roche moyenne > Petite roche > Galets > GS ; A2 > A1.

4. Discussion

WPI – ASSEMBLAGES DE JUVÉNILES DE POISSONS TÉLÉOSTÉENS

4.1 Descripteurs des assemblages de juvéniles

Mis à part mérus et corbs, parmi les 33 autres espèces ciblées par le projet JUVar, 15 ont été observées, dont 6 espèces présentaient une dominance supérieure à 2,5 %, 9 autres espèces présentaient une dominance inférieure à 2,5% et 18 n'ont pas été recensées. Les 6 espèces présentant une dominance supérieure à 2,5 % étaient : *Symphodus* spp., *D. sargus*, *O. melanura*, *S. salpa*, *C. julis* et *T. pavo*. Cependant si on s'intéresse à la fréquence d'occurrence, on a remarqué que seulement 5 taxons présentaient une fréquence d'occurrence supérieure à 10% (Fig. 8b) : *Symphodus* spp., *D. sargus*, *O. melanura*, *C. julis* et *T. pavo*. La différence entre la **fréquence d'occurrence** et la **dominance** souligne le fait que certaines espèces ont pu être comptabilisées globalement en grand nombre mais avec des effectifs concentrés dans un petit nombre de sites ou de transects, ce qui semble être le cas pour les saupes (*Sarpa salpa*).

La **densité totale** moyenne par zone toutes espèces confondues ne variait pas significativement ce qui peut s'expliquer par la proximité des différentes zones (en km) et à l'habitat qui était le même pour tous les transects (petits fonds rocheux). Nous avons néanmoins pu observer des différences significatives entre segments (au sein des zones) ce qui pourrait indiquer que certaines unités échantillonnées étaient plus propices à l'installation des juvéniles de téléostéens. Toutefois, le facteur météo est également à prendre en compte car même si tous les recensements se sont fait sur la même période, nous avons eu 2 jours et demi de météo relativement mauvaise (houle supérieure à 20 cm et vitesse du vent supérieure à 5 nœuds). La **richesse spécifique** par transect quant à elle était plutôt faible, en moyenne elle était de 2 espèces par transect pour un maximum de 5 espèces par transect, et ne variait pas d'une zone à l'autre. A l'échelle des zones, la richesse spécifique cumulée était de 14, 10 et 9 espèces pour les trois zones (respectivement Rayol, Trois Caps et St Tropez). Ces chiffres sont du même ordre de grandeur, à habitat et saison équivalents, que ceux observés dans le programme Nuhage (Cheminée et al., 2021) réalisé dans la même aire géographique une dizaine d'années en arrière et également les mêmes que ceux obtenus lors du projet Medhab en 2021 (Cheminée et al., 2022) sur la roche infralittorale en Provence et en Corse, en fin de période estivale.

D'autre part, la **composition relative de l'assemblage de juvéniles** était significativement différente d'une zone d'étude à l'autre. Nous avons pu constater (WP3) que les caractéristiques des micro-habitats variaient d'une zone à l'autre (% de blocs, de roches et de galets), même si l'habitat général était similaire : il est donc probable que ces différences d'assemblage reflètent ces variations fines de micro-habitats. Il est également probable que cela reflète une exposition aux courants différente d'une zone à l'autre, ce qui est connu pour conditionner l'apport de post-larves lors de l'installation (Cuadros, 2015).

4.2 Patrons taxa-spécifiques

Si l'on regarde au niveau des 5 taxons les plus fréquents, nous avons observé que les ***Symphodus* spp.** étaient présents dans toutes les zones, et était l'espèce dominante dans deux des 3 zones. Les densités pour 100m² étaient similaires entre la zone des Trois Caps et les deux autres zones mais différaient significativement entre le Rayol et Saint Tropez. Pour cette espèce sa densité variait entre 17

et 29 indiv/100m² selon la zone considérée, résultat qui reste proche de ceux observés lors d'autres études comme celle de Cheminée et al. (2022) en Provence et en Corse sur la roche infralittorale.

Ce qui pourrait expliquer néanmoins cette variabilité entre le Rayol et Saint Tropez est le fait que ces deux zones étant plus éloignées, elles présentent des caractéristiques abiotiques (exposition à la houle, courantologie, etc.) plus distinctes et potentiellement plus favorables à l'installation des crénilabres sur la zone de Saint Tropez où les densités observées étaient plus importantes.

Pour ce qui est des juvéniles de **sar commun** *D. sargus*, bien que observés dans toutes les zones, ses densités par zone et par 100m² restaient plutôt faibles (entre 3 à 8 individus) et différaient significativement entre la zone du Rayol et celle des Trois Caps. L'habitat échantillonné ici était les petits fonds rocheux principalement constitués de gros blocs, de galets et/ou de roche continue entre 2 et 3 mètres, en octobre-novembre. Or ces juvéniles sont connus pour préférer un type d'habitat légèrement différent (PFH, entre 0 et 2 mètres de fonds) mais surtout sont connus pour s'installer en mai-juin et résider dans les nurseries jusqu'à la fin de l'été (Cheminée et al., 2011; Harmelin-Vivien et al., 1995). Il est donc probable que fin octobre ces juvéniles étaient déjà partis hors des nurseries.

En ce qui concerne la **girelle commune** (*C. julis*) et la **girelle paon** (*T. pavo*), les densités des juvéniles restaient comparables à celles du sar commun explicitées plus haut. Néanmoins, nous avons remarqué que les densités de girelles paon étaient légèrement plus fortes que pour les girelles communes : de 5 à 13 individus pour 100m² pour *T. pavo* contre 3 à 6 individus pour 100m² pour *C. julis*. De plus, cette espèce était significativement plus abondante dans la zone du Rayol avec une densité moyenne de 13 indiv/100m². Totalement absente sur la côte Bleue, et dans le Parc national des Calanques en 2021 (Cheminée et al., 2022), ce résultat tendrait à nous indiquer que *T. pavo*, cette espèce thermophile encore absente en Provence occidentale (Marseille), trouve néanmoins un environnement déjà favorable (en termes de températures) sur les côtes varoises, ou elle semblerait profiter de l'augmentation de la température des eaux de surface observée sur ces dernières décennies (Milazzo et al., 2016).

Enfin, les résultats obtenus pour **Oblada melanura (oblades)** qui était la deuxième espèce la plus abondantes dans la zone des Trois Caps et la deuxième dans la zone du Rayol, sont comparables aux résultats obtenus en Corse lors de la campagne de terrain du projet Medhab en 2021 (Cheminée et al., 2022) avec une moyenne allant de 1 à 35 individus par 100m² avec des densités significativement plus fortes dans la zone du Rayol. On peut donc supposer que cette zone offre des habitats nurseries plus favorables à cette espèce avec notamment des surplombs, éléments du paysage sous marins qu'affectionne particulièrement cette espèce au stade juvénile (Harmelin-Vivien et al., 1995).

