



# Suivi spatio-temporel des espèces démersales et benthiques

Rapport final de l'action 3 du Projet GOLDYS

(Dynamique Saisonnière du Golfe du Lion, 2021-2023)



**FEAMP**  
Fonds européen  
pour les affaires  
maritimes et la pêche





## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport : Suivi spatio-temporel des espèces démersales et benthiques : Rapport final de l'action 3 du Projet GOLDYS</b>	
<b>Référence interne :</b> RBE/MARBEC/LHM 2023 <b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)  <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d’embargo : AAA/MM/JJ  <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	<b>Date de publication :</b> Septembre 2023  <b>Version :</b> 1.0.0  <b>Référence de l’illustration de couverture</b> Ifremer/GOLDYS/2022  <b>Langue(s) :</b> Français
<b>Résumé/ Abstract :</b> <p>De façon à obtenir une meilleure compréhension des cycles de vie, répartitions spatiales et dynamiques des populations exploitées, des campagnes scientifiques (reprenant le protocole des campagnes MEDITS) ont été déployées en 2022-2023. Elles visaient à d’obtenir un suivi saisonnier de la ressource (en particulier, répartitions spatiales des juvéniles et des reproducteurs). Les objectifs visés étaient : 1) une évaluation de la biodiversité (inventaire, structure et répartition spatiale des assemblages) et des successions saisonnières des communautés d’invertébrés benthiques et ichtyologiques observées sur un an ; 2) pour un certain nombre d’espèces, obtenir des informations détaillées sur leur cycle de vie dans la zone d’étude ; 3) produire des cartes saisonnières des principales espèces rencontrées par stade de vie (juvéniles et adultes) de façon à obtenir un premier aperçu de leurs dynamiques saisonnières sur un an. Le suivi de la distribution des principales espèces rencontrées a permis d’obtenir un premier aperçu de leurs dynamiques saisonnières sur un an. Les résultats obtenus ici indiquent que les assemblages sont fortement structurés par le gradient bathymétrique et pour beaucoup d’espèces, les distributions sont assez stables sur l’ensemble de l’année. Il est probable que les observations estivales obtenues lors de la campagne récurrente MEDITS soient suffisamment représentatives dans un grand nombre de cas. La définition de la taille médiane à première maturité a permis de distinguer plus précisément les juvéniles des adultes et de comparer leurs distributions saisonnières.</p>	
<b>Mots-clés/ Key words :</b> Golfe du Lion, Dynamique saisonnière, Espèces démersales, Espèces exploitées	
<b>Comment citer ce document :</b> Vaz Sandrine, Certain Gregoire, Hattab Tarek, Jadaud Angelique, Villeneuve Remi, Raphalen Elio, Metral Luisa, Cheret Isabelle, Bourdeix Jean-Herve, Tessier Emmanuel (2023). Suivi spatio-temporel des espèces démersales et benthiques : Rapport final de l’action 3 du Projet GOLDYS.	
<b>Disponibilité des données de la recherche :</b> <a href="https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campagnes/18002952/">https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campagnes/18002952/</a> <a href="https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campaign?id=18001922">https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campaign?id=18001922</a> <a href="https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campaign?id=18001915">https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campaign?id=18001915</a> <a href="https://sih.ifremer.fr/Donnees">https://sih.ifremer.fr/Donnees</a> <a href="https://www.seanoe.org/">https://www.seanoe.org/</a>	
<b>DOI :</b> <a href="https://doi.org/10.13155/96823">https://doi.org/10.13155/96823</a>	

<b>Commanditaire du rapport :</b>	
<b>Nom / référence du contrat :</b>	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne <b>du rapport intermédiaire</b> : RBE/MARBEC/LHM 2023)	
<b>Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit</b> (programme européen, campagne, etc.) : Goldys (Dynamique Saisonnière du Golfe du Lion) porté par Ifremer en partenariat avec le CRPMEM-Occitanie, et cofinancé par les fonds FEAMP, France Filière Pêche et la région Occitanie d'Octobre 2021 à Juin 2023	
<b>Auteur(s) / adresse mail</b>	<b>Affiliation / Direction / Service, laboratoire</b>
Sandrine Vaz / Sandrine.vaz@ifremer.fr	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Grégoire Certain	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Tarek Hattab	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Angélique Jadaud	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Rémi Villeneuve	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Elio Raphalien	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Luisa Métral	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Isabelle Cheret	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Jean-Hervé Bourdeix	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Emmanuel Tessier	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
<b>Encadrement(s) :</b>	
<b>Destinataire :</b>	
<b>Validé par :</b>	



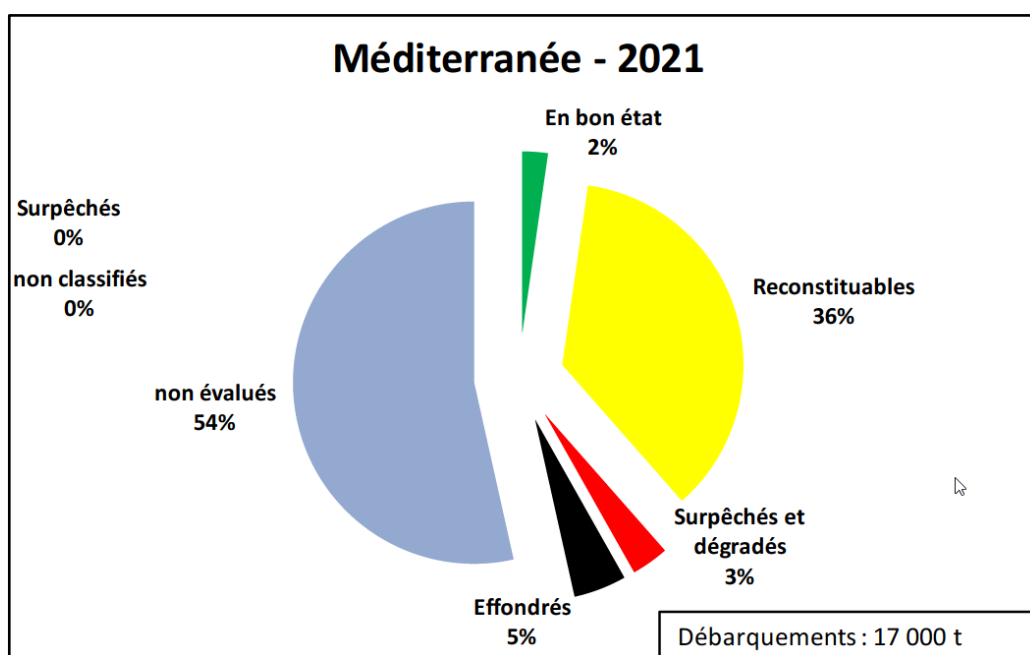
## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Méthodes.....</b>	<b>11</b>
2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	11
2.1.1	Zone d'étude.....	11
2.1.2	Plan d'échantillonnage .....	11
2.1.3	Pêches démersales .....	12
2.1.4	Protocoles de tri des captures.....	12
2.2	Analyses des données.....	13
2.2.1	Élévations et standardisations des données .....	13
2.2.2	Structure et diversité des communautés .....	14
2.2.2.1	Densité, rendement et diversité.....	14
2.2.2.2	Espèces dominantes .....	15
2.2.2.3	Typologie des communautés.....	15
2.2.3	Paramètres biologiques des espèces.....	16
2.2.3.1	Relations taille-poids .....	16
2.2.3.2	Sex-ratio aux tailles.....	16
2.2.3.3	Ogives de maturité .....	16
2.2.3.4	Calendrier de pontes .....	17
2.2.4	Cartographie des espèces dominantes .....	17
<b>3</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>18</b>
3.1	Déroulement des campagnes et résultats généraux.....	18
3.2	Structure et diversité des communautés .....	21
3.2.1	Communautés des invertébrés benthiques .....	21
3.2.1.1	Densité, rendement et diversité.....	21
3.2.1.2	Espèces dominantes .....	24
3.2.1.3	Structure des assemblages et espèces indicatrices.....	24
3.2.2	Communautés des poissons et céphalopodes .....	27
3.2.2.1	Densité, rendement et diversité.....	27
3.2.2.2	Espèces dominantes .....	29
3.2.2.3	Structure des assemblages et espèces indicatrices.....	30
3.3	Paramètres biologiques des espèces .....	33
3.3.1	Relations taille-poids .....	33
3.3.2	Sex-ratio.....	33
3.3.3	Ogives de maturité .....	35
3.3.4	Calendriers de pontes.....	35

3.4	Cartographie des espèces structurantes et dominantes .....	37
3.4.1	Distribution des invertébrés benthiques principaux .....	37
3.4.1.1	Distribution des espèces côtières .....	38
3.4.1.2	Distribution des espèces du plateau .....	39
3.4.1.3	Distribution des espèces du large .....	40
3.4.1.4	Distribution des espèces profondes.....	42
3.4.1.5	Distribution des espèces dominantes complémentaires.....	43
3.4.2	Distribution des poissons et céphalopodes principaux .....	44
3.4.2.1	Distribution espèces côtières.....	45
3.4.2.2	Distribution des espèces du plateau.....	49
3.4.2.3	Distribution des espèces du large.....	50
3.4.2.4	Distribution des espèces dominantes complémentaires.....	53
3.4.2.4.1	Espèces de petits pélagiques .....	53
3.4.2.4.2	Espèces démersales .....	57
3.4.2.4.3	Céphalopodes .....	63
<b>4</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>Perspectives et conclusion .....</b>	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>Références .....</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Remerciements .....</b>	<b>77</b>
<b>8</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>78</b>
8.1	Annexe 1 : Traitement des espèces dans le protocole GOLDYS .....	78
8.2	Annexe 2 : Relations entre les ouvertures entre les panneaux et verticales et l'ouverture aux pointes d'ailes .....	79
8.3	Annexe 3 : Relations taille-poids.....	81
8.4	Annexe 4 : Sex-ratio .....	84
8.5	Annexe 5 : Ogives de maturité.....	88
8.6	Annexe 6 : Liste des espèces cartographiées et taille à première maturité.....	95
8.7	Annexe 7 : Distribution des espèces dominantes complémentaires.....	97
8.7.1	Invertébrés benthiques.....	97
8.7.2	Poissons.....	103
8.7.3	Céphalopode .....	108

## 1 Introduction

À l’instar d’autres parties de la Méditerranée, les pêcheries démersales dans le Golfe du Lion (GoL) sont constituées de flottes de pêche diversifiées et hétérogènes, mais une grande partie de l’exploitation est attribuée aux flottes commerciales chalutières espagnoles et françaises plutôt qu’aux nombreuses pêcheries artisanales (Farrugio, 2013) ou aux pêcheurs récréatifs. Un total de neuf stocks de poissons méditerranéens a été évalué et catégorisé en 2022 : le merlu, le rouget barbet de vase, la baudroie, l’anchois et la sardine, le thon rouge, le thon germon, l’espadon et l’Anguille européenne. L’ensemble de ces neuf stocks représentent 46% des volumes débarqués (en tonnes) en provenance de la zone (Biseau, 2023, Fig. 1) et seuls les trois premiers sont des espèces démersales (inféodées aux fonds). Un stock seulement est aujourd’hui considéré en « bon état », le rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*).

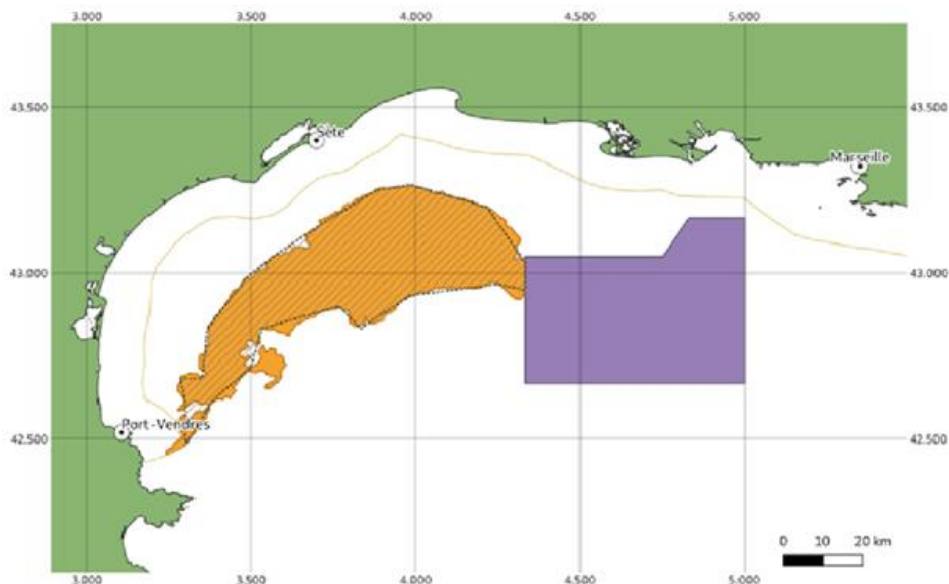


**Figure 1. Bilan 2021 de la répartition des débarquements selon le statut des stocks (Biseau et al., 2023).**

En effet, le GoL est soumis à une forte pression de pêche et la principale espèce victime de cette surexploitation est le merlu (*Merluccius merluccius*), dont le stock est classé comme « effondré ». Pourtant la Commission Générale des Pêches de Méditerranée (CGPM) avait mis en place dès 2009 une large zone de pêche réglementée (FRA, Fisheries Restricted Areas) au niveau du talus continental dans l’objectif de protéger les juvéniles et reproducteurs fortement exploités (Le Corre et Farrugio, 2009). D’autres plans de gestion visant la restauration des stocks démersaux, dont le merlu, se sont ensuite succédés. Le dernier en date et le plus restrictif jusqu’à présent est le plan de gestion multi-annuel « WESTMED »<sup>1</sup>. Ce règlement européen pour les pêcheries démersales en Méditerranée occidentale met en avant l’importance de restaurer les stocks de cinq espèces démersales cibles (Merlu, Rouget de vase, Langoustine, Crevette rose du large *Parapeneus longirostris* et Crevette rouge *Aristeus antennatus*) en mettant en place, depuis

<sup>1</sup> Regulation (EU) 2019/1022 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 establishing a multiannual plan for the fisheries exploiting demersal stocks in the western Mediterranean Sea and amending Regulation (EU) No 508/2014, <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1022/oj>

janvier 2020, des réductions progressives de l'effort de pêche et deux fermetures spatio-temporelles couvrant plus d'un tiers du GoL pendant six à huit mois par an (Fig. 2). Les réductions successives d'effort (obtenues en limitant le nombre total de jours de pêche et des sorties de flottes) ont abouti fin 2023 à une réduction globale de 29% par rapport à la période de référence 2017-2019 et pourraient encore se poursuivre en 2024 si nécessaire.



**Figure 2. Cartographie des zones de fermetures spatio-temporelles mises en place à partir de janvier 2020.** En orange entre les isobathes 90 à 100 m fermée pour une durée de 8 mois de septembre à avril ; en violet, la FRA CGPM étendue et fermée pour une durée de 6 mois de novembre à avril (Billet *et al.*, 2021).

Bien que le merlu soit l'espèce sur laquelle les attentes sont les plus fortes concernant les effets de ce plan de gestion, la composition des captures des pêcheries démersales du GoL n'est pas significativement dominée par une seule espèce et plus de 167 espèces démersales et benthiques sont capturées régulièrement (Aldebert *et al.*, 1993). Ces pêcheries clairement multi-spécifiques, sont tout de même structurées autour d'un nombre plus restreint d'espèces. Ainsi un cortège de 47 espèces représente de 90% des débarquements et les 20 premières espèces assurent à elles seules 70 % des volumes débarqués (Tableau 1, Certain *et al.*, 2022).

**Tableau 1. Débarquements en tonnes et en euros des 20 espèces les plus pêchées en méditerranée, cumulé sur 3 ans (Certain et al., 2022).**

Code FAO	Nom scientifique	Landings totaux (tonnes, 2018-20)	Répartition (%) du débarquement par taille de navire (m)				
			0-6	6-12	12-18	18-24	24-40
ANE	<i>Engraulis encrasicolus</i>	3165.837	0	0.4	0	0.1	99.5
SBG	<i>Sparus aurata</i>	3141.85	29.5	53.5	0.4	11.7	4.9
HKE	<i>Merluccius merluccius</i>	2344.454	0.3	21.8	1.6	25.4	50.9
MAC	<i>Scomber scombrus</i>	2280.258	0.2	9.6	0.6	38.8	50.8
ELE	<i>Anguilla anguilla</i>	2153.195	64	35.7	0	0	0.3
OCC	<i>Octopus vulgaris</i>	2010.727	1.2	49.8	1.5	24.6	23
MGS	<i>Mugil spp</i>	1978.427	37.5	60.6	0	1.8	0.2
EOI	<i>Eledone cirrhosa</i>	1602.767	0	0.5	0	39.8	59.7
ANK	<i>Lophius budegassa</i>	1497.234	0	0	0	21.8	78.2
POD	<i>Trisopterus minutus</i>	1439.934	0	0.3	0	27.1	72.5
PIL	<i>Sardina pilchardus</i>	1414.407	0.3	43.1	18.4	12.8	25.4
OCT	<i>Octopodidae</i>	1147.713	3.4	72	1.4	9.7	13.5
HMM	<i>Trachurus mediterraneus</i>	1021.774	0	0.6	0.1	37.7	61.6
MUT	<i>Mullus barbatus</i>	1002.908	0.9	5.9	0	39.1	54.1
BSS	<i>Dicentrarchus labrax</i>	833.645	38.2	50.7	0.3	5.4	5.3
GUR	<i>Chelidonycths cuculus</i>	802.31	0.1	1.6	0.1	45.5	52.7
MSM	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	779.191	26.4	73.6	0	0	0
MLR	<i>Chelon labrosus</i>	771.416	36.7	30.7	0	16.8	15.8
GUX	<i>Triglidae</i>	586.313	0	2.1	0	21.9	76
ILL	<i>Illex spp</i>	584.92	0	1	0	26	73

Au sein du bassin de la Méditerranée Occidentale, les communautés ichthyques du GoL sont distinctes de celles trouvées le long des côtes espagnoles (Gaertner al al., 2005) probablement partiellement séparées entre elles par la zone de front au nord des Baléares. Ces communautés sont légèrement moins biodiversifiées (richesse locale en espèce) que celles d'autres zones du bassin occidental (Gaertner al al., 2005 & 2007 ; Granger et al., 2015, Veloy et al., 2022). En revanche, la condition corporelle des espèces est généralement meilleure qu'ailleurs, probablement du fait de la plus forte productivité locale (Lloret et al., 2002 & 2005).

Les communautés démersales du GoL sont fortement structurées par la bathymétrie et on peut généralement aisément distinguer les communautés de la zone côtière, de celles du plateau ou du talus continental et cette structuration semble stable au cours du temps (Gaertner et al., 1998, Gaertner, 2000). Sur la large zone du plateau on peut également distinguer un gradient longitudinal dans les compositions ichthyques en lien avec la typologie sédimentaire, la composition de la macrofaune benthique associée et la distance aux zones plus productives du panache du Rhône ou des zones d'upwelling du talus (Gaertner et al., 1999, Morfin et al., 2016).

Jusqu'à aujourd'hui, les principales sources de connaissances sur le cycle de vie des communautés du Golfe du Lion ont deux origines principales, les échantillonnages de poissons ciblant les

débarquements et les ventes, pour lesquels seules quelques espèces inscrites à la DCF bénéficient d'un suivi biologique poussé (stades de maturité et âge), et les campagnes écosystémiques MEDITS et PELMED menées successivement de mi-Mai à fin Juillet. Ces études permettent de bien connaître l'état de l'écosystème en fin de printemps/début d'été (Bitetto et al 2019, Schickele et al, 2021), mais laissent de grosses lacunes concernant les distributions, abondances, et cycles de vie des communautés démersales en dehors de cette période. Ces manques limitent autant notre capacité à comprendre et modéliser la dynamique de l'écosystème du Golfe du Lion, qu'à fournir de l'expertise sur de nombreux stocks. Les poissons démersaux sont, aujourd'hui, la cible principale de la flottille chalutière opérant dans le Golfe du Lion. Si le merlu, le rouget barbet de vase et la baudroie rousse bénéficient d'évaluations de stocks, aucune autre espèce n'est pour l'instant évaluée, notamment par manque d'information biologique suffisante (cycle de maturité, clef taille-âge, période de reproduction, zone de ponte). Certaines de ces informations sont notamment nécessaires au déploiement d'outils de modélisation bioéconomique et écosystémique (Leforestier et al. 2020, Banaru et al., 2019).

De façon à obtenir une meilleure compréhension des cycles de vie, répartitions spatiales et dynamiques des populations exploitées, des campagnes scientifiques (reprenant le protocole des campagnes MEDITS) ont été déployées tout au long de l'année 2022. Elles devaient permettre d'obtenir un suivi saisonnier de la ressource (en particulier, répartitions spatiales des juvéniles et des reproducteurs). Les résultats attendus sont 1) une évaluation de la biodiversité (inventaire, structure et répartition spatiale des assemblages) et des successions saisonnières des communautés d'invertébrés benthiques et ichtyologiques observées sur un an. De plus, pour un certain nombre d'espèces, les tailles et les maturités sexuelles feront l'objet de suivis de façon à 2) obtenir pour elles des informations détaillées sur leur cycle de vie dans la zone d'étude. Enfin, 3) des cartes saisonnières des principales espèces rencontrées seront produites par stade de vie (juvéniles et adultes) de façon à obtenir un premier aperçu de leurs dynamiques saisonnières sur un an.



## 2 Méthodes

### 2.1 Stratégie d'échantillonnage

#### 2.1.1 Zone d'étude

Le GoL est situé au nord-ouest de la mer Méditerranée. Il est d'une profondeur moyenne de 90 m et s'étend jusqu'au talus continental, dont la rupture de pente s'établit autour des isobathes de 200 m, incisé par plusieurs canyons sous-marins (Millot, 1990). Il présente un plateau continental relativement large, dominé par des vents régionaux et les vagues, induisant régulièrement des upwellings côtiers ou le long du talus continental (Pinazo, 1996). Il s'y déverse également plusieurs fleuves dont le Rhône, ce dernier ayant un rôle prépondérant sur les apports en nutriments et en matières particulaires terrestres (Sadaoui et al., 2016). Caractérisé par un régime de micro-marées et des courants relativement faibles, les fonds du GoL sont très majoritairement recouverts de sédiments fins de type sableux ou vaseux. Le courant Liguro-Provençal longe le talus continental et rentre parfois sur le plateau (Millot et Wald, 1980) introduisant des eaux salées et oligotrophes (Petrenko, 2003 ; Ross et al., 2016) notamment en été quand les eaux sont stratifiées (Barrier et al., 2016).

#### 2.1.2 Plan d'échantillonnage

De façon à obtenir une meilleure compréhension des cycles de vie, des répartitions spatiales et des dynamiques des populations exploitées, des campagnes scientifiques ont été déployées tout au long de l'année sur des navires de pêche professionnels en affrètement complet. Ces campagnes, complémentaires aux campagnes scientifiques préexistantes, ont permis un suivi saisonnier de la ressource (en particulier, indices d'abondance, répartitions spatiales des juvéniles et des reproducteurs).

Les saisons ont été choisies pour compléter la couverture estivale déjà disponible via les campagnes MEDITS (en juin, Jadaud et Certain, 1994) et PELMED (en juillet, Bourdeix, 1985) et de façon à refléter les principaux changements saisonniers sur une année dans le Golfe du Lion. Ainsi la période estivale couvre les mois de juin-juillet et août (les plus chauds et secs, marqués par une forte stratification des eaux), l'automne couvre septembre-octobre-novembre (période de transition avec des épisodes fréquents de vents de sud et d'est pouvant être accompagnés de fortes précipitations), l'hiver couvre décembre-janvier-février (les mois les plus froids marqués par des épisodes de vent de nord nord-ouest, des upwelling côtiers et une perte de la stratification) et le printemps couvre mars-avril-mai (période de réchauffement et de rallongement de la photopériode, de plus forte productivité primaire et secondaire).

Les stations choisies pour la couverture des campagnes GOLDYS sont au nombre de 40, couvrant de façon homogène l'ensemble du Golfe du Lion, sur une base méthodologique connue, reprenant le protocole de la campagne MEDITS (même chalut de fond, même protocole, mais moins de points). Le plan et protocole de GOLDYS devant être comparable avec ceux, préexistants, des campagnes MEDITS et PELMED, il représente un compromis et une simplification de ces deux campagnes (Fig.3). La méthode de sélection des stations est détaillée dans Vaz et al. (2023).

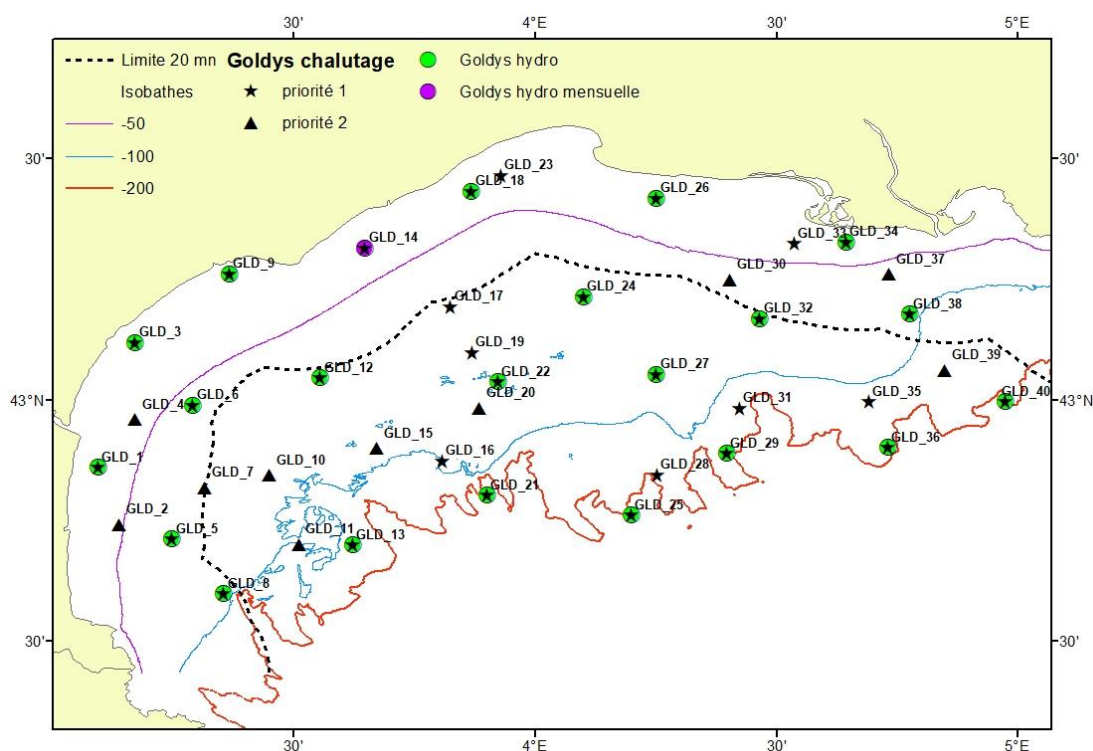


Figure 3. Plan d'échantillonnage GOLDYS (représentation cartographique).

Les campagnes sur lesquelles se basent le présent rapport, les trois missions GOLDYS au printemps 2022, automne 2022 et hiver 2022-2023 et la campagne MEDITS 2022 sont décrites dans Vaz et al. (2022) et Jadaud et Certain (2022).

### 2.1.3 Pêches démersales

Les chalutages sont réalisés à l'aide d'un chalut scientifique standard utilisé depuis 1994 sur l'ensemble des campagnes européennes MEDITS et pourvu notamment d'une poche de maillage réduit (20mm étiré) permettant la capture des juvéniles. La mise en œuvre de l'engin est faite conformément aux préconisations décrites dans le manuel des campagnes MEDITS (MEDITS WG, 2017, Spedicato et al., 2019). Les traînes ont une durée de 30min à une vitesse de 3kt (2,8-3,2kt). Les capteurs de géométrie et d'immersion permettent de suivre en temps réel la profondeur d'immersion, l'ouverture verticale du chalut et distance entre les panneaux. L'horodatage et le géoréférencement de chaque traîne de chalutage est réalisé par le biais d'un cahier de quart numérique couplé à un GPS (Vaz et al., 2023).

### 2.1.4 Protocoles de tri des captures

Compte tenu de l'importance potentielle en volume et en biodiversité des captures, elles ne pouvaient être traitées à bord par seulement deux personnels scientifiques ou ramenées intégralement au laboratoire. Par conséquent, une procédure d'échantillonnage imbriqué a été mise au point afin de permettre d'obtenir pour chaque trait un effort d'observation comparable. Les espèces de très grandes tailles, ou capables de survivre au traumatisme du chalutage (requins, raies, gros poulpes) sont traitées en priorité. Elles sont retirées de la capture, identifiées, pesées, comptées, mesurées et leur sexe et maturité sexuelle sont évalués de façon externe. Ces espèces sont immédiatement relâchées dans le milieu de façon à maximiser leurs chances de survie.

Le reste de la capture est ensuite intégralement pesé et un sous-échantillon représentatif de 20-30kg est conservé dans des caisses prévues à cet effet. Une attention particulière est portée à la représentativité de cet échantillon de façon à ne négliger aucun aspect de la biodiversité en espèces et en tailles de la capture. Dans le cas de volumes inférieurs à 30kg, l'intégralité de la capture est conservée. Le reste de la capture, non traitée, est rejeté dans le milieu naturel. Ce mode de sous-échantillonnage diffère de celui utilisé lors de la campagne MEDITS, où l'ensemble de la capture est traité à bord par six personnels scientifiques et où une plus grande fraction de la capture fait l'objet d'un tri et d'une identification poussée.

Au laboratoire, conformément au protocole MEDITS, toutes les espèces sont identifiées, comptées et pesées. D'autres, plus prioritaires, font l'objet de mesures de taille systématiques, d'autres encore font l'objet de mesures taille-poids individuels. D'autres enfin, font l'objet également de détermination du sexe et de la maturité sexuelle. La liste des espèces faisant l'objet de traitement particulier et la nature de ces traitements est jointe en Annexe 1. Le processus d'observation des différentes métriques biologiques est détaillé dans Vaz et al., 2023.

## 2.2 Analyses des données

### 2.2.1 Élévations et standardisations des données

L'ensemble de ces traitements nécessite ainsi la mise en œuvre de différents niveaux d'échantillonnage au cas par cas. Les fractionnements sont faits sur la base des poids et les données brutes sont numérisées à l'aide du logiciel de saisie de données de campagne de pêche scientifique, Allegro campagne (Badts et Cornou, 2019). Celui-ci permet ensuite une bancarisation dans la base de données pérenne « Harmonie » au sein du Système Information Halieutique de l'Ifremer après l'utilisation de routines de vérification des données et d'éventuelles corrections (Tutti Controller : Version GIT 4.5.14 (13/04/2023) / Version de R-4.1.1).

L'utilisation des données requière cependant que ces dernières soient élevées, c'est-à-dire que les observations faites sur des échantillons soient ramenées au niveau de l'ensemble de la capture. Les ratios entre les poids totaux et d'échantillonnages permettent d'obtenir des coefficients d'élévations prenant en compte les différents niveaux de fractionnement emboîtés. L'ensemble de ces élévations a été réalisé à l'aide de routines de calcul prévues à cet effet (Vivaldi 2.0, Visualisation et VALidation des Données des campagnes Internationales, Version 2.0.13).

Bien que les temps de chalutage soient très similaires (30 minutes) et la vitesse du navire contrôlée (environ 3kt), la présence de courant, de vent ou la nature des fonds peuvent faire varier la distance réellement parcourue sur le fond. Il convient donc pour chaque opération de calculer la distance chalutée en utilisant les données de géoréférencement GPS obtenues en continu pendant l'opération de chalutage. Ces données, exprimées en degrés décimaux dans le référentiel géographique WGS84, sont d'abord projetées dans un référentiel métrique plan puis la distance chalutée est calculée en km.

L'ouverture aux pointes d'ailerons est considérée comme correspondant à la fauchée horizontale du chalut. Celle-ci peut varier en fonction de la profondeur, de la nature des fonds ou du poids de la capture. Ne disposant pas d'une lecture directe de cette ouverture sur les campagnes réalisées sur les navires professionnels, des abaques ont été utilisées pour obtenir la relation entre l'ouverture aux pointes d'ailerons en fonction de la distance entre les panneaux et de l'ouverture verticale du chalut. Ces abaques ont été produites sur la base des mesures de géométrie du chalut obtenues sur la campagne MEDITS (Annexe 2). La surface balayée, produit de la distance chalutée et de l'ouverture horizontale calculées précédemment, permet ensuite d'exprimer l'ensemble des

captures en nombres ou en kilogrammes par km<sup>2</sup>, standardisant ainsi les données sur une même unité d'effort, comparable d'une observation à l'autre.

## 2.2.2 Structure et diversité des communautés

L'ensemble des espèces capturées lors d'une opération de pêche est considéré comme un assemblage d'espèces co-existantes ou une communauté d'espèce. On peut cependant distinguer plusieurs compartiments d'après des considérations trophiques, écologiques ou fonctionnelles. Ici, nous avons distingué les assemblages de tous les poissons et céphalopodes capturés (sans distinction entre pélagiques ou benthos-démersaux) et les assemblages des invertébrés benthiques autres que céphalopodes. Les premiers sont les cibles principales des pêches réalisées, constitués d'espèces de tailles et de mobilités comparables, les seconds sont très souvent des captures accessoires du chalut de fonds, recouvrant des espèces de tailles et de mobilité généralement plus réduites.

### 2.2.2.1 Densité, rendement et diversité

- **Abondance et biomasses totales**

Suite au calcul des abondances ou des poids standardisés par km<sup>2</sup>, exprimant ainsi les captures en densité et en rendement par espèce respectivement, il est possible de calculer la densité ou le rendement total de chaque opération pour chaque type d'assemblage d'espèces. Ces indices, bien que souvent corrélés, permettent d'informer sur la productivité globale de l'assemblage concerné en distinguant le nombre d'individus de la biomasse.

D'autres indices de diversité classiques mais complémentaires (Mérigot et al., 2007) ont été calculés pour rendre compte du nombre d'espèces présentes et de leurs proportions relatives les unes par rapport aux autres.

- **Richesse spécifique**

Le nombre total d'espèces sur l'ensemble de la zone d'étude (diversité  $\gamma$ ) a été calculé par saison et le nombre total d'espèces par opération (diversité  $\alpha$ ) a également été calculé pour les différents compartiments d'intérêt.

- **Indice d'équitabilité de Pielou**

L'équitabilité (ou régularité de la répartition) entre les espèces, permettant de distinguer les phénomènes de dominances de certaines espèces sur le reste de l'assemblage a été calculé via l'indice d'équitabilité de Pielou (Pielou, 1969). Cet indice est calculé selon la formulation suivante :

$$E = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log(p_i) / \log S$$

$p_i$  = l'abondance relative ou pourcentage d'abondance de l'espèce  $i$  ( $p_i = n_i/N$ ).

$n_i$  = le nombre d'individus dénombrés pour l'espèce  $i$ .

$N$  = le nombre total d'individus dénombrés, toutes espèces confondues.

$S$  = le nombre total d'espèces présentes.

Cet indice varie donc entre 0 et 1. S'il tend vers  $E = 1$ , alors les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques. S'il tend vers  $E = 0$ , alors nous sommes en présence d'un déséquilibre où une seule espèce domine tout le peuplement. Pour les communautés de poissons et céphalopodes, les densités (exprimées en nbr/km<sup>2</sup>) ont été utilisées pour le calcul de l'indice tandis que pour les communautés d'invertébrés benthiques les rendements (exprimés en

kg/km<sup>2</sup>) ont été préférés. En effet, pour certains invertébrés coloniaux, les abondances ne peuvent être dénombrées.

### 2.2.2.2 Espèces dominantes

Pour chaque espèce, les sommes des densités et des rendements ont été calculées par saison. Celles-ci ont ensuite été exprimées en pourcentage des densités et des rendements totaux pour chaque compartiment (poissons et céphalopodes ou invertébrés benthiques) considéré. Les 15 espèces dominantes des assemblages de poissons et céphalopodes et les 10 espèces dominantes des assemblages d'invertébrés benthiques ont été représentées graphiquement.

### 2.2.2.3 Typologie des communautés

- **Transformation des données**

Les densités ou les rendements sont log-transformés ( $\log(x+1)$ ) de façon à corriger partiellement l'asymétrie de la distribution des données) puis la transformation de Hellinger (fonction R `vegan::decostand`) (Legendre et Gallagher, 2001) est appliquée suivant l'équation décrite ci-dessous :

$$y'_{ij} = \sqrt{\frac{y_{ij}}{y_{i+}}}$$

où  $y_{ij}$  est l'abondance de l'espèce  $j$  dans l'échantillon  $i$  et  $y_{i+}$  est la somme des abondances de toutes les espèces dans l'échantillon  $i$  (somme des lignes de la matrice).

En effet, la matrice site x espèces (en densités ou rendement) comportant un grand nombre de 0, cette transformation non sensible aux doubles zéros est recommandée. De plus, Legendre et Legendre (2012) ont démontré que cette transformation répond de façon plus linéaire aux changements de densité d'un taxon et est donc recommandée dans l'objectif de réaliser une analyse multivariée type analyse en composante principale (ACP).

- **ACP et regroupement**

L'Analyse en Composante principale (ACP) est une méthode d'ordination des données basée sur la matrice de corrélation ou de covariance entre les variables. Elle permet d'extraire les « composantes principales » qui synthétisent l'information contenue dans la matrice initiale (fonction R `vegan::rda`). Puis, en utilisant uniquement les composantes principales (vecteurs propres) significatives, afin de réduire l'interprétation d'un bruit trop important autour des données, la méthode non hiérarchique des Kmeans a été préférée. Cette méthode permet de regrouper les observations de composition similaires en groupes. Le nombre idéal de groupes a été déterminé en s'appuyant sur l'indice de Calinski-Harabasz (Calinski et Harabasz, 1974) et l'indice de structure simple (SSI) (Dolnicar et al., 1998) pour guider la prise de décision (`vegan::cascadeKM`). Généralement les regroupements les plus parcimonieux en nombre de groupes étaient écologiquement plus interprétables et ont été préférés. La part de variance de la matrice de densité expliquée par les regroupements retenus a ensuite été calculée en effectuant une analyse de redondance (RDA) sur cette matrice et en utilisant l'identité des groupes obtenus comme variable contraignante.

- **Espèces indicatrices**

Une espèce indicatrice est attribuée à chaque groupe identifié précédemment en utilisant l'indice IndVal (Species Indicator Values), qui prend en compte à la fois l'abondance et la fréquence des espèces dans un groupe donné. Une espèce, pour être indicatrice, doit à la fois lui être spécifique (elle n'occupe que ce groupe) et fidèle (elle est typiquement présente dans toutes les observations de ce groupe) (Borcard et al., 2011). Il est calculé grâce à la fonction `multipatt()` du package `indicspecies` (version 1.7.12) (De Caceres et Legendre, 2009). La significativité est également évaluée par un test de permutation aléatoire en utilisant 999 répétitions qui permet d'écarter les espèces dont la fidélité est faible.

### 2.2.3 Paramètres biologiques des espèces

L'observation des paramètres individuels détaillés (taille, poids, sexe et maturité sexuelle) a été réalisée pour une vingtaine d'espèce d'intérêt commercial dans le Golfe du Lion (*Raja asterias*, *Raja clavata*, *Scyliorhinus canicula*, *Squalus blainville*, *Aristeus antennatus*, *Boops boops*, *Eutrigla gurnardus*, *Nephrops norvegicus*, *Pagellus bogaraveo*, *Parapenaeus longirostris*, *Trachurus mediterraneus*, *Trachurus trachurus*, *Trisopterus minutus*, *Scomber scombrus*, *Lophius budegassa*, *Lophius piscatorius*, *Merluccius merluccius*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*). Ces données ont été analysées pour établir, pour chaque espèce dont le nombre d'échantillons était suffisant, les relations taille-poids, les sex-ratios aux tailles ainsi que les ogives de maturité.