WP2 et WP3 - RECENSEMENT DES MÉROUS ET DES CORBS & PRÉFÉRENCES DE MICRO-HABITATS

4.3 Répartition spatiale des mérous et corbs le long de la corniche varoise - focus sur les juvéniles

Grâce à notre campagne de terrain de l'automne 2022, il a été possible de constater la présence de **mérous bruns** (*E. marginatus*) et de **corbs** (*S. umbra*) dans l'aire d'étude. Chacune des trois zones abritait les deux espèces en densité variable. Les corbs étaient peu présents (seulement 5 individus) et n'ont pu faire l'objet d'un traitement plus détaillé. Il est à noter que seuls des individus adultes de corbs ont été observés, ce qui n'est pas le cas de l'espèce de mérous que nous avons rencontrée sur les côtes varoises à cette période (*E. marginatus*), qui présentait essentiellement de petits individus (classe S, <333 mm LT).

Dans la zone des **Trois Caps**, peu de mérous bruns ont été recensés (**n = 9 individus, sur une surface de 10 000 m²**), avec parfois aucun individu présent au sein d'un segment. Toutefois, la densité de

mérou dans cette zone équivalait celle de St-Tropez (**n = 9**) bien que les conditions météorologiques lors du recensement aient été moins propices à l'échantillonnage. La totalité des individus recensés était de petite taille comme démontrait l'analyse de la biomasse totale (avec et sans l'individu d'un mètre), ainsi que l'analyse des classes de taille incorporant la totalité du jeu de données (adultes et juvéniles - S, M, L). Cette dernière analyse a permis de constater que l'ensemble des individus de cette zone était de taille inférieure à 333 mm (soit la classe de taille S).

La classification des petits individus (S) en de nouvelles sous-classes (XS, S, M, L, XL) a permis de répartir les individus dans des catégories correspondant à leur âge. Ainsi, les individus recensés dans cette zone étaient majoritairement de la classe de taille S ainsi que de la classe de taille M à savoir des individus mesurant respectivement entre **60 à 130 mm et entre 130 à 200 mm**, c'est à dire des juvéniles de l'année (0+) et des juvéniles de l'année précédente (1+). Il est aussi à noter que les subadultes et adultes (âgés d'au moins 2 ans, individus supérieur à 200 mm) étaient présents mais en abondance moins élevée.

Les résultats obtenus dans la zone de **St-Tropez** étaient comparables en termes de densité totale avec la zone des Trois Caps (**n = 9 individus, sur une surface de 10 000 m²**). En termes de biomasse totale, ces deux zones différaient légèrement. Cette différence pouvait être expliquée par la taille des individus. En effet, lors de l'analyse par classe de taille sur l'ensemble du jeu de données incluant toutes les tailles possibles (S, M, L), la zone de St-Tropez ne comptait que des individus de taille S (de 0 à 333 mm) et de taille M (de 333 à 666 mm). Ces derniers ont sûrement une biomasse plus importante que ceux de la classe S.

Cette classe S a alors été subdivisée en sous-classes (XS, S, M, L, XL) afin de déterminer le nombre de juvéniles de mérus dans la zone. Il en est ressorti que le nombre de juvéniles de l'année (classe S - 0+) était inférieur à celui estimé dans les deux autres zones. Les individus de la classe de taille M, donc les individus de l'année passée (1+) étaient quant à eux sous représentés, comparé aux deux autres zones. Les individus de la classe de taille L (âgé d'au moins 2 ans) étaient aussi abondants que ceux de la classe de taille S, avec pour différence une densité plus importante que dans les 2 autres zones. Ce sont les individus de la classe de taille XL qui sont les plus importants en termes de densité dans cette zone. Il s'agissait donc des individus sub-adultes mesurant de 270 mm à 340 mm. De plus, si on se reporte à la classification incluant les plus grands individus adultes (classes S, M, L), la classe de taille M était représentée (quand on considérait la densité totale) indiquant que des adultes de plus grandes tailles (entre 333 mm et 666 mm) étaient présents dans la zone.

La zone de **Rayol** était celle où le plus grand nombre de mérus (**n = 33 individus, sur une surface de 12 000 m²**) a été comptabilisé avec une densité totale moyenne de 0.21 ± 0.05 (indiv/100m²). Dans cette zone, presque tous les segments ont montré la présence d'un ou plusieurs mérus, avec une majorité d'individus recensés au sein du segment Rayol Figuier 2. La biomasse totale dans cette zone était aussi la plus importante. Sur le segment Dattier, il a été inventorié un individu adulte de grande taille (1 m LT). Même après avoir retiré cet individu du jeu de données, la biomasse totale était conséquente dans cette zone, mais s'apparentait à celle rapportée dans la zone de St Tropez. L'importante biomasse (y compris sans l'individu considéré comme de taille extrême) était sûrement due à la présence d'individus adultes. Cette tendance a pu être confortée grâce à l'analyse de la densité dans une répartition par classe de taille (analyse sur l'ensemble du jeu de données : S, M, L). En effet, dans cette zone la classe de taille M (individus de 333 à 666 mm) était représentée et les effectifs étaient plus importants que dans les deux autres zones. La classe de taille L était aussi présente mais un seul individu composait cette classe de taille (l'individu adulte d'un mètre). Il faut noter que la classe de taille avec l'effectif le plus important en termes de densité dans cette zone du Rayol (quand tous les individus étaient compris dans l'analyse) était la classe de taille S. **Cette zone était donc dotée d'un grand nombre de petits individus, à savoir inférieurs à 333mm.**

Cette classe de taille a donc été répartie en plusieurs sous-classes (XS, S, M, L, XL), ce qui a permis de préciser qu'un grand nombre de juvéniles étaient présents dans cette zone. En effet, la densité des classes de taille S et M (individus mesurant respectivement de 60 à 130 mm et de 130 à 200 mm)

était plus importante que dans les deux autres zones. Plus exactement, la densité observée dans la classe de taille S était la plus grande, ce qui signifie que dans cette zone la population se composait majoritairement de juvéniles de l'année (O+). En second lieu, il y avait aussi des juvéniles de l'année précédente (1+ : classe de taille M). Nous avons mentionné tout de même la présence d'individus âgés d'au moins 2 ans même si leur abondance était faible en comparaison avec la zone de St-Tropez, par exemple.

4.4 Influences des caractéristiques du micro-habitat sur *E. marginatus*

Ces différences entre zones pourraient être dues à plusieurs facteurs environnementaux. Tout d'abord, les caractéristiques de l'habitat pourraient expliquer une densité importante de mérous juvéniles ou adultes à une localisation donnée. En effet, le type de granulométrie et la disposition de la roche (complexité) peuvent influencer la présence de cette espèce car elle adopte un comportement cryptique, spécialement les juvéniles (Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999; Machado et al., 2003). Ainsi un grand nombre de refuges - apporté par exemple par la disposition d'un certain faciès de roche - pourrait accroître les chances de survie de certains individus. La communauté de macrophytes, en plus de leur hauteur et densité pourraient augmenter ou complexifier ces refuges. Le nombre et la qualité de ces cachettes pourraient donc influencer le comportement adopté par chaque individu, certaines pouvant apporter une échappatoire plus adéquate que d'autres en cas de prédation par d'autres espèces.

D'après nos résultats, il a été possible de constater des différences dans le choix de micro-habitat en fonction de la taille des individus de mérous, et donc de leur stade de vie. Les individus de plus 340 mm préféraient la présence de grands blocs et une profondeur plus élevée, ce qui est cohérent sachant qu'une granulométrie importante (grossière) apporterait une taille de refuges adéquate pour ces individus de grande taille (Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999; Machado et al., 2003)). Il se pourrait qu'obtenir de grands refuges soit plus compliqué avec un autre type de granulométrie (plus fine). La hauteur de la couverture algale (catégories) ne semblait pas être un des facteurs principaux qui influençait la présence de ces adultes. Il est à noter qu'une importante hauteur de couverture algale (les catégories A3 et A4) n'a pas été observée durant la campagne de terrain. Les espèces de macrophytes qui pouvaient atteindre cette hauteur n'étaient que peu ou pas présentes dans les zones étudiées (ex : Cystoseires). Nous ne pouvons donc pas conclure sur l'effet potentiel de ces deux catégories de couverture algale (A3 et A4) sur la population de mérous étudiée. Ces observations sont à nuancer avec le fait qu'il a été rapporté que les mérous de taille moyenne (entre 40 et 50 cm) se déplaçaient dans de nouveaux refuges et donc changeaient de territoire plus souvent que les individus de grandes tailles (Chauvet and Francour, 1989; Francour and Ganteaume, 1999).

Les petits individus (classe de taille S constituée de juvéniles, subadultes et de petits adultes) avaient principalement une affinité avec les substrats composés de roches de taille moyenne, résultat qui était aussi attendu, car la dimension du refuge serait ainsi proportionnelle à la taille de ces individus.

En subdivisant la classe S propre aux individus de taille inférieure à 340 mm en plusieurs sous-classes (de XS à XL), nous avons pu constater que les juvéniles de l'année (O+), les juvéniles de l'année passée (1+) et les individus de 2 ans et plus n'adoptaient pas les mêmes micro-habitats. Les juvéniles de l'année (LT < 130 mm) avaient tendance à être retrouvés sur un substrat composé de roches de taille moyenne à petites et/ou de Galets-sables dans de faibles profondeurs, résultats qui viennent conforter des travaux antérieurs (Alvarez-Berastegui et al., 2018; Francour and Ganteaume, 1999). Les juvéniles de l'année passée (1+) semblaient avoir une affinité pour les micro-habitats avec un substrat composé partiellement de blocs et d'une hauteur algale de 6 à 10 cm. Les plus grands individus préféraient des faciès plus grossiers : des grands blocs ou la présence de roche continue et des profondeurs plus importantes. Nos données vont dans le sens des études précédentes indiquant que les individus de mérous bruns changent de micro-habitats en fonction de leur âge et donc de leur taille (Harmelin et Harmelin-Vivien, 1999). Cette tendance pourrait sûrement être associée à la dimension des refuges disponibles (Cuadros, 2015).

4.5 Comportements des individus de mérous *E. marginatus*

Au-delà de ces caractéristiques environnementales qui s'offrent aux populations de mérous, la différence entre zones pourrait aussi s'expliquer par le comportement relatif à chaque individu. Ainsi, il se pourrait que des individus curieux aient moins de chance de survie que des individus adoptant un comportement fuyant à la vue de prédateurs. A l'inverse, un comportement curieux pourrait accroître les chances de trouver un habitat propice et un apport de nourriture convenable et donc augmenter le taux de survie. Prendre le comportement en compte dans ce genre d'études est intéressant notamment pour pleinement comprendre comment et pourquoi les habitats sont sélectionnés, bien que potentiellement peu adéquats (Cuadros, 2015). D'après nos résultats, un lien entre le micro-habitat et le comportement a pu être relevé. Les individus juvéniles retrouvés sur le substrat composé de petites roches semblaient adopter un comportement curieux ; tandis que ceux retrouvés sur de la roche de dimension moyenne étaient associés à un comportement fuyant. Les individus juvéniles ayant un comportement indifférent semblaient avoir une affinité avec des micro-habitats composés de galets et une profondeur plus ou moins importante. Les juvéniles ayant un comportement fuyant étaient majoritairement ceux de l'année précédente (1+), donc ceux ayant déjà passé une année dans cet écosystème (petits fonds rocheux). Il est éventuellement imaginable que ce comportement fuyant soit acquis lors de leur croissance, d'autant plus qu'ils changent de taille et potentiellement de micro-habitat après cette première année.

Les juvéniles de l'année (0+) étaient quant à eux curieux, fuyants ou indifférents. Il est possible que les comportements curieux et indifférents soient liés à la disponibilité de refuges : un individu de petite taille pourrait plus facilement et rapidement trouver une cachette car accessible qu'importe sa dimension. Un comportement de curiosité ou d'indifférence à l'approche du plongeur pourrait être dû au fait que ces juvéniles de l'année ne perçoivent pas encore comme un danger potentiel.

Il est à noter qu'une étude plus poussée sur le comportement des juvéniles de cette espèce serait à envisager car peu d'informations existent dans la littérature (Derbal and Kara, 1995). De plus, nous n'avons pu analyser qu'un nombre limité d'échantillons (18 individus pour les juvéniles de l'année et 12 pour les juvéniles de l'année passée). Par ailleurs, si la même étude sur le comportement devait se réaliser sur des individus adultes, il serait convenable de prendre en compte le sexe des individus. En effet, le comportement des individus adultes mâles est différent des individus femelles en fonction de la période de la journée ainsi que de la période de l'année, par exemple en période de reproduction (Francour and Ganteaume, 1999; Louisy and Culioli, 1999; Pelaprat, 1999; Mikel Zabala et al., 1997).

4.6 Autres potentiels facteurs explicatifs de la distribution de *E. marginatus*

D'autres facteurs que nous n'avons pu étudier pourraient structurer la population de mérous recensée. L'apport en nourriture pourrait aussi affecter la présence de cette espèce. Toutefois il est à noter que selon le stade de vie étudié, la préférence alimentaire de cette espèce varie. Les juvéniles favorisent une alimentation composée de crustacés avec un type de chasse dit actif, tandis que les adultes se nourrissent en général de poissons et de céphalopodes en adoptant un type de chasse en embuscade (Barreiros and Santos, 1998; Condini et al., 2018; Linde et al., 2004; Machado et al., 2008). Il se pourrait donc que nos résultats propres aux liens entre le micro-habitat et le comportement découlent aussi de ces changements alimentaires ontogénétiques et du type de chasse correspondant.