#### 2.2.3.1 Relations taille-poids

Les relations taille-poids sont un outil classiquement utilisé en halieutique pour caractériser la forme des poissons, et qui permettent d'estimer la taille ou le poids d'un individu lorsque seule la mesure complémentaire est disponible. On l'estime simplement via la relation puissance suivante :

$$P=a*T^b,$$

qui peut être aisément linéarisée via une transformation log :

$$\log(P)=\log(a) * b*\log(T)$$

Les paramètres a et b de cette relation sont donc estimés via une régression log-linéaire.

#### 2.2.3.2 Sex-ratio aux tailles

Le sex-ratio est simplement la proportion de femelles dans une population. C'est un paramètre démographique important car en général, c'est la production d'œufs par les femelles qui est le facteur limitant pour la reproduction, un seul mâle pouvant en général féconder un grand nombre de femelles.

#### 2.2.3.3 Ogives de maturité

Les ogives de maturité expriment la probabilité qu'un individu soit mature en fonction de sa taille. Elles sont estimées par le biais de régressions logistiques. A partir de ces ogives, on peut estimer



la L50, c'est à dire la taille à laquelle 50% des individus sont en capacité de se reproduire. Cette L50 est souvent une taille cible lorsque des études de sélectivité des engins de pêche sont mises en place : On recherche par exemple la taille de maille minimum permettant toutefois à la plupart des individus immatures, i.e. en deçà de la L50, de s'échapper.

#### 2.2.3.4 Calendrier de pontes

Les stades de maturité des espèces sont classés en 4 grandes catégories : A-Immature, B-en maturation, C-en ponte et D-post-ponte. L'observation des stades de maturité au cours des saisons permet donc d'identifier les moments où la majeure partie des individus sont entrés en reproduction active, et ainsi de repérer la période de reproduction.

#### 2.2.4 Cartographie des espèces dominantes

- **Distinction des stades**

Afin de cartographier la distribution des espèces dans le Golfe du Lion, nous avons utilisé la densité (nombre d'individus au km<sup>2</sup>) pour les poissons et céphalopodes et le rendement (poids au km<sup>2</sup>) pour les invertébrés benthiques. Pour calculer la densité par stade de vie pour les espèces concernées, la proportion des juvéniles présents dans chaque trait sur la base des spectres de taille disponible a été identifiée. Les densités de juvéniles et d'adultes ont été estimées en sommant les densités des classes de tailles qui sont respectivement inférieures et supérieures à la taille à première maturité sexuelle (LM50). Cette taille seuil, spécifique à chaque espèce, a été obtenue à partir de l'étude des ogives de maturité obtenues précédemment ou en se basant sur des données et des études antérieurs pour les autres espèces (De Rock et al., 2021).

- **Interpolation par krigeage**

La méthode retenue pour interpoler la densité ou la biomasse de chaque espèce est le krigeage. Le krigeage permet de générer des valeurs estimées dans une surface donnée, à partir d'un ensemble dispersé de points avec des valeurs réelles, grâce à un modèle mathématique sensé reproduire leur comportement spatial. De façon à limiter le risque d'extrapolation et la variance de krigeage, un masque a été créé pour chaque saison, de façon à limiter les prédictions aux zones proches des observations. Cette méthode n'est cependant pas adaptée si le nombre d'occurrence est trop faible. Ainsi, seules les espèces dominantes ou structurantes ont été cartographiées.

## 3 Résultats

### 3.1 Déroulement des campagnes et résultats généraux

La mise en œuvre opérationnelle et le déroulement des campagnes sont détaillés dans Vaz et al., 2023. Chaque saison a été couverte par un navire différent mais en utilisant le même engin de pêche et le même protocole opérationnel. L'observation du printemps n'a été réalisée que de mi-avril 2022 à fin mai 2022 et seuls 23 sur les 40 chalutages prévus ont pu être réalisés avec un déficit notable de couverture sur la partie centrale du plateau. Celui-ci a été en partie compensé par l'ajout de 8 traînes de chalutage acquises lors de la campagne MEDITS-ECAP en mai 2022 (Fig. 4). En revanche, le mois de mars, n'a pas pu être couvert. La saison estivale a fait l'objet d'un effort d'échantillonnage plus important et étendu vers le large correspondant à l'effort déployé habituellement lors des campagnes annuelles MEDITS (Fig.4). De plus l'ensemble des opérations était concentré sur la première quinzaine du mois de Juin 2022 (Tableau 2). Enfin, l'automne et l'hiver se sont déroulées normalement et l'ensemble des 40 chalutages prévus ont été effectués pour chaque saison (Fig. 4).

En été, 11 traits d'une heure ont été réalisés sur des fonds de plus de 200m conformément au protocole MEDITS. Tous les traits réalisés lors des autres saisons duraient une demi-heure, quelle que soit la profondeur. Bien que les vitesses de chalutage soient fixées par le protocole, on constate cependant une certaine variabilité de la surface balayée, qui résulte à la fois de la distance parcourue relativement au fond et de l'ouverture horizontale du chalut. On observe notamment en automne et hiver des distances parcourues et des ouvertures horizontales supérieures aux autres saisons, résultant d'une vitesse de mise en œuvre légèrement supérieure sur cette période. De même, les rendements (captures moyennes par opération standardisées par la surface balayée) étaient assez variables d'une saison à l'autre, tout en restant dans les mêmes ordres de grandeur (entre 71 et 142kg en moyenne). Reflétant l'importance de l'effort d'échantillonnage lors de l'été (en nombre de chalutage et en surface de la zone d'étude), la diversité gamma (richesse taxonomique globale sur l'ensemble de la zone d'étude) était plus importante lors de cette saison, quel que soit le compartiment taxonomique étudié.

La répartition des captures chalutées indique des rendements supérieurs à la côte et au niveau de la rupture de pente du talus continental et plus faibles sur le milieu du plateau. La proportion des invertébrés benthiques dans les captures était généralement faible mais augmentait fortement au-delà de 100 ou 200m de profondeur (Fig. 5). Ce schéma de répartition est observable sur les quatre saisons étudiées et reste sensiblement le même si la densité (nombre par km<sup>2</sup>) est utilisée.

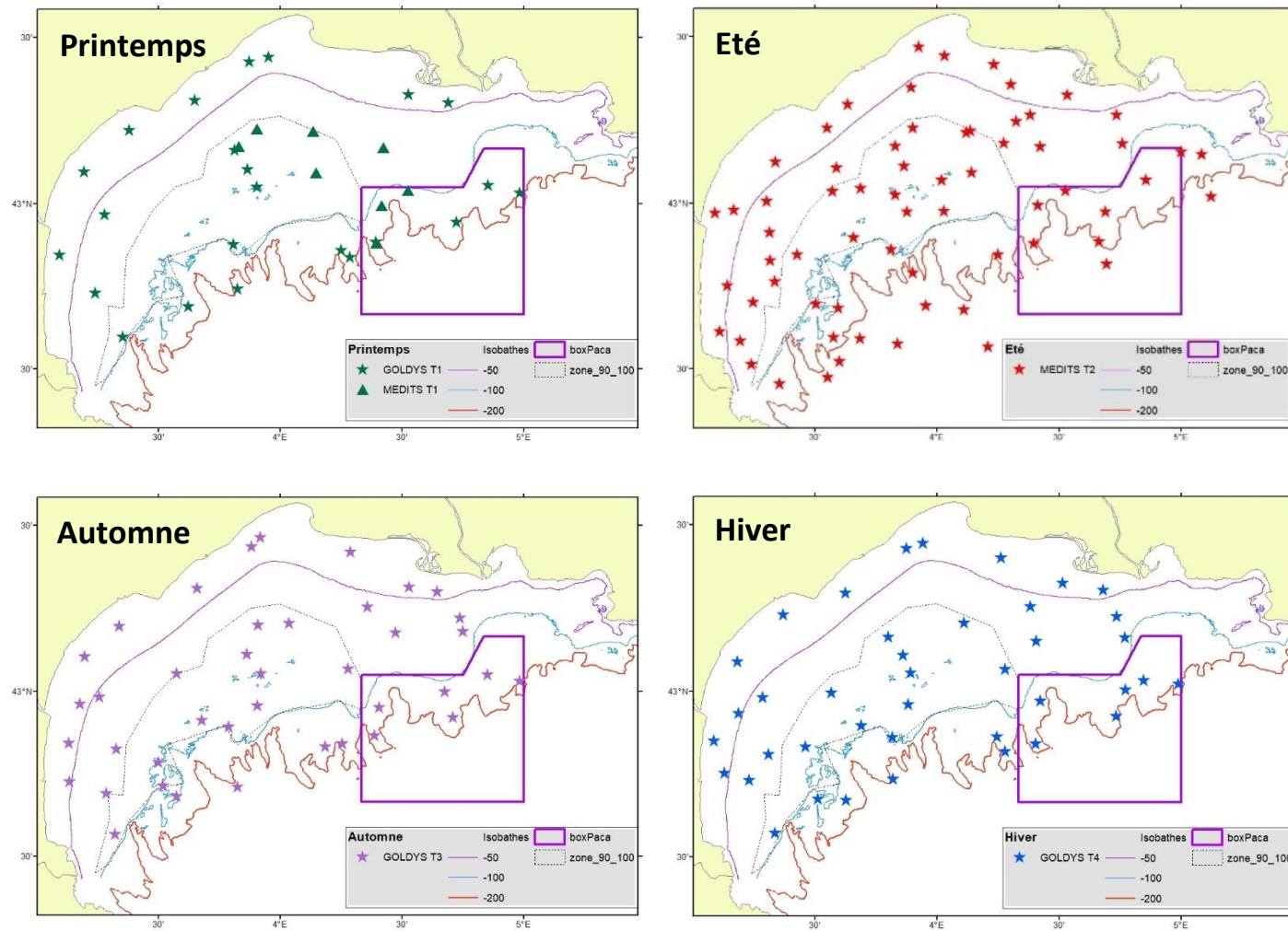


Figure 4. Chalutages réalisés dans le cadre des campagnes GOLDYS et MEDITS 2022

Tableau 2. Synthèse des opérations et captures GOLDYS et MEDITS 2022 par saison

Indicateur	Type de trait	Métrique	Printemps	Eté	Automne	Hiver
<b>Nombre de chalutages</b>			31	65	40	40
<b>Date de début</b>			14/04/2022	28/05/2022	07/09/2022	30/11/2022
<b>Date de fin</b>			23/05/2022	17/06/2022	21/11/2022	23/05/2023
<b>Distance chalutée</b>	traits 30min traits 60min	Moyenne (écart-type) en m	3444 (932)	3130 (141) 6075 (595)	3657 (319)	3607 (290)
<b>Ouverture horizontale aux pointes d'ailes</b>	traits 30min traits 60min	Moyenne (écart-type) en m	17.7 (2.1)	17 (1.4) 19.9 (1.3)	19.5 (1.9)	18.6 (1.8)
<b>Ouverture verticale</b>	traits 30min traits 60min	Moyenne (écart-type) en m	2.1 (0.4)	2.3 (0.2) 1.4 (0.3)	2 (0.3)	2.8 (0)
<b>Durée</b>	traits 30min traits 60min	Moyenne (écart-type) en min	33 (9)	30 (1) 58 (5)	31 (2)	31 (1)
<b>Surface balayée</b>	traits 30min traits 60min	Moyenne (écart-type) en ha	5.2 (0.8)	5.3 (0.4) 8.1 (2.3)	7.1 (0.9)	5.6 (0.4)
<b>Capture totale</b>		en kg	4426	4725	4123	3361
<b>Capture par opération</b>		Moyenne (écart-type) en kg	143 (148)	71 (60)	103 (92)	84 (81)
<b>Diversité gamma</b>		Poissons osseux	84	111	80	83
<b>Diversité gamma</b>		Poissons cartilagineux	8	13	7	7
<b>Diversité gamma</b>		Céphalopodes	17	23	17	15
<b>Diversité gamma</b>		Invertébrés benthiques	191	241	149	122
<b>Diversité gamma</b>		Méga-zooplancton gélatineux	6	9	4	3
<b>Nombre mesurés</b>		Nombre d'individus (nombre d'espèces)	24406 (87)	44592 (81)	25675 (77)	22688 (80)
<b>Nombre sexés</b>		Nombre d'individus (nombre d'espèces)	3150 (32)	8797 (33)	2470 (25)	2188 (25)

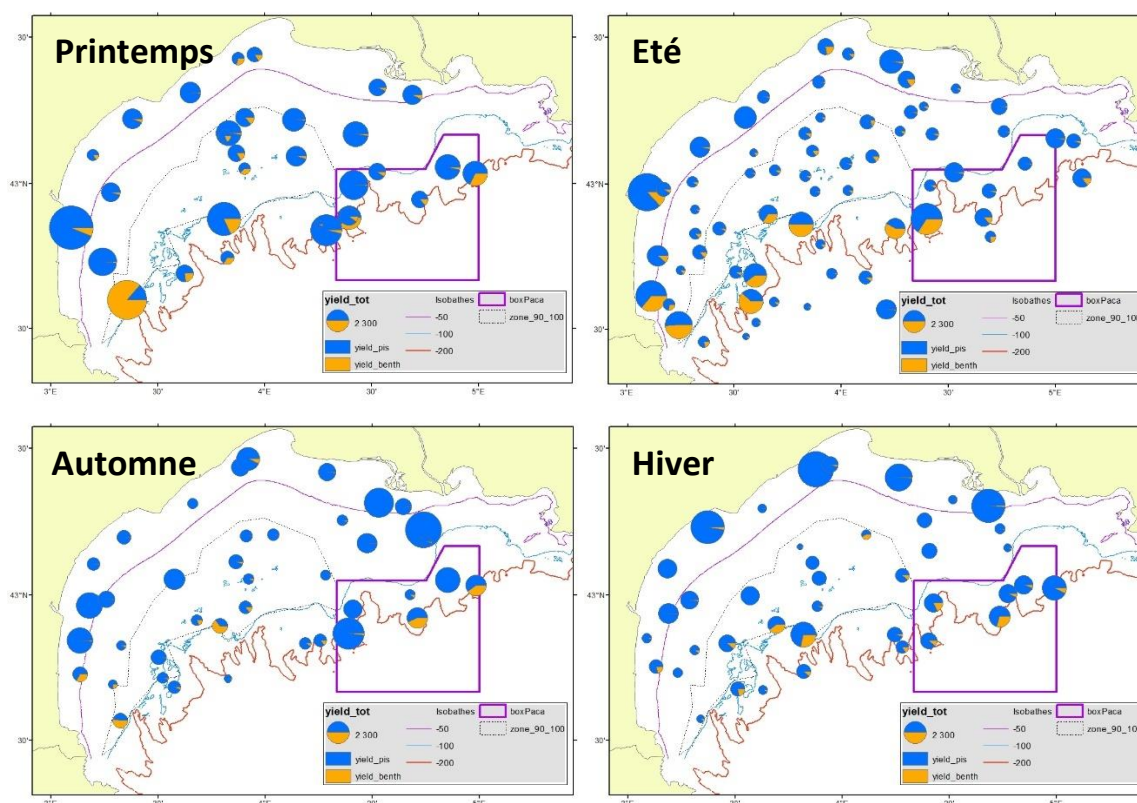


Figure 5. Répartitions des captures chalutées (rendement en Kg.km<sup>-2</sup>). La taille des camemberts est relative à la capture totale avec en bleu les poissons et les céphalopodes et en orange les autres invertébrés.

## 3.2 Structure et diversité des communautés

### 3.2.1 Communautés des invertébrés benthiques

#### 3.2.1.1 Densité, rendement et diversité

La diversité gamma des invertébrés (richesse taxonomique globale sur l'ensemble de la zone) était très importante (entre 122 et 241 taxons suivant la saison, Tableau 2) et largement supérieure aux autres groupes (poissons et céphalopodes). Les densités et les rendements en revanche étaient moindres avec une répartition spatiale apparemment aléatoire au printemps et en été mais plus importante au large en automne et en hiver (Fig. 6 et 7).

La richesse taxonomique par opération variait de 7 à 43 espèces et semblait plus importante au printemps et en été, ainsi que généralement plus faible dans les zones les plus profondes (Fig.8). Le schéma de répartition de l'équitabilité semblait similaire, celle-ci étant généralement plus faible au large ainsi que sur les deux dernières saisons (Fig.9).



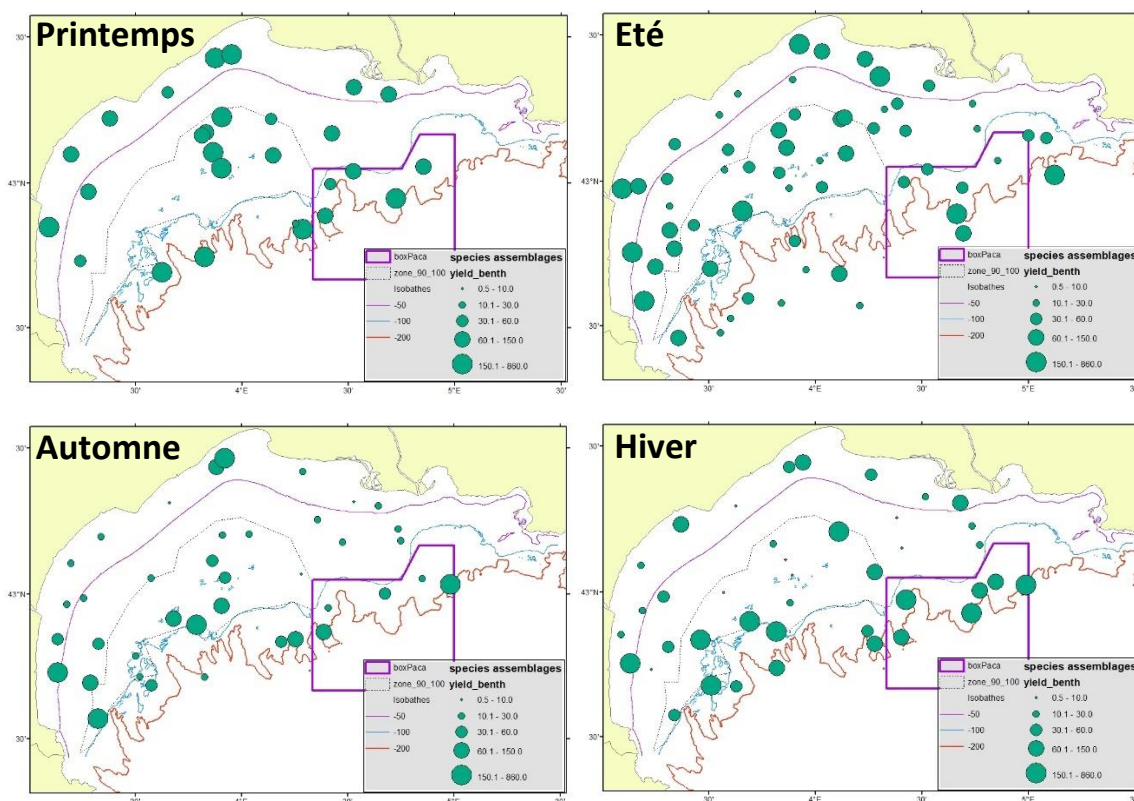


Figure 6. Rendements saisonniers des communautés d'invertébrés benthiques (en Kg.km<sup>2</sup>)

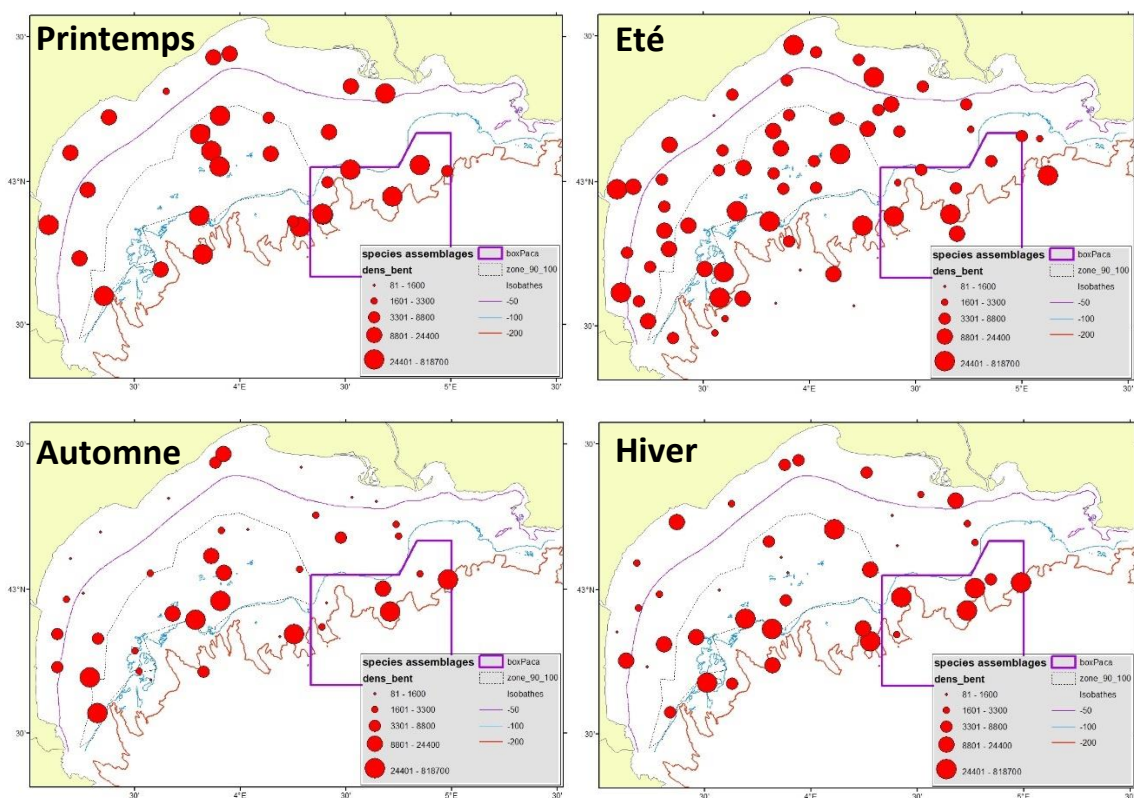


Figure 7. Densités saisonnières des communautés d'invertébrés benthiques (en Nbr.km<sup>2</sup>). Les espèces coloniales, non dénombrables, ne sont pas comptabilisées.



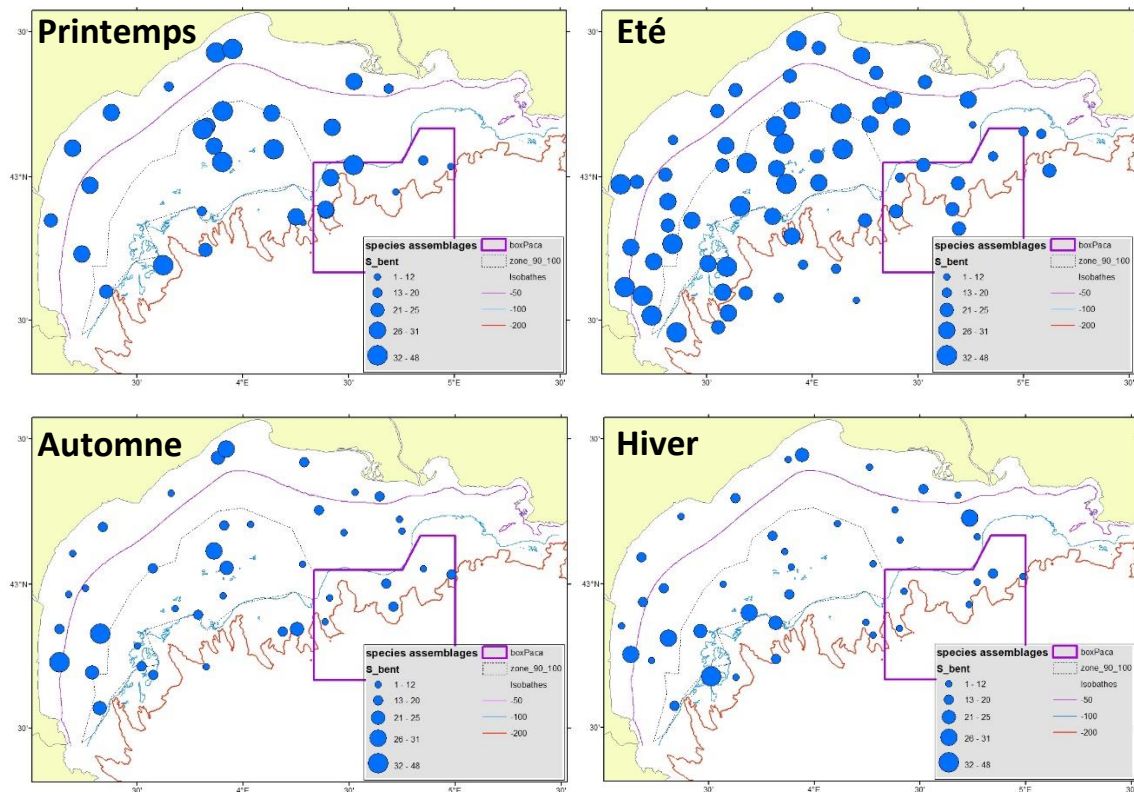


Figure 8. Diversité alpha (richesse taxonomique) des communautés d'invertébrés benthiques (en Nbr)

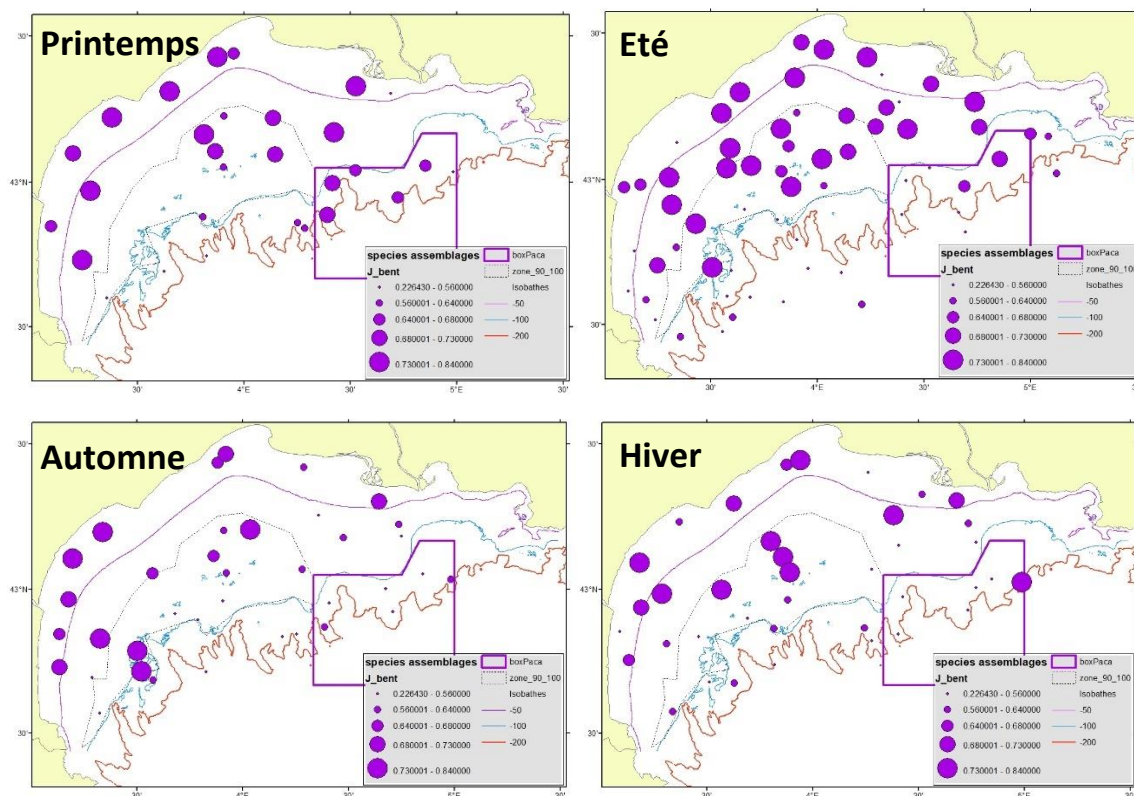


Figure 9. Equitabilité (indice de Pielou) des communautés d'invertébrés benthiques

### 3.2.1.2 Espèces dominantes

Les rendements totaux par espèces ont été calculés pour chaque saison et les dix espèces dominantes ont été identifiées. Leurs contributions relatives aux captures en poids ont été représentées (Fig.10). Les échinodermes dominaient largement les captures avec des crinoïdes (*Leptometra*), des holothuries (*Parastichopus regalis*, *Ocnus planci*), et des oursins (*Gracilechinus acutus*, *Spatangus purpureus*). Les crustacés dominants étaient la crevette rose du large (*Parapenaeus longirostris*) et, en été, la langoustine (*Nephrops norvegicus*). Plusieurs espèces d'ascidies (*Corella*, *Distomus*, *Diazona*, molgulidae et pyuridae) ou d'octocoralliaires (*Veretillum*, *Alcyonium*, *Funiculina*) ressortaient également parmi les espèces dominantes en fonction des saisons.

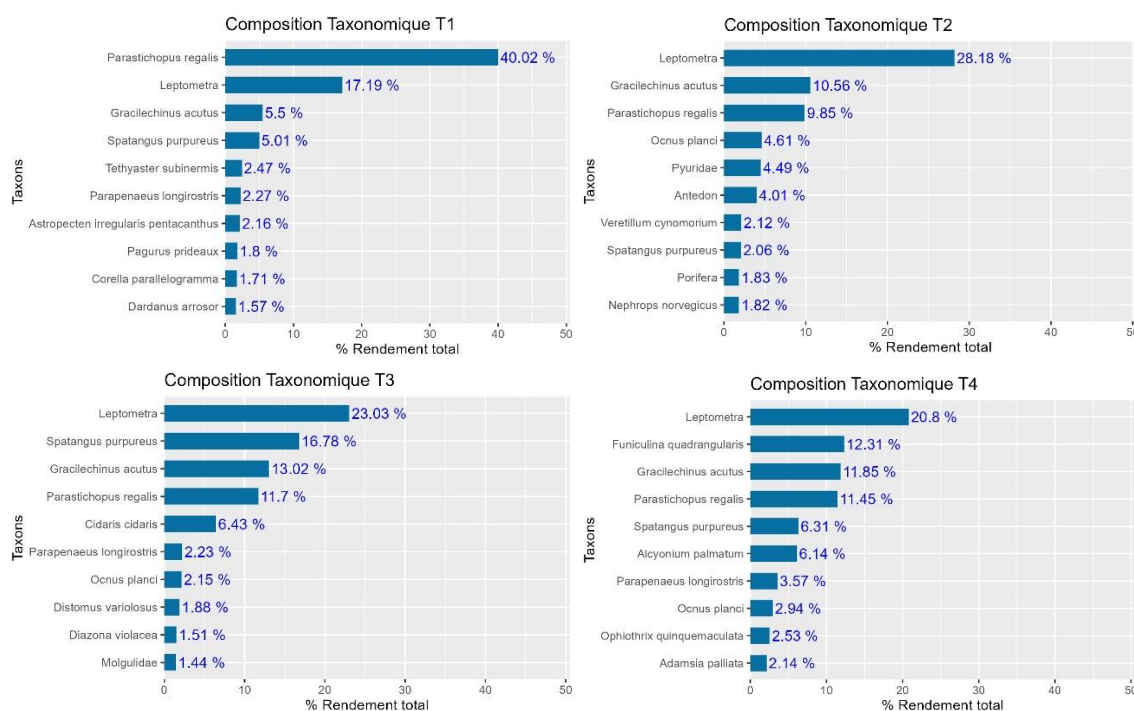


Figure 10. Composition taxonomique des assemblages d'invertébrés benthiques (10 espèces dominantes en rendement total) au printemps (T1), en été (T2), en automne (T3) et en hiver (T4)

### 3.2.1.3 Structure des assemblages et espèces indicatrices

L'analyse des assemblages de cette composante de la capture a permis d'obtenir initialement quatre groupes distincts par saison. Ces regroupements expliquaient respectivement 42% des variances totales des assemblages saisonniers au printemps, 31% en été, 30% en automne et 33% en hiver. Les espèces les plus structurantes de chaque groupe ont été identifiées pour chaque saison. Sur la base de leur positionnement géographique et des espèces indicatrices de chaque groupe, une typologie de communauté a été obtenue, en agrégeant si nécessaire certains groupes peu distincts (représentés avec différentes nuances de la même couleur). On distingue ainsi une communauté côtière (en rouge), une communauté du plateau (en orange), et une communauté du large (en bleu). En été, une quatrième communauté était discernable (en vert) sur les zones les plus profondes, non explorées les autres saisons (Fig.11).

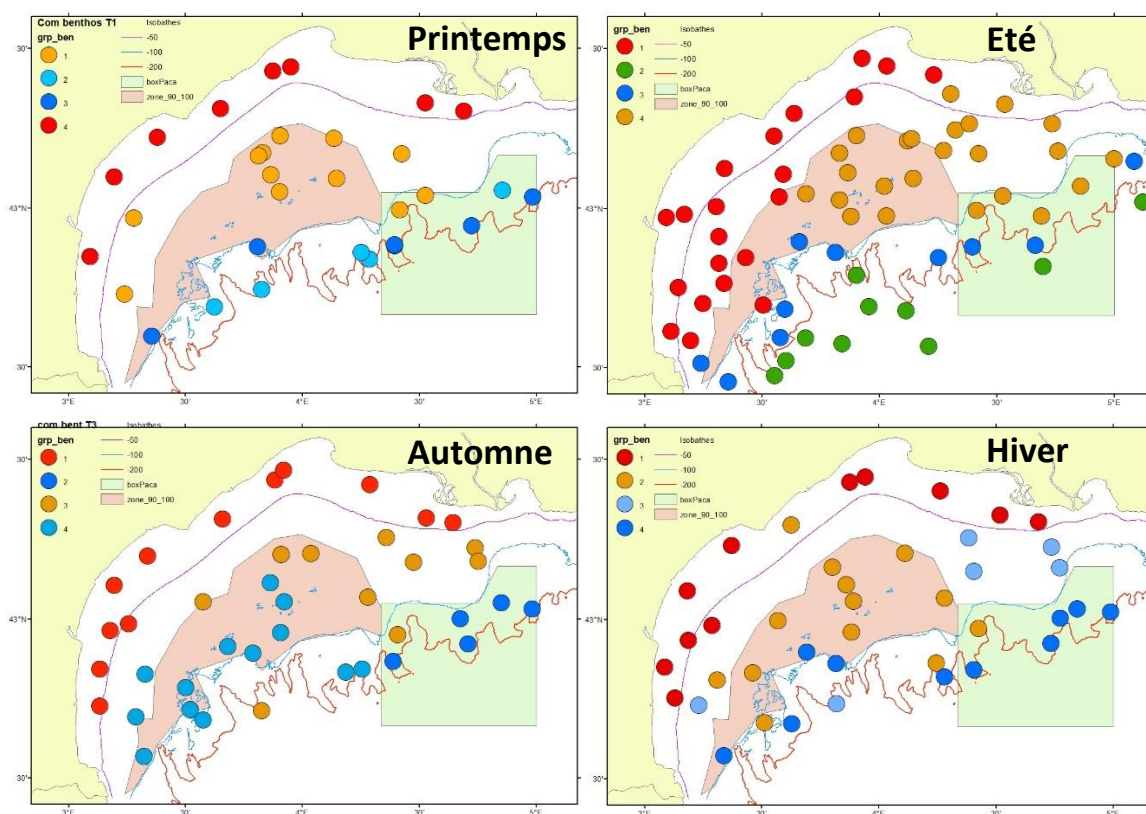


Figure 11. Typologies saisonnières des assemblages d'invertébrés benthiques

Les espèces typiques (Tableau 3) de la communauté côtière comprenaient des espèces filtreuses (*Serpulidae*, *Veretillum*, *Molgulidae* et *Pyuridae*), des pagures et les anémones associées (*Pagurus prideaux* et *Adamsia palliata*, *Dardanus arrosor* et *Calliactis parasitica*), ainsi que des mollusques (*Bolinus brandaris* et *acanthocardia echinata*) ou un annélide (*Aphrodita aculeata*). La communauté du plateau avait généralement moins d'espèces structurantes mais comprenait souvent une petite ascidie (*Corella*), des bivalves (*Glossus*, *Acanthocardia*) et des annélides (*Maldanidae*). La communauté du large était spécifique de nombreux échinodermes (*Parastichopus*, *Gracilechinus*, *Spatangus*, *Leptometra*). Enfin, la communauté profonde, observée en été, était typiquement composée de crustacés, dont de nombreuses crevettes et la langoustine mais aussi le corail bambou (*Isidella elongata*), une espèce menacée, quasiment endémique de la Méditerranée.

Bien que le schéma général de répartition semble très stable tout au long de l'année étudiée, reflétant un étagement bathymétrique net, les limites de la répartition spatiale entre les différents types de communautés semblaient varier d'une saison à l'autre. Ainsi une extension notable de la communauté côtière sur la partie ouest du plateau pouvait être observée en été, saison pendant laquelle l'effort d'observation était plus important. Le positionnement de la frontière entre les communautés du plateau et du large semblait également changer avec les saisons, avec notamment une extension sur le plateau des communautés du large en automne et en hiver.

Tableau 3. Espèces indicatrices (indice IndVal, p-value). Seules les espèces dont l'indice était supérieur à 0.75 ou, à défaut, les cinq premières espèces indicatrices significatives sont listées.

	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Communauté côtière	Serpulidae (1.00, 0.001) Calliactis parasitica (0.97, 0.001) Bolinus brandaris (0.93, 0.001) Dardanus arrosor (0.91, 0.001) Pagurus prideaux (0.84, 0.001) Adamsia palliata (0.82; 0.001)	Acanthocardia echinata (0.72, 0.001) Aphrodita aculeata (0.60, 0.005)	Dardanus arrosor (0.92, 0.001) Molgulidae (0.89, 0.001) Calliactis parasitica (0.88, 0.001)	Veretillum cynomorium (0.80, 0.001) Pyuridae (0.72, 0.003) Dardanus arrosor (0.68, 0.011)
Communauté plateau	Andresia (0.96, 0.001) Corella parallelogramma (0.92, 0.001) Leptopentacta tergestina (0.78, 0.003) Glossus humanus (0.76, 0.002) Maldanidae (0.71, 0.018)	Sabellidae (0.75, 0.001) Acanthocardia tuberculata (0.68, 0.002) Maldanidae (0.62, 0.002)	Turritella communis (0.65, 0.037)	Corella parallelogramma 0.811 0.004 ** Acanthocardia echinata 0.734 0.003 **
Communauté large échinodermes	Parastichopus regalis (0.98, 0.001) Gracilechinus acutus (0.91, 0.001) Scaphander lignarius (0.87, 0.001) Spatangus purpureus (0.85, 0.001) Leptometra (0.79, 0.002)	Parastichopus regalis (0.96, 0.001) Scaphander lignarius (0.92, 0.001) Leptometra (0.89, 0.001) Spatangus purpureus (0.84, 0.001) Ophiura ophiura (0.83, 0.001) Gracilechinus acutus (0.80, 0.001)	Spatangus purpureus (0.98, 0.001) Parastichopus regalis (0.88, 0.001) Alcyonium palmatum (0.82, 0.037) Leptometra (0.75, 0.004)	Leptometra (0.94, 0.001) Gracilechinus acutus (0.94, 0.001) Spatangus purpureus (0.81, 0.001) Lytocarpia myriophyllum (0.78, 0.002) Parastichopus regalis (0.69, 0.002)
Communauté profonde crustacés	-	Plesionika martia (0.894, 0.001) Nephrops norvegicus (0.886, 0.001) Munida tenuimana (0.84, 0.001) Pasiphaea sivado (0.84, 0.001) Polycheles typhlops (0.84, 0.001) Aristeus antennatus (0.78, 0.001) Isidella elongata (0.78, 0.001) Aegaeon lacazei (0.76, 0.001)	-	-



## 3.2.2 Communautés des poissons et céphalopodes

### 3.2.2.1 Densité, rendement et diversité

La diversité gamma des poissons et céphalopodes observée était supérieure en été par rapport aux autres saisons, reflétant l'augmentation de l'effort d'échantillonnage et l'extension de la zone d'étude pendant cette saison. Entre 80 et 111 taxons de poissons osseux, entre 7 et 13 taxons de poissons cartilagineux et entre 15 et 23 taxons de céphalopodes ont été observés (Tableau 2). Les densités et les rendements semblaient avoir une répartition spatiale apparemment aléatoire au printemps mais étaient plus importants à la côte et au large que sur le centre du plateau pendant les 3 autres saisons (Fig. 12 et 13).