Dans cette étude, la biomasse totale a permis de faire une estimation de l'importance en termes de taille et poids des individus recensés. Cependant, il a été relevé que cette mesure de la biomasse peut être différente d'un individu à un autre (poids différent pour des individus de même taille (TL)), notamment en fonction de la localisation de l'étude (Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999). Les propriétés énergétiques des proies potentielles peuvent varier et ainsi influencer la masse corporelle des individus de mérous. Il est donc à considérer que les résultats obtenus via la biomasse sont une estimation de la "forme moyenne" d'un individu et non une valeur arrêtée. Selon les proies disponibles dans la zone et leurs apports nutritionnels, le taux de survie des populations de mérous

peut évoluer. Il serait donc intéressant de s'attarder sur la présence des espèces ressources qui alimentent les deux stades de vie étudiés (juvéniles et adultes) dans chaque zone, afin d'observer une possible corrélation, sachant qu'en en Méditerranée, cette espèce est fortement liée aux espèces benthiques (Condini et al., 2018; Reñones et al., 2002).

Au-delà des ressources disponibles, la courantologie et la dispersion des larves (stades antérieurs à cette étude) peuvent être un objet de discussion. En effet, les propriétés physico-chimiques d'une zone sont importantes dans l'implantation des premiers stades de vie, particulièrement chez les espèces de poissons (Vigliola, 1998). Peu d'études s'attardent sur l'arrivée des larves de mérous car difficile à observer par leur taille. Néanmoins, il a été rapporté que la direction des courants influençait la propagation des larves et donc leur établissement dans une localisation donnée (Francour and Ganteaume, 1999, p. 199). Il est à noter que l'arrivée des larves dans une zone est en lien direct avec la reproduction des individus adultes (Zabala et al., 1997), qui a été rapporté ne se produire qu'occasionnellement et non tous les ans, tout comme le recrutement de cette espèce (Francour and Ganteaume, 1999).

La température de la colonne d'eau peut aussi avoir une influence sur la répartition des populations, particulièrement dans les premiers mètres où la température est souvent plus chaude que dans des profondeurs plus importantes. En effet, elle pourrait agir sur la reproduction (Louisy and Culioli, 1999), la vitesse de croissance des jeunes individus (Francour and Ganteaume, 1999; Mikel Zabala et al., 1997), mais aussi le taux de survie de l'espèce.

Enfin, les différences entre zones pourraient être corrélées à la présence humaine et aux pressions exercées. Par exemple, une des trois zones pourrait être plus fréquentée en période estivale, perturbant l'installation des juvéniles ; l'urbanisation des côtes ainsi que la pêche récréative pourraient avoir des effets similaires (même si celle-ci ne touche pas directement les juvéniles de mérous) (Francour and Ganteaume, 1999; Harmelin and Harmelin-Vivien, 1999).

5. Synthèse et conclusion

Au total, sur les trois zones et 32 segments étudiés de la corniche varoise (Fig. 2, Fig. 23), pour une surface totale prospectée de 32 000 m², **43 mérous bruns** (*Epinephelus marginatus*) et **5 corbs** (*S. umbra*), toutes tailles confondues, ont été observés dans la tranche bathymétrique 1 – 5 mètres. Au sein de ces trois zones, la taille minimale observée des mérous était de 60 mm (LT), correspondant donc à des juvéniles de l'année (0+ ou y0). La taille maximale était de 1 m (1 individu adulte). Sur 43 individus de mérous toutes tailles confondues, il y avait au total **30 individus de taille inférieure à 200 mm (individus 0+ et 1+)**, dont **18 individus de taille inférieure à 130 mm** (c'est-à-dire des juvéniles de l'année, **0+**). Des différences de densité de juvéniles de mérous sont apparues entre zones (Fig. 23). Pour la zone du **Rayol** sur une surface de 12 000 m², un total de **25 mérous** ont été recensés avec **20 individus <200 mm LT**, dont 12 individus 0+ (<130 mm LT) et des densités de juvéniles (<200 mm LT) par segment allant de 0 à 1,2 indiv/100m² (Fig. 24). En ce qui concerne la zone des **Trois Caps**, sur une surface de 10 000 m² environ, un total de **9 mérous** ont été recensés avec **7 mérous <200 mm LT**, dont 4 individus 0+ (<130 mm LT) (Fig. 25). Finalement, pour la zone de **Saint Tropez**, où environ 10 000 m² de surface ont été échantillonnées, **9 mérous** ont été recensés avec **3 individus <200 mm LT**, dont 2 individus 0+ (<130 mm LT) (Fig. 26).

Ces données peuvent être comparées avec celles provenant d'autres études réalisées à la même époque ailleurs en Méditerranée (Annexe 1). Au regard de ces données, Il semblerait que les zones de la corniche varoise, notamment celle du Rayol - Cavalaire, présentaient à l'automne 2022 des densités de juvéniles de mérous bruns notablement élevées en comparaison à d'autres aires d'étude et pour des années proches (2020 - 2022), à la même époque de l'année et pour un habitat semblable (Annexe 1). En effet, **à surface prospectée équivalente**, les effectifs de juvéniles (0+ et 1+, c'est-à-dire <200 mm LT) observés sur la corniche varoise étaient en moyenne **plus important** d'un facteur x1.5 , x2 et x10 que ceux respectivement des aires de Bonifacio, Scandola et Cap Corse ; mais étaient **6 fois moindres** que les effectifs observés à Katic (Monténégro) (Annexe 1).

De plus, nous pouvons faire une comparaison avec une étude effectuée 10 ans plus tôt (Cottalorda et al., 2013), réalisée à la même période de l'année (septembre 2012), dans la zone des Trois Caps (étude incluant de plus grandes profondeurs). 46 mérous bruns avaient été recensés dont seulement 1 individu mesurant entre 50 et 150 mm et 3 individus de 250 à 350 mm. Tous les autres individus étaient de plus grandes tailles (mérous adultes). Il est à considérer que cette étude ne portait pas sur les mêmes profondeurs, ce qui explique pourquoi le nombre d'adultes est grandement supérieur à celui que nous avons obtenu.

Le WP1 a montré que pour **l'assemblage global de juvéniles** du cortège d'espèces classique de Méditerranée NO, les patrons de distributions (richesse, abondances, etc.) étaient de même ordre de grandeur que ceux observés dans d'autres zones (Corse, Provence, etc.). En conséquence, les effectifs particulièrement élevés de juvéniles de **mérous bruns** observés ici en comparaison au reste de la façade méditerranéenne française sont donc remarquables car ils dénotent une tendance particulière pour cette espèce. Plusieurs **facteurs pourraient être responsables de ces différences**: outre des différences en termes de populations adultes **sources** d'œufs et post-larves qui conditionnent les densités initiales de juvéniles à l'installation, des différences de **contexte** environnemental (températures, etc.) peuvent être source de différences de croissance et donc de survie des juvéniles. Néanmoins, il convient d'être prudent lors de telles comparaisons, car il faut conserver en mémoire que ces différents projets (Annexe 1) n'utilisaient pas exactement la même méthode de prospection : dans le cadre de JUVAR, comme pour Katic (Cheminée et al., 2019), la prospection ciblait plus

particulièrement les juvéniles de mérous avec un plus important temps de prospection et une inspection accrue des crevasses et recoins au sein des habitats, par rapport aux autres projets.

Suite à cette étude, il serait donc à l'avenir intéressant de renouveler un suivi propre aux **juvéniles de mérous** ultérieurement, pour évaluer comment **évoluent** dans le temps ces populations le long du linéaire côtier de la corniche varoise. Enfin, cette étude a aussi permis de quantifier la présence de **corbs**, sans **qu'aucun juvénile** n'ait pu être recensé. Un suivi futur permettrait peut-être pour cette espèce une compréhension plus approfondie de la répartition de son stade de vie juvénile.



Figure 23. Carte des densités de juvéniles de mérou brun (*E. marginatus*, LT < 20 cm) (ind/100m²) au sein des différentes zones d'étude ; un rond blanc correspond à une densité de 0 ind/100m² (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84). Zones : Rayol (rouge), Trois Caps (jaune), Saint Tropez (vert).

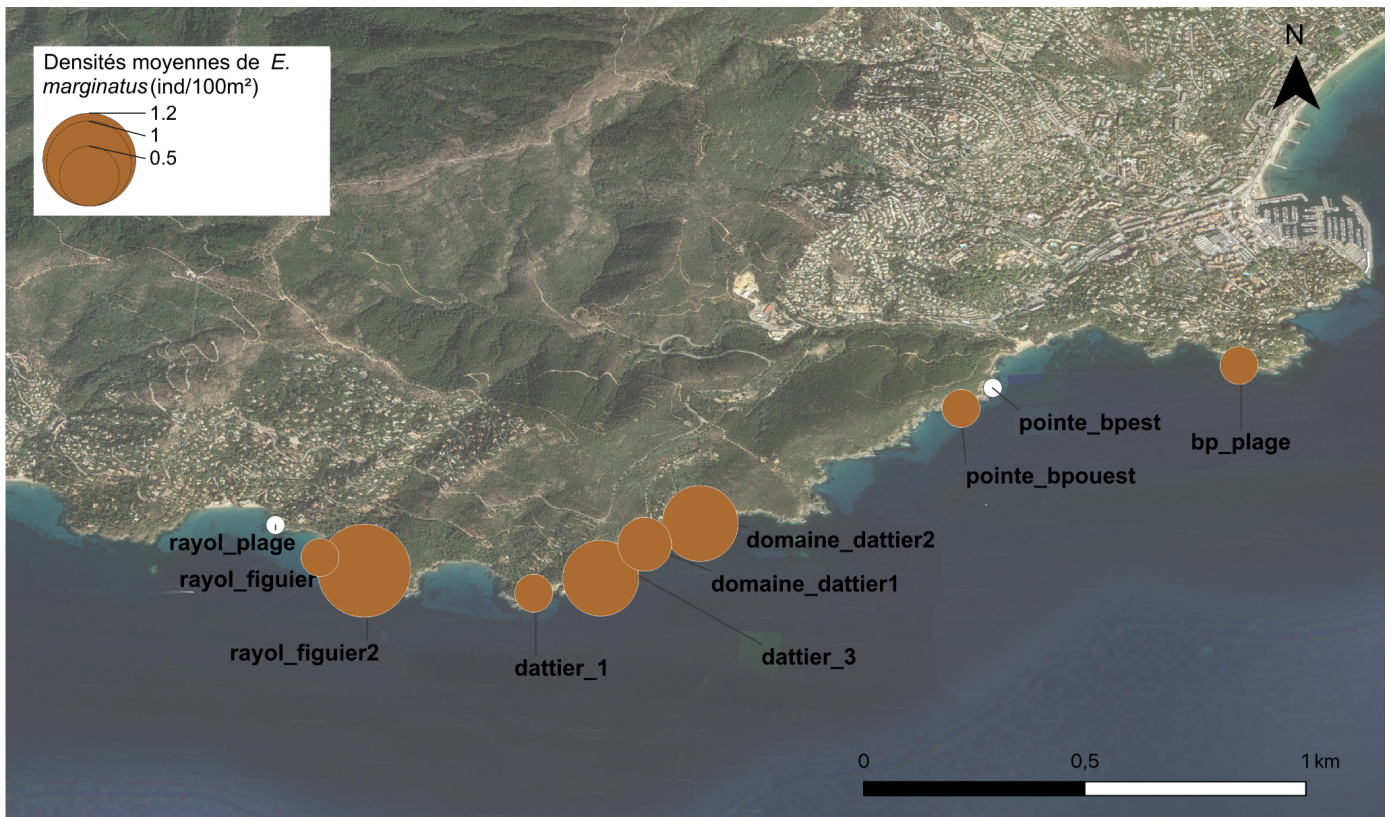


Figure 24. Carte des densités de juvéniles de mérou brun (*E. marginatus*, LT < 20 cm) (ind/100m²) au sein de la zone du Rayol en fonction des segments ; un rond blanc correspond à une densité de 0 ind/100m² (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84).