La richesse taxonomique par opération variait de 13 à 34 espèces et semblait plus importante au printemps. Pendant les 3 autres saisons, la richesse taxonomique était plus importante dans les zones les plus profondes et à la côte que sur le centre du plateau (Fig. 14). Le schéma de répartition de l'équitabilité semblait suivre un gradient décroissant de la côte vers le large (Fig.15).

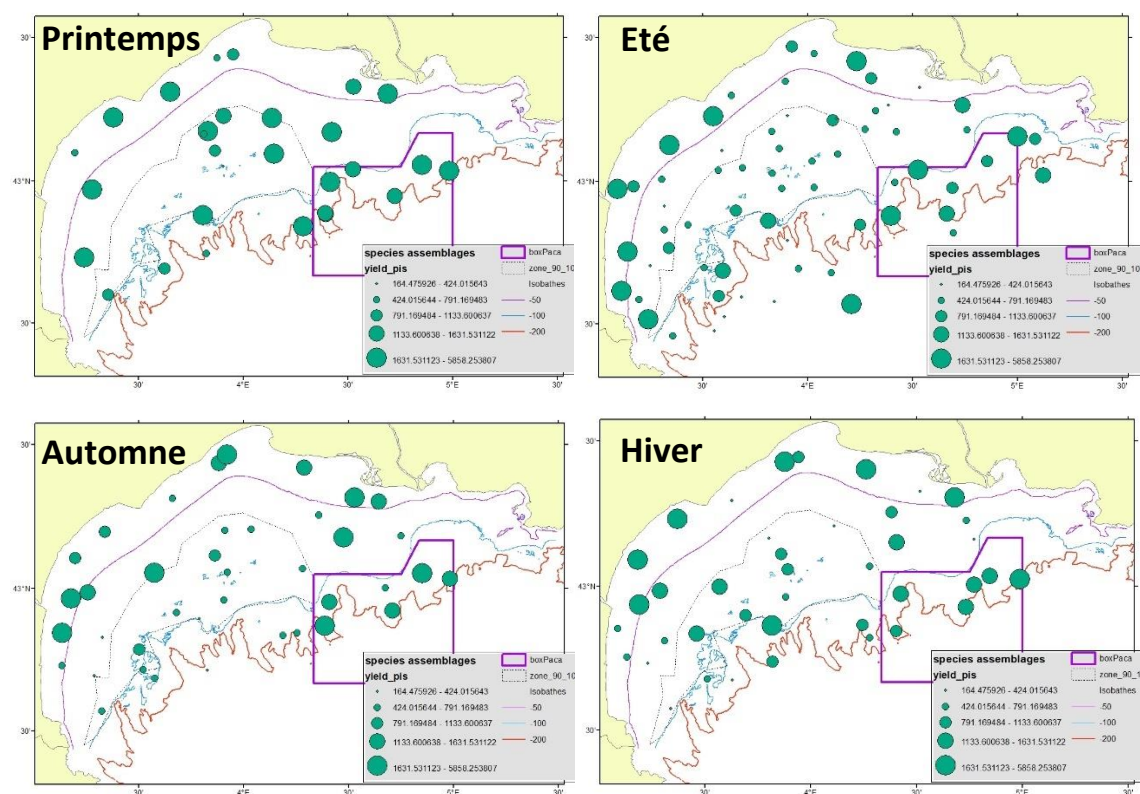


Figure 12. Rendements saisonniers des communautés de poissons et céphalopodes (en Kg.km<sup>-2</sup>)

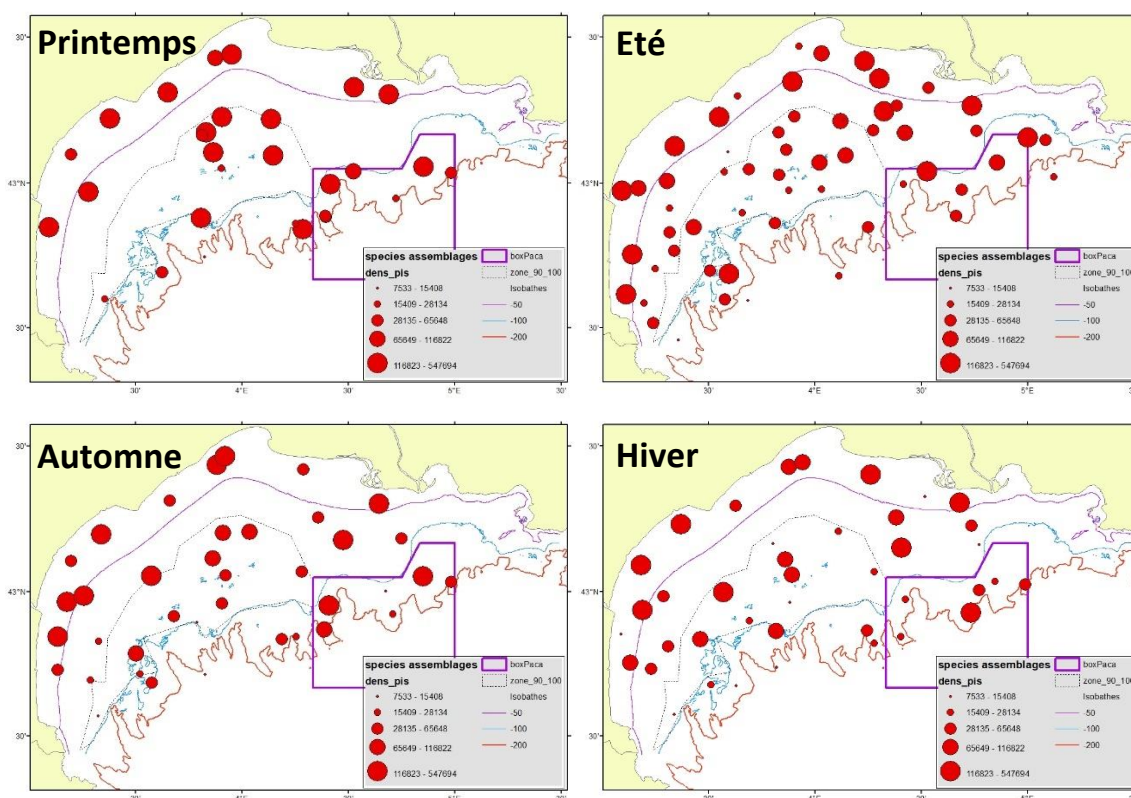


Figure 13. Densités saisonnières des communautés de poissons et céphalopodes (en Nbr.km<sup>-2</sup>)

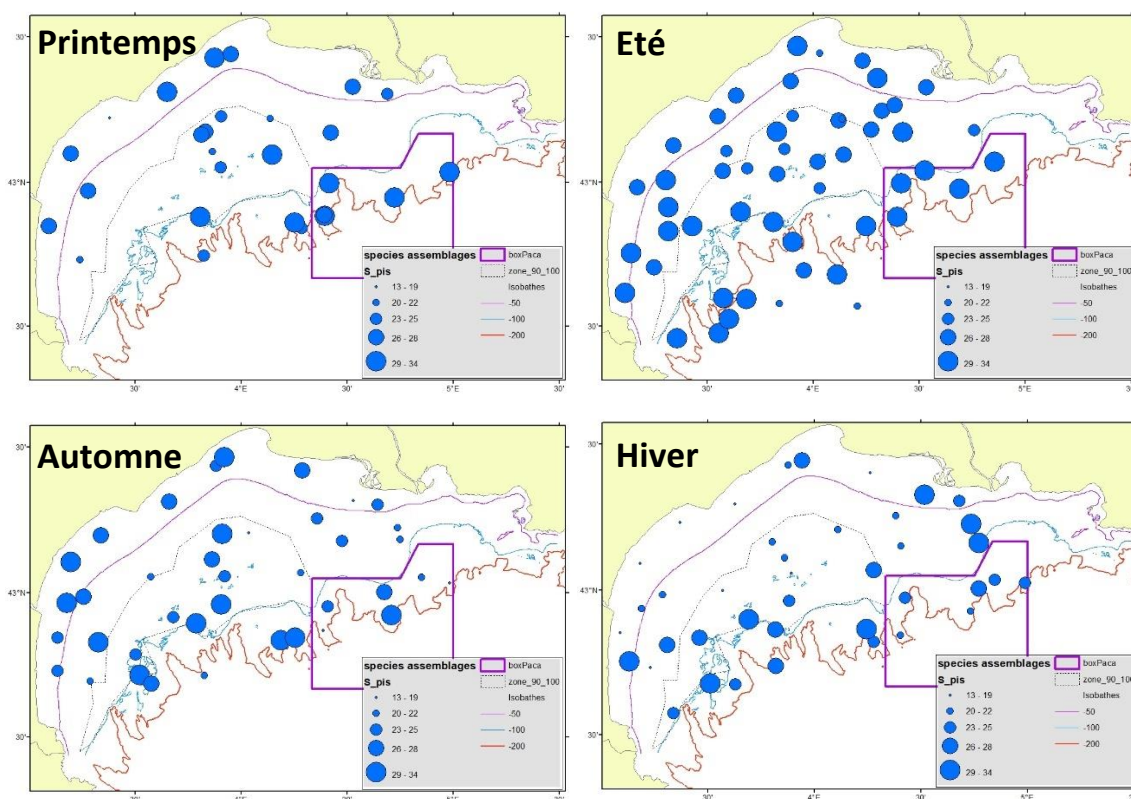


Figure 14. Diversité alpha (richesse taxonomique) des communautés de poissons et céphalopodes (en Nbr)



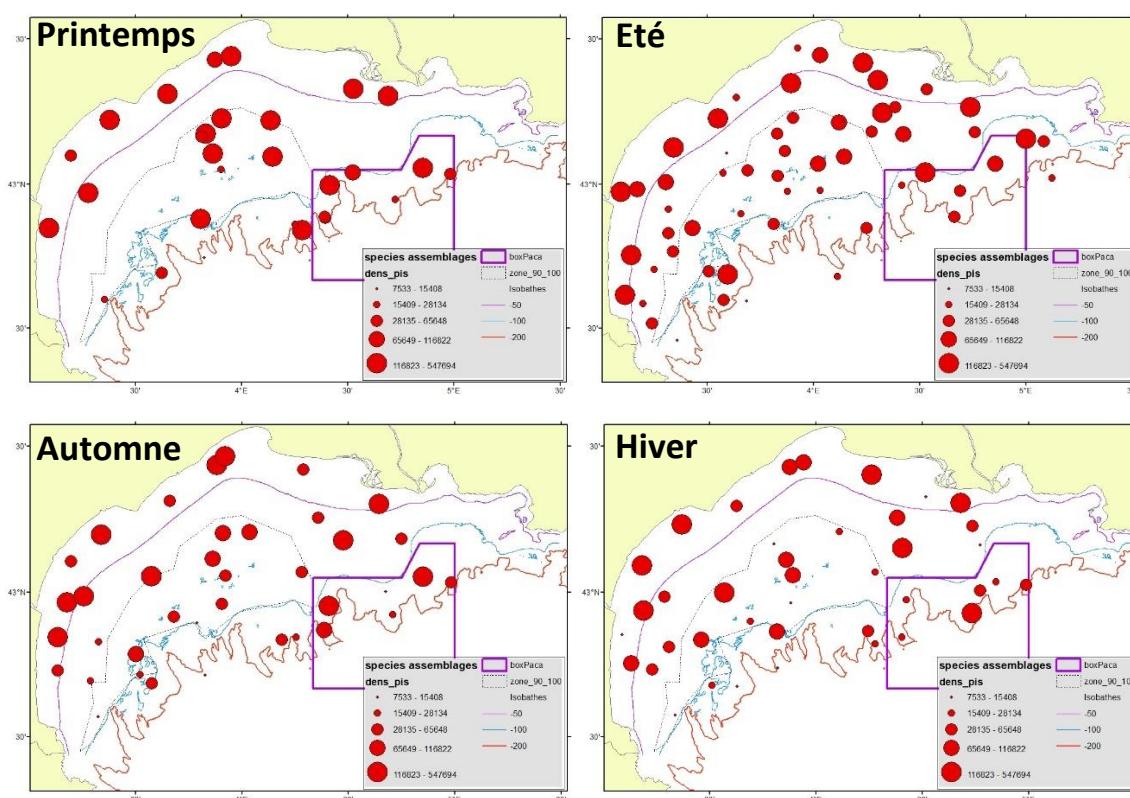
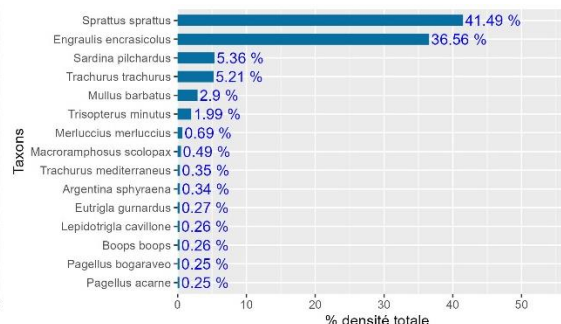
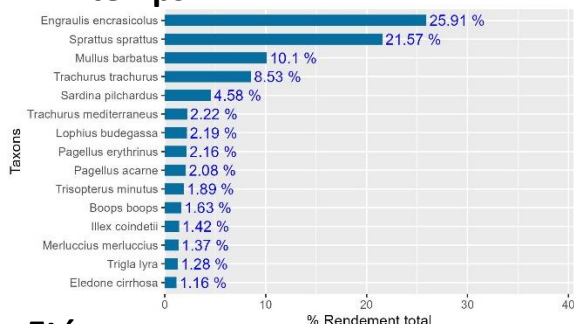


Figure 15. Equitabilité (indice de Pielou) des communautés de poissons et céphalopodes

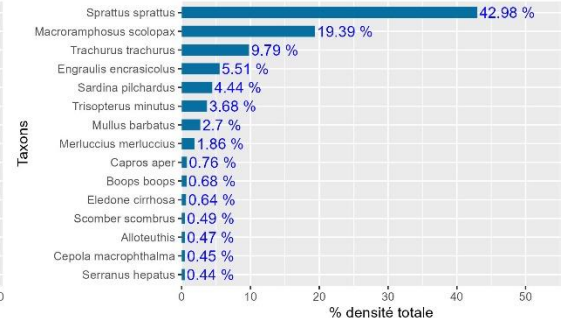
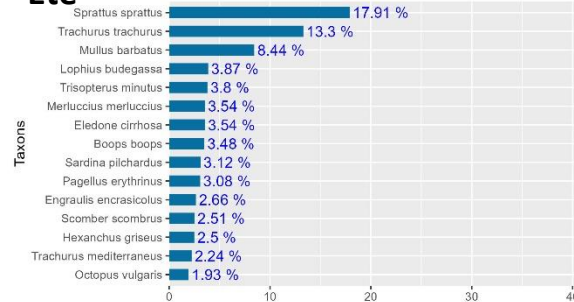
### 3.2.2.2 Espèces dominantes

Les rendements et les densités totaux par espèce ont été calculés pour chaque saison et les 15 espèces dominantes ont été identifiées. Leurs contributions relatives aux captures en poids et en nombres ont été représentées (Fig.16). Les petits pélagiques dominaient largement les captures en poids ou en nombre sur l'ensemble de l'année avec des anchois (*Engraulis encrasicolus*), les sprats (*Sprattus sprattus*), les sardines (*Sardina pilchardus*) et les chinchards (*Trachurus sp*) et, en hiver, la sardinelle (*Sardinella aurita*). Les poissons démersaux principaux étaient le rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*), les capelans (*Trisopterus minutus*), le merlu (*Merluccius merluccius*) et la baudroie rousse (*Lophius budegassa*). Quelques espèces benthopélagiques, telles la bogue (*Boops boops*), les pageots (*Pagellus sp*) et, en hiver, la dorade royade (*Sparus aurata*) figuraient également parmi les espèces caractéristiques. Enfin parmi les céphalopodes, l'élédone blanche (*Eledone cirrhosa*), le poulpe de roche (*Octopus vulgaris*) ou l'encornet rouge (*Illex coindetii*) étaient également prépondérantes.

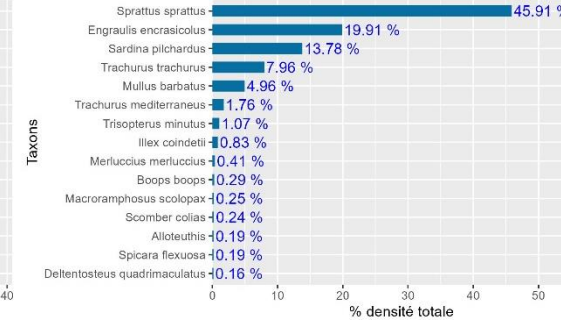
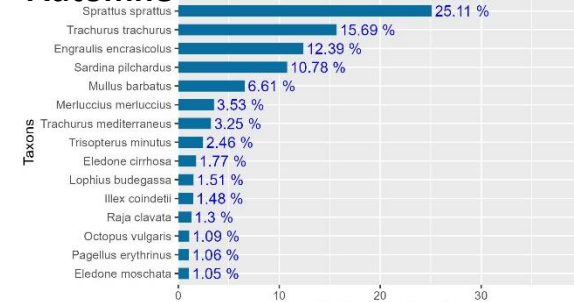
## Printemps



## Été



## Automne



## Hiver

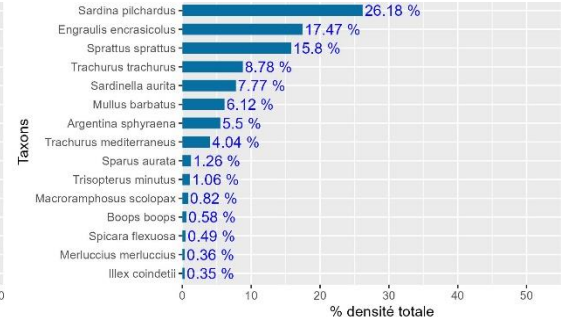
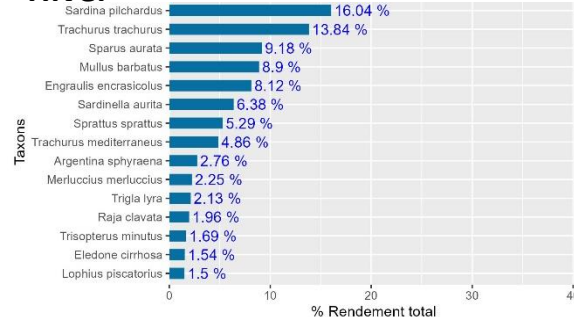


Figure 16. Composition taxonomique des assemblages de poissons et céphalopodes : Les 15 espèces dominantes en rendement total (colonne de gauche) et en densité totale (colonne de droite) au printemps, en été, automne et hiver

### 3.2.2.3 Structure des assemblages et espèces indicatrices

L'analyse des assemblages de poissons et céphalopodes a permis d'obtenir initialement entre trois et cinq groupes distincts par saison. Ces regroupements expliquaient respectivement 39% au printemps, 47% en été, 34% en automne et 38% en hiver des variances totales des assemblages saisonniers. Les espèces les plus structurantes de chaque groupe ont été identifiées pour chaque saison. Sur la base de leur positionnement géographique et des espèces indicatrices de chaque groupe, une typologie de communauté a été obtenue, en agrégeant si nécessaire certains groupes peu distincts. On distingue ainsi une communauté côtière (en rouge), une communauté du plateau

(en orange), et une communauté du large (en bleu). En été, une quatrième communauté était discernable (en violet) sur les zones les plus profondes, non explorées les autres saisons (Fig.17).

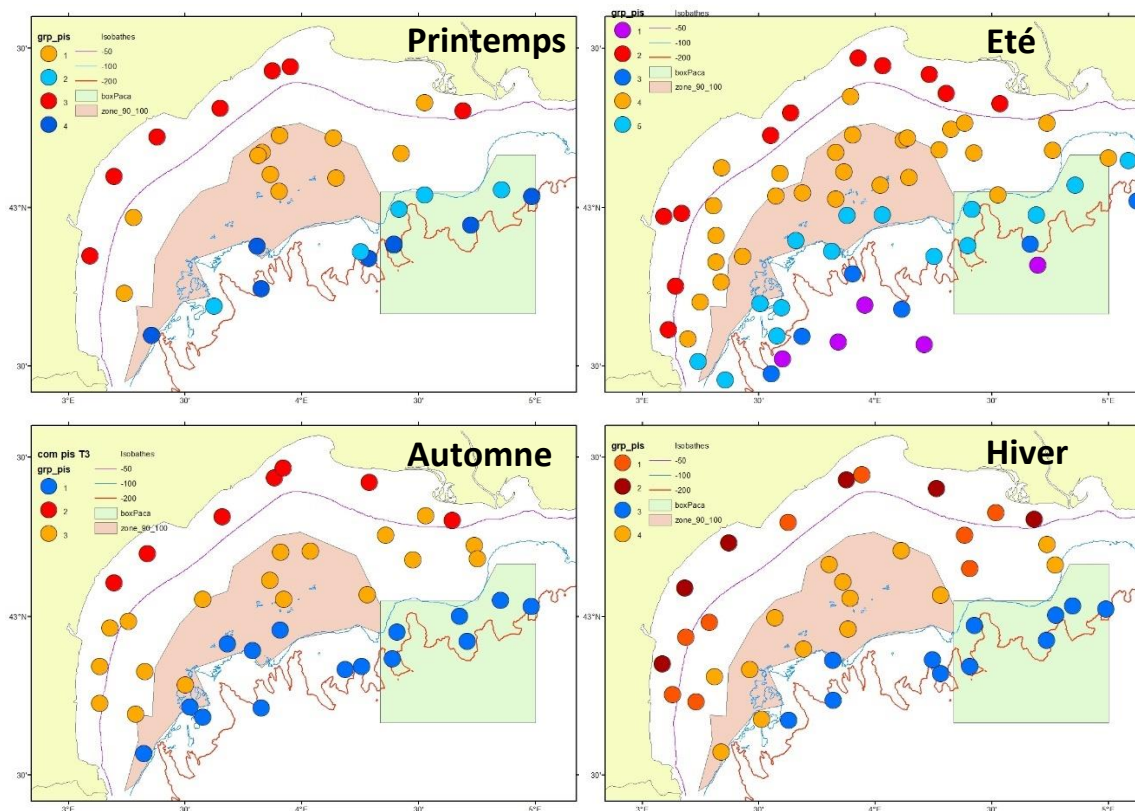


Figure 17. Typologies saisonnières des assemblages de poissons et céphalopodes

Les espèces typiques (Tableau 4) de la communauté côtière comportaient des espèces benthopélagique telles le sar (*Diplodus annularis*), la bogue (*boops boop*), les spicarelles (*Spicara sp*), les pageots (*Pagellus sp*) ou la dorade (*Sparus aurata*) mais aussi certaines espèces pélagiques telles les chinchards méditerranéens (*Trachurus mediterraneus*) ainsi que la sardine (*Sardina pilchardus*) ou la sardinelle (*Sardinella aurita*) en hiver. La petite sole jaune (*Buglossium luteum*) ou le poulpe de roche (*Octopus vulgaris*) étaient également caractéristiques de ces peuplements. La communauté du plateau avait généralement peu ou pas d'espèces structurantes et certaines étaient partagées avec les communautés voisines. Elle comprenait souvent des espèces de petite taille dont les gobies (*Gobius*, *Lesueurigobius*, *Deltentosteus*). La communauté du large était spécifique de nombreuses espèces de grondins (*Trigla*, *Lepidotrigla*, *Chelidonichthys*), de la cardine à 4 tâches (*Lepidorhombus boscii*), de la sole-perdrix (*Microchirus variegatus*), de l'argentine (*Argentina sphyraena*) ou de la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*). La bécasse (*Macroramphosus scolopax*) ou le sanglier (*Capros aper*) étaient également des espèces typiques de cet assemblage. Enfin, la communauté profonde, observée en été, était typiquement composée de grenadiers (*Nezumia sclerorhynchus*, *Trachyrincus scabrus*), de Moros (*Mora moro*, *Lepidion lepidion*) ou d'autres poissons typiques des zones profondes.

Le schéma général de répartition semble très stable tout au long de l'année étudiée, reflétant un étagement bathymétrique net : La communauté côtière était systématiquement cantonnée aux fonds inférieurs à 50m, la communauté du plateau se situait entre 50 et 100m, la communauté du large était limitée aux zones entre 100 et 200m et la communauté profonde était observable en-dessous des 200m de profondeur.

Tableau 4. Espèces indicatrices (indice IndVal, p-value). Seules les espèces dont l'indice était supérieur à 0.75 ou, à défaut, les cinq premières espèces indicatrices significatives sont listées.

	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Communauté côtière	Buglossidium luteum (0.96, 0.001) Trachurus mediterraneus (0.85, 0.001) Spicara smaris (0.76, 0.002) Diplodus annularis (0.76, 0.006)	Octopus vulgaris (0.81, 0.001) Scomber scombrus (0.81, 0.002) Trachurus mediterraneus (0.80, 0.001) Spicara flexuosa (0.77, 0.004) Diplodus annularis (0.74, 0.001) Scophthalmus rhombus (0.74, 0.001)	Octopus vulgaris (0.93, 0.001) Diplodus annularis (0.93, 0.001) Sparus aurata (0.93, 0.001) Trachurus mediterraneus (0.92, 0.001) Pagellus erythrinus (0.90, 0.001) Buglossidium luteum (0.89, 0.001) Boops boops (0.89, 0.001) Mullus surmuletus (0.83, 0.001) Eledone moschata (0.83, 0.001) Spicara flexuosa (0.80, 0.002) Sepia officinalis (0.76, 0.001)	Sardina pilchardus (0.94, 0.001) Trachurus mediterraneus (0.88, 0.001) Sardinella aurita (0.87, 0.001) Boops boops (0.85, 0.003) Spicara flexuosa (0.82, 0.001)
Communauté plateau	<u>Commune côte</u> Gobius niger (0.82, 0.001) <u>Commune large</u> Lesueurigobius friesii (0.81, 0.004)	<u>Commune côte</u> Sardina pilchardus (0.86, 0.001) Gobius niger (0.83, 0.001) <u>Commune large</u> Deltentosteus quadrimaculatus (0.83, 0.001)	Lesueurigobius friesii (0.80, 0.001)	Sepia elegans (0.74, 0.001) Serranus hepatus (0.72, 0.008) Cepola macrophthalma (0.67, 0.008)
Communauté large	Scyliorhinus canicula (0.91, 0.001) Argentina sphyraena (0.88, 0.001) Trigla lyra (0.88, 0.001) Scaevurgus unicolor (0.86, 0.001) Lepidorhombus boscii (0.83, 0.002) Macroramphosus scolopax (0.83, 0.001) Capros aper (0.83, 0.004) Sepia orbignyana (0.81, 0.003) Todaropsis eblanae (0.77, 0.004) Chelidonichthys cuculus (0.76, 0.002)	Micromesistius poutassou (0.92, 0.001) Chlorophthalmus agassizi (0.92, 0.001) Gadiculus argenteus (0.90, 0.001) Molva macrophthalma (0.87, 0.001) Argentina sphyraena (0.87, 0.001) Octopus salutii (0.86, 0.001) Sepia orbignyana (0.85, 0.001) Lepidotrigla cavillone (0.83, 0.001) Microchirus variegatus (0.82, 0.001) Lepidotrigla dieuzeidei (0.76, 0.001)	Scyliorhinus canicula (0.94, 0.001) Phycis blennoides (0.86, 0.001) Scaevurgus unicolor (0.86, 0.001) Capros aper (0.81, 0.001) Lepidorhombus boscii (0.78, 0.001) Trigla lyra (0.78, 0.001) Lepidotrigla dieuzeidei (0.75, 0.001)	Macroramphosus scolopax (0.95, 0.001) Trigla lyra (0.88, 0.001) Argentina sphyraena (0.86, 0.001) Capros aper (0.84, 0.001) Raja clavata (0.83, 0.001) Lepidotrigla dieuzeidei (0.83, 0.001) Lepidorhombus boscii (0.78, 0.001)
Communauté profonde	-	Mora moro (1.00, 0.001) Nezumia sclerorhynchus (0.95, 0.001) Trachyrincus scabrus (0.92, 0.001) Lepidion lepidion (0.89, 0.001) Lampanyctus crocodilus (0.88, 0.001) Chauliodus sloani (0.78, 0.001) Melanostigma atlanticum (0.78, 0.001)	-	-



### 3.3 Paramètres biologiques des espèces

#### 3.3.1 Relations taille-poids

L'analyse des relations taille-poids a permis de définir des courbes taille-poids saisonnières pour l'ensemble des espèces étudiées. Il y avait en général peu de différences saisonnières dans la forme de ces courbes (Fig. 18). L'ensemble des courbes produites sont disponibles en annexe 3.

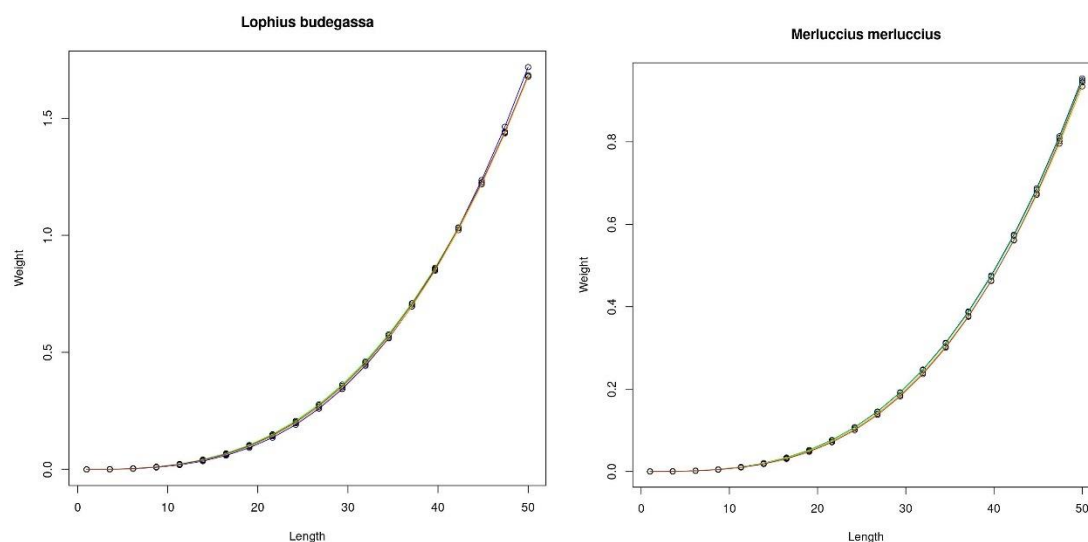


Figure 18. Relations taille-poids saisonnières de la baudroie rousse (à gauche) et du merlu (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)

#### 3.3.2 Sex-ratio

L'étude des sex-ratios aux tailles a permis d'identifier les tailles à partir desquelles un sexe pouvait devenir dominant sur l'autre. Pour beaucoup de poissons démersaux, les femelles dominent dans les classes de tailles les plus grandes, comme l'illustre l'exemple du Merlu ci-dessous (Fig. 19). On voit que la proportion de femelles augmente avec les classes de taille, pour atteindre des proportions très importantes : Au-delà de 38 cm, ce sont près de 90% des individus qui sont femelles. Chez les individus plus jeunes, il y a une légère prédominance des mâles, mais cette prédominance peut être un artéfact de lecture, les mâles étant potentiellement plus facile à reconnaître chez les petits poissons - les mâles sont donc identifiés comme tels, tandis que les femelles restent « indéterminées » et ne sont pas prises en compte dans le calcul du sex-ratio. On estime chez le merlu que l'identification des sexes est non ambiguë à partir de 15cm. L'ensemble des figures produites sont disponibles en annexe 4.

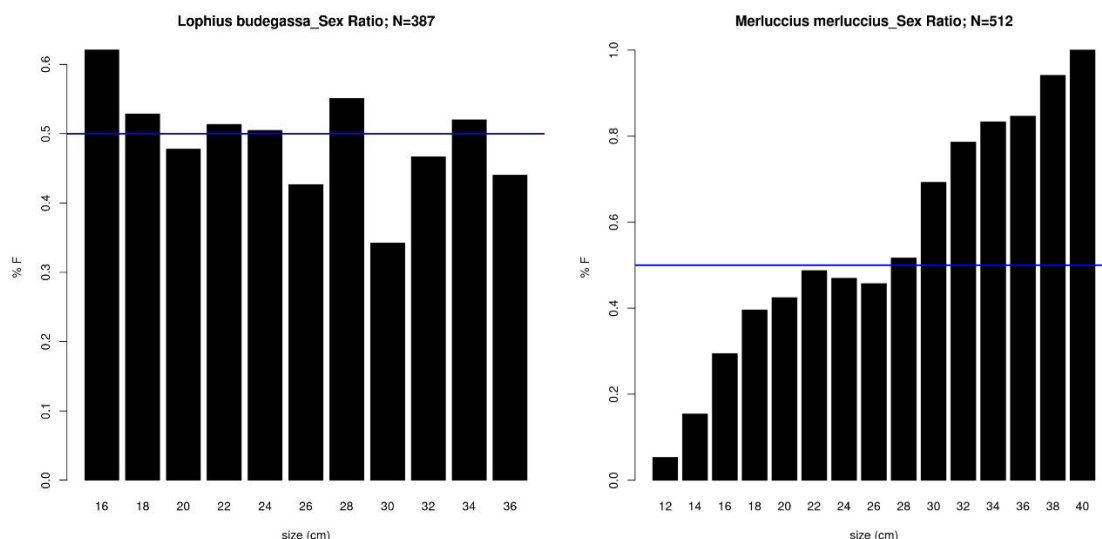


Figure 19. Proportion de femelles par classe de taille chez la baudroie rousse (à gauche) et le merlu (à droite)

Chez certaines espèces, comme la baudroie brune (Fig. 19), la proportion de mâles et de femelles semblait équilibrée quelle que soit la taille. On n’observe pas, dans les données GoDyS, de biais vers les femelles chez les baudroies, cependant, les classes de tailles pour lesquelles un sex-ratio pouvait être calculé chez les deux espèces de baudroie étaient limitées, faute d’individus de grandes tailles suffisamment nombreux dans les captures. Il est donc probable qu’avec plus d’échantillons, un biais vers les femelles aurait été observé chez les plus grands individus des deux espèces (*L. piscatorius* et *L. budegassa*). L’analyse des sex-ratios obtenus lors des campagnes GOLDYS est résumée dans le Tableau 5.

Espèces	Classe de Taille (cm)										
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	>50
<i>Lophius budegassa</i>	NA	NA	NA	E	E	E	E	NA	NA	NA	NA
<i>Lophius piscatorius</i>	NA	NA	NA	NA	NA	E	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Merluccius merluccius</i>	NA	NA	NA	E	E	E	F	F	NA	NA	NA
<i>Mullus barbatus</i>	NA	E	E	F	F	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Mullus surmuletus</i>	NA	NA	NA	E	E	F	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Boops boops</i>	NA	NA	E	E	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eutrigla gurnardus</i>	NA	NA	E	F	F	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Scomber scombrus</i>	NA	NA	NA	E	E	E	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Trachurus mediterraneus</i>	NA	NA	NA	E	E	E	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Trachurus trachurus</i>	NA	NA	E	E	E	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Trisopterus minutus</i>	NA	NA	M	F	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Raja clavata</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	E	NA	NA	NA	NA
<i>Scyliorhinus canicula</i>	NA	NA	NA	E	E	E	E	E	M	M	NA

Tableau 5. Synthèse de l’observation des sex-ratios aux tailles pour les espèces pour lesquelles suffisamment (>10) d’individus par classe de taille ont pu être sexés. On remarque que la plupart des espèces ont un sex-ratio équilibré (E, entre 40 et 60% de femelles) en début de vie, qui peut se déséquilibrer dans les grandes tailles, vers les femelles (merlu, rouget, grondin, tacauds) ou vers les mâles (roussette).



### 3.3.3 Ogives de maturité

Les données collectées ont permis de calculer, pour chaque espèce pour laquelle le nombre d'observations était suffisant, la probabilité d'être un individu mature en fonction de la taille, par le biais d'une régression logistique. Un exemple est donné (Fig. 20) pour la baudroie rousse (*L. budegassa*) femelle. On voit que l'estimation de la L50 pour cette espèce est proche de 40cm, et qu'il faut attendre 60cm pour que la probabilité d'être mature approche 1. L'ensemble des résultats concernant les tailles à maturité sont rassemblés dans le tableau 6 et l'ensemble des figures produites sont disponibles en annexe 5.

### 3.3.4 Calendriers de pontes

Les données collectées ont permis de connaître la proportion d'individus immatures (stade A), en maturation (stade B), en ponte (stade C) et en post-ponte (stade D) par trimestre, comme le montre l'exemple ci-dessous pour la baudroie rousse (Fig. 20). On remarque que globalement la plupart des individus capturés sont immatures tout au long de l'année, mais que la proportion d'individus en ponte double en été (Juin). Cette période correspond donc à une période d'activité de ponte accrue pour la baudroie rousse.

Les informations concernant la phénologie de ponte de l'ensemble des espèces observées sont synthétisées dans le tableau 6. Le printemps (Avril-Mai) et l'été (Juin) sont marqués par une forte activité de ponte chez un grand nombre d'espèces. Si les poissons et crustacés montrent une plasticité relative dans leur date de reproduction (certaines espèces se reproduisant activement pendant 2, voir 3 saisons), les élaémobranches ont une période de reproduction plus centrée sur l'été (juin), aucun individu en reproduction n'ayant pu être observé en dehors de cette période.

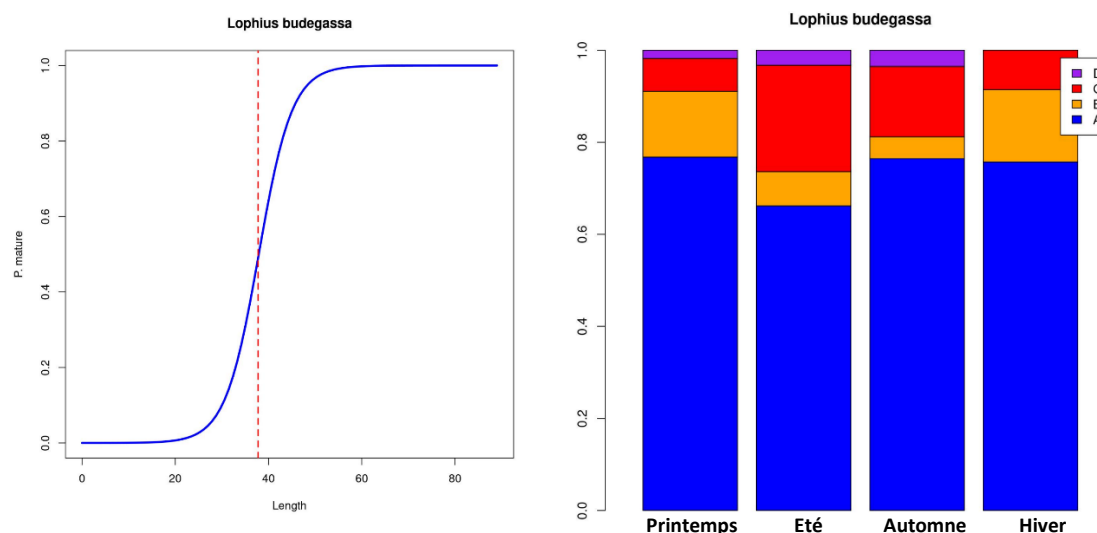


Figure 20. À gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la baudroie rousse femelle (*L. budegassa*). La L50 (ligne rouge) est proche de 40cm. A droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de la baudroie rousse (*Lophius budegassa*) au cours de l'année

		L50 (cm) Tout individus	L50 (cm) Femelles	Range de taille observé	T1	T2	T3	T4	Je ponds...
Poissons	<i>Lophius budegassa</i>	30	38	[14-84]	Un peu	beaucoup	Un peu		
	<i>Lophius piscatorius</i>	42	NA	[13.4-102]		beaucoup		Un peu	
	<i>Merluccius merluccius</i>	30	36	[6-67.5]	Un peu	beaucoup	Un peu	beaucoup	
	<i>Mullus barbatus</i>	8	10	[8.1-26.9]	passionnément	passionnément			
	<i>Mullus surmuletus</i>	NA	NA	[10.5-32.2]	passionnément	passionnément		Un peu	
	<i>Boops boops</i>	15	16	[10.7-29.5]	passionnément	beaucoup		beaucoup	
	<i>Eutrigla gurnardus</i>	16	16	[6.4-43]	Un peu	Un peu	Un peu	passionnément	
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	NA	NA	[9.1-26.9]					
	<i>Scomber scombrus</i>	25	25	[6.3-36.7]		Un peu		passionnément	
	<i>Trachurus mediterraneus</i>	18	18	[13.2-34.9]	passionnément	passionnément	Un peu		
	<i>Trachurus trachurus</i>	17	17	[5.6-33.4]	Un peu	passionnément		passionnément	
	<i>Trisopterus minutus</i>	15	14	[4.6-24.2]	passionnément	passionnément	Un peu	passionnément	
Elasmobranches	<i>Raja asterias</i>	NA	NA	[35.5-63.5]	NA	passionnément			
	<i>Raja clavata</i>	63	NA	[11.9-90]		passionnément			
	<i>Scyliorhinus canicula</i>	38	39	[10.4-56]		passionnément			
	<i>Squalus blainville</i>	NA	NA	[26-85]	NA	passionnément			
Crustaces	<i>Nephrops norvegicus</i>	17mm	NA	[15-52]mm	passionnément	passionnément	NA		
	<i>Parapeneus longirostris</i>	15mm	18mm	[6-46]mm	passionnément	passionnément	passionnément	beaucoup	
	<i>Aristeus antennatus</i>	10mm	17mm	[17-60]mm	NA	beaucoup	NA	NA	

Tableau 6. Synthèse des résultats concernant l'observation des maturités chez les principales espèces suivies. Les L50 ont été calculées dans un premier temps sur l'ensemble des individus observés, puis, si la quantité de données le permettait, uniquement sur les individus femelles. La notation « NA » indique que le nombre de données n'était pas suffisant pour obtenir une estimation robuste.

### 3.4 Cartographie des espèces structurantes et dominantes

L'analyse de la distribution spatiale des espèces s'est limitée aux espèces les plus structurantes ou dominantes dans les captures, en distinguant les compartiments invertébrés benthiques d'une part et poissons-céphalopodes d'autres part. Au total, 57 espèces ont fait l'objet d'un traitement cartographique (Annexe 6). Celles ne figurant pas directement dans cette section, peuvent être trouvées dans l'Annexe 7.

Suite au suivi des maturités sexuelles réalisé lors de cette étude ou en se basant sur une étude bibliographique complémentaire, la longueur à première maturité sexuelle a été obtenue pour un certain nombre d'espèces (Annexe 6). Sur la base de cette connaissance et des mesures de tailles obtenues lors du traitement des captures, il a été possible de distinguer le stade juvénile du stade adulte pour 17 poissons, 4 céphalopodes et 2 crustacés.

#### 3.4.1 Distribution des invertébrés benthiques principaux

Les espèces structurantes « côtières » étaient généralement abondantes dans cette zone tout au long de l'année mais pouvaient être retrouvées également plus au large, sur le plateau, lors de certaines saisons (Fig. 21-23). L'ascidie quadrillée était cependant la seule espèce de plateau suffisamment abondante pour pouvoir faire l'objet d'une cartographie et avait une distribution particulièrement stable tout au long de l'année même si les captures étaient plus importantes au printemps et en été (Fig. 24). Les communautés du large étaient largement dominées et structurées par des espèces d'échinodermes (oursins, holothurie jaune et comatule profonde, Fig. 25-28) dont les distributions et les captures étaient assez stables tout au long de l'année. La langoustine était particulièrement typique des zones profondes observées en été même si elle pouvait également être capturée ponctuellement sur le plateau au printemps et en été. En revanche, les juvéniles n'étaient observés qu'en zones large ou profonde et en été (Fig. 29). La crevette rose du large était également une espèce importante dans les captures avec une large répartition allant de l'ensemble du plateau jusqu'au large (Fig. 30). Les rendements et la distribution étaient stables tout au long de l'année et comparables pour les juvéniles et pour les adultes.

### 3.4.1.1 Distribution des espèces côtières

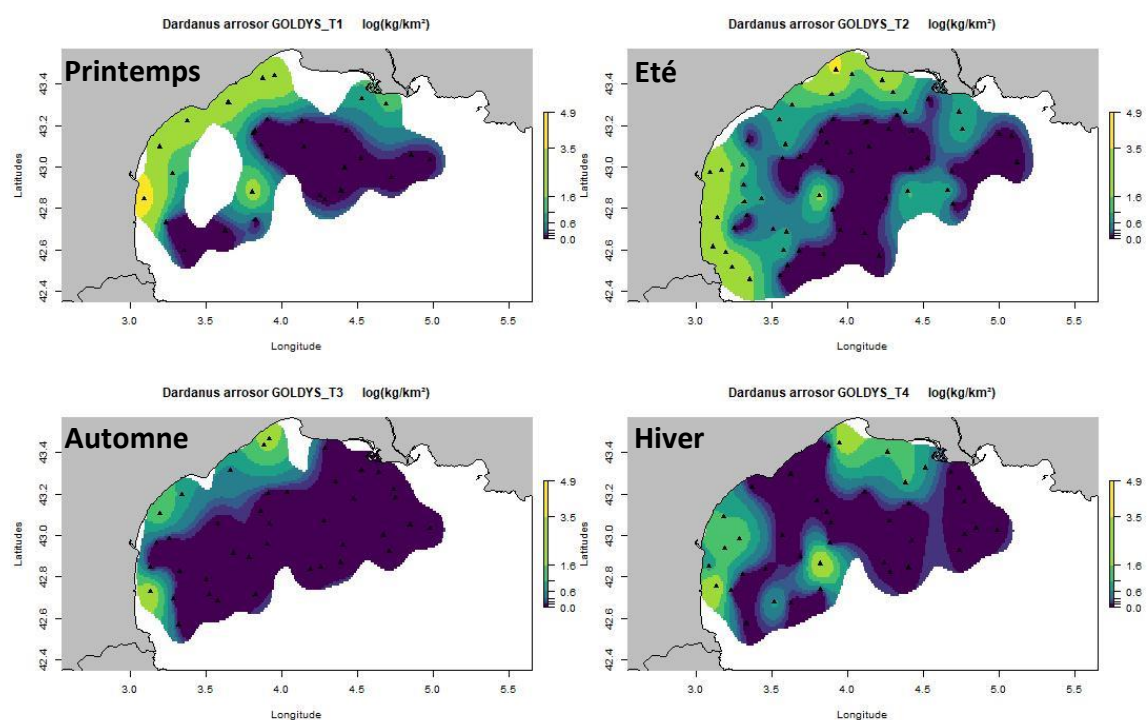


Figure 21. Distribution saisonnière du Grand Bernard-l'ermite, *Dardanus arrosor*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$

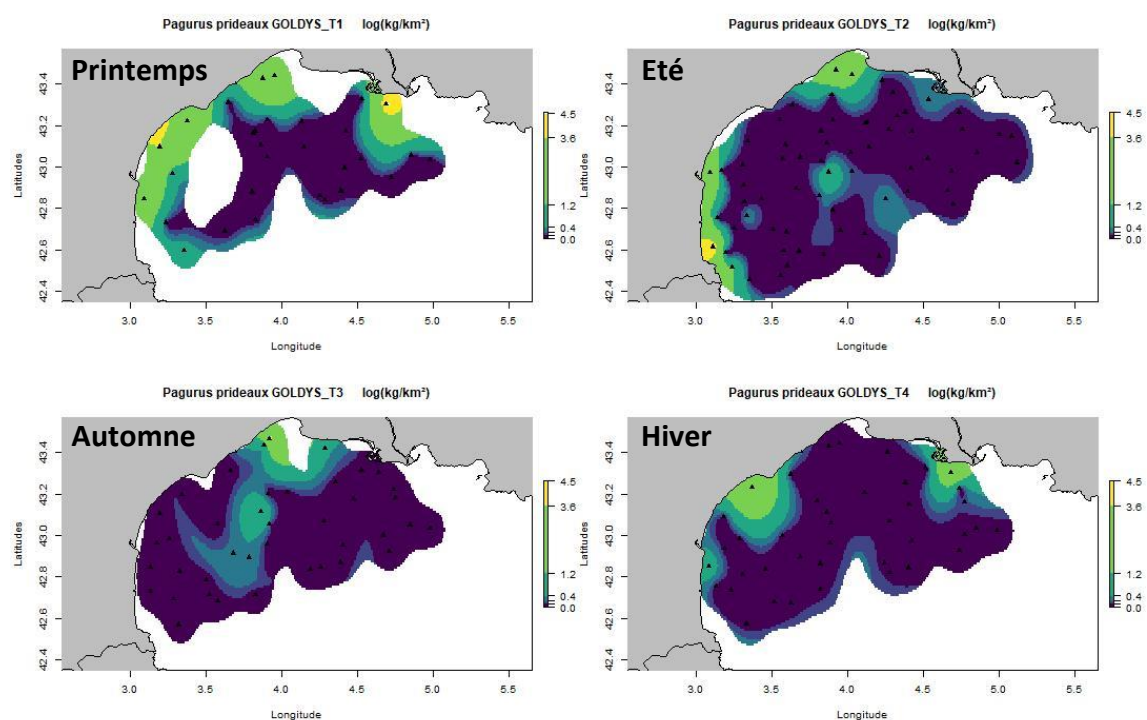


Figure 22. Distribution saisonnière du Gonfaron, *Pagurus prideaux*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$

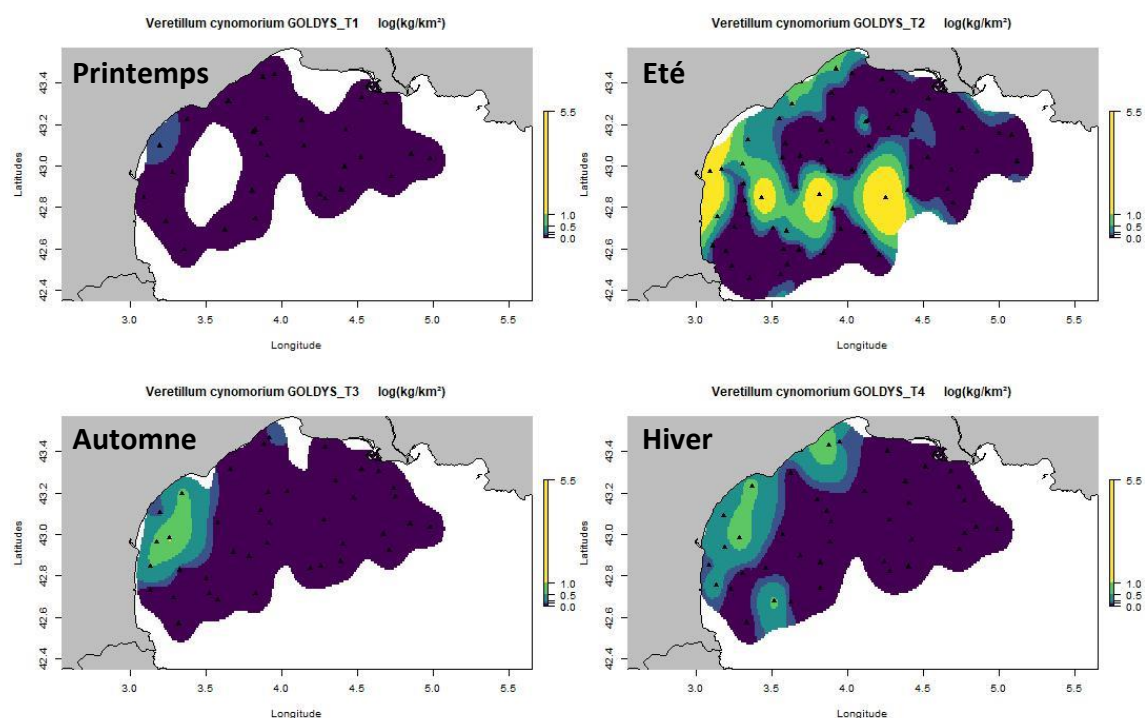


Figure 23. Distribution saisonnière de la vérétille verge de chien, *Veretillum cynimorium*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$

### 3.4.1.2 Distribution des espèces de plateau

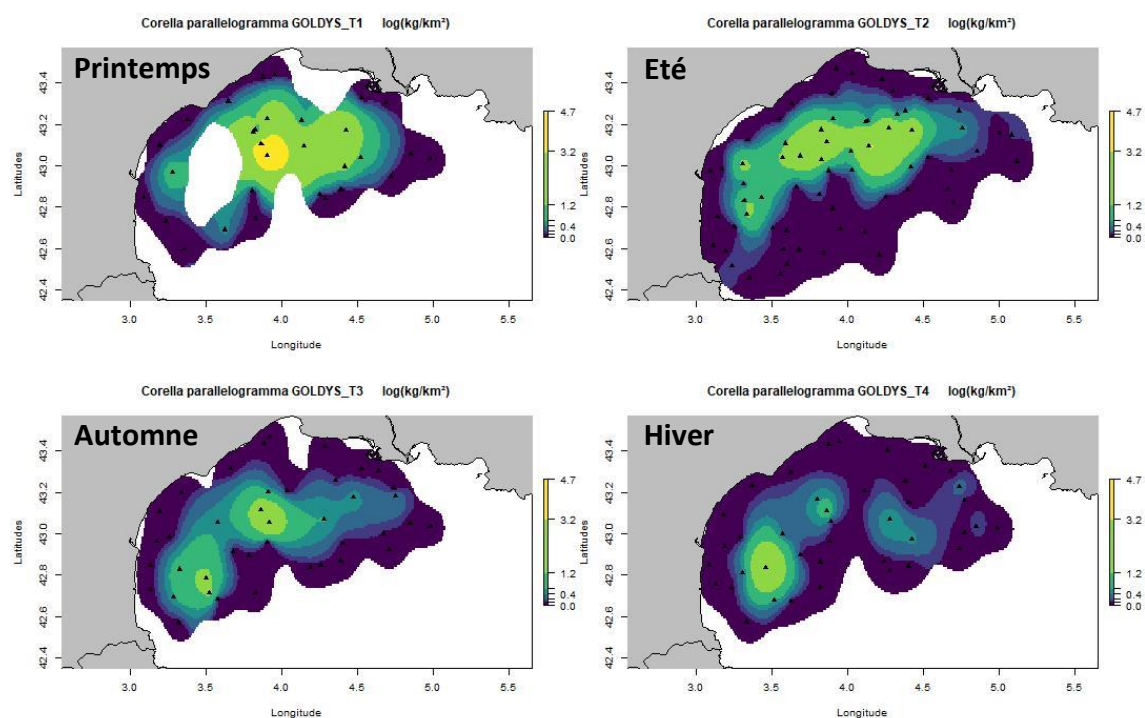


Figure 24. Distribution saisonnière de l'ascidie quadrillée, *Corella parallelogramma*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$



### 3.4.1.3 Distribution des espèces du large

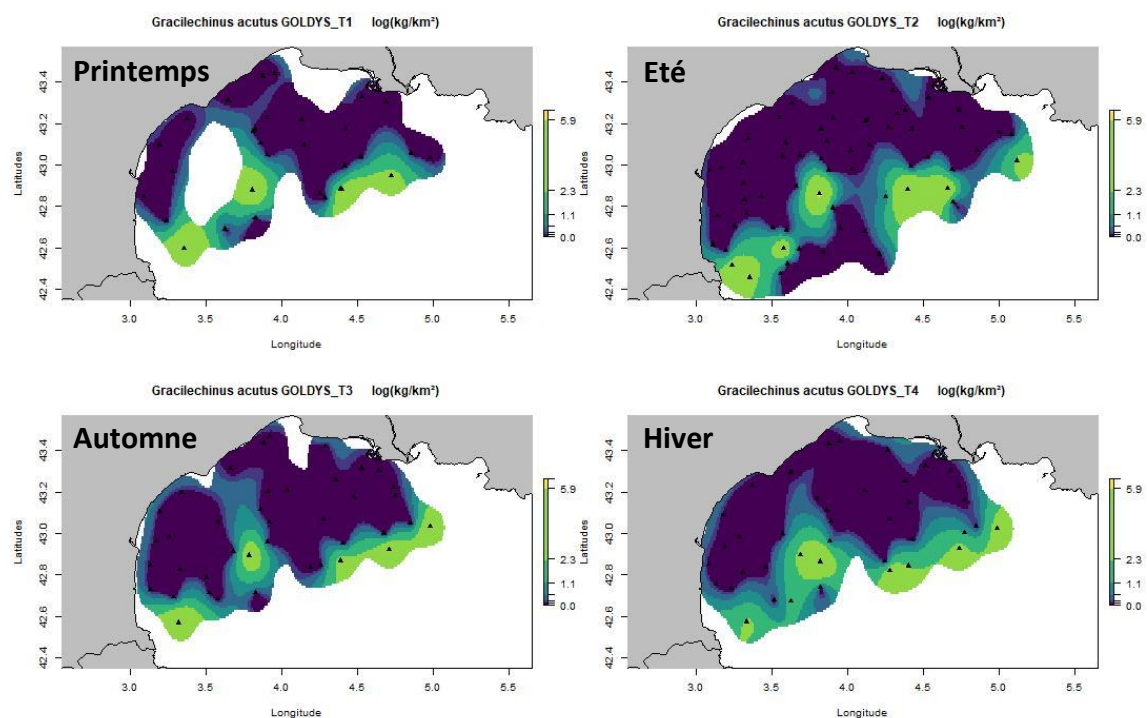


Figure 25. Distribution saisonnière de l'oursin pointu, *Gracilechinus acutus*, en log(kg/km<sup>2</sup>)

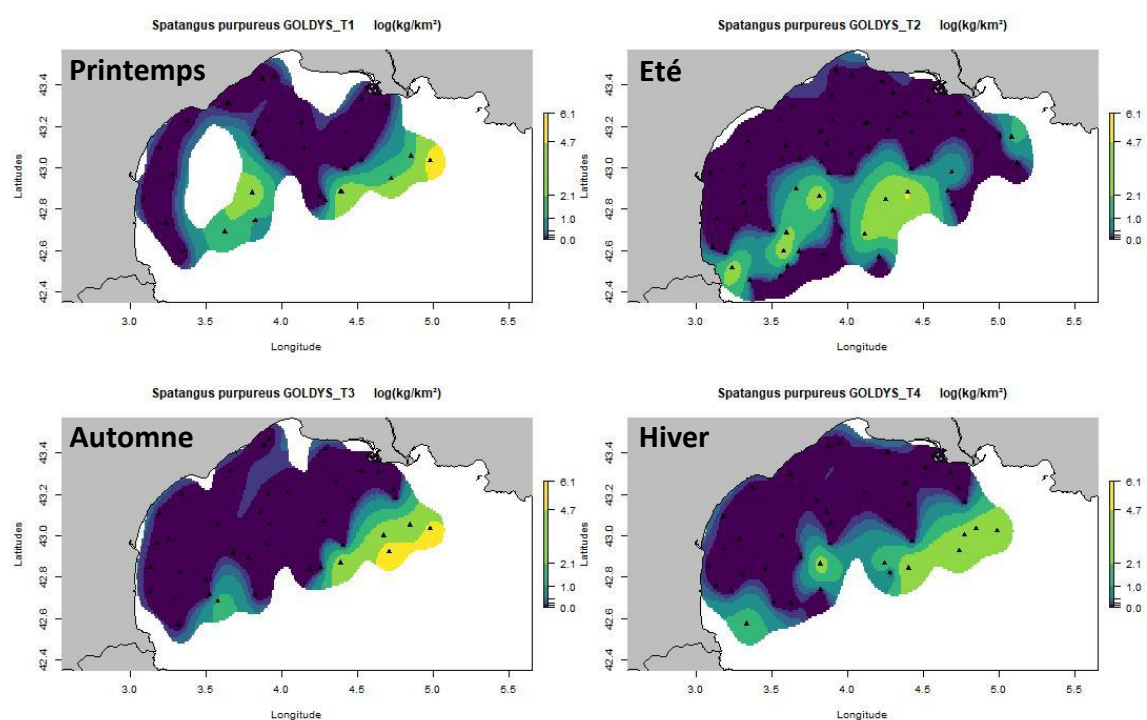


Figure 26. Distribution saisonnière du spatangue pourpre (*Spatangus purpureus*), en log(kg/km<sup>2</sup>)



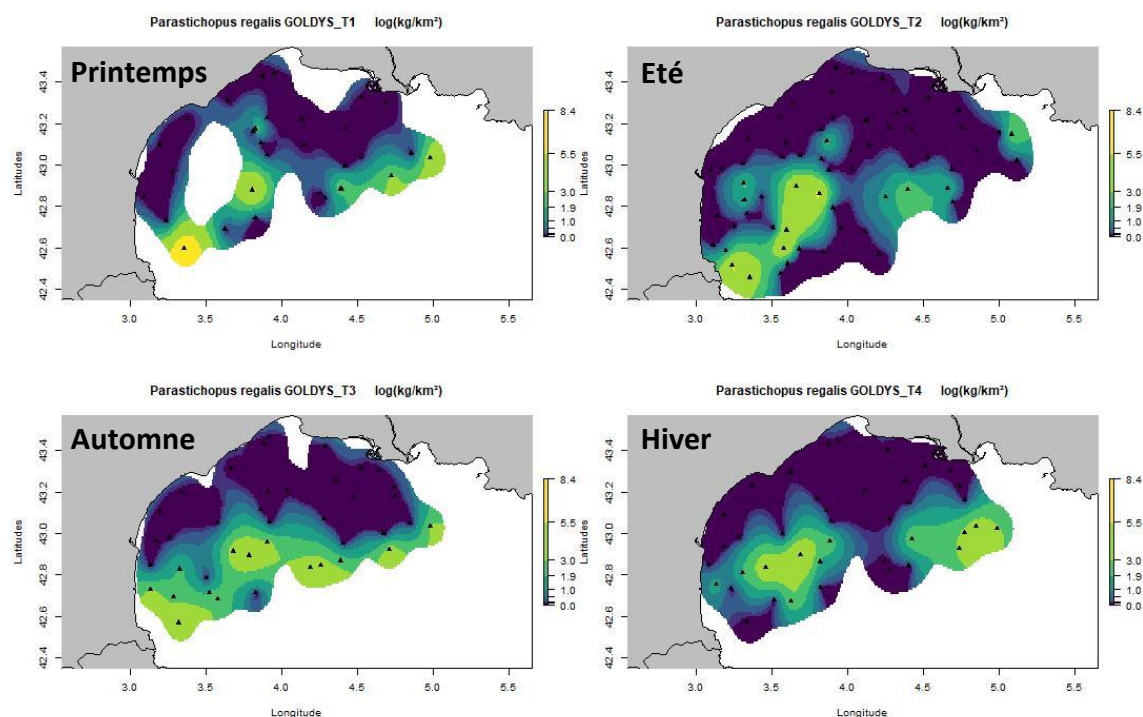


Figure 27. Distribution saisonnière de l'holothurie jaune, *Parastichopus regalis*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$

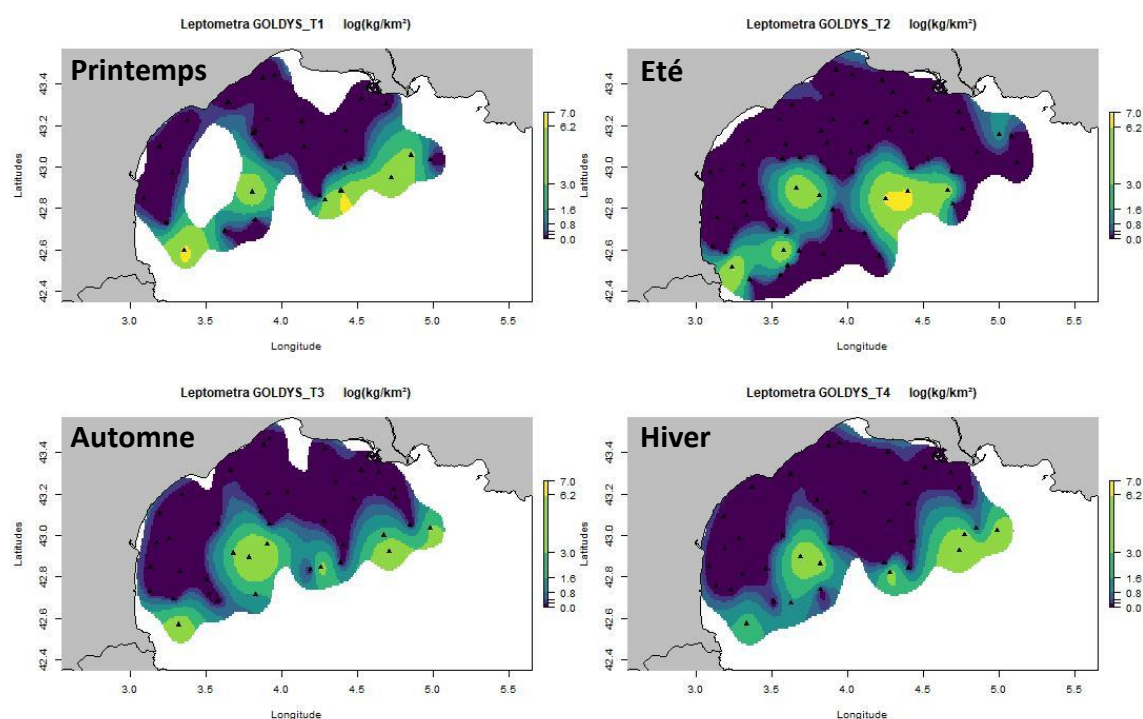


Figure 28. Distribution saisonnière de la comatule profonde de Méditerranée, *Leptometra phalangium*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$

### 3.4.1.4 Distribution des espèces profondes

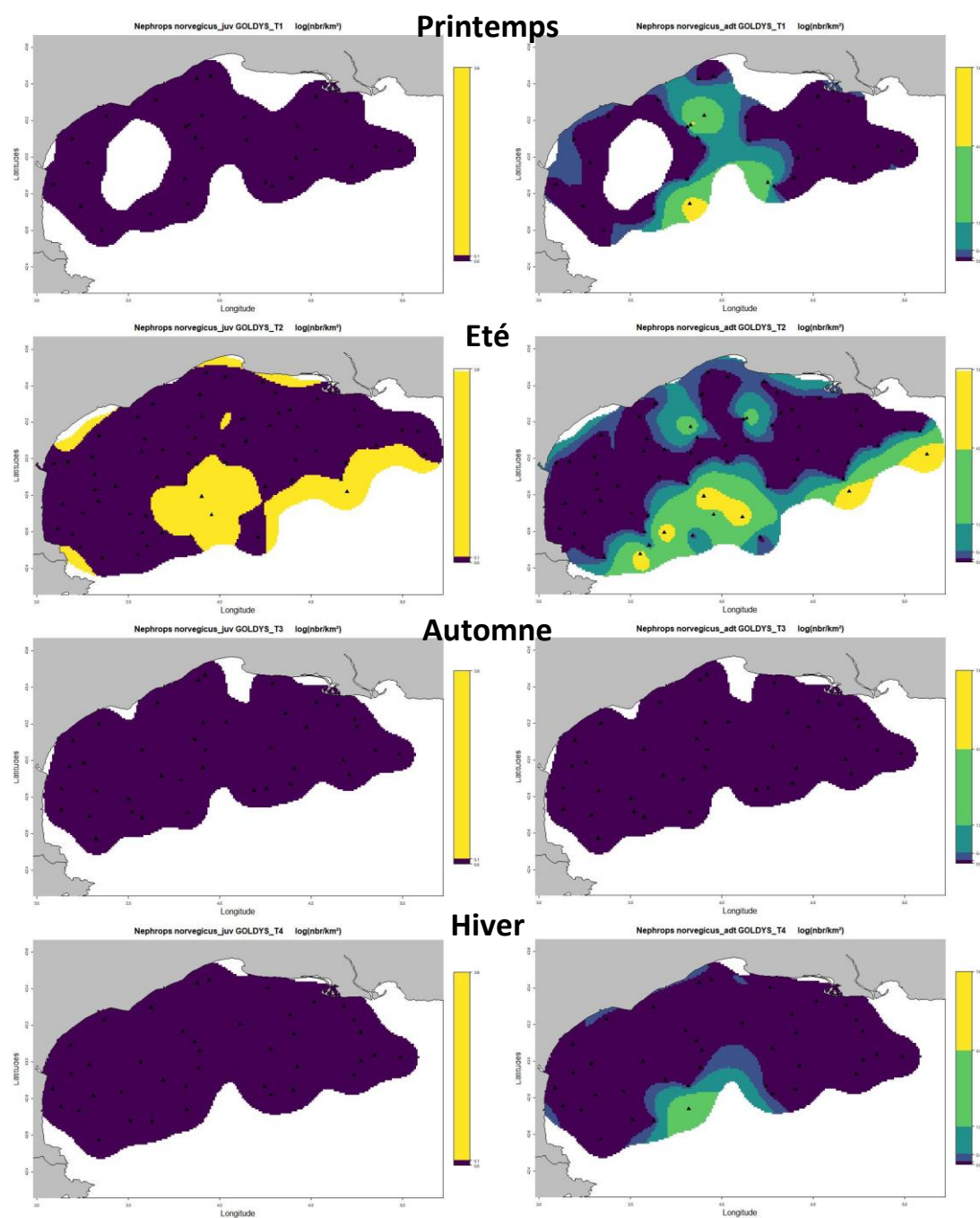


Figure 29. Distribution saisonnière de la langoustine (*Nephrops norvegicus*), en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 1,7 cm (longueur céphalothoracique) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

### 3.4.1.5 Distribution des espèces dominantes complémentaires

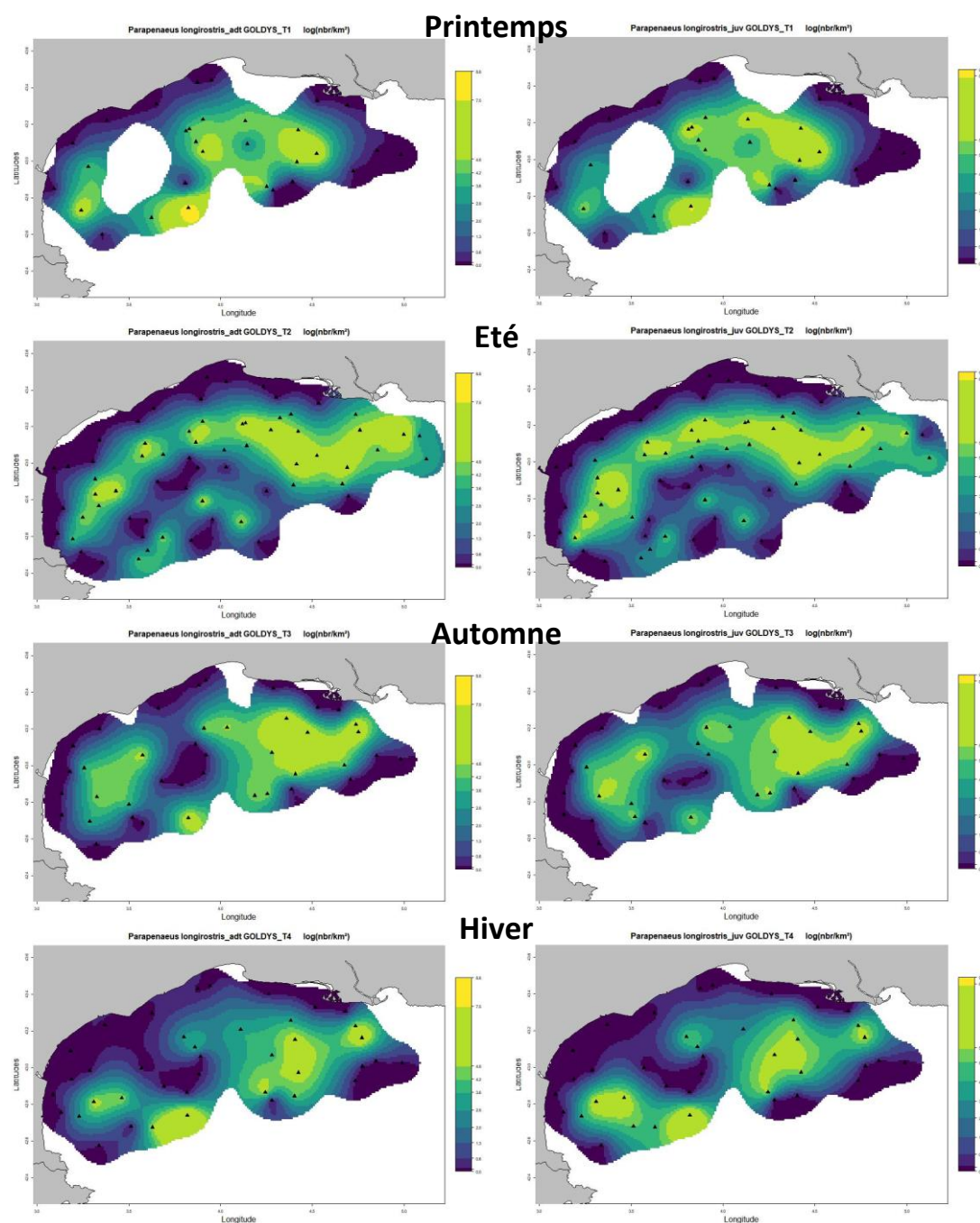


Figure 30. Distribution saisonnière de la crevette rose du large, *Parapenaeus longirostris*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 2.8 cm (longueur céphalothoracique) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

### 3.4.2 Distribution des poissons et céphalopodes principaux

Les espèces structurantes « côtières » étaient généralement abondantes dans cette zone pendant une ou plusieurs saisons mais pouvaient être retrouvées également plus au large, sur le plateau, lors de certaines saisons (Fig. 31-35). C'était le cas du chinchard méditerranéen (Fig. 31) et du poulpe de roche (Fig. 32) et de la bogue en hiver ou en été pour les adultes de cette dernière (Fig. 33). La distribution de la sardine était plus large que la zone côtière avec une extension variable sur le plateau observable toute l'année chez les deux stades de vie illustrés (Fig. 34). La sardinelle en revanche était effectivement exclusivement côtière et disparaissait des captures en été (Fig. 35). Seules deux espèces étaient à la fois abondantes et typiques du plateau tout au long de l'année : la cépole et le serran tambour (Fig. 36-37) dont les limites distributions étaient assez stables. L'argentine, le sanglier et la bécasse (Fig. 38-40) étaient caractéristiques de la zone du large avec des distributions et des rendements assez stables tout au long de l'année. De même la raie bouclée (Fig. 41) était présente sur cette zone de façon stable bien que des juvéniles soient également présents en zone côtière au printemps et en automne. Les espèces profondes n'ayant été observées que pendant la campagne estivale (MEDITS) et ayant des rendements totaux relativement faibles par rapport aux autres espèces, elles n'étaient pas dominantes. Elles n'ont donc pas fait l'objet de cartographie systématique dans le cadre de la présente étude.

Les autres espèces dominantes comprenaient des petits pélagiques, des démersaux et des céphalopodes. Concernant les premiers, le chinchard (Fig. 42), l'anchois (Fig. 43) et le sprat (Fig. 45) avaient une distribution très étendue sur l'ensemble du Golfe du Lion à l'exception de la zone profonde (au-delà des 200m). Le Maquereau commun (Fig. 44) était plutôt côtier au printemps et en été et avait une distribution plus large le reste de l'année. Parmi les espèces démersales dominantes, le grondin gris (Fig. 46) était localisé sur la zone du plateau (50-100m) en automne, hiver et au printemps. En été, sa distribution s'étendait jusqu'à la côte pour les adultes et les juvéniles qui avaient des répartitions similaires. Les juvéniles et les adultes de la baudroie rousse (Fig. 47) étaient localisés sur l'ensemble de la zone plateau au printemps et en été et glissaient vers la zone plus au large en automne et en hiver. Peu d'adultes de baudroie blanche ont pu être capturés (Fig. 48), le plus souvent en zone profonde (>200m) tandis que les juvéniles étaient distribués sur la partie occidentale du golfe, à la côte et sur le plateau. Le merlu (Fig. 49), quelque soit le stade étudié, avait une distribution très étendue, centrée sur toute la zone plateau et large, et en revanche bien moindre dans les zones côtières ou profondes. Le rouget barbet de vase (Fig. 50) avait une distribution contrastée, couvrant la bande côtière et la bande de large mais évitant la zone centrale du plateau quel que soit le stade considéré. Le capelan (Fig. 51) avait une large répartition centrée sur la zone du plateau (50-100m), stable au cours de l'année et quel que soit le stade de développement. Parmi les céphalopodes dominants, l'élédone blanche (Fig. 52) comprenait relativement peu d'adultes et était répartie sur une large zone allant du plateau au large. L'élédone musquée (Fig. 53) comprenait également peu d'adultes. Les juvéniles étaient surtout trouvés en zone côtière sauf au printemps où ils étaient trouvés à la côte et au large. L'encornet rouge (Fig. 54) semblait avoir une saisonnalité bien marquée reflétant son cycle de vie court avec plus de juvéniles au printemps et plus d'adultes en été. Sa répartition était étendue sur la zone de plateau, oscillant vers le large en automne et en hiver.