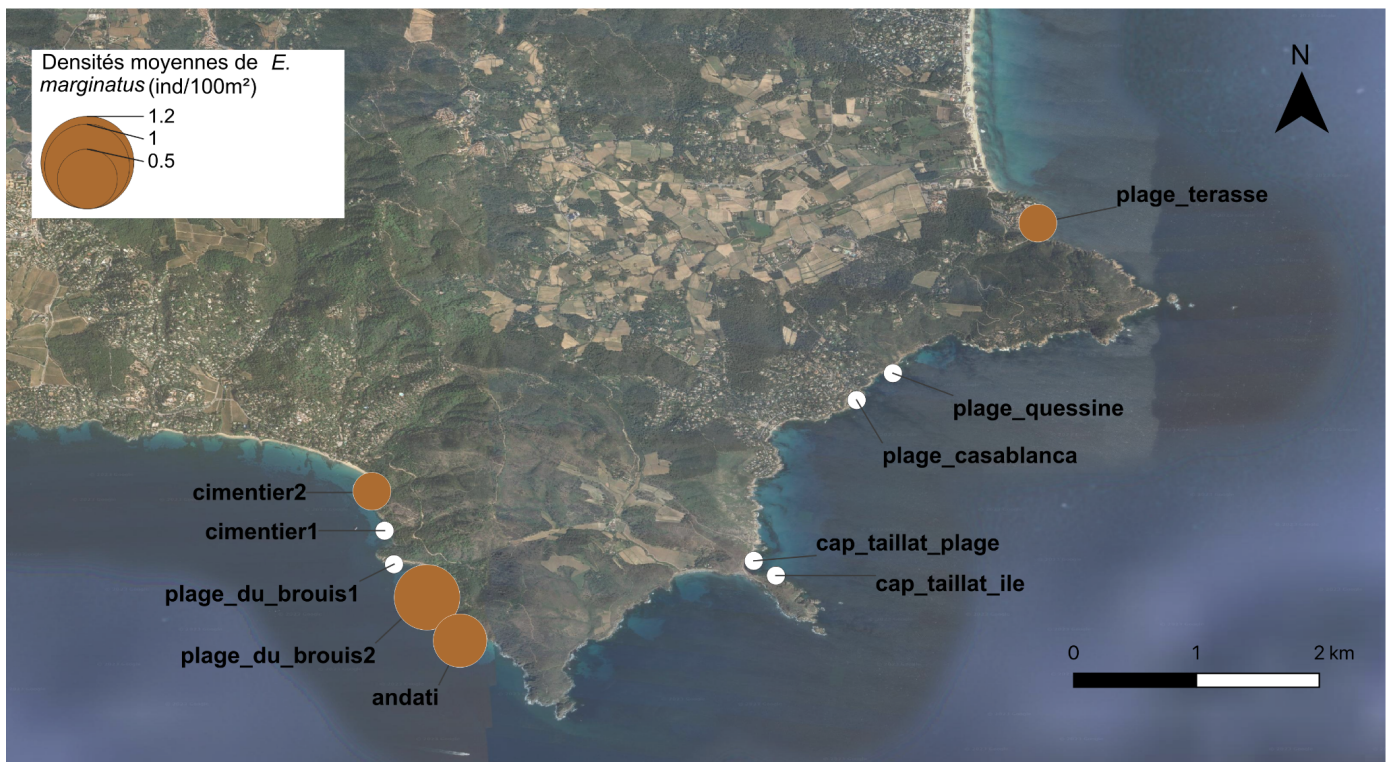


Figure 25. Carte des densités de juvéniles de mérou brun (*E. marginatus*, LT < 20 cm) (ind/100m²) au sein de la zone des Trois Caps en fonction des segments ; un rond blanc correspond à une densité de 0 ind/100m² (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84).

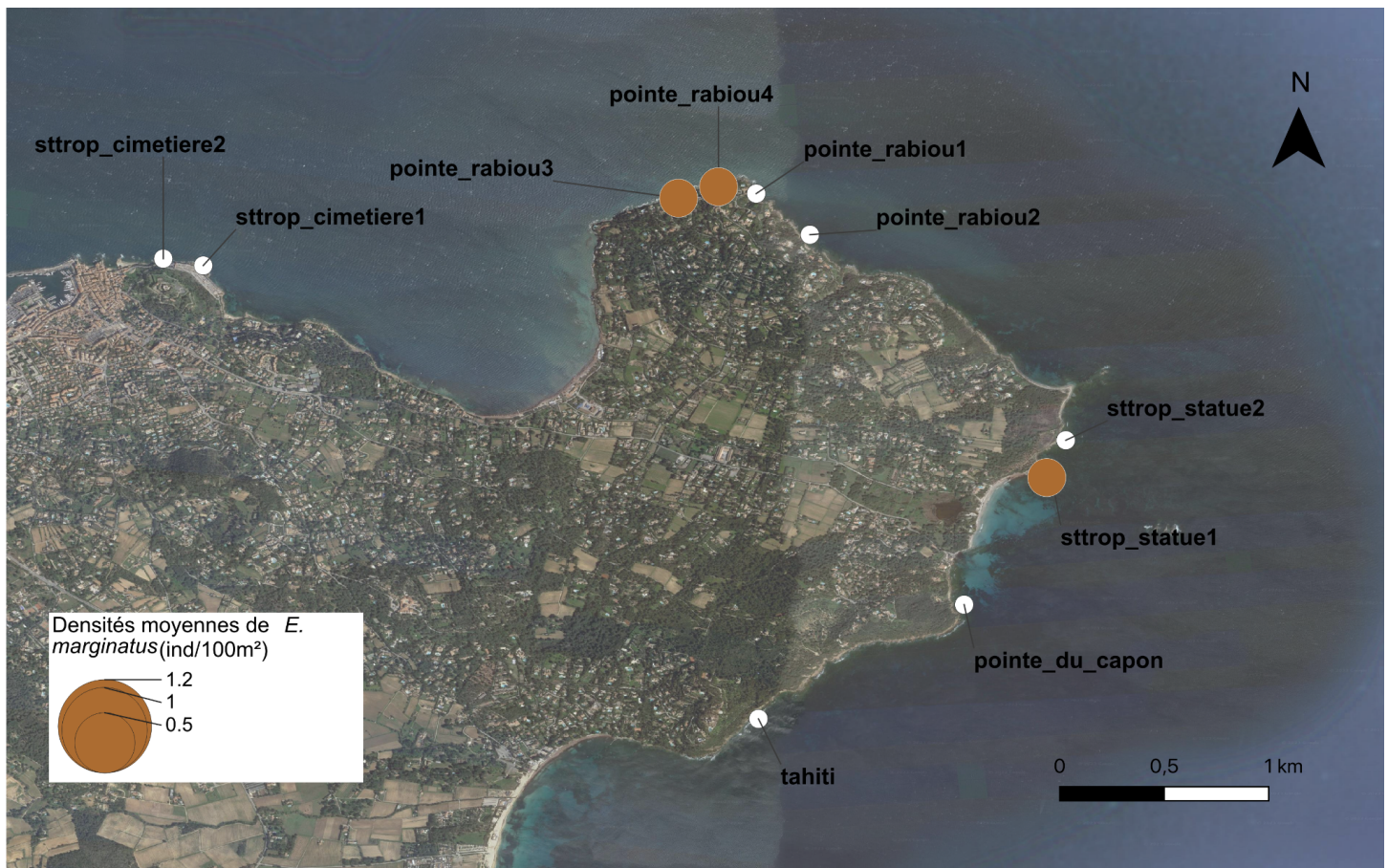


Figure 26. Carte des densités de juvéniles de mérou brun (*E. marginatus*, LT < 20 cm) (ind/100m²) au sein de la zone de St Tropez en fonction des segments ; un rond blanc correspond à une densité de 0 ind/100m² (Google Earth, SCR : EPSG:4326 - WGS 84).