### 3.4.2.1 Distribution espèces côtières

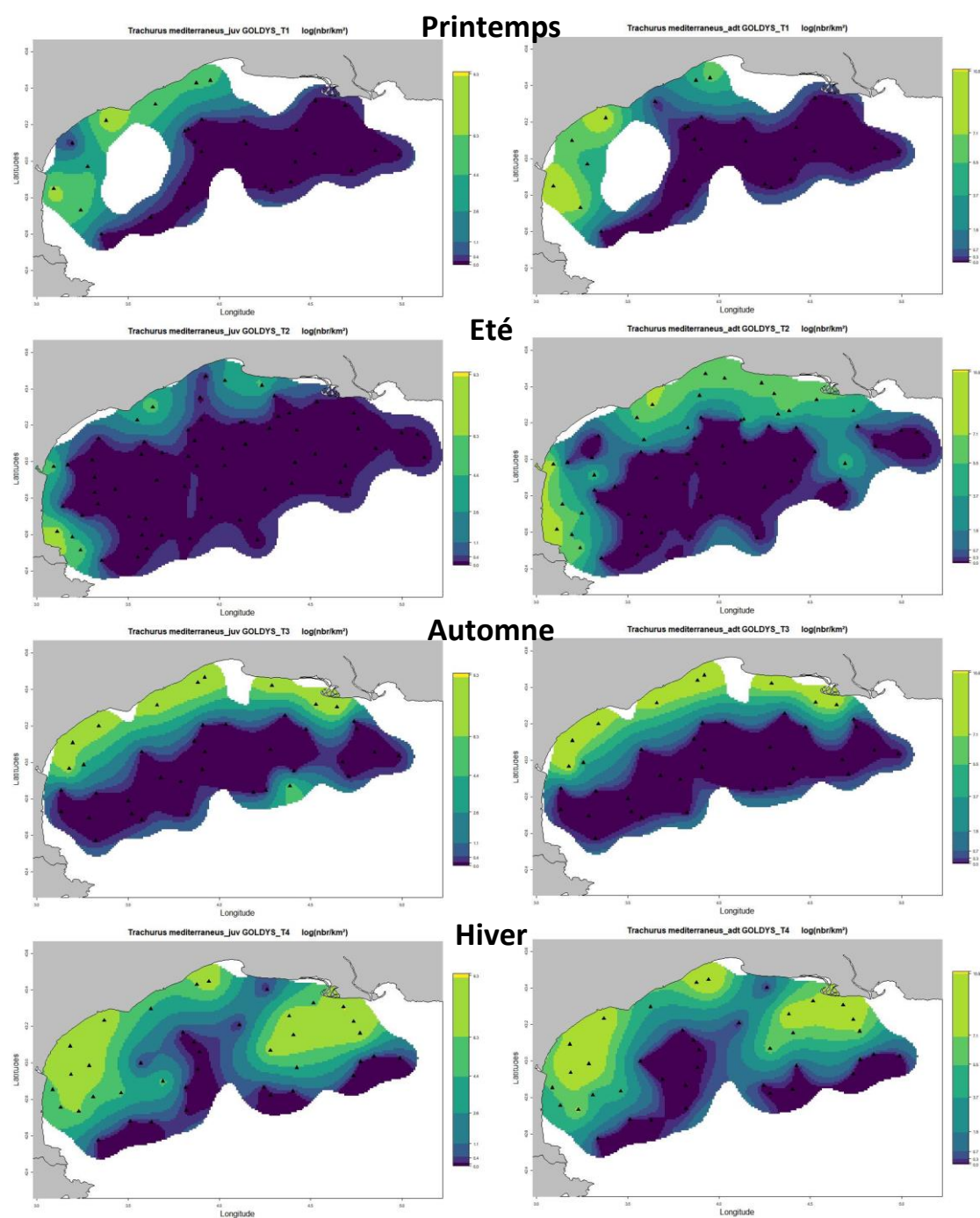


Figure 31. Distribution saisonnière de la chinchard méditerranéen, *Trachurus mediterraneus*, en log(nbr/km<sup>2</sup>). Les individus de moins de 17.7 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

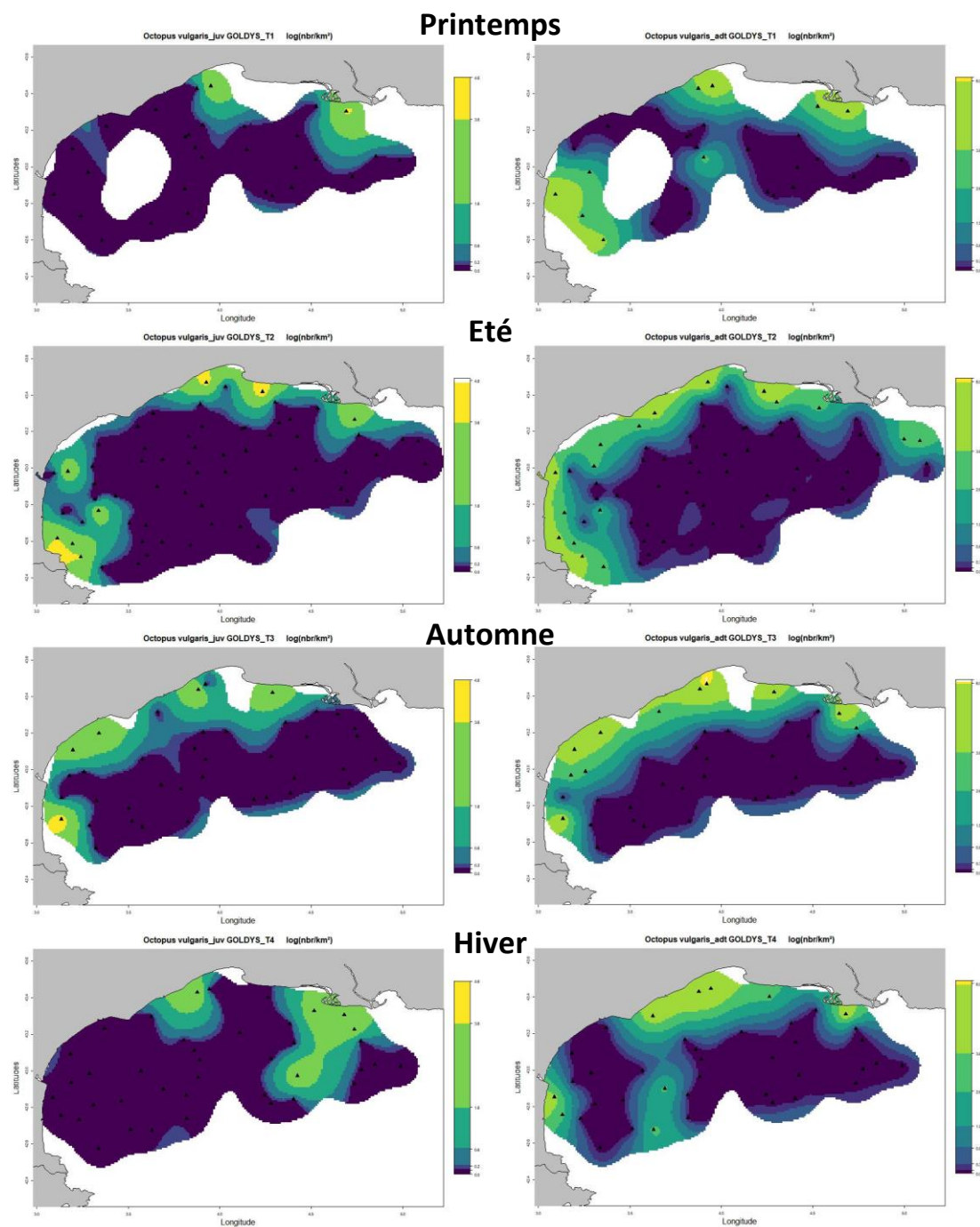


Figure 32. Distribution saisonnière du poulpe de roche, *Octopus vulgaris*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 12 cm (longueur céphalique) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



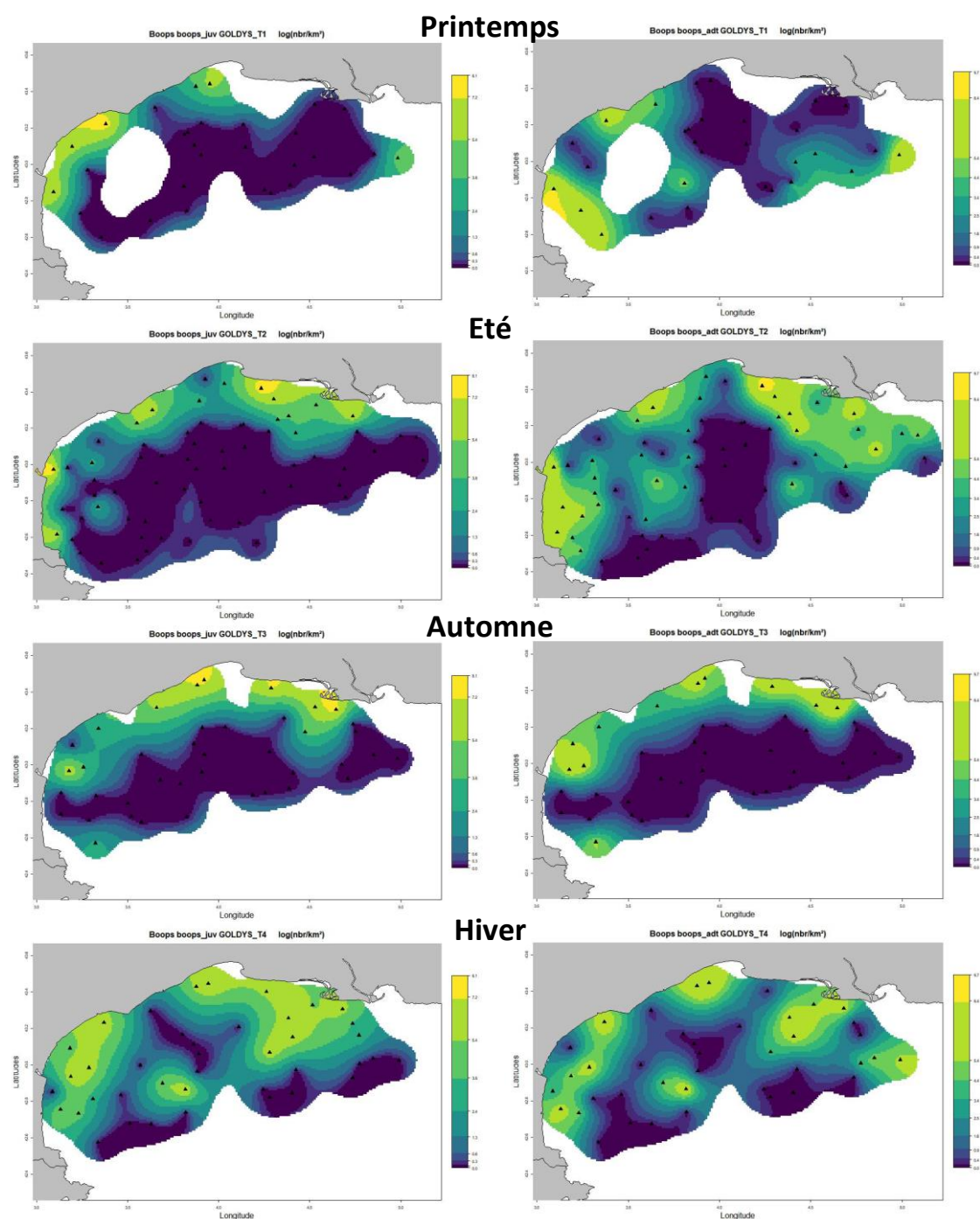


Figure 33. Distribution saisonnière de la bogue, *Boops boops*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 15,3 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

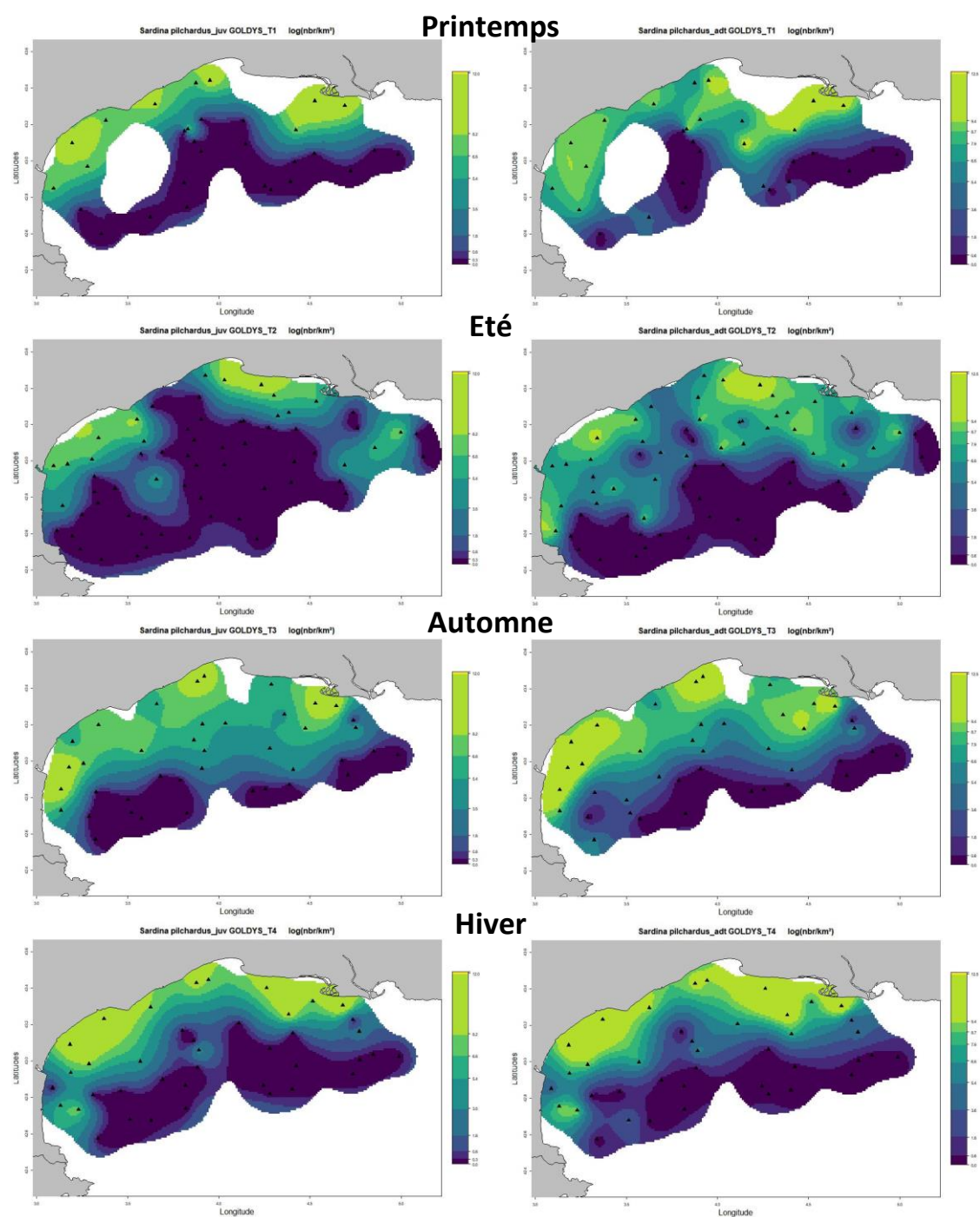


Figure 34. Distribution saisonnière de la sardine, *Sardina pilchardus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 10,5 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

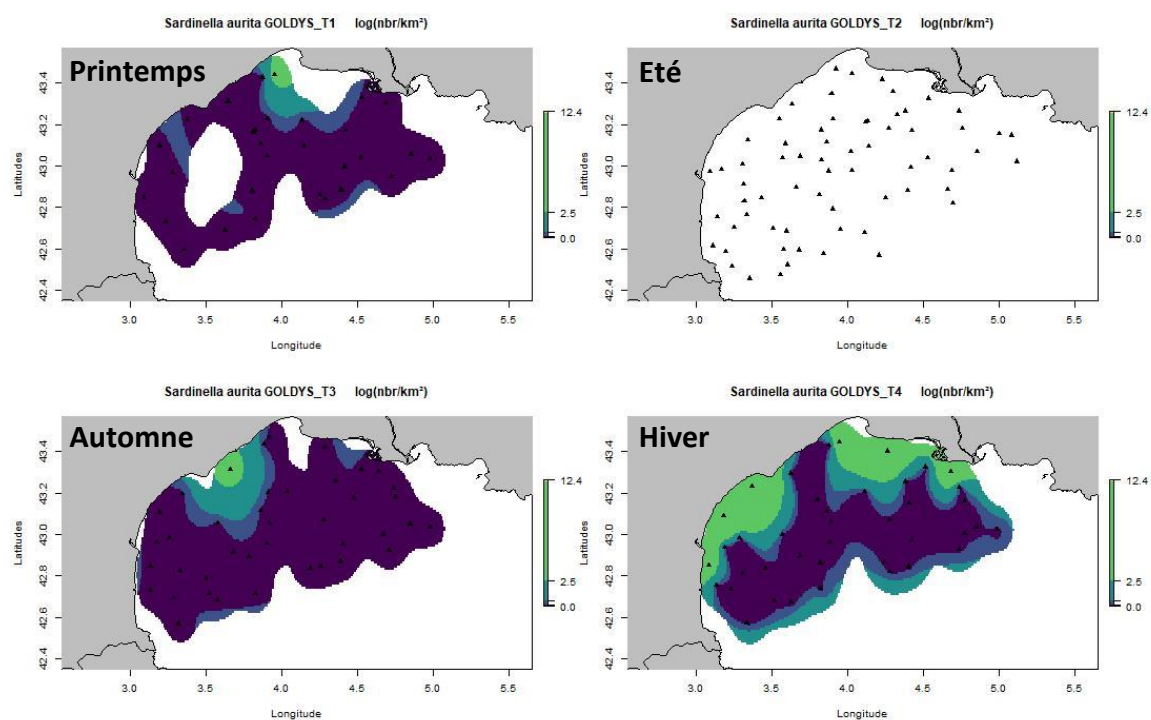


Figure 35. Distribution saisonnière de la sardinelle, *Sardinella aurita*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .

### 3.4.2.2 Distribution des espèces du plateau

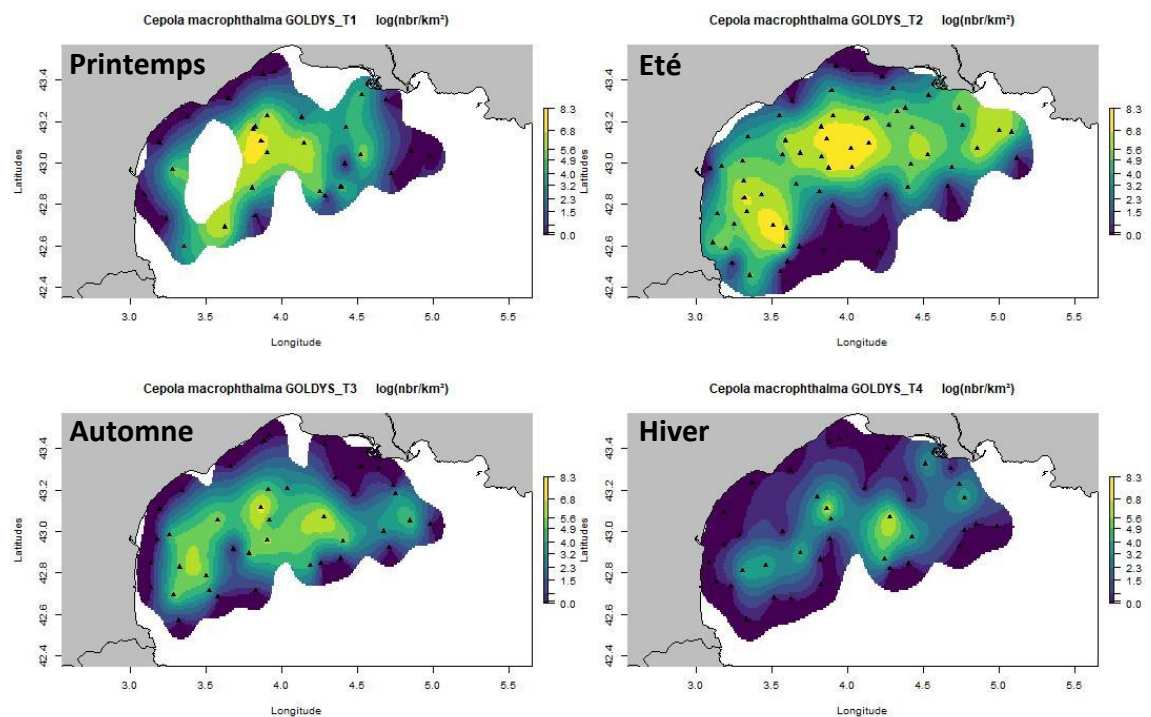


Figure 36. Distribution saisonnière de la Cépole, *Cepola macrophthalma*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .



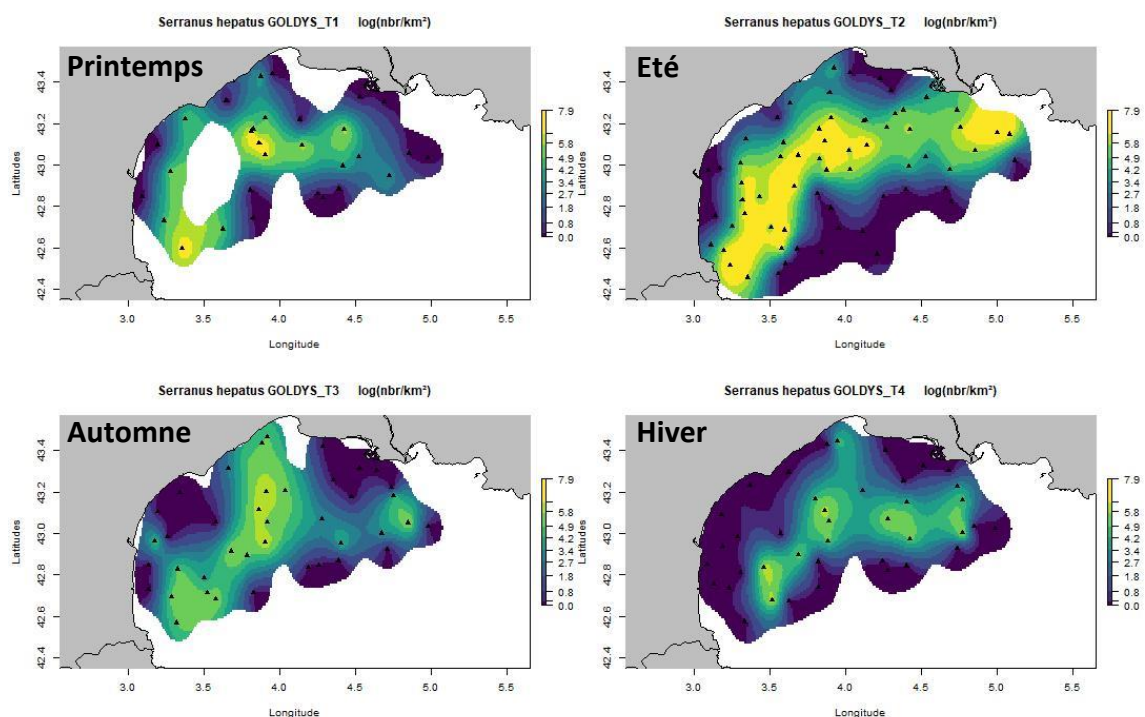


Figure 37. Distribution saisonnière du Serran tambour, *Serranus hepatus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .

### 3.4.2.3 Distribution des espèces du large

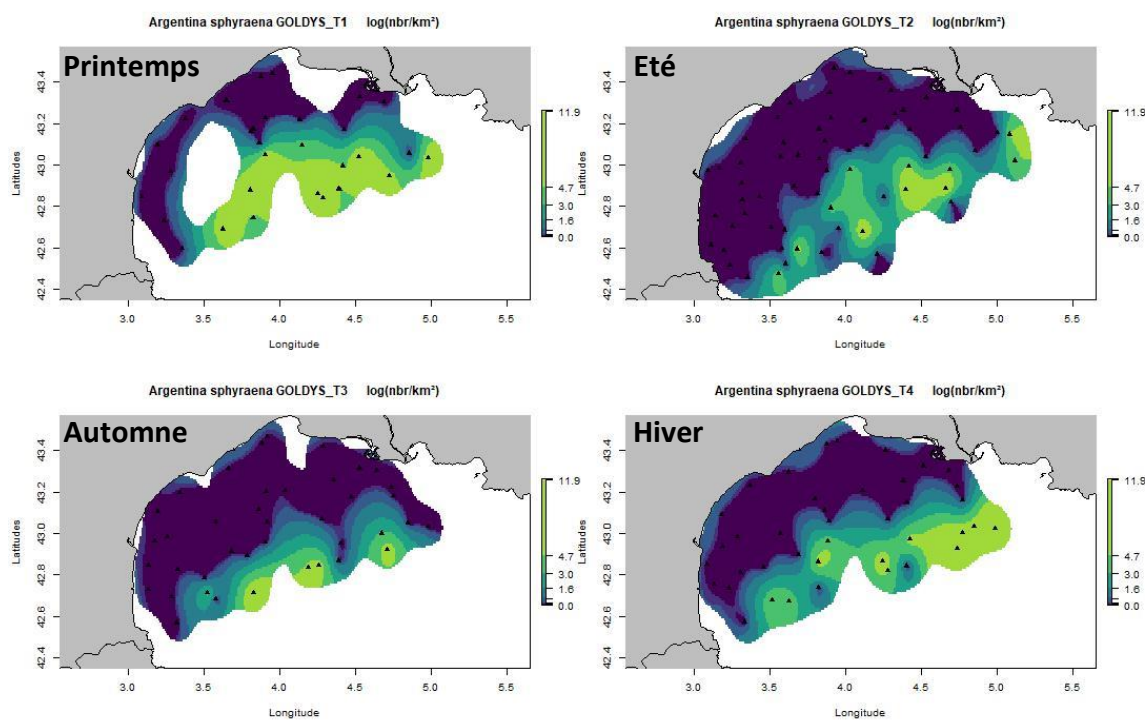


Figure 38. Distribution saisonnière de la petite argentine, *Argentina sphyraena*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .

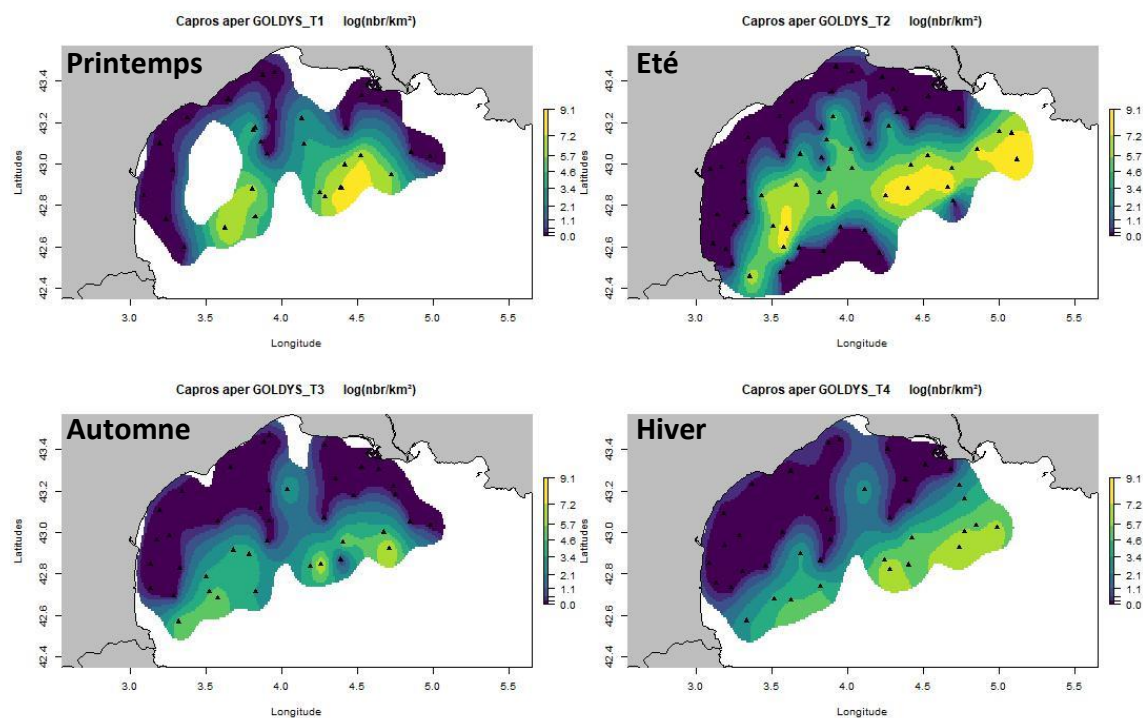


Figure 39. Distribution saisonnière du Sanglier, *Capros aper*, en log(nbr/km<sup>2</sup>).

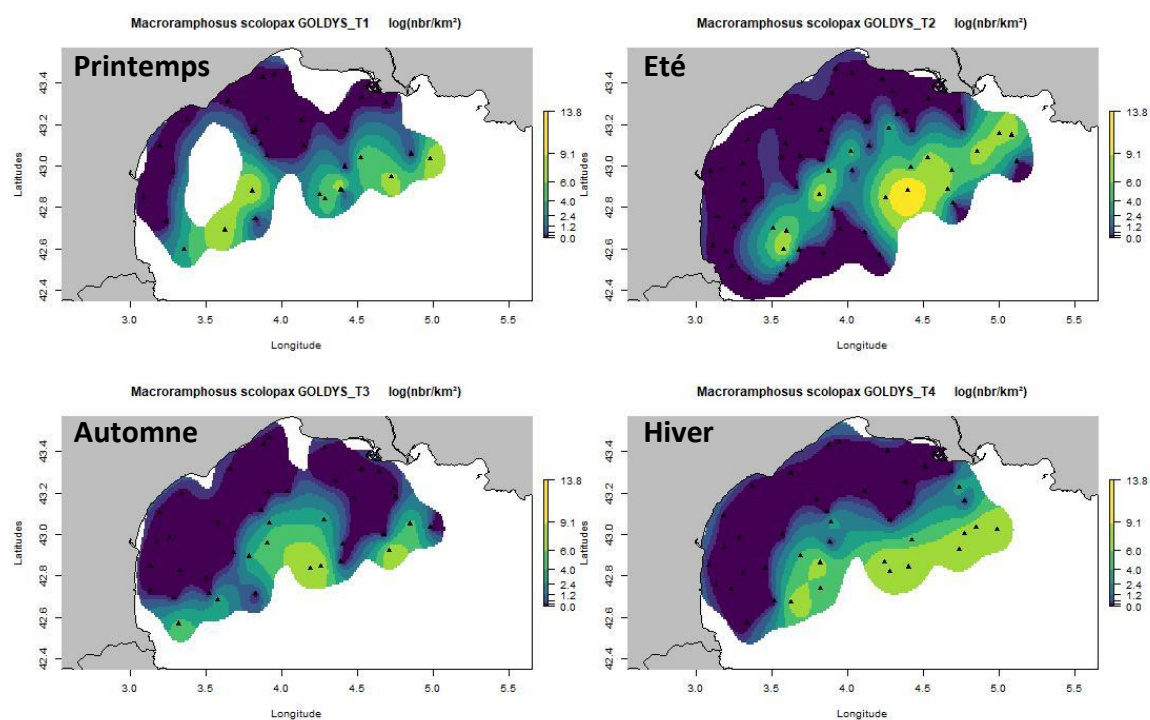


Figure 40. Distribution saisonnière de la Bécasse de mer, *Macroramphosus scolopax*, en log(nbr/km<sup>2</sup>).



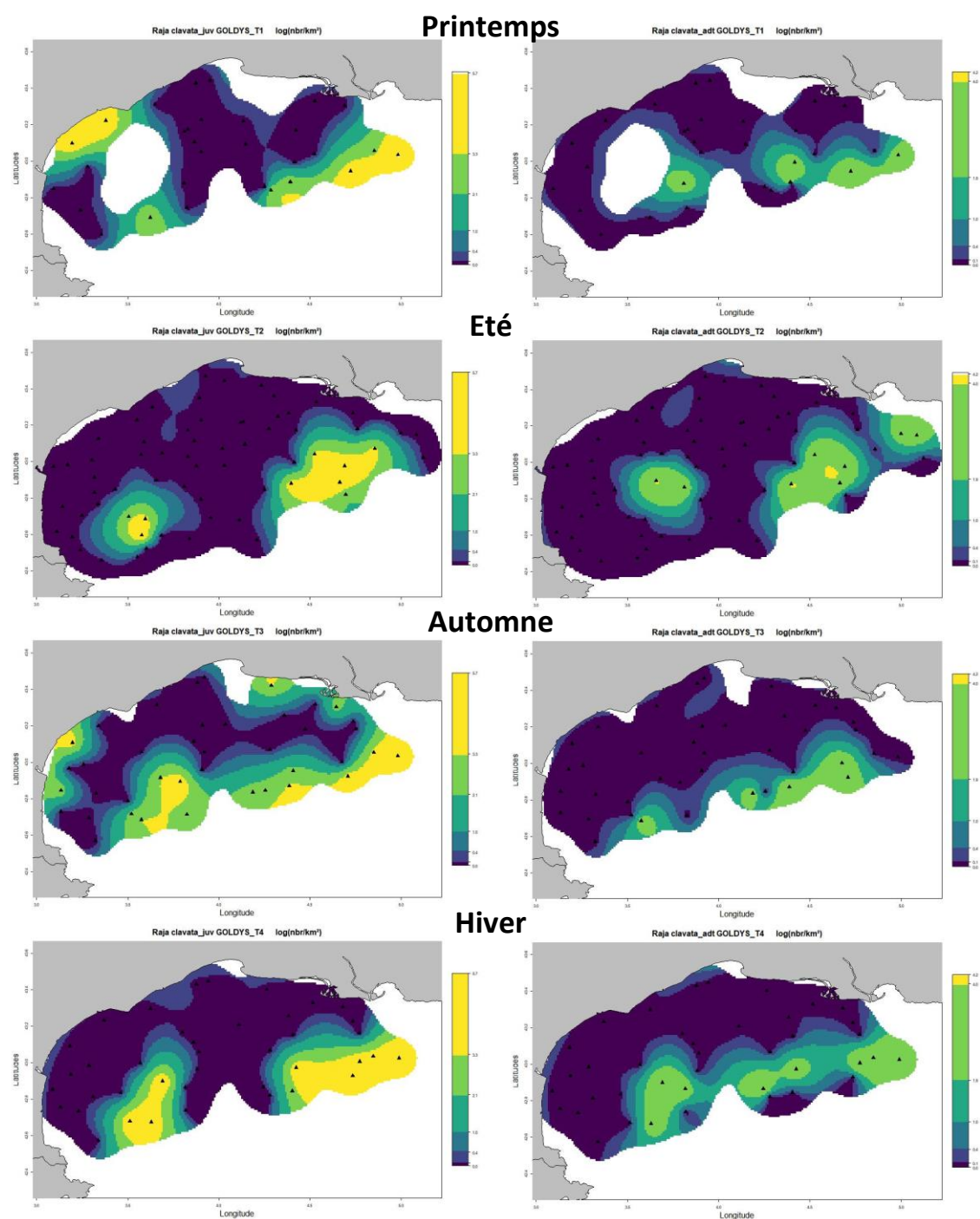


Figure 41. Distribution saisonnière de la raie bouclée, *Raja clavata*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 63.3 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

### 3.4.2.4 Distribution des espèces dominantes complémentaires

#### 3.4.2.4.1 Espèces de petits pélagiques

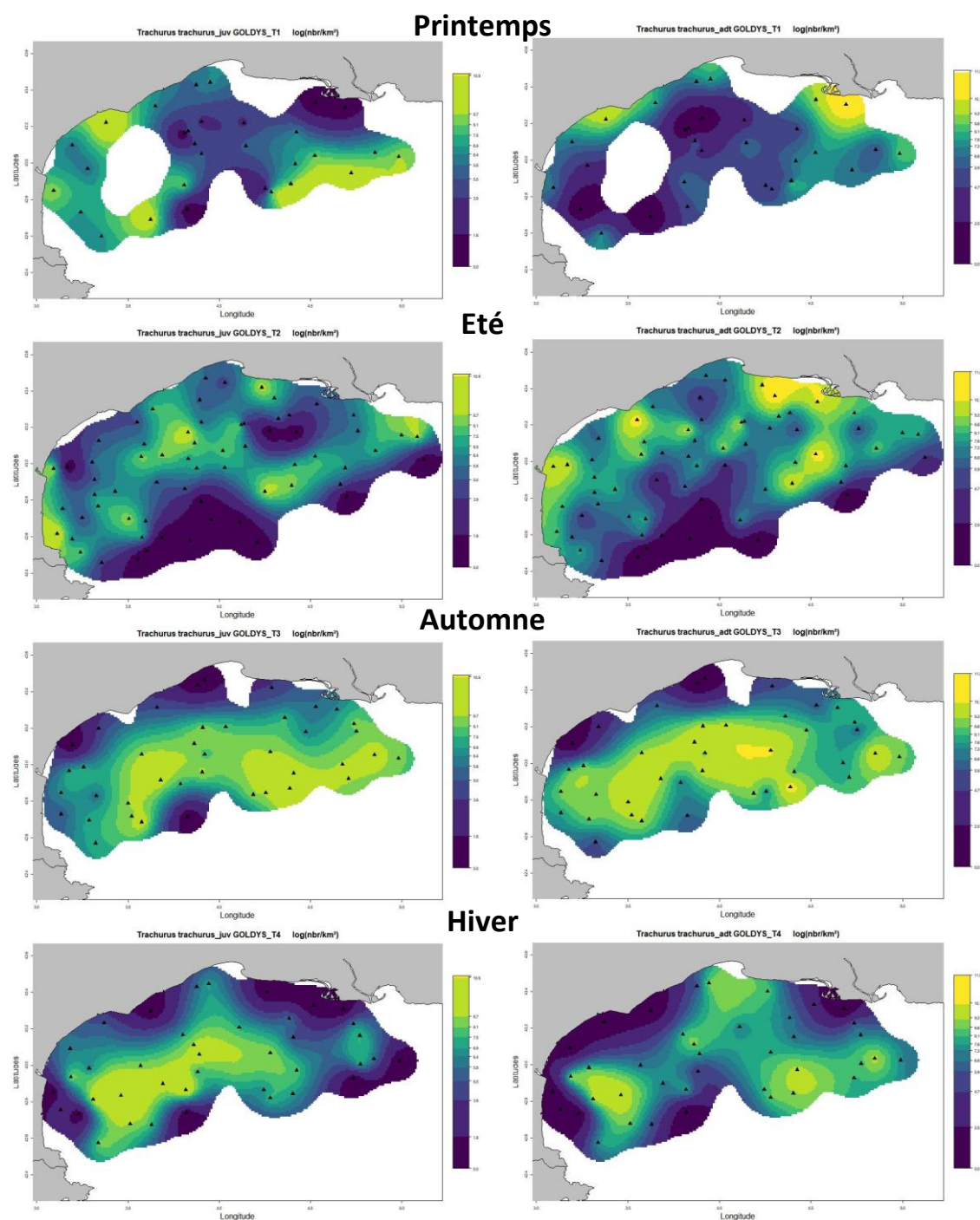


Figure 42. Distribution saisonnière du chinchard commun, *Trachurus trachurus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 16.7 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

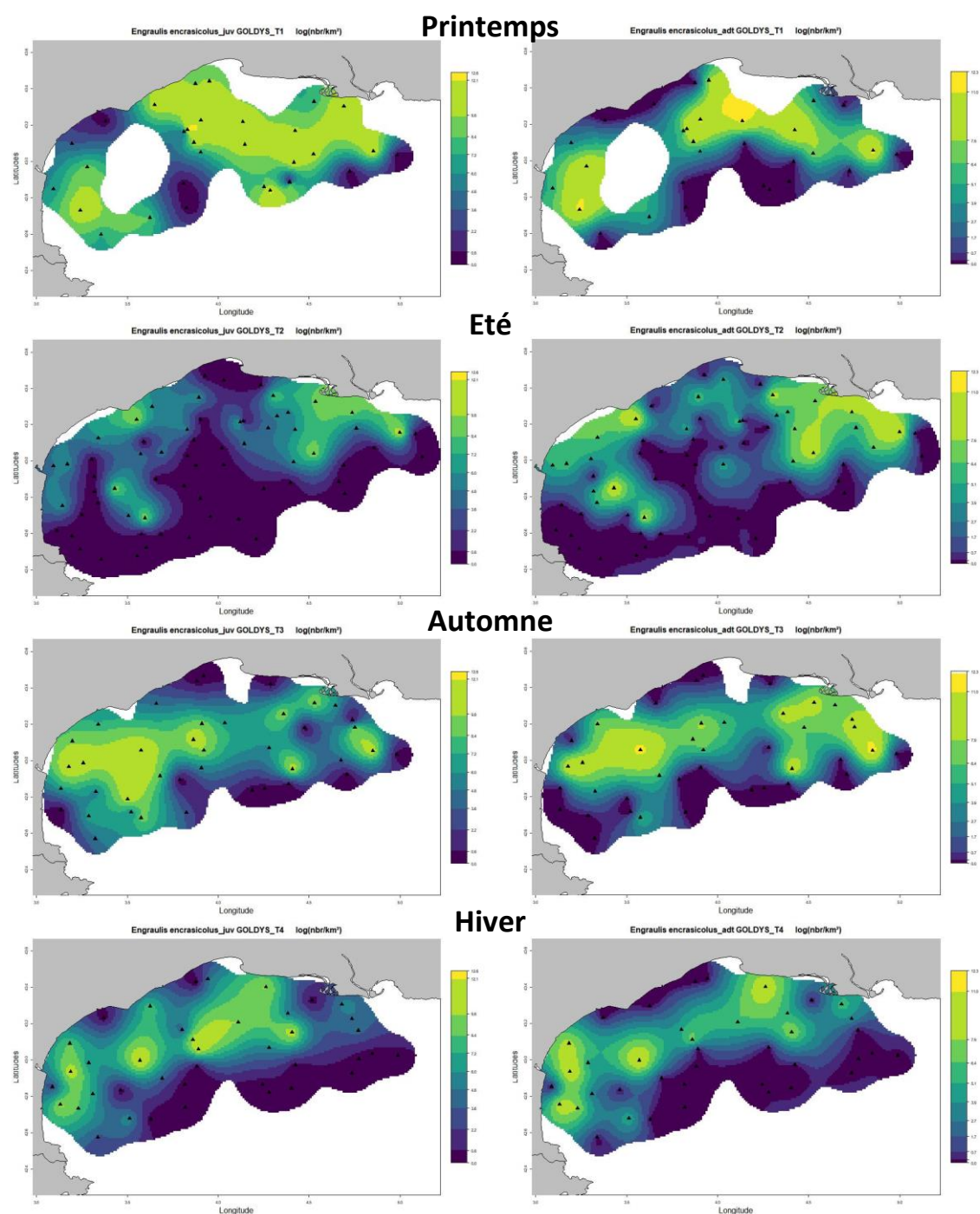


Figure 43. Distribution saisonnière de l’anchois européen, *Engraulis encrasicolus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 8.57 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



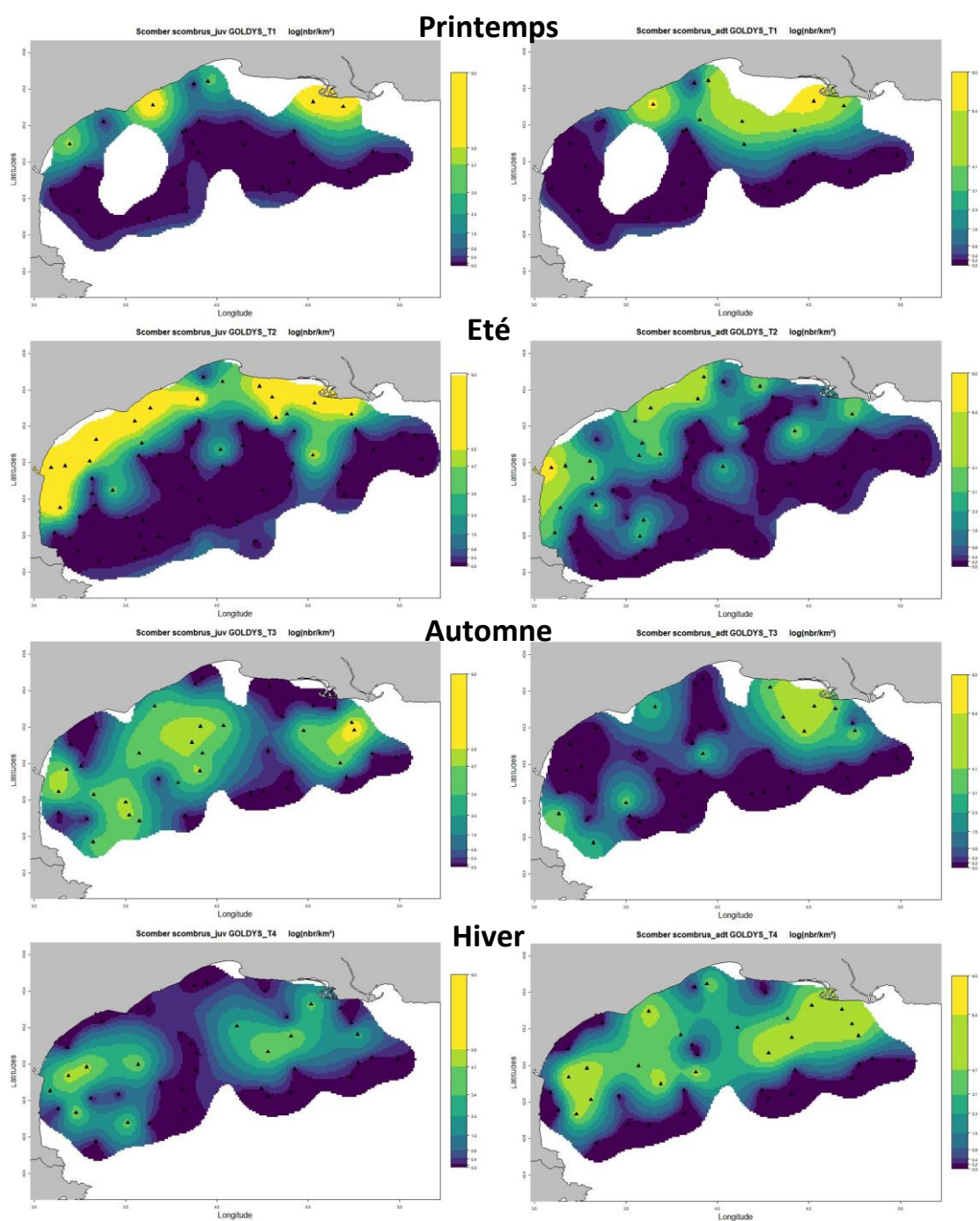


Figure 44. Distribution saisonnière du maquereau commun, *Scomber scombrus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 25.3 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

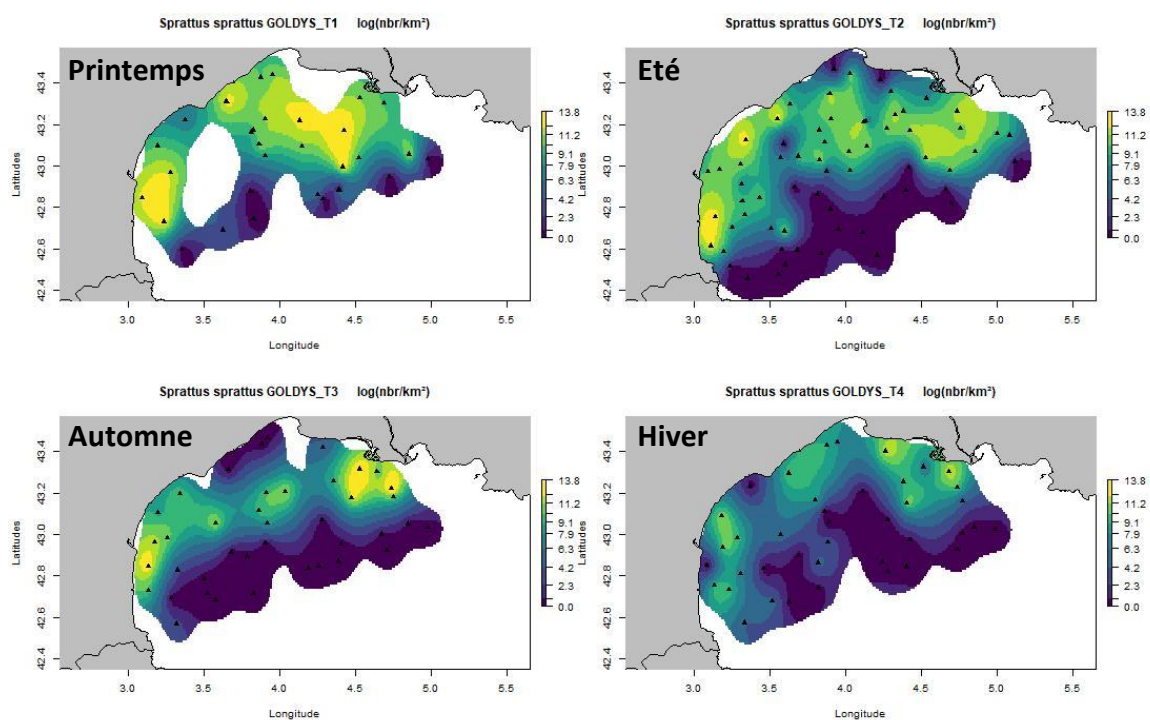


Figure 45. Distribution saisonnière du sprat, *Sprattus sprattus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .



### 3.4.2.4.2 Espèces démersales

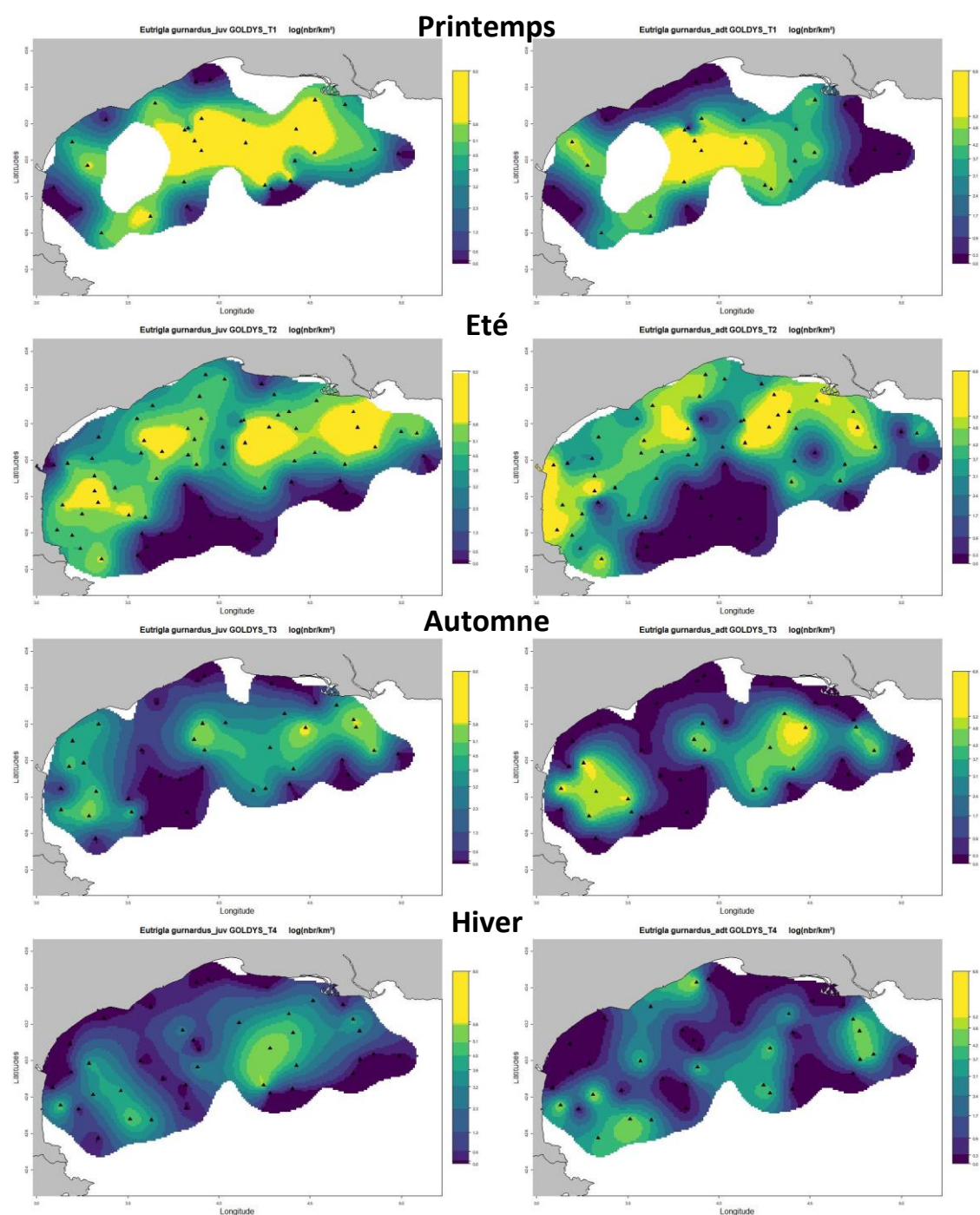


Figure 46. Distribution saisonnière du grondin gris, *Eutrigla gurnardus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 16 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

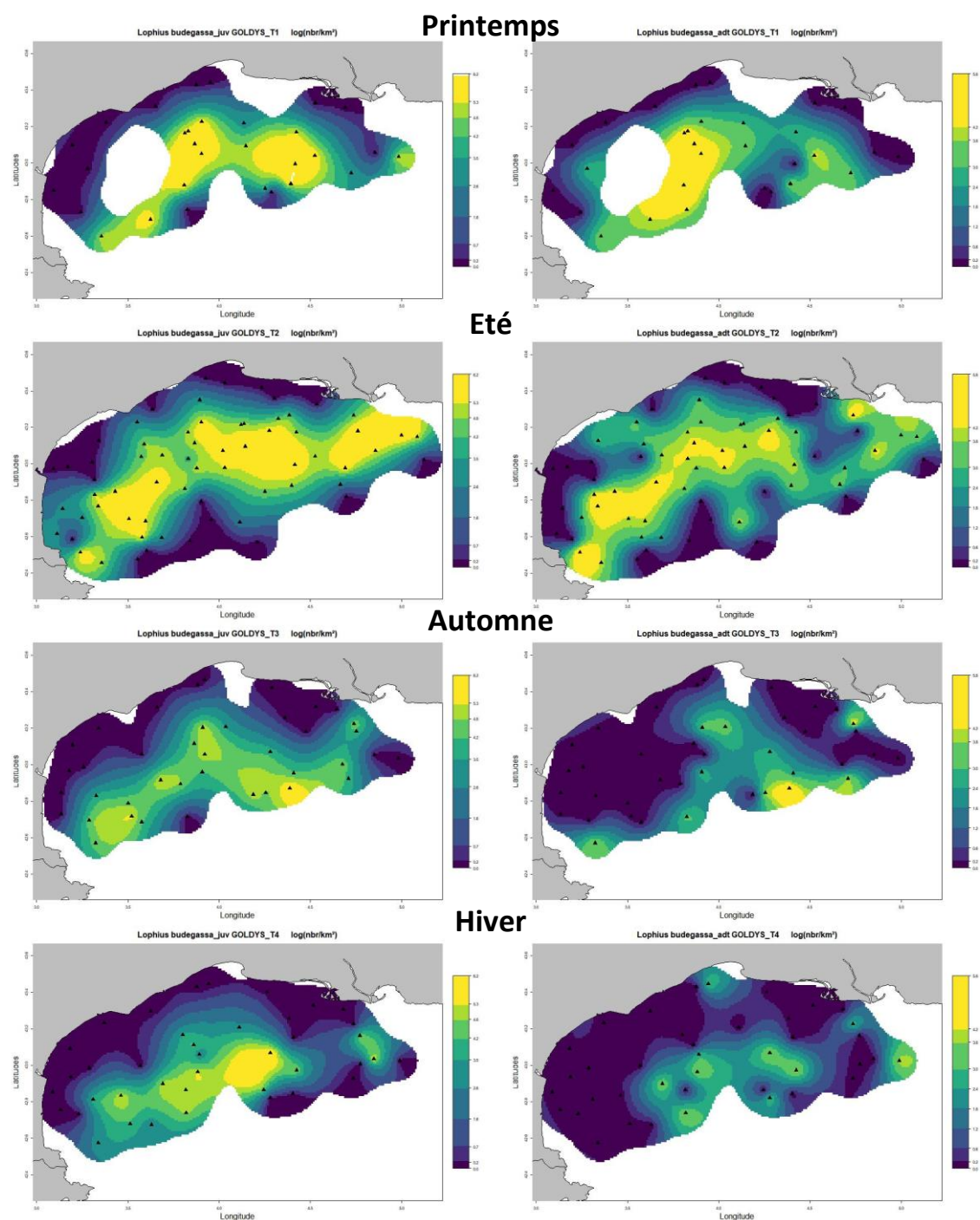


Figure 47. Distribution saisonnière de la baudroie rousse, *Lophius budegassa*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 29.7 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

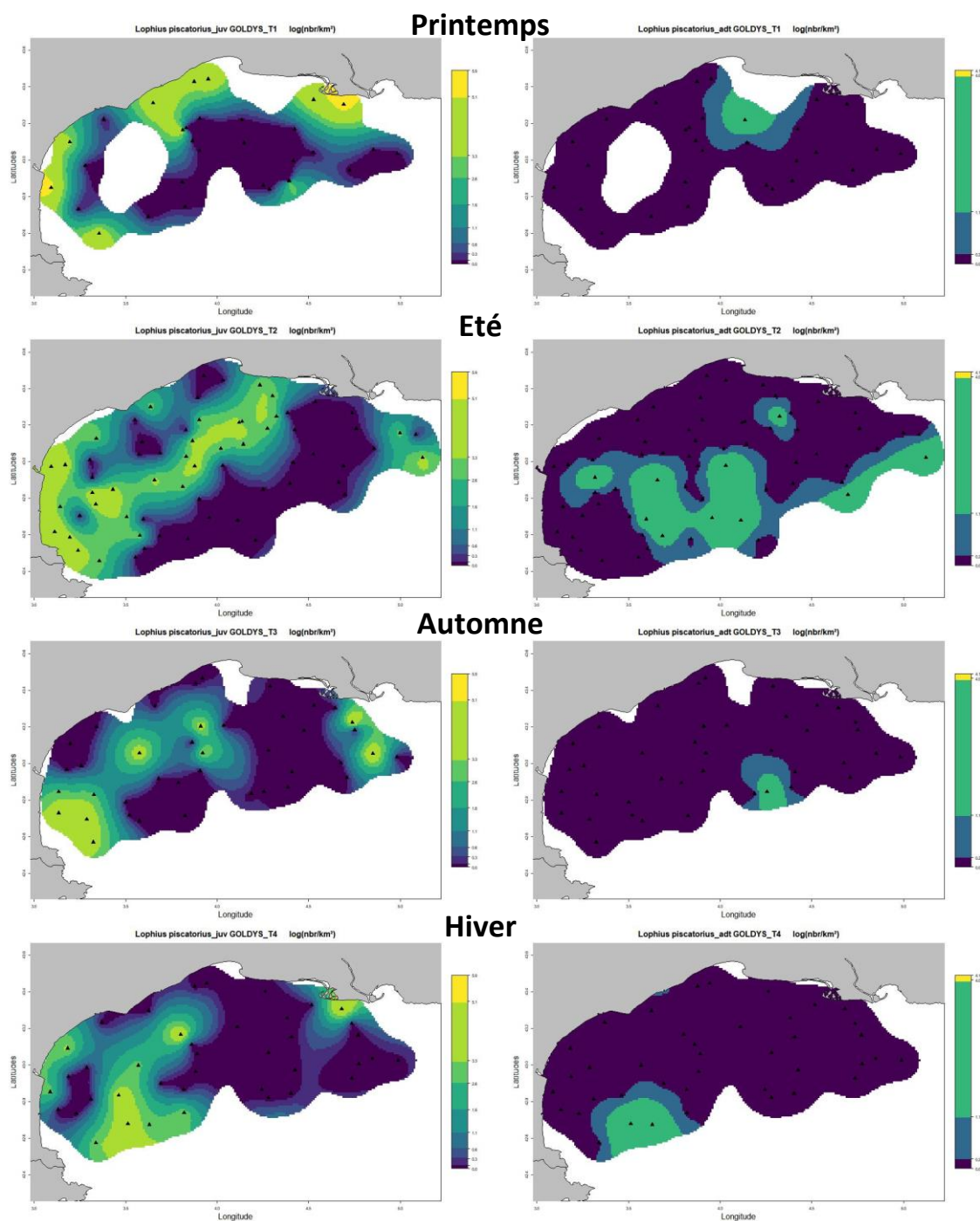


Figure 48. Distribution saisonnière de la baudroie blanche, *Lophius piscatorius*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 42.2 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



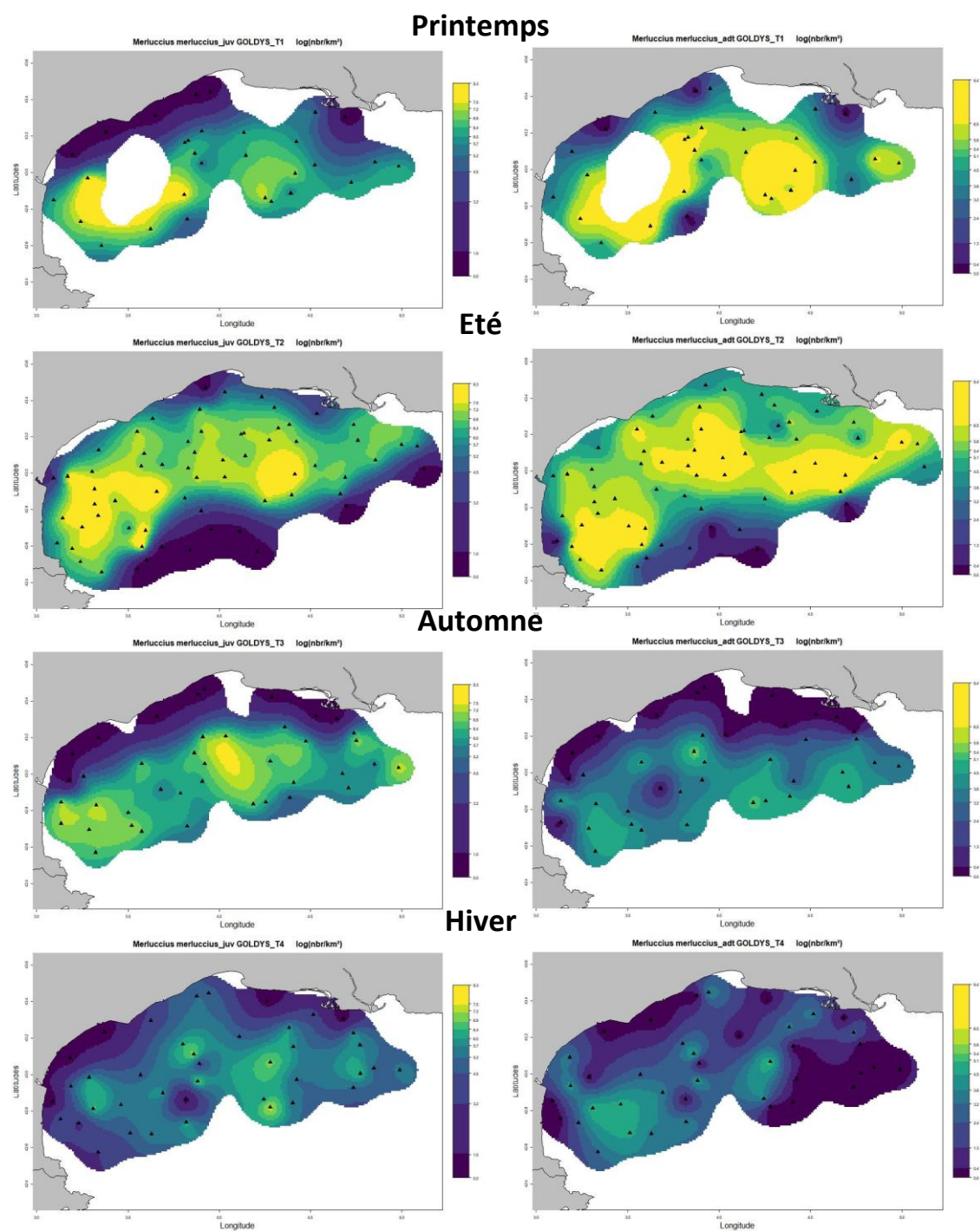


Figure 49. Distribution saisonnière du merlu, *Merluccius merluccius*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 30 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

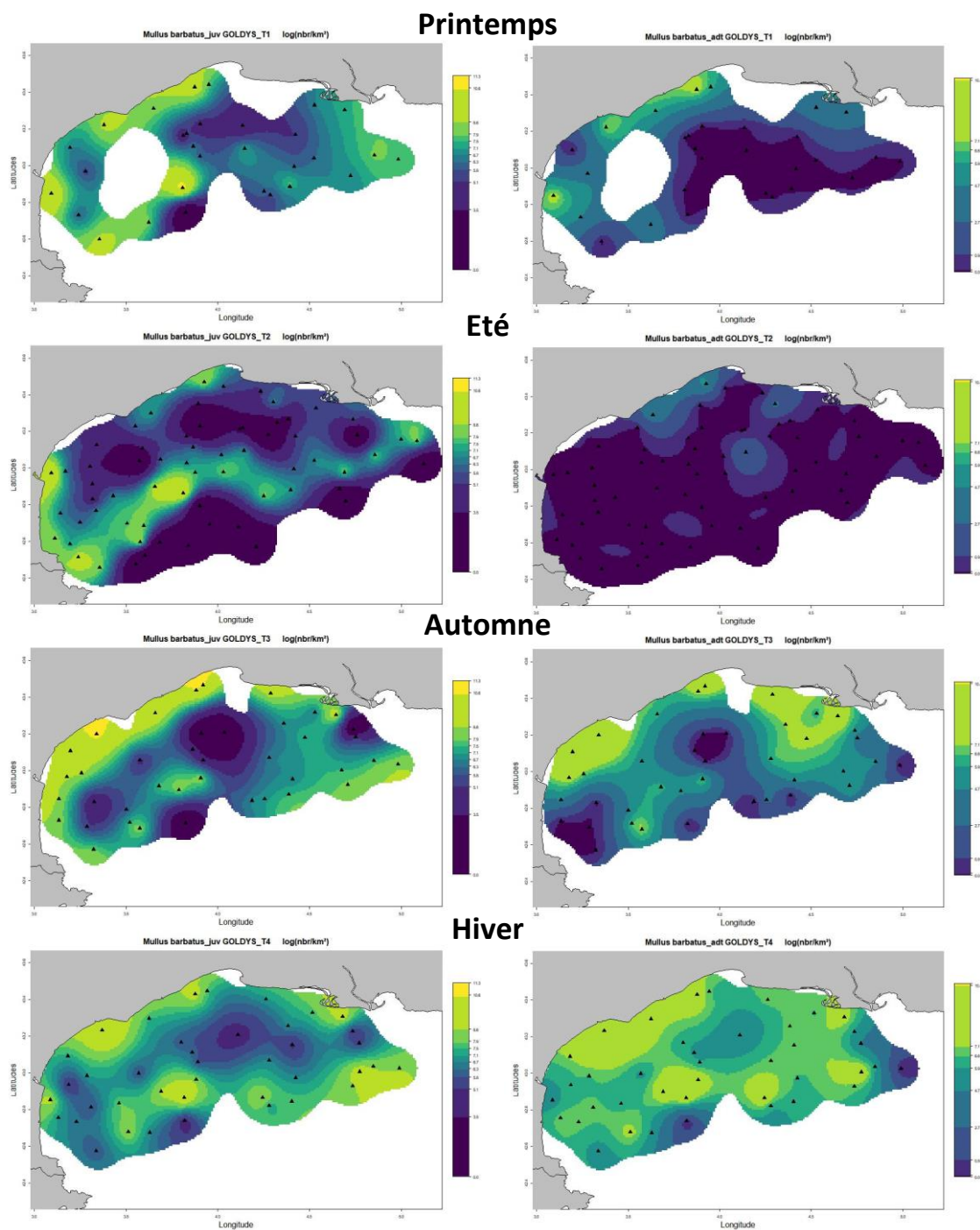


Figure 50. Distribution saisonnière du rouget barbet de vase, *Mullus barbatus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 8 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



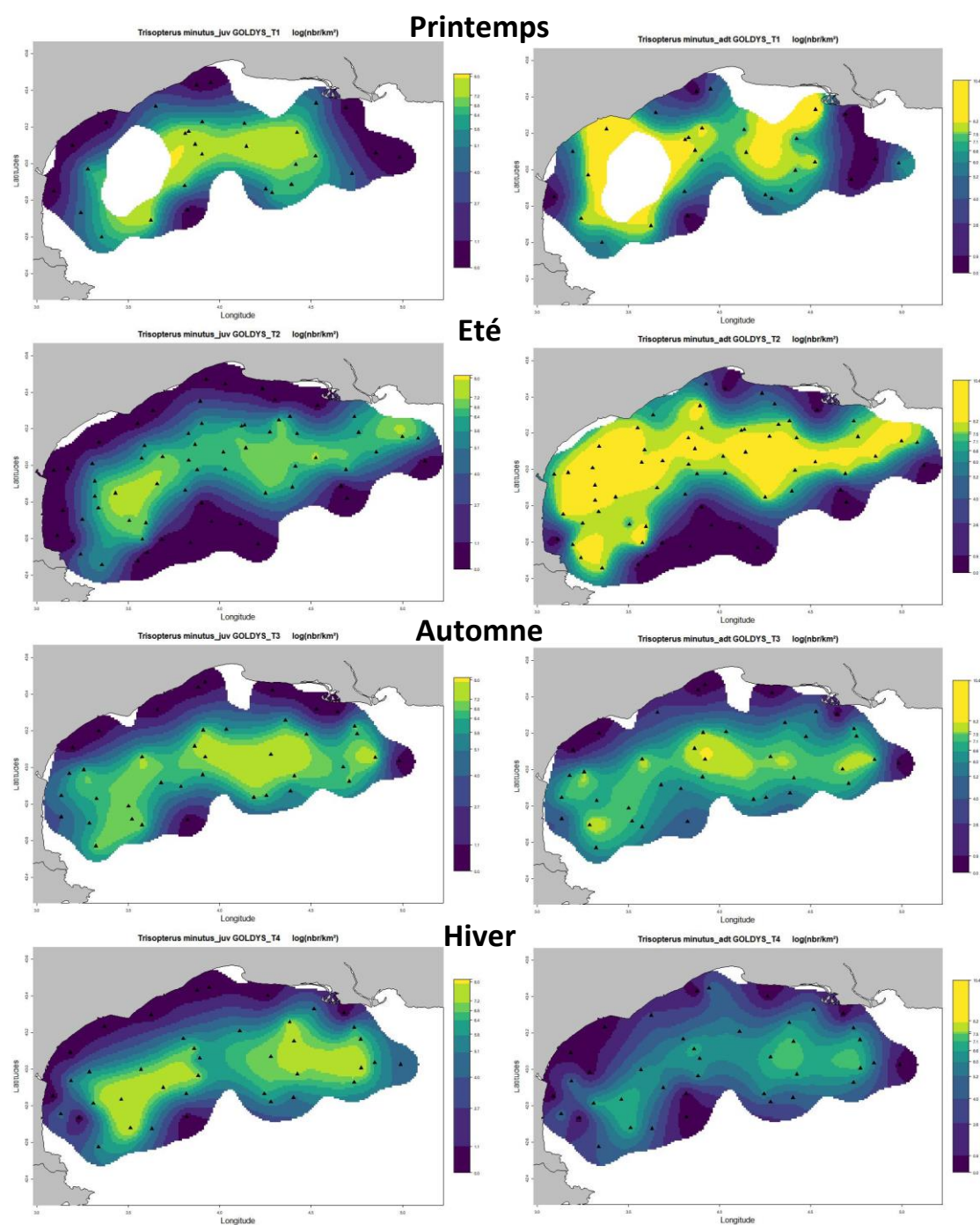


Figure 51. Distribution saisonnière du capelan, *Trisopterus minutus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 14.7 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

### 3.4.2.4.3 Céphalopodes

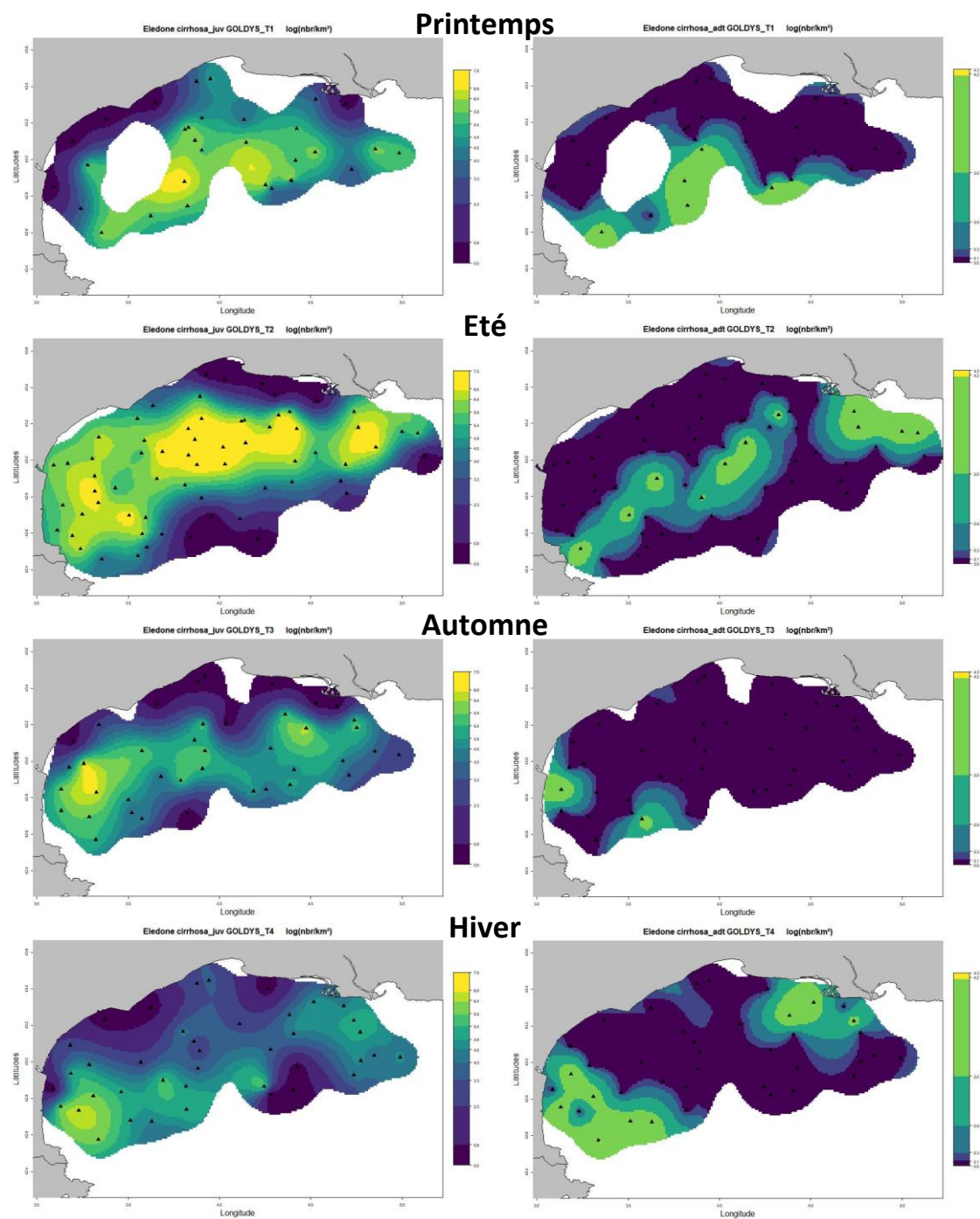


Figure 52. Distribution saisonnière de l'élédone blanche, *Eledone cirrhosa*, en log(nbr/km<sup>2</sup>). Les individus de moins de 9 cm (longueur du manteau) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

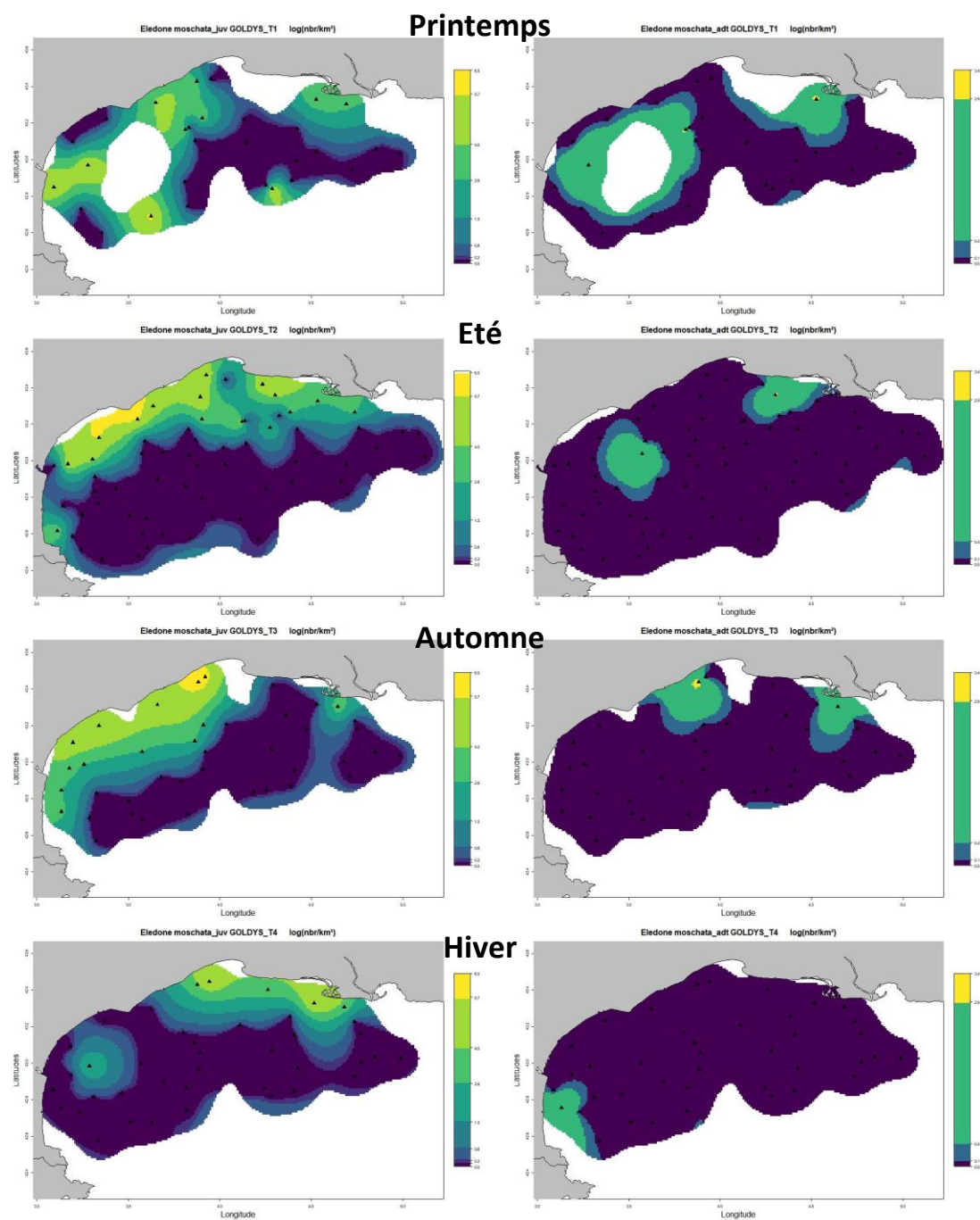


Figure 53. Distribution saisonnière de l'élédone musquée, *Eledone moschata*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 9 cm (longueur du manteau) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



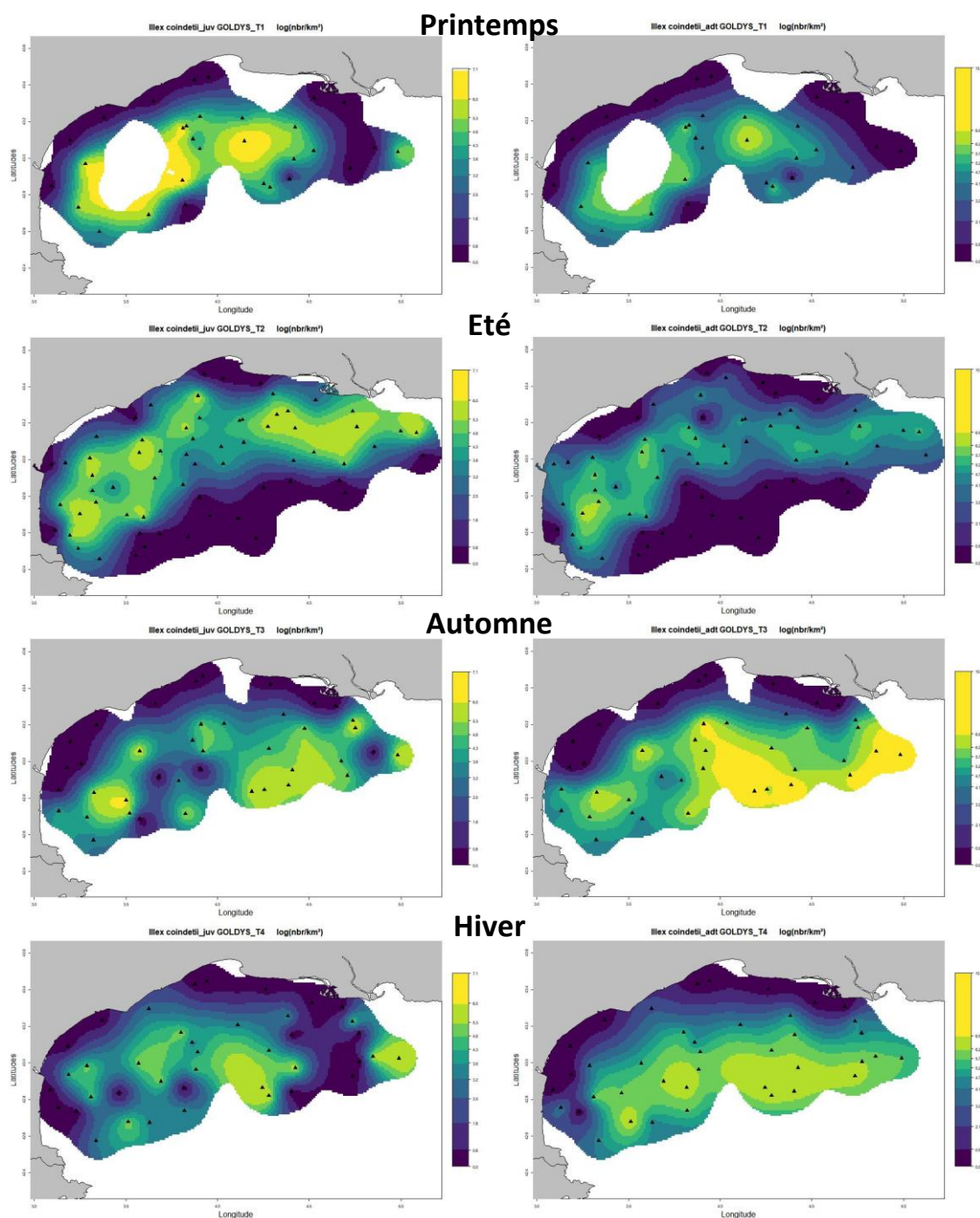


Figure 54. Distribution saisonnière de l'encornet rouge, *Illex coindetii*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 15 cm (longueur du manteau) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



## 4 Discussion

La réalisation des campagnes GOLDYS a permis de démontrer qu'il était possible de mettre en œuvre des campagnes de chalutage scientifique standardisé en utilisant des navires professionnels. Cependant, l'effort d'observation était moindre que celui déployé pendant la campagne MEDITS et la zone la plus profonde n'a pas pu être explorée, les temps de transit étant très importants jusqu'à cette zone. De plus, malgré l'application d'un protocole de mise en œuvre très détaillé, il n'a pas toujours été possible de maintenir les vitesses de chalutage qui étaient généralement supérieures en automne et en hiver à celles préconisées dans le protocole MEDITS. Les conditions météorologiques, plus compliquées lors de ces saisons, expliquent en partie que des vitesses plus importantes ont dû être maintenues pour conserver l'ouverture verticale du filet et ne pas risquer un affaissement face à un train de houle. Ainsi les différences dans les mises en œuvre d'une saison à l'autre affectaient non seulement les surfaces balayées mais aussi les ouvertures verticales et probablement également l'intensité du contact du chalut sur le fond (Lucchetti et Sala, 2012). Ces deux paramètres ont des conséquences directes sur la capturabilité des espèces. Dans le cas de la faune benthique, la capturabilité diminue si le chalut n'est plus aussi posé sur le fond et la représentativité et diversité de ce compartiment peut être moindre. Ici, les rendements et la diversité des invertébrés benthiques étaient moindres en automne et en hiver et on ne peut exclure que cela soit en partie dû aux différences de mises en œuvre. Au contraire, si la vitesse et/ou l'ouverture verticale augmente, alors la capturabilité des espèces pélagiques augmente et elles peuvent être plus dominantes encore dans l'assemblage final.