Bibliographie

- Alvarez-Berastegui, D., Coll, J., Rueda, L., Stobart, B., Morey, G., Navarro, O., Aparicio-González, A., Grau, A.M., Reñones, O., 2018. Multiscale seascape habitat of necto-benthic littoral species, application to the study of the dusky grouper habitat shift throughout ontogeny. *Marine environmental research* 142, 21–31.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. Plymouth: primer-E; 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods 214.
- Barreiros, J.P., Santos, R.S., 1998. Notes on the food habits and predatory behaviour of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)(Pisces: Serranidae) in the Azores. *Arquipélago. Life and Marine Sciences* 29–35.
- Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K., Minello, T.J., Orth, R.J., Sheridan, P.F., Weinstein, M.P., 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience* 51, 633–641.
- Bodilis, P., Ganteaume, A., Francour, P., 2003. Recruitment of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) in the north-western Mediterranean Sea. *Cybiurn* 27, 123–129.
- Bozec, Y.-M., Kulbicki, M., Laloë, F., Mou-Tham, G., Gascuel, D., 2011. Factors affecting the detection distances of reef fish: implications for visual counts. *Mar Biol* 158, 969–981. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1623-9>
- Chauvet, C., Francour, P., 1989. Les mérous *Epinephelus guaza* du Parc national de Port-Cros (France): Aspects socio-démographiques. *Bull. Soc. zool. Fr* 114, 5–13.
- Cheminée, A., 2012. Ecological functions, transformations and management of infralittoral rocky habitats from the North-western Mediterranean: the case of fish (Teleostei) nursery habitats (PhD thesis). University of Nice, Nice.
- Cheminée, A., Audran, M., Richaume, J., 2020. MedHab - Rapport intermédiaire - WP2 partie 1: localiser et quantifier les habitats nurseries de sparides (petits fonds heterogenes), évaluer leur prise en compte actuelle par la gestion (Technical report). Septentrion Environnement.
- Cheminée, A., Četković, I., Popovic, J., Richaume, J., 2019. Assessment of Dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) and related species population status in the area of potential MPA Katič (Montenegro) - Phase 1 report - (Technical report). Septentrion Environnement.
- Cheminée, A., Estaque, T., Gasc, J., Monfort, T., Nunez, L., Richaume, J., 2022. MedHab - Évaluation et gestion des habitats essentiels des poissons méditerranéens - Action WP2 - Partie 2: Inventaire des assemblages de juvéniles de poissons associés à trois habitats nurseries (HP, RIAP, PFH) - Compte rendu de la campagne 2021. Septentrion Env. publ.
- Cheminée, A., Feunteun, E., Clerici, S., Bertrand, C., Francour, P., 2014. Management of infralittoral habitats: towards a seascape scale approach, in: Musard, O., Francour, P., Feunteun, E. (Eds.), *Underwater Seascapes - From Geographical to Ecological Perspectives*. Springer, p. 240.
- Cheminée, A., Francour, P., Harmelin-Vivien, M., 2011. Assessment of *Diplodus* spp. (Sparidae) nursery grounds along the rocky shore of Marseilles (France, NW Mediterranean). *Scientia Marina* 75, 181–188. <https://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n1181>
- Cheminée, A., Le Direach, L., Rouanet, E., Astruch, P., Goujard, A., Blanfuné, A., Bonhomme, D., Chassaing, L., Jouvenel, J.-Y., Ruitton, S., Thibaut, T., Harmelin-Vivien, M., 2021. All shallow coastal habitats matter as nurseries for Mediterranean juvenile fish. *Sci Rep* 11, 14631. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93557-2>
- Cheminée, A., Rider, M., Lenfant, P., Zawadzki, A., Mercière, A., Crec'hriou, R., Mercader, M., Saragoni, G., Neveu, R., Ternon, Q., Pastor, J., 2017. Shallow rocky nursery habitat for fish: Spatial variability of juvenile fishes among this poorly protected essential habitat. *Marine Pollution Bulletin* 119, 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.051>
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2006. PRIMER v6: user manual/tutorial, Primer E: Plymouth. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.
- Condini, M.V., García-Charton, J.A., Garcia, A.M., 2018. A review of the biology, ecology, behavior and conservation status of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834). *Rev Fish Biol Fisheries* 28, 301–330. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9502-1>
- Cottalorda, J.-M., Seytre, C., Casalta, B., André, M., Francour, P., 2013. Seconde mission

d'inventaire du peuplement de mérou brun *Epinephelus marginatus* sur le littoral des Maures.

- Crec'hriou, R., Garsi Laure-Hélène, Lèbre Laurie, Lozano Laura, Pastor Jérémy, Lecaillon Gilles, Durieux Eric, Simon Gaël, Ternengo Sonia, Bracconi Jérémy, Briot Lisa, Verdoit-Jarraya Marion, Saragoni Gilles, Pristchepa Séverine, Bastien Romain, Agostini Sylvia, Lenfant Philippe, 2015. Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3678.1282>
- Cuadros, A., 2015. Settlement and post-settlement processes of Mediterranean littoral fishes: influence of seascape attributes and environmental conditions at different spatial scales. (PhD). Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca.
- Cuadros, A., Moranta, J., Cardona, L., Thiriet, P., Francour, P., Vidal, E., Sintès, J., Cheminée, A., 2019. Juvenile fish in *Cystoseira* forests: influence of habitat complexity and depth on fish behaviour and assemblage composition. *Mediterranean Marine Science* 20, 380–392. <https://doi.org/10.12681/mms.18857>
- Derbal, F., Kara, M.H., 1995. Habitat et comportement du mérou *Epinephelus marginatus* dans la région d'Annaba (Algérie). *Cahiers de Biologie Marine* 36, 29–32.
- Francour, P., Ganteaume, A., 1999. L'arrivée progressive de jeunes mérous (*Epinephelus marginatus*) en Méditerranée nord-occidentale. Institut océanographique Paul Ricard, Marseille, FRANCE.
- Francour, P., Gratiot, J., 2007. Second International Symposium on the Mediterranean Groupers. Nice University publ., Nice.
- García-Rubies, A., Macpherson, E., 1995. Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. *Marine Biology* 124, 35–42. <https://doi.org/10.1007/BF00349144>
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., Bensoussan, N., Turicchia, E., Sini, M., Gerovasileiou, V., Teixido, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, J.-B., Souissi, J.B., Khamassi, F., Ghanem, R., Benabdi, M., Grimes, S., Ocaña, O., Bazairi, H., Hereu, B., Linares, C., Kersting, D.K., la Rovira, G., Ortega, J., Casals, D., Pagès-Escolà, M., Margarit, N., Capdevila, P., Verdura, J., Ramos, A., Izquierdo, A., Barbera, C., Rubio-Portillo, E., Anton, I., López-Sendino, P., Díaz, D., Vázquez-Luis, M., Duarte, C., Marbà, N., Aspillaga, E., Espinosa, F., Grech, D., Guala, I., Azzurro, E., Farina, S., Cristina Gambi, M., Chimienti, G., Montefalcone, M., Azzola, A., Mantas, T.P., Frascchetti, S., Ceccherelli, G., Kipson, S., Bakran-Petricioli, T., Petricioli, D., Jimenez, C., Katsanevakis, S., Kizilkaya, I.T., Kizilkaya, Z., Sartoretto, S., Elodie, R., Ruitton, S., Comeau, S., Gattuso, J.-P., Harmelin, J.-G., 2022. Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology* 28, 5708–5725. <https://doi.org/10.1111/gcb.16301>
- Harmelin, J.G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). *P.S.Z.N. 1: Marine Ecology* 8, 263–284.
- Harmelin, J.-G., Harmelin-Vivien, M., 1999. A review on habitat, diet and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Marine Life* 9, 11–20.
- Harmelin-Vivien, M.L., Harmelin, J.G., Leboulleux, V., 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia* 300, 309–320. <https://doi.org/10.1007/BF00024471>
- Hinz, H., Reñones, O., Gouraguine, A., Johnson, A.F., Moranta, J., 2019. Fish nursery value of algae habitats in temperate coastal reefs (No. e27557v1). PeerJ Inc. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27557v1>
- Koeck, B., Pastor, J., Saragoni, G., Dalias, N., Payrot, J., Lenfant, P., 2014. Diel and seasonal movement pattern of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* inside a marine reserve. *Marine Environmental Research* 94, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.12.002>
- La Mesa, G., Louisy, P., Vacchi, M., 2002. Assessment of microhabitat preferences in juvenile dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) by visual sampling. *Marine Biology* 140, 175–185. <https://doi.org/10.1007/s002270100682>
- Le Direac'h, L., Astruch, P., Rouanet, E., Cheminée, A., Goujard, A., Chassaing, L., Jouvenel, J.-Y., THIBAULT, T., Blanfune, A., Ruitton, Bonhomme, D., Harmelin-Vivien, M., 2015. Programme NUHAGE : nurseries, habitats, génie écologique. Rapport final. Contrat GIS Posidonie. MIO