L'analyse de la structure et de la répartition des invertébrés benthiques a démontré qu'il y avait généralement une plus grande densité d'individus avec une dominance plus marquée au large ainsi qu'un étagement bathymétrique clair des sous-communautés. La composition de ces sous-communautés était assez stable au cours de l'année avec des espèces indicatrices souvent communes à plusieurs saisons. Ce schéma de répartitions, ainsi que plusieurs espèces indicatrices sont cohérents avec la synthèse de l'UNEP-MAP-RAC/SPA (2013) qui décrivait le plateau et la pente du golfe du Lion comme une zone hautement productive présentant une mosaïque d'habitats de faune de fonds meubles et durs et listait 14 biocénoses différentes. Les descriptions antérieures de ces biocénoses benthiques (décrites généralement comme des faciès où certaines espèces sont prédominantes) aussi bien dans le domaine côtier ou la partie côtière du plateau (Bonifacio, 2015, Labruno et al. 2007 et 2008) que dans le domaine plus profond (Pedel et Fabri, 2011, Laborel et al., 1961) différaient cependant de nos résultats. Dans la zone plus côtière (10-50m), les biocénoses décrites étaient basées essentiellement sur l'étude de l'endofaune benthique (enfouie dans les sédiments) et proposaient une classification basée à la fois sur la nature du sédiment et la bathymétrie : sables fins littoraux (10-20m), vases sableuses littorales (30m) et vases terrigènes côtière (40-50m). Probablement du fait de l'échelle de l'étude, nous ne retrouvons pas ici ce niveau de différenciation, ni ce lien fort à la nature du sédiment et l'ensemble de ces communautés sont regroupées dans la présente étude dans une seule communauté épi-benthique côtière. Cependant la stabilité de la répartition et de la composition de ces communautés avait déjà été soulignée en comparant des observations distantes de plusieurs décennies recueillies sur cette zone (Bonifacio, 2015). En zone plus profonde, l'accessibilité étant plus difficile, jusqu'à présent des moyens d'observations visuelles de la méga-épifaune ont généralement été déployés sur des zones plus restreintes, de façon à décrire des faciès particuliers, comprenant des espèces sensibles indicatrices d'écosystèmes marins vulnérables

(Pedel et Fabri, 2011, Laborel et al., 1961). Ainsi, ces études antérieures ont bien décrit les biocénoses détritiques du large où les échinodermes (dont les comatules) dominent avec des espèces indicatrices similaires à celles obtenues dans la présente étude. Cette biocénose du large semble donc assez stable en composition ainsi que la répartition de la biocénose de vase profonde accueillant notamment le corail bambou (*Isidella elongata*). Cette dernière n'a été observée que pendant l'été dans la présente étude du fait de l'extension spatiale plus limitée de la zone d'étude pendant les autres saisons.

Les résultats obtenus ici soulignent également une certaine stabilité intra-annuelle du schéma général de distribution avec cependant des variations saisonnières dans la délimitation entre les biocénoses. Ainsi, les limites entre les différents étages n'étaient pas fixes et semblaient fluctuer d'une saison à l'autre, en particulier à l'ouest. Des facteurs endogènes à chaque population, en rapport avec leur cycle de vie et leur saisonnalité de recrutement pourraient expliquer ces variations et l'écologie et la phénologie des différentes espèces n'est pas assez connue pour explorer cet effet. Cependant, dans la partie ouest du Golfe du Lion, la proximité de la côte rocheuse et des zones profondes, avec une hétérogénéité des habitats plus marquée qu'ailleurs, suggérant ainsi des causes exogènes probables, pourrait en partie expliquer ces résultats. Bonifacio (2015) avait également démontré l'influence du Rhône et d'oscillations climatiques à large échelle, en particulier en hiver, sur les communautés benthiques du Golfe du Lion. Il est probable que l'influence de ces facteurs, dont les périodes de crues ou d'étiages soit indirecte sur les communautés benthiques. Ainsi, Jacob, Salvado et al. (2023) ont observé sur la même période que la présente étude des variations similaires au niveau spatial et saisonnier dans les différentes composantes de la productivité primaire et secondaire de la zone qui pourraient influencer la disponibilité en nourriture. La productivité plus restreinte de la zone du plateau relativement à la zone côtière et du large, pourrait en partie expliquer la différenciation entre les zones. Jac et al., 2022 avaient d'ailleurs démontré que les facteurs affectant le potentiel de croissance des assemblages benthiques étaient plus contraignants en Méditerranée qu'ailleurs, probablement du fait de son oligotrophie.

Enfin, l'impact de la pêche chalutière de fond sur ces assemblages n'est pas non plus à exclure, ceux-ci étant considérés en assez mauvais état écologique au regard de cette pression (Jac et al. 2020). Une étude antérieure (Maurin, 1962), utilisa également un chalut de fond et une drague pour caractériser les assemblages benthiques du Golfe du Lion. A cette époque, le chalutage professionnel était moins développé et n'atteignait pas encore le talus continental. La zonation des biocénoses obtenue lors de cette étude confirme d'ailleurs la présence à cette époque des faciès également identifiés ici, y compris de zones plus pauvres et moins productives sur le plateau. Cependant, certains faciès et les espèces indicatrices citées à l'époque semblent avoir disparu. Ainsi les fonds à ophiures, considérés comme problématiques pour le chalutage du fond, ou les fonds riches en mollusques, cnidaires et éponges à l'est du cap d'Agde semblent avoir disparu des zones côtières et avoir été remplacés aujourd'hui par une communauté continue et homogène appauvrie.

La distribution des assemblages de poissons et céphalopodes observée ici semblait indiquer des zones plus productives et biodiversifiées à la côte et au large, séparées par une zone appauvrie sur le plateau. Ce schéma est d'ailleurs similaire à celui observé pour la faune d'invertébrés benthiques. Les assemblages étaient largement dominés par les espèces de petits pélagiques (sardine, anchois, sprat, chinchards) dont la distribution était généralement assez étendue. Cresson et al. (2020) ont étudié le réseau trophique du Golfe du Lion et ont observé que la

production primaire pélagique était la source d'au moins 80% de la production de biomasse de poisson, expliquant la dominance des espèces pélagiques. La faible productivité du Golfe du Lion, relativement aux autres façades métropolitaines, induirait une biomasse totale et une densité énergétique faibles, ainsi qu'une prédominance des espèces zooplanctonophages. Les rouget barbet de vase, merlu et baudroies formaient les espèces démersales principales avec les élédones et le poulpe. Il y avait peu de changements saisonniers où les mêmes structures et les mêmes espèces dominantes étaient généralement retrouvées. Une différenciation spatiale claire et assez stable au cours de l'année a été mise en évidence avec pour chaque biocénose, un cortège d'espèces typiques clairement identifiable. Ce résultat suggère un fort effet structurant de la bathymétrie et/ou de la distance à la côte et au talus dont on sait qu'ils sont plus productifs dans le golfe du Lion que le centre du plateau (Jacob, Salvado et al., 2023). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Gaertner et al. (2002) qui avaient identifié trois biocénoses distinctes et stables entre 1994 et 1999, correspondant à nos zones côte-plateau, large, et profonde et à leurs cortèges d'espèces. Ils sont également cohérents avec la synthèse de l'UNEP-MAP-RAC/SPA (2013), qui distinguaient sur le plateau trois zones bathymétriques : 60-90m, 90-400m et plus de 400m, avec des espèces indicatrices similaires à celles décrites ici. Ainsi, cette structuration spatiale est particulièrement stable aussi bien en termes interannuels qu'en termes saisonniers. L'importance de facteurs environnementaux telle la température de fond ou la pénétration de la lumière (tous deux liés à la bathymétrie) ou, dans une moindre mesure, la nature du sédiment et de la communauté benthique avait déjà été mis en évidence par le passé (Morfin et al. 2016) pour expliquer la distribution de certaines espèces mais une exploration des liens à la productivité et l'hydrologie reste à mener. Druon et al. (2021) ont lié sur d'autres façades la productivité potentielle halieutique à un indice de productivité océanique dérivé de la concentration de Chlorophylle a en surface. Le schéma de répartition de cet indice dans le Golfe du Lion illustre la plus forte productivité à la côte et à l'est, dans le voisinage du Rhône, que sur le reste du plateau et pourrait également expliquer les différences observées ici.

L'étude des relations taille-poids saisonnières a permis également de démontrer qu'il y avait peu de différences d'une saison à l'autre malgré des échantillons de volume différents ainsi que la perte vraisemblable d'eau lors des saisons printemps, automne et hiver où les individus étaient pesés un à deux jours après la capture. L'absence de variation claire des relations taille-poids saisonnières semblent indiquer que les variations saisonnières de productivité du milieu pélagique (Jacob, Salvado et al. 2023) n'ont pas eu d'effet détectable sur les communautés ichtyques étudiées ici. L'étude de la condition des merlus juvéniles avait démontré que la valeur énergétique de leurs proies, des invertébrés benthiques, avait un impact sur leur condition corporelle, sans pour autant impacter leur croissance (Harmelin-Vivien et al., 2012). Il pourrait être intéressant d'étudier la répartition spatiale et saisonnière de cette condition, pour essayer d'identifier les zones et les périodes les plus favorables pour chaque espèce comme cela a pu être fait avec le rouget barbet de vase le long des côtes Turques (Gücü et al., 2021). Cependant, sur une échelle temporelle plus longue, Bensebaini et al. (2022) ont montré que peu d'espèces démersales avaient vu leur condition changer alors que celle des petits poissons pélagiques s'était dégradée à partir de 2008. Cette dégradation est probablement liée à un changement de régime dans l'écosystème pélagique du Golfe du Lion (GoL) au milieu des années 2000 (Van Beveren et al. 2014, Feuilloley et al., 2020) mais ne semble pas s'être répercutée sur les espèces démersales ou benthopélagiques qui dépendent plus fortement des proies benthiques.

L'analyse des paramètres biologiques individuels suivis à une fréquence saisonnière a permis essentiellement de dériver des indicateurs importants qui pourraient permettre à terme de modéliser la dynamique de population de plus nombreuses espèces, que celles réalisées actuellement. Ainsi, la connaissance de la proportion entre les mâles et les femelles en fonction des taille (sex-ratio), des relations taille-poids, de la taille médiane à première maturité sexuelle (ogive de maturité), en particulier celle des femelles et du calendrier de reproduction sont les prérequis incontournables à une évaluation analytique de stock. Cependant, les individus capturés dans le cadre de GOLDYS atteignaient trop rarement les tailles suffisantes pour couvrir l'ensemble du spectre de taille des populations étudiées et ces données doivent être complétées par d'autres sources, notamment les données de l'ensemble de la série MEDITS, pour établir des sex-ratios et des tailles à première maturités fiables, sur plusieurs années. On constate que pour beaucoup d'espèces démersales, dont le merlu, il y a un déséquilibre dans la répartition des sexes dans les tailles supérieures, les femelles étant généralement dominantes. Des études précédentes sur le merlu avaient fait l'hypothèse que ce déséquilibre à l'âge adulte était lié à la fois à des taux de croissance différents pour les mâles et les femelles, et à un régime alimentaire et une mortalité par pêche également différents, les mâles passant plus de temps sur le plateau (Mellon et al., 2017). Les tailles d'individus plus âgés, parfois manquantes, sont des informations importantes pour renseigner une partie de la population totale pêchée et réaliser des évaluations de stocks. De plus, des connaissances sur la relation taille-âge des espèces sont aussi nécessaires pour des évaluations de stocks. Le temps nécessaire à l'analyse des otolithes permettant de connaître l'âge des poissons est considérable et n'était pas prévu dans ce projet.

L'étude de la répartition spatiale de chaque espèce, en distinguant quand cela était possible les adultes, des juvéniles a révélé que bien souvent, leurs distributions étaient similaires d'une saison à l'autre et ce quel que soit le stade mais qu'il y avait des phénomènes d'extension ou de contraction de cette aire de répartition en fonction des densités observées tout au long de l'année. Morfin et al. (2012) avaient déjà souligné une certaine stabilité temporelle dans la distribution des principales espèces exploitées de la zone sur la période estivale entre 1994 et 2010, notant au passage que les adultes étaient généralement plus concentrés sur leurs zones de répartition que les juvéniles, ce qui se vérifie également ici. Cette apparente contraction de la répartition des adultes avait été interprétée comme résultant de phénomènes de densité dépendance illustrant une occupation sous-saturée des habitats (en dessous de la capacité de portage du milieu) qui pourrait résulter de la surexploitation de la zone par la pêche. Les données produites ici pourraient également permettre de mettre en évidence les zones de nurseries persistantes tout au long de l'année et ainsi renouveler en la détaillant mieux, l'approche proposée par Colloca et al. (2015) pour identifier des zones prioritaires de protection.



## 5 Perspectives et conclusion

Conformément aux objectifs du projet GOLDYS, il a été possible d'obtenir un suivi saisonnier de la ressource en opérant depuis des navires de pêche professionnelle, démontrant ainsi qu'une collaboration sérieuse et fructueuse entre scientifiques et pêcheurs était possible. Ici les objectifs et l'intérêt pour les résultats étaient partagés et les contraintes de mises en œuvre bien comprises par tous les acteurs avec pour résultat des données d'une grande qualité.

Il a ainsi été possible d'évaluer la biodiversité et les successions saisonnières des communautés d'invertébrés benthiques et ichtyologiques observées sur une année complète et à l'échelle de tout le Golfe du Lion, ce qui n'avait encore jamais été réalisé et constitue une avancée importante de la connaissance de ce milieu et des paramètres biologiques d'un grand nombre d'espèces non disponibles jusqu'ici. Cependant, l'analyse des captures réalisée ici est essentiellement descriptive et on n'a pas cherché à expliquer les causes des schémas de répartition observés, en particulier, la pauvreté de la zone centrale du plateau. Ainsi, l'exploration des forçages environnementaux structurants les populations et les communautés benthodémersales, ainsi que de la condition des individus, en liant notamment les résultats des observations du compartiment pélagique (Jacob, Salvado et al., 2023) à ceux présentés ici, doit être envisagée.

L'acquisition de données biologiques individuelles saisonnières pour un plus grand nombre d'espèces que ce qui est classiquement suivi dans le cadre de la politique commune des pêches et de son programme d'acquisition de données a permis d'obtenir des informations sur leurs caractéristiques démographique et biologique locales dans le Golfe du Lion. Cependant bien d'autres étapes sont encore nécessaires pour y parvenir, dont le suivi sur un temps plus long de ces paramètres, l'obtention de clés taille-âge ou de courbes de croissance, la qualité des données de débarquement et la mise à disposition de moyens humains adaptés pour réaliser l'ensemble de ce travail de façon récurrente.

Le suivi de la distribution des principales espèces rencontrées a permis d'obtenir un premier aperçu de leurs dynamiques saisonnières sur un an. Les résultats obtenus ici indiquent que pour beaucoup d'espèces, les distributions sont assez stables sur l'ensemble de l'année et donc, qu'il est probable que les observations estivales obtenues lors de la campagne récurrente MEDITS soient suffisamment représentatives dans un grand nombre de cas. La définition de la taille médiane à première maturité a permis de distinguer plus précisément les juvéniles des adultes et de comparer leur distribution. Cependant pour beaucoup d'espèces, il pourrait être plus pertinent de distinguer au sein des juvéniles les pré-recrues des recrues du fait de leurs différences de mobilité et de mortalité par pêche pour mettre en évidence les zones de nourriceries et d'identifier les zones assurant cette fonction de façon persistante.

Enfin, l'effet local des fermetures saisonnières sur les rendements ou sur les tailles observées devraient être exploré à l'avenir pour permettre notamment de mesurer l'effet local à court terme de ce type de gestion et d'inférer la cinétique de restauration des habitats benthiques. Les données acquises dans le cadre du projet GOLDYS doivent permettre d'explorer si les changements saisonniers de la répartition de l'effort ont un effet détectable à petite échelle.

## 6 Références

Aldebert, Y., Recasens, L., Leonart, J. 1993. Analysis of gear interactions in a hake fishery: The case of the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Sci. Mar.* 57, 207–217.

Badts Vincent, Cornou Anne Sophie (2019). 2019. ALLEGRO CAMPAGNES V5.2 Guide d'utilisation. <https://doi.org/10.13155/71340>

Bănaru Daniela, Frederic Diaz, Philippe Verley, Rose Campbell, Jonathan Navarro, et al., 2019. Implementation of an end-to-end model of the Gulf of Lions ecosystem (NW Mediterranean Sea). I. Parameterization, calibration and evaluation. *Ecological Modelling*, Elsevier, 2019, 401, pp.1-19.10.1016/j.ecolmodel.2019.03.005.hal-2087426

Barrier N, Petrenko AA, Ourmieres Y (2016) Strong intrusions of the Northern Mediterranean Current on the eastern Gulf of Lion: insights from in-situ observations and high resolution numerical modelling. *Ocean Dynamics* 66 : 313-327.

Bensebaini Meriem, Certain Gregoire, Billet Norbert, Jadaud Angelique, Gourguet Sophie, Hattab Tarek, Fromentin Jean-Marc (2022). Interactions between demersal fish body condition and density during the regime shift of the Gulf of Lions . *Ices Journal Of Marine Science* , 79(6), 1765-1776 . <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac106>

Billet, N., Certain G., Bourjea J., Vaz S., 2021 « Evaluation des fermetures spatio-temporelles mises en oeuvre à partir du 1er janvier 2020 pour la pêche au chalut en mer Méditerranée ». DPMA - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, La Défense, Ref. DG 2021-1001 - Saisine n° 21-17059 du 24 juin 2021, (2021): 1-26.  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00740/85189/>

Biseau, Alain. « Diagnostic 2022 sur les ressources halieutiques débarquées par la pêche française hexagonale ». Ifremer, Ref. RBE/ederu/RS/2023.1, (2023): 44.  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00819/93085/>

Bitetto Isabella, Romagnoni Giovanni, Adamidou Angeliki, Certain Gregoire, Di Lorenzo Manfredi, Donnalioia Marilena, Lembo Giuseppe, Maiorano Porzia, Milisenda Giacomo, Musumeci Claudia, Ordines Francesc, Pesci Paola, Peristeraki Panagiota, Pesic Ana, Sartor Paolo, Spedicato Maria Teresa, 2019. Modelling spatio-temporal patterns of fish community size structure across the northern Mediterranean Sea: an analysis combining MEDITS survey data with environmental and anthropogenic drivers . *Scientia Marina* , 83(S1), 141-151.  
<https://doi.org/10.3989/scimar.05015.06A>

Bonifacio, P., 2015. Etude de l'état actuel et des variations temporelles de la composition de la macrofaune benthique des substrats meubles du Golfe du Lion, Méditerranée Occidentale. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux , <https://www.theses.fr/2015BORD0051>.

Borcard, Daniel, Francois Gillet, et Pierre Legendre. « Numerical Ecology with R ». New York, NY: Springer New York (2011): <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>.

Bourdeix Jean-Hervé, Hattab Tarek (1985) PELMED - PELAGIQUES MEDITERRANÉE,  
<https://doi.org/10.18142/19>

Calinski, T., et J. Harabasz. « A Dendrite Method for Cluster Analysis ». *Communications in Statistics - Theory and Methods* 3, no 1 (1974): 1-27.  
<https://doi.org/10.1080/03610927408827101>.

Certain, G., Quedeville, V., Billet, N., Jadaud, A., Tessier, E., 2022. Comment étendre les évaluations de Stock en Méditerranée. Rapport Final - Projet « Data Poor » - 2022, Ifremer.

Colloca F, Garofalo G, Bitetto I, Facchini MT, Grati F, Martiradonna A, et al. (2015) The Seascape of Demersal Fish Nursery Areas in the North Mediterranean Sea, a First Step Towards the Implementation of Spatial Planning for Trawl Fisheries. *PLoS ONE* 10(3): e0119590. doi:10.1371/journal.pone.0119590

Cresson Pierre, Chouvelon Tiphaine, Bustamante Paco, Bănaru Daniela, Baudrier Jerome, Le Loch Francois, Mauffret Aourell, Mialet Benoit, Spitz Jérôme, Wessel Nathalie, Briand Marine, Denamiel Margaux, Doray Mathieu, Guillou Gaël, Jadaud Angelique, Lazard Coline, Prieur Solène, Rouquette Manuel, Saraux Claire, Serre Sandrine, Timmerman Charles-Andre, Verin Yves, Harmelin-Vivien Mireille (2020). Primary production and depth drive different trophic structure and functioning of fish assemblages in French marine ecosystems. *Progress In Oceanography*, 186, 102343 (14p.). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102343>.

Dalleau, C., Bliard, F., Quemmerais-Amice, F., Murciano, C., Cervera-Núñez, C., Campillos-Llanos, M., Lloret, A., Punzón, P., Grassa, J.M., GómezBallesteros, M., Gimard, A., Alloncle, N. (2018). Mapping exposure risk of marine megafauna to cumulative pressures. EU Project Grant No.: EASME/ EMFF/2015/1.2.1.3/02/SI2.742101. Supporting Implementation of Maritime Spatial Planning in the Western Mediterranean region (SIMWESTMED). AFB. 60pp. DOI: 10.5281/zenodo.2599697.

De Cáceres, Miquel, et Pierre Legendre. « Associations between Species and Groups of Sites: Indices and Statistical Inference ». *Ecology* 90, no 12 (décembre 2009): 3566-74. <https://doi.org/10.1890/08-1823.1>.

De Rock, Pauline, Hattab Tarek, Vaz Sandrine. « Etude du risque d'effet des espèces halieutiques à l'éolien flottant dans le Golfe du Lion : rapport technique et méthodologique ». Compartiment « Ichtyofaune, Mollusques, Crustacés, Invertébrés benthiques sensibles » AO6 Méditerranée. Rapport technique et méthodologique. RBE/MARBEC/LHM 2021 (2021): 95. <https://doi.org/10.13155/79482>.

Dolnicar, Sara, Klaus Grabler and Josef A Mazane. « A tale of three cities: Perceptual charting for analyzing destination images ». *Vienna University of Economics and Business Administration* (17 septembre 1998).

Druon Jean-noël, Gascuel Didier, Gibin Maurizio, Zanzi Antonella, Fromentin Jean-Marc, Colloca Francesco, Hélaouët Pierre, Coll Marta, Mannini Alessandro, Bluemel Joanna K, Piroddi Chiara, Bastardie Francois, Macias-moy Diego, Vasilakopoulos Paraskevas, Winker Henning, Serpetti Natalia, Guillen Jordi, Palialexis Andreas, Gras Michaël, Hekim Zeynep, Dubroca Laurent, Pinto Cecilia, Steenbeek Jeroen, Martinsohn Jann (2021). Mesoscale productivity fronts and local fishing opportunities in the European Seas . *Fish And Fisheries* , 22(6), 1227-1247. <https://doi.org/10.1111/faf.12585>

Farrugio, H., 2013. Fisheries in the Gulf of Lions. Ed. RAC/SPA, Tunis.

Feuilloley Guillaume, Fromentin Jean-Marc, Stemmann Lars, Demarcq Herve, Estournel Claude, Saraux Claire (2020). Concomitant changes in the Environment and small pelagic fish community of the Gulf of Lions. *Progress In Oceanography* , 186, 102375 (12p.). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102375>

Gaertner, J. C., 2000. Seasonal organization patterns of demersal assemblages in the Gulf of Lions (north-western Mediterranean Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80(5), 777-783.

Gaertner, J.C., Bertrand, J., Gil de Sola, L., Durbec, J.P., Ferrandis, E., Souplet, A., 2005. Large spatial scale variation of demersal fish assemblage structure on the continental shelf of the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 297, 245e257.

Gaertner, J. C., Bertrand, J. A., Relini, G., Papaconstantinou, C., Mazouni, N., De Sola, L. G., ... & Souplet, A. (2007). Spatial pattern in species richness of demersal fish assemblages on the continental shelf of the northern Mediterranean Sea: a multiscale analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 341, 191-203.

Gaertner, J. C., Bertrand, J.A. and Souplet, A. 2002. STATIS-CoA: A methodological solution to assess the spatio-temporal organization of species assemblages. Application to the demersal assemblages of the French Mediterranean Sea. *Scientia Marina*. 66, S2 (Jun. 2002), 221–232. DOI:<https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66s2221>.

Gaertner, J. C., Chessel, D., & Bertrand, J. 1998. Stability of spatial structures of demersal assemblages: a multitable approach. *Aquatic Living Resources*, 11(2), 75-85.

Gaertner, J. C., Mazouni, N., Sabatier, R., & Millet, B. (1999). Spatial structure and habitat associations of demersal assemblages in the Gulf of Lions: a multicompartamental approach. *Marine Biology*, 135, 199-208.

Granger, V., Fromentin, J. M., Bez, N., Relini, G., Meynard, C. N., Gaertner, J. C., ... & Mérigot, B. (2015). Large-scale spatio-temporal monitoring highlights hotspots of demersal fish diversity in the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 130, 65-74.

Gücü Ali Cemal, Tirasın Eyup, Unluoglu Aydın, Ok Meltem, Duzgunes Ertug, Karakulak Firdes, Aydın Coşkun, Sarigöz Süleyman, Beken Sevcan (2021). Relative body condition of red mullet (*Mullus barbatus*) and its applicability as an indicator of environmental status. *Regional Studies in Marine Science*. 45. 101795. [10.1016/j.rsma.2021.101795](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101795).

Harmelin Vivien Mireille, Mahe Kelig, Bodiguel Xavier, Mellon Capucine (2012). Possible link between prey quality, condition and growth of juvenile hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Cybum*, 36(2), 323-328. Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00092/20332/>

Jac Cyrielle, Desroy Nicolas, Certain Gregoire, Foveau Aurelie, Labrune Céline, Vaz Sandrine (2020). Detecting adverse effect on seabed integrity. Part 2: How much of seabed habitats are left in good environmental status by fisheries? *Ecological Indicators* , 117, 106617 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106617>

Jac Cyrielle, Desroy Nicolas, Foveau Aurélie, Vaz Sandrine (2022). Disentangling trawling impact from natural variability on benthic communities . *Continental Shelf Research* , 247, 104828 (17p.) <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104828>

Jacob Elodie, Salvado Perrine, Hattab Tarek, Loots Christophe, Antajan Elvire, Nowaczyk Antoine, Gonzalez Patrice, Raphalen Elio, Villeneuve Remi, Bourdeix Jean-Herve, Metral Luisa, Lefebvre Valerie, Caboche Josselin, Vaz Sandrine (2023). Identification et suivi spatio-temporel des espèces planctoniques du Golfe du Lion: Rapport final de l'action 4 du Projet GOLDYS . RBE/MARBEC/LHM 2023 . <https://doi.org/10.13155/96520>

Jadaud Angélique, Certain Grégoire (1994) MEDITS, <https://doi.org/10.18142/7>



Jadaud Angélique, Certain Grégoire (2022) MEDITS 2022 croise, RV L'Europe, <https://doi.org/10.17600/18001915>

Laborel J, Peres JM, Picard J, Vacelet J (1961) Etude directe des fonds des parages de Marseille de 30 à 300 m avec la soucoupe plongeante Cousteau. Bull Inst océanogr Monaco 1206:1-15

Labrune, C., Grémare, A., Amouroux, J.M., Sardá, R., Gil, J., Taboada, S., 2007. Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey. Estuarine, Coastal and Shelf Science 71, 133–147.

Labrune, C., Grémare, A., Amouroux, J.M., Sardá, R., Gil, J., Taboada, S., 2008. Structure and diversity of shallow soft-bottom benthic macrofauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). Helgoland Marine Research 62, 201–214.

Le Corre, Gildas, Farrugio Henri. « Note sur la création par la CGPM d'une Zone de pêche réglementée dans le golfe du Lion en mars 2009 ». RBE/HMT 2011-002 (2011): <https://archimer.ifremer.fr/doc/00086/19688/>.

Leforestier Sophie, Lehuta Sigrid, Mahevas Stephanie, Jadaud Angelique, Vaz Sandrine (2020). Rapport du projet PECHALO (Pêche Chalutière Occitanie) : Etude de l'impact de l'adaptation des stratégies de pêche et des navires de la flottille chalutière occitane pour améliorer leur viabilité et la durabilité de l'activité . RBE/EMH/MARBEC/2020 . <https://doi.org/10.13155/73377>

Legendre P, Gallagher ED (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. Oecologia 129 : 271-280

Legendre, P., and L. Legendre, 2012. « Numerical Ecology. Third English Edition Third Engl ». Developments in Environmental Modelling 24.

Lloret, J., Gil de Sola, L., Souplet, A., and Galzin, R. 2002. Effects of large-scale habitat variability on condition of demersal exploited fish in the north-western Mediterranean. – ICES Journal of Marine Science, 59: 1215–1227.

Lloret, J., Galzin, R., Gil de Sola, L., Souplet, A. and Demestre, M. (2005), Habitat related differences in lipid reserves of some exploited fish species in the north-western Mediterranean continental shelf. Journal of Fish Biology, 67: 51-65. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00708.x>

Lucchetti A. and Sala A. 2012. Impact and performance of Mediterranean fishing gear by side-scan sonar technology. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 69(11): 1806-1816. <https://doi.org/10.1139/f2012-107>

Maurin Claude (1962). Etude des fonds chalutables de la mediterranee occidentale (ecologie et peche) « Président-Théodore-Tissier » 1957 à 1960 et « Thalassa » 1960 et 1961. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 26(2), 163-218. Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2233/>

MEDITS Working Group (2017). MEDITS Handbook, Version n. 9, 106 pp. [https://www.sibm.it/MEDITS%202011/docs/Medits\\_Handbook\\_2017\\_version\\_9\\_5-60417r.pdf](https://www.sibm.it/MEDITS%202011/docs/Medits_Handbook_2017_version_9_5-60417r.pdf)

Mérigot Bastien, Bertrand Jacques A., Gaertner-Mazouni Nabila, Manté Claude, Durbec Jean Pierre, et al., 2007. A multi-component analysis of species diversity of groundfish assemblages on the continental shelf of the Gulf of Lions (north-western Mediteranean Sea). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, 73, pp.123-136

Mellon Capucine, Harmelin-Vivien Mireille, Metral Luisa, Loizeau Veronique, Mortreux Serge, Roos David, Fromentin Jean-Marc (2017). Trophic ecology of the European Hake in the Gulf of Lions, Northwestern Mediterranean Sea. *Scientia Marina* , 81(1), 7-18.

<https://doi.org/10.3989/scimar.04356.01A>

Millot, C., 1990. The Gulf of Lions' hydrodynamics. *Continental Shelf Research* 10, 885-894.

[https://doi.org/10.1016/0278-4343\(90\)90065-T](https://doi.org/10.1016/0278-4343(90)90065-T)

Millot C, Wald L (1980) The effect of Mistral wind on the Ligurian current near Provence.

*Oceanologica Acta* 3 (4) : 399-402

Morfin Marie, Fromentin Jean-Marc, Jadaud Angelique, Bez Nicolas (2012). Spatio-Temporal Patterns of Key Exploited Marine Species in the Northwestern Mediterranean Sea . *Plos One* , 7(5) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037907> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00087/19860/>

Morfin Marie, Bez Nicolas, Fromentin Jean-Marc (2016). Habitats of ten demersal species in the Gulf of Lions and potential implications for spatial management. *Marine Ecology Progress Series*, 547, 219-232. <https://doi.org/10.3354/meps11603>

Pedel Laura, Fabri Marie-Claire (2011). Description et cartographie des biocénoses benthiques rencontrées au cours de la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex) . *RST.ODE/LER-PAC/11-11* .

<https://archimer.ifremer.fr/doc/00044/15513/>

Petrenko AA (2003) Variability of circulation features in the Gulf of Lion NW Mediterranean Sea. Importance of inertial currents. *Oceanologica Acta* 4 (26) : 323-338

Pielou, E., 1969. An introduction to mathematical ecology by EC Pielou.

Pinazo C, Marsaleix P, Millet B, Estournel C (1996) Spatial and temporal variability of phytoplankton biomass in up- welling areas of the northwestern Mediterranean: a coupled physical and biochemical modelling approach. *J mar Syst* 7: 161±191

Ross ON, Fraysse M, Pinazo C, Pairaud I (2016) Impact of an intrusion by the Northern Current on the biogeochemistry in the eastern Gulf of Lion, NW Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 170 : 1-9

Sadaoui M, Ludwig W, Bourrin F, Raimbault P (2016). Controls, budgets and variability of riverine sediment fluxes to the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea). *Journal of Hydrology* 540 :1002-1015

Schickele Alexandre, Goberville Eric, Leroy Boris, Beaugrand Gregory, Hattab Tarek, Francour Patrice, Raybaud Virginie (2021). European small pelagic fish distribution under global change scenarios . *Fish And Fisheries* , 22(1), 212-225

Spedicato Maria Teresa, Massuti Enric, Merigot Bastien, Tserpes George, Jadaud Angelique, Relini Giulio (2019). The MEDITS trawl survey specifications in an ecosystem approach to fishery management . *Scientia Marina* , 83(S1), 9-20 . Publisher's official version :

<https://doi.org/10.3989/scimar.04915.11X>

UNEP-MAP-RAC/SPA. 2013. Description of the ecology of the Gulf of Lions shelf and slope area and identification of the areas that may deserve to be protected. By Sardà, J.M.G. and Domínguez-Carrió, C. Ed. RAC/SPA, Tunis. 64pp.

Van Beveren Elisabeth, Bonhommeau Sylvain, Fromentin Jean-Marc, Bigot Jean-Louis, Bourdeix Jean-Herve, Brosset Pablo, Roos David, Saraux Claire (2014). Rapid changes in growth, condition, size and age of small pelagic fish in the Mediterranean. *Marine Biology*, 161(8), 1809-1822 . <https://doi.org/10.1007/s00227-014-2463-1>

Vaz Sandrine, Villeneuve Rémi, Raphalen Elio (2022) GOLDYS croise, RV LOUIS ELIE II, <https://doi.org/10.17600/18002952>

Vaz Sandrine, Certain Gregoire, Hattab Tarek, Jadaud Angelique, Villeneuve Remi, Raphalen Elio, Metral Luisa, Cheret Isabelle, Bourdeix Jean-Herve, Tessier Emmanuel, Loots Christophe, Antajan Elvire, Bassinet Emmanuel (2023). Mise en œuvre des Campagnes en mer GOLDYS: Rapport final de l'action 2 du Projet GOLDYS. RBE/MARBEC/LHM 2023. <https://doi.org/10.13155/96151>

Veloy, C., Hidalgo, M., Pennino, M. G., Garcia, E., Esteban, A., García-Ruiz, C., ... & Coll, M. (2022). Spatial-temporal variation of the Western Mediterranean Sea biodiversity along a latitudinal gradient. *Ecological Indicators*, 136, 108674.