- P2A développement / Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse – Conseil Général du Var.

- Linde, M., Grau, A.M., Riera, F., Massutí-Pascual, E., 2004. Analysis of trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae). *Cybium* 28, 27–35.
- Louisy, P., Culioli, J.-M., 1999. Synthèse des observations sur l'activité reproductrice du mérus brun *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) en Méditerranée nord-occidentale. *Mar. Life* 9, 47–57.
- Lozano, L., Crec'hriou, R., Garsi, L.-H., Agostini, S., Lenfant, P., 2015. Caractérisation de la diversité des post-larves de poissons en Méditerranée nord-occidentale et la variabilité de leur recrutement. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park* 29, 135–165.
- Machado, L.F., Bertoncini, Á.A., Hostim-Silva, M., Barreiros, J.P., 2003. Habitat use by the juvenile dusky grouper *Epinephelus marginatus* and its relative abundance, in Santa Catarina, Brazil. *aqua—Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 6, 133–138.
- Machado, L.F., Hostim-Silva, M., Barreiros, J.P., 2008. Feeding strategy and trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae) from Southern Brazil.
- Pastor, J., Verdoit-Jarraya, M., Astruch, P., Dalías, N., Nelva Pasqual, J.-S., Saragoni, G., Lenfant, P., 2009. Acoustic telemetry survey of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) in the Marine Reserve of Cerbère-Banyuls: informations on the territoriality of this emblematic species. *Comptes Rendus Biologies In Press, Corrected Proof*.
- Pelaprat, C., 1999. Observations on the spawning behaviour of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Mar Life* 9, 59–65.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing.
- Reñones, O., Polunin, N. v. c., Goni, R., 2002. Size related dietary shifts of *Epinephelus marginatus* in a western Mediterranean littoral ecosystem: an isotope and stomach content analysis. *Journal of Fish Biology* 61, 122–137.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb01741.x>
- Sala, E., Kizilkaya, Z., Yildirim, D., Ballesteros, E., 2011. Alien marine fishes deplete algal biomass in the Eastern Mediterranean. *PLoS ONE* 6, e17356.
- Vacchi, M., La Mesa, G., Finoia, M.G., Guidetti, P., Bussotti, S., 1999. Protection measures and juveniles of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae), in the Marine Reserve of Ustica Island (Italy, Mediterranean Sea). *Mar Life* 9, 63–70.
- Vigliola, L., 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidae (Poissons, Téléostéens) en Méditerranée: importance des processus pré-et post-installation benthique (PhD Thesis). Aix-Marseille 2.
- Zabala, M., García-Rubies, A., Louisy, P., Sala, E., 1997. Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean; Spain). *Scientia Marina*.
- Zabala, Mikel, Louisy, P., García-Rubies, A., Gracia García, V., 1997. Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)(Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 1997, vol. 61, num. 1, p. 79-98.

ANNEXES

Annexe 1 - Tableau 8 . A titre indicatif, résultats extraits de divers projets de Septentrion Environnement (dont JUVar) ou de ses partenaires concernant les abondances brutes de juvéniles (y0 et y+1) de mérous *E. marginatus* (c.a.d. LT <20cm) observées dans diverses aires d'étude de Méditerranée. Les projets concernent tous la tranche bathymétrique 0 - 5 mètres, excepté l'Odyssée des AMPs dont les recensements ont été réalisés entre 5 et 12 mètres de profondeur. Les inventaires ont été réalisés globalement au sein du même type d'habitat (petits fonds de blocs et roches hétérogènes de l'Infralittoral), même si une variabilité des faciès existe entre projets. Projets sources des données: Katic MPA Project (Cheminée et al., 2019), MedHab (Cheminée et al., 2020), Odyssée des AMP (WWF-France, données non publiées).

Projet	Aire d'étude	Année	Méthode	Abondance de juvéniles de mérous <i>E. marginatus</i> (ou autre si précisé) / surface totale prospectée (m ²)
Katic MPA Project	Montenegro, Katic MPA	2019	PMT	17 indiv de <i>E. marginatus</i> et 29 <i>Epinephelus costae</i> / 3 394 m ²
Medhab	Toutes aires confondues (Marseille, Côte Bleue, Calvi)	2019	PMT	0 indiv / 9 400 m ²
Medhab	Scandola	2020	PMT	1 indiv / 1 432 m ²
Medhab	Calvi	2020	PMT	0 indiv / 730 m ²
Medhab	Côte Bleue	2020	PMT	0 indiv / 1 302 m ²
Medhab	Parc National des Calanques	2020	PMT	0 indiv / 2 404 m ²
Medhab	Banyuls	2021	PMT & Scuba	0 indiv / 240 m ²
Medhab	PNMGL	2021	PMT & Scuba	0 indiv / 240 m ²
Medhab	Marseille hors PNCaI	2021	PMT & Scuba	0 indiv / 240 m ²
Medhab	PNCaI	2021	PMT & Scuba	0 indiv / 240 m ²
Medhab	Calvi	2021	PMT & Scuba	0 indiv / 240 m ²
Medhab	Scandola	2021	PMT & Scuba	0 indiv / 240 m ²
Odyssée AMP	PNMCCA (Cap Corse)	2021	Scuba	2 indiv / 30 125 m ²
Odyssée AMP	Bouches de Bonifacio	2022	Scuba	43 indiv / 24 000 m ²
Odyssée AMP	RN Scandola et PNR Corse	2022	Scuba	10 indiv / 21 750 m ²
Juvar	3 zones (Rayol, 3 Caps, St Tropez)	2022	Scuba	30 indiv / 32 000 m²
Juvar	Rayol	2022	Scuba	20 indiv / 12 000 m ²
Juvar	Trois Caps	2022	Scuba	7 indiv / 10 000 m ²
Juvar	Saint Tropez	2022	Scuba	3 indiv / 10 000 m ²