## 7 Remerciements

Nous sommes reconnaissants envers les trois armateurs participants, M. Briant sur le *Louis-Elie II*, M. Di Maio sur *L'Odysée II* et M. Scotto sur le *Jean-Louis Vincent*, et leurs équipages pour leur sérieux et leur participation efficace lors des sorties de la campagne printanière GOLDYS. Nous remercions également la Criée de Sète pour l'accès à une chambre froide, l'EPR Port Sud de France (Port de Sète) pour la mise à disposition d'un local de stockage de matériel, SATHOAN et OP du Sud pour leur accompagnement technique et administratif ainsi que l'entreprise Calli pour l'entretien et le stockage des chaluts. Nous remercions particulièrement le service Navire et Systèmes Embarqués de l'Ifremer pour la mise au point d'un CASINO+ portable adapté aux navires de pêche. Nous remercions enfin la Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée pour son aide dans le montage et la gestion administrative du projet. Ce projet a reçu le soutien financier des Fonds Européens pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP), de la région Occitanie et de France Filière Pêche (FFP).



## 8 Annexes

### 8.1 Annexe 1 : Traitement des espèces dans le protocole GOLDYS

Tableau S1. Liste des espèces suivies et type de traitement biométrique

Poids Total et nombre	Taille / Poids (individuel ou spectre, selon la quantité)	Taille / Poids / sexe mat immat.	Taille / Poids / Sexe / Maturité
TOUT LE RESTE	ARGESPY ASPICUC CAPOAPE CHIMMON CITHMAC CLORAGA GADIARG GLOSLEI HELIDAC LEPMBOS LEPTCAV LEPTDIE MICMPOU PAGEACA PAGEERY PHYIBLE SCOMPNE SERAHEP SOLEVUL SPICFLE SPICSMA TRACPIC TRIGLYR TRIPLAS ZEUSFAB LOLIVUL TODIEBL ILLECOI ELEDICIR ELEDMOS OCTOVUL	GALUMEL RAJAAS RAJACLA RAJAOXY SCYOCAN SQUABLA + Autres elasmobranches	ARISFOL ARITANT BOOPBOO EUTRGUR NEPRNOR PAGEBOG PAPELON SPRASPR TRACMED TRACTRA TRISCAP SCOMSCO ENGRENC LOPHBUD LOPHPIS MERLMER MULLBAR MULLSUR SARDPIL

Les espèces listées en jaune sont complémentaires au protocole MEDITS classique (ajouts GOLDYS).

Les codes espèces correspondent aux 4 premières lettres du genre et au 3 premières lettres de l'espèce du nom scientifique de chacune

## 8.2 Annexe 2 : Relations entre les ouvertures entre les panneaux et verticales et l'ouverture aux pointes d'ailes

Tableau S2. Relations obtenues sur MEDITS pour des longueurs de bras de 100m

		OUVERTURE VERTICALE (m)														
		0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
<b>ECART PANNEAUX (m)</b>	20	8.73	8.89	9.05	9.21	9.36	9.52	9.68	9.84	10	10.15	10.31	10.47	10.63	10.79	10.94
	30	10.42	10.57	10.73	10.89	11.05	11.21	11.36	11.52	11.68	11.84	12	12.15	12.31	12.47	12.63
	40	12.1	12.26	12.42	12.57	12.73	12.89	13.05	13.21	13.36	13.52	13.68	13.84	14	14.15	14.31
	50	13.78	13.94	14.1	14.26	14.42	14.57	14.73	14.89	15.05	15.21	15.36	15.52	15.68	15.84	16
	60	15.47	15.63	15.78	15.94	16.1	16.26	16.42	16.57	16.73	16.89	17.05	17.21	17.36	17.52	17.68
	70	17.15	17.31	17.47	17.63	17.78	17.94	18.1	18.26	18.42	18.57	18.73	18.89	19.05	19.21	19.36
	80	18.84	18.99	19.15	19.31	19.47	19.63	19.78	19.94	20.1	20.26	20.42	20.57	20.73	20.89	21.05
	90	20.52	20.68	20.84	20.99	21.15	21.31	21.47	21.63	21.78	21.94	22.1	22.26	22.42	22.57	22.73
	100	22.2	22.36	22.52	22.68	22.84	22.99	23.15	23.31	23.47	23.63	23.78	23.94	24.1	24.26	24.42
	110	23.89	24.04	24.2	24.36	24.52	24.68	24.83	24.99	25.15	25.31	25.47	25.62	25.78	25.94	26.1
	120	25.57	25.73	25.89	26.04	26.2	26.36	26.52	26.68	26.83	26.99	27.15	27.31	27.47	27.62	27.78
	130	27.25	27.41	27.57	27.73	27.89	28.04	28.2	28.36	28.52	28.68	28.83	28.99	29.15	29.31	29.47
	140	28.94	29.1	29.25	29.41	29.57	29.73	29.89	30.04	30.2	30.36	30.52	30.68	30.83	30.99	31.15
	150	30.62	30.78	30.94	31.1	31.25	31.41	31.57	31.73	31.89	32.04	32.2	32.36	32.52	32.68	32.83
	160	32.31	32.46	32.62	32.78	32.94	33.1	33.25	33.41	33.57	33.73	33.89	34.04	34.2	34.36	34.52
	170	33.99	34.15	34.31	34.46	34.62	34.78	34.94	35.1	35.25	35.41	35.57	35.73	35.89	36.04	36.2
180	35.67	35.83	35.99	36.15	36.31	36.46	36.62	36.78	36.94	37.1	37.25	37.41	37.57	37.73	37.89	

Tableau S3. Relations obtenues sur MEDITS pour des longueurs de bras de 150m

		OUVERTURE VERTICALE (m)														
		0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
<b>ECART PANNEAUX (m)</b>	<b>20</b>	14.33	14.49	14.65	14.81	14.96	15.12	15.28	15.44	15.6	15.75	15.91	16.07	16.23	16.39	16.54
	<b>30</b>	15.02	15.18	15.34	15.49	15.65	15.81	15.97	16.13	16.28	16.44	16.6	16.76	16.92	17.07	17.23
	<b>40</b>	15.71	15.86	16.02	16.18	16.34	16.5	16.65	16.81	16.97	17.13	17.29	17.44	17.6	17.76	17.92
	<b>50</b>	16.39	16.55	16.71	16.87	17.02	17.18	17.34	17.5	17.66	17.81	17.97	18.13	18.29	18.45	18.6
	<b>60</b>	17.08	17.24	17.4	17.55	17.71	17.87	18.03	18.19	18.34	18.5	18.66	18.82	18.98	19.13	19.29
	<b>70</b>	17.77	17.92	18.08	18.24	18.4	18.56	18.71	18.87	19.03	19.19	19.35	19.5	19.66	19.82	19.98
	<b>80</b>	18.45	18.61	18.77	18.93	19.08	19.24	19.4	19.56	19.72	19.87	20.03	20.19	20.35	20.51	20.66
	<b>90</b>	19.14	19.3	19.46	19.61	19.77	19.93	20.09	20.25	20.4	20.56	20.72	20.88	21.04	21.19	21.35
	<b>100</b>	19.83	19.98	20.14	20.3	20.46	20.62	20.77	20.93	21.09	21.25	21.41	21.56	21.72	21.88	22.04
	<b>110</b>	20.51	20.67	20.83	20.99	21.14	21.3	21.46	21.62	21.78	21.93	22.09	22.25	22.41	22.57	22.72
	<b>120</b>	21.2	21.36	21.52	21.67	21.83	21.99	22.15	22.31	22.46	22.62	22.78	22.94	23.1	23.25	23.41
	<b>130</b>	21.89	22.04	22.2	22.36	22.52	22.68	22.83	22.99	23.15	23.31	23.47	23.62	23.78	23.94	24.1
	<b>140</b>	22.57	22.73	22.89	23.05	23.2	23.36	23.52	23.68	23.84	23.99	24.15	24.31	24.47	24.63	24.78
	<b>150</b>	23.26	23.42	23.58	23.73	23.89	24.05	24.21	24.37	24.52	24.68	24.84	25	25.16	25.31	25.47
	<b>160</b>	23.95	24.1	24.26	24.42	24.58	24.74	24.89	25.05	25.21	25.37	25.53	25.68	25.84	26	26.16
	<b>170</b>	24.63	24.79	24.95	25.11	25.26	25.42	25.58	25.74	25.9	26.05	26.21	26.37	26.53	26.69	26.85
<b>180</b>	25.32	25.48	25.64	25.79	25.95	26.11	26.27	26.43	26.58	26.74	26.9	27.06	27.22	27.37	27.53	

### 8.3 Annexe 3 : Relations taille-poids

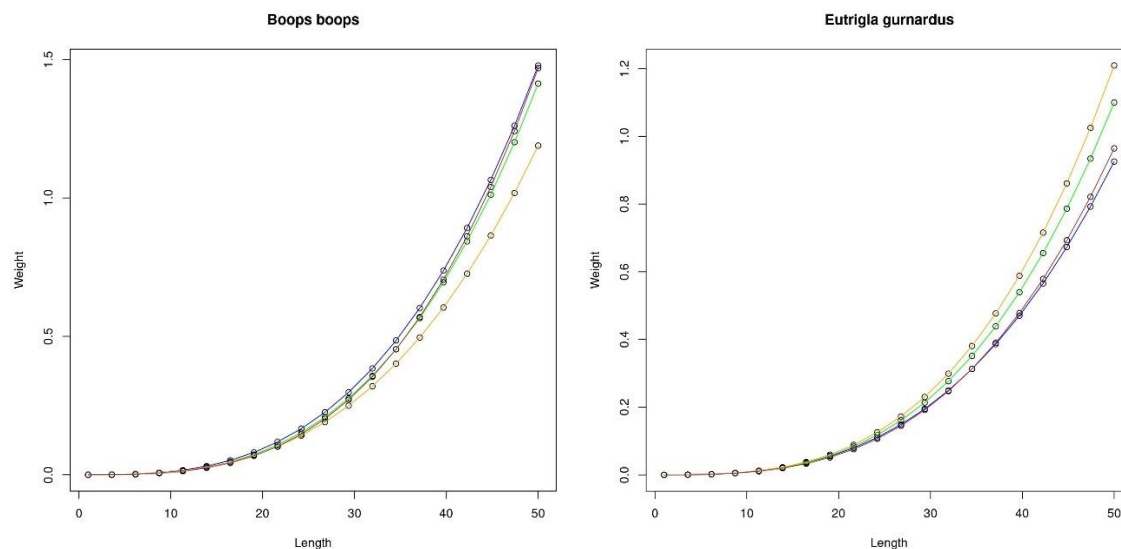


Figure S1. Relations taille-poids saisonnières de la bogue (à gauche) et du grondin gris (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)

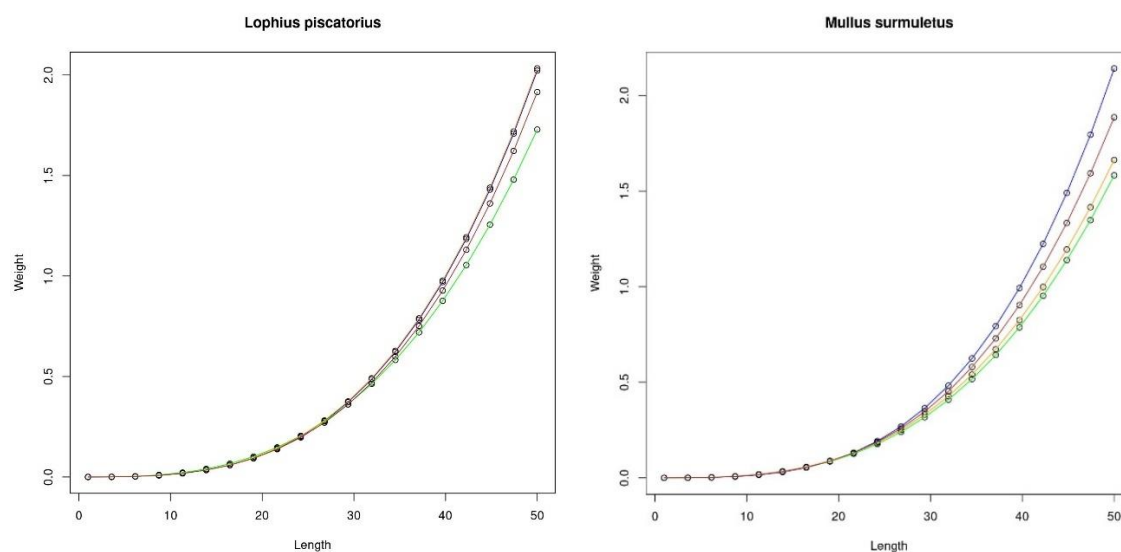


Figure S2. Relations taille-poids saisonnières de la baudroie blanche (à gauche) et du rouget barbet de roche (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)



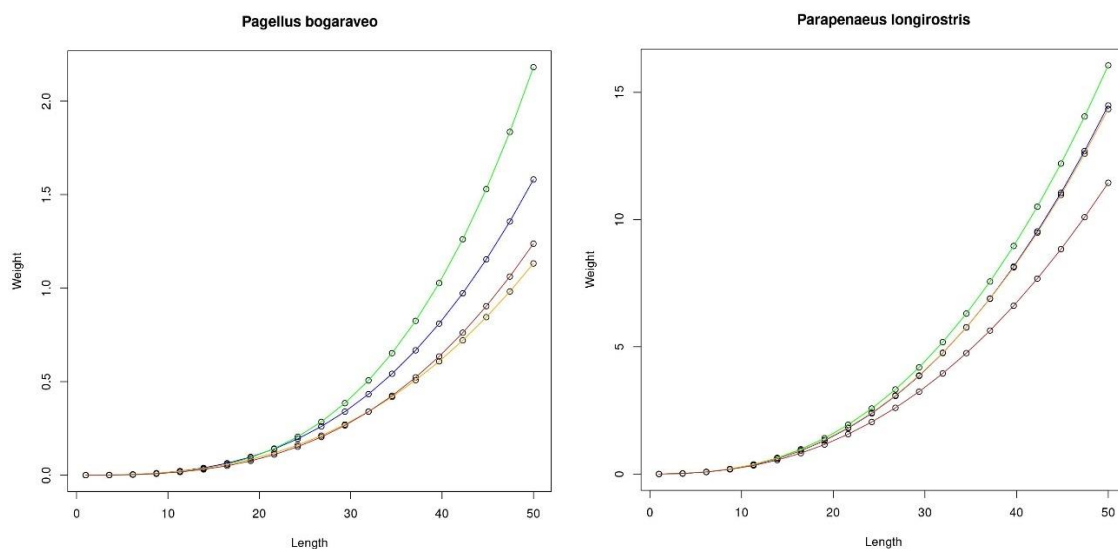


Figure S3. Relations taille-poids saisonnières du pageot rose (à gauche) et de la crevette rose du large (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)

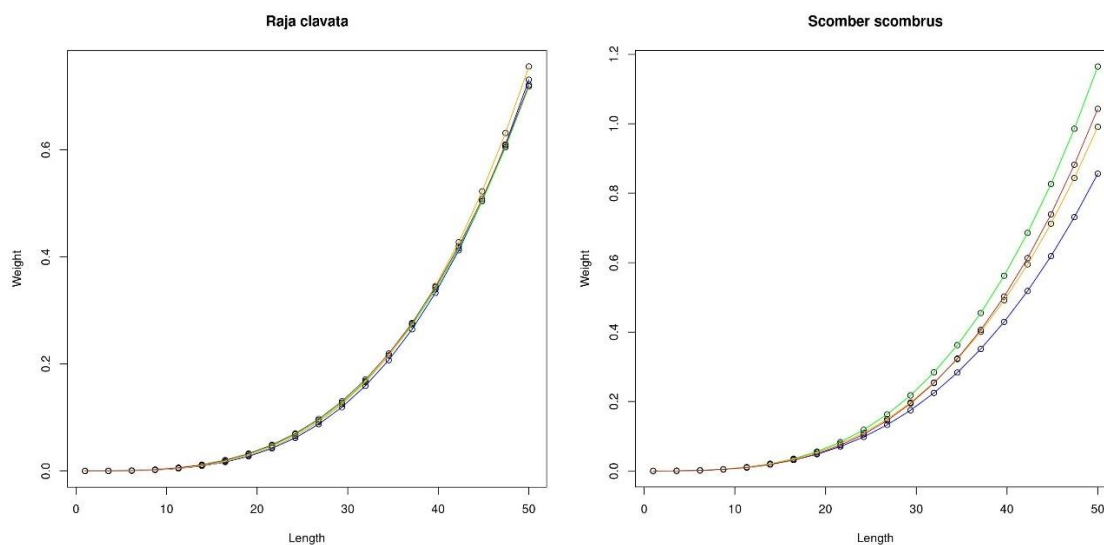


Figure S4. Relations taille-poids saisonnières de la raie bouclée (à gauche) et du maquereau commun (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)

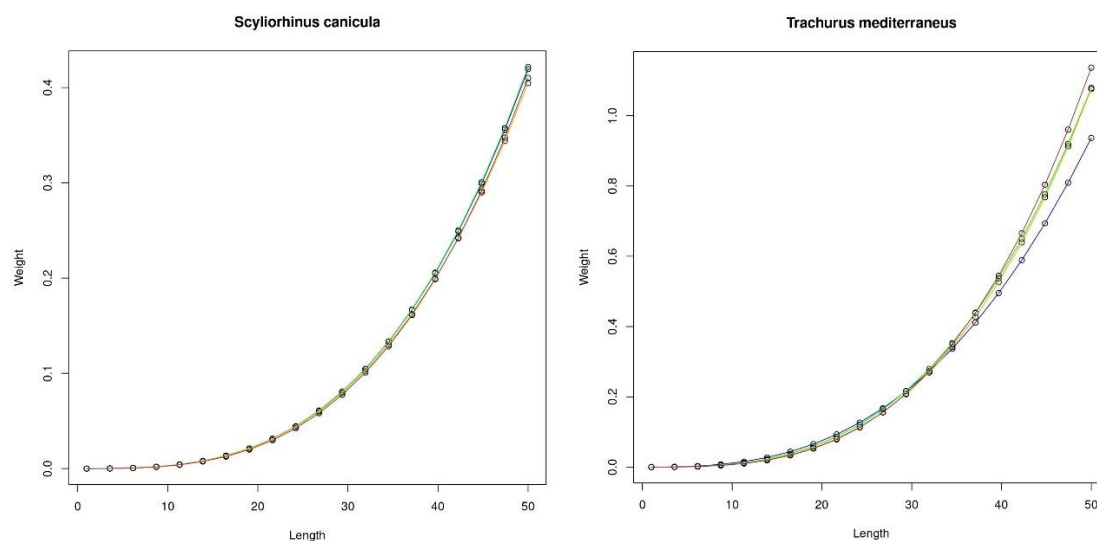


Figure S5. Relations taille-poids saisonnières de la petite roussette (à gauche) et du chinchard méditerranéen (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)

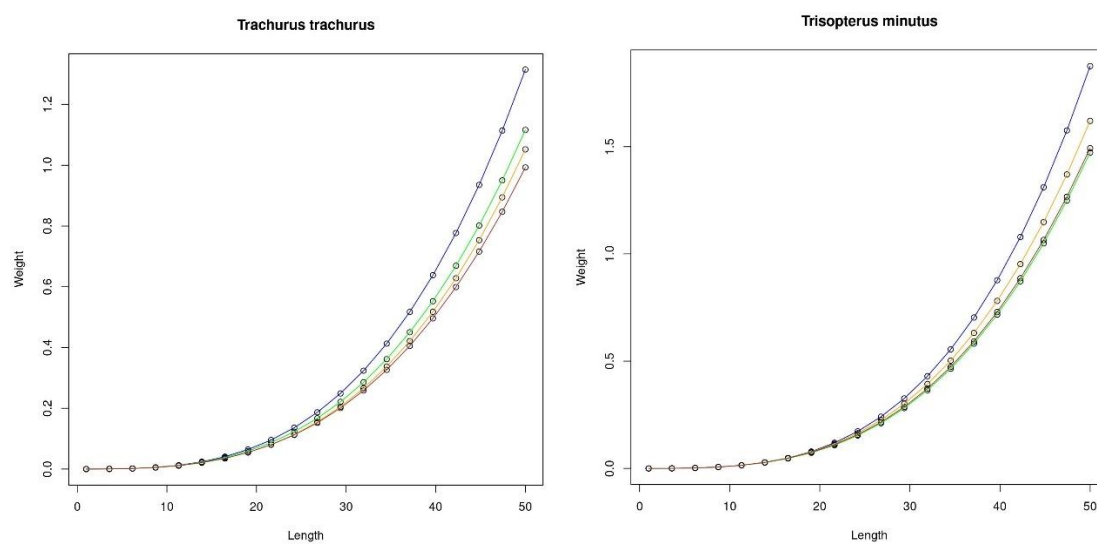


Figure S6. Relations taille-poids saisonnières du chinchard commun (à gauche) et du capelan (à droite) au printemps (ligne bleue), en été (ligne verte), en automne (ligne orange) et en hiver (ligne marron)

## 8.4 Annexe 4 : Sex-ratio

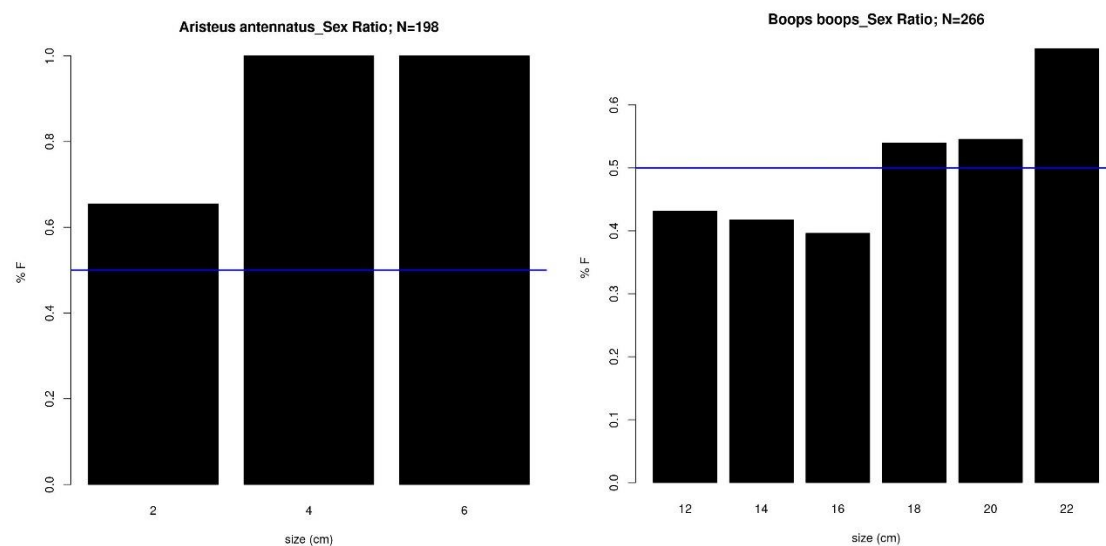


Figure S7. Proportion de femelle par classe de taille chez la crevette rouge (à gauche) et la bogue (à droite)

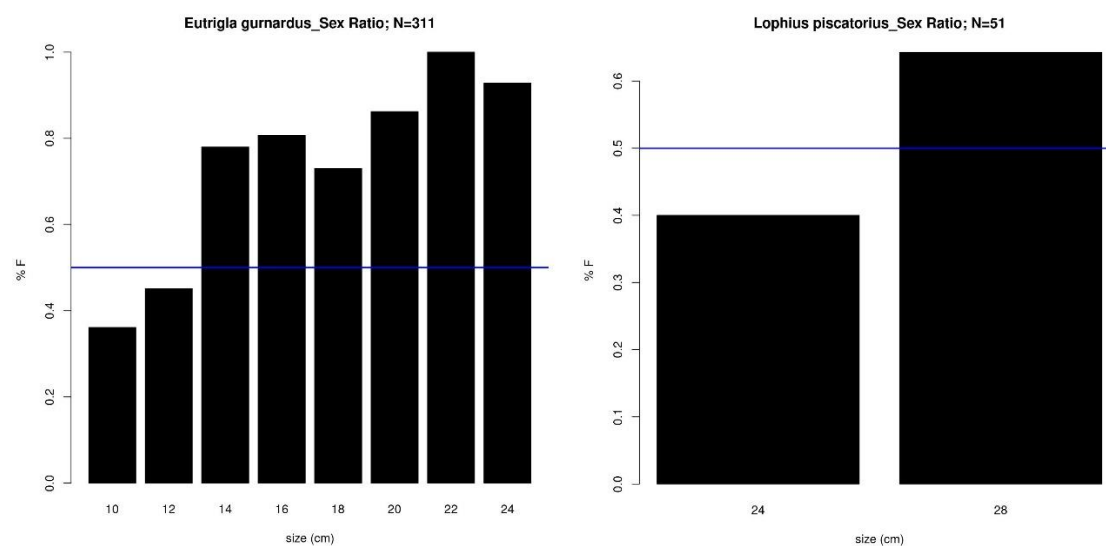


Figure S8. Proportion de femelle par classe de taille chez le grondin gris (à gauche) et la baudroie blanche (à droite)

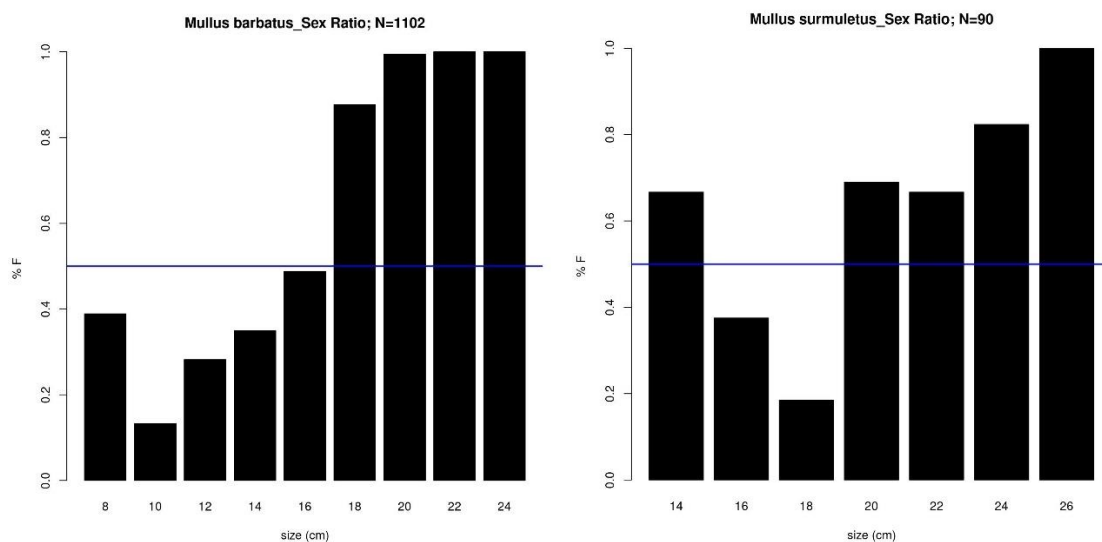


Figure S9. Proportion de femelle par classe de taille chez le rouget barbet de vase (à gauche) et le rouget barbet de roche (à droite)

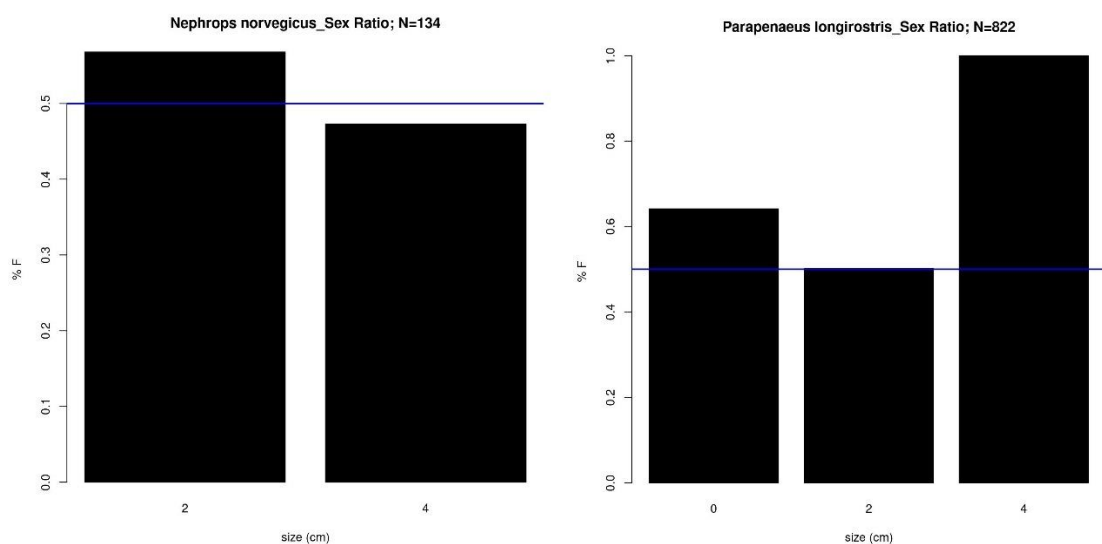


Figure S10. Proportion de femelle par classe de taille chez la langoustine (à gauche) et la crevette rose du large (à droite)

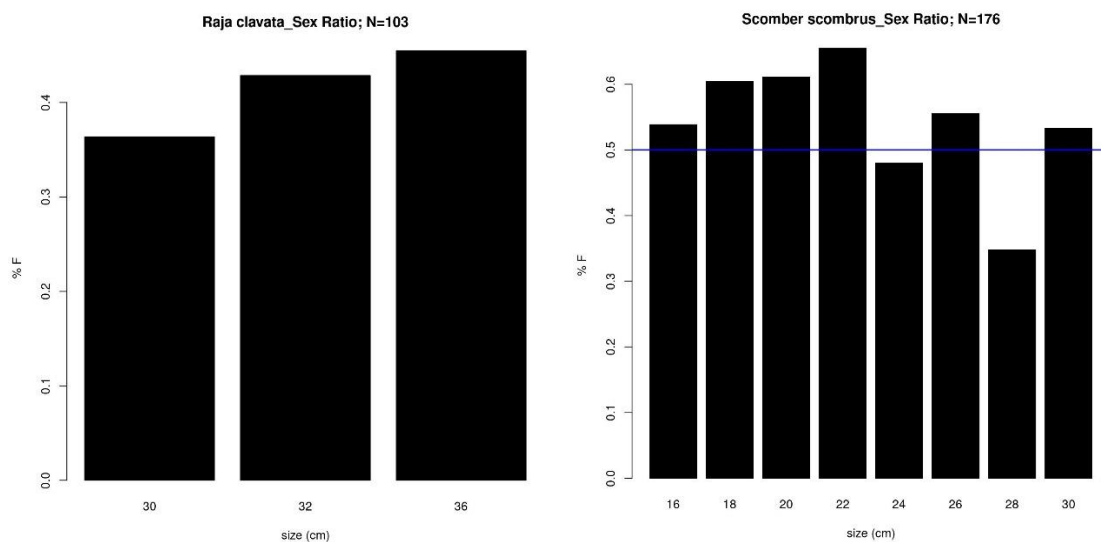


Figure S11. Proportion de femelle par classe de taille chez la raie bouclée (à gauche) et le maquereau commun (à droite)

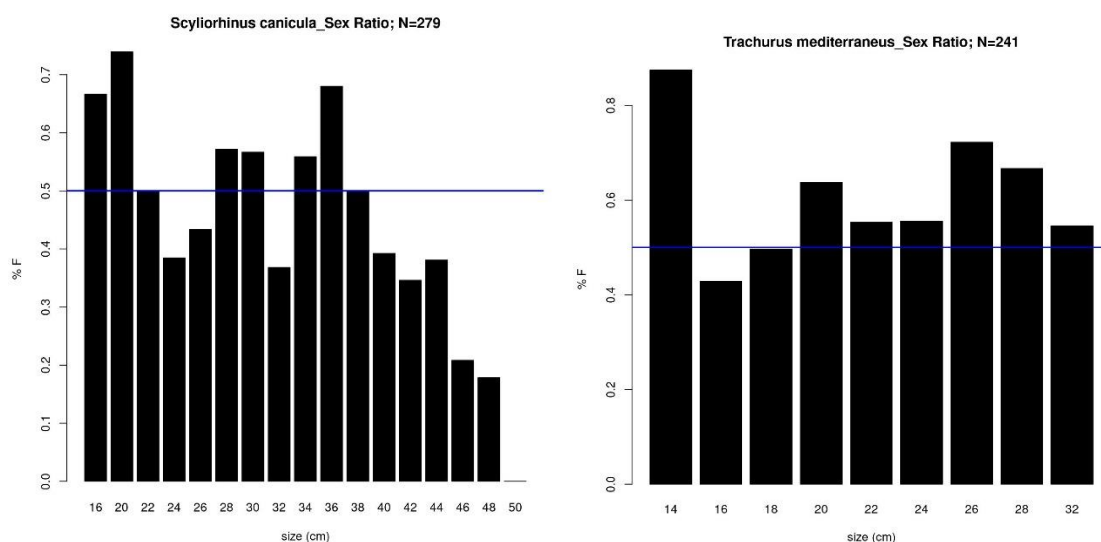


Figure S12. Proportion de femelle par classe de taille chez la petite roussette (à gauche) et le chinchard méditerranéen (à droite)



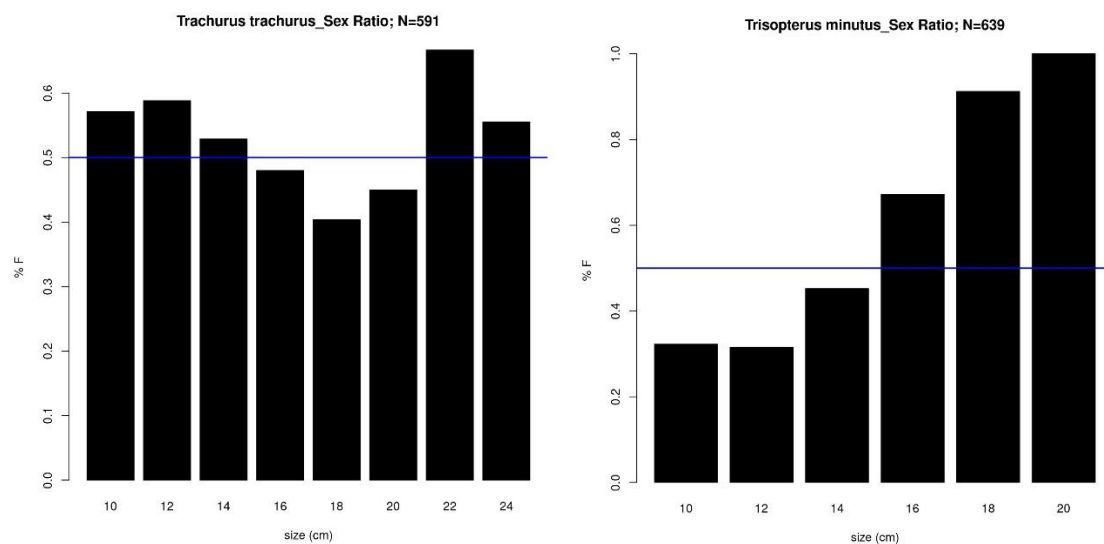


Figure S13. Proportion de femelle par classe de taille chez le chinchard commun (à gauche) et le capelan (à droite)

## 8.5 Annexe 5 : Ogives de maturité

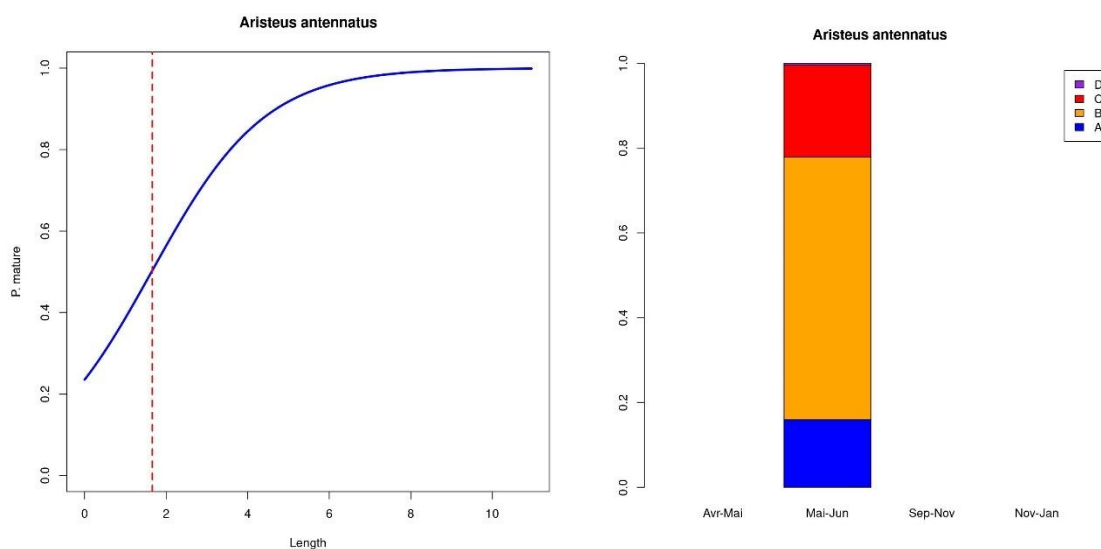


Figure S14. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la crevette rouge femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 17mm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

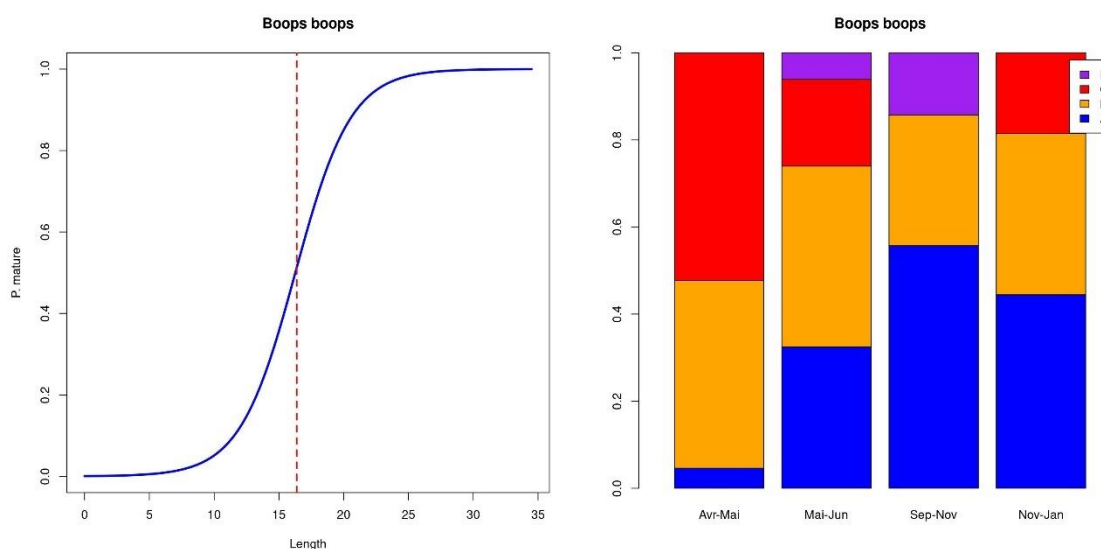


Figure S15. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la bogue femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 16 cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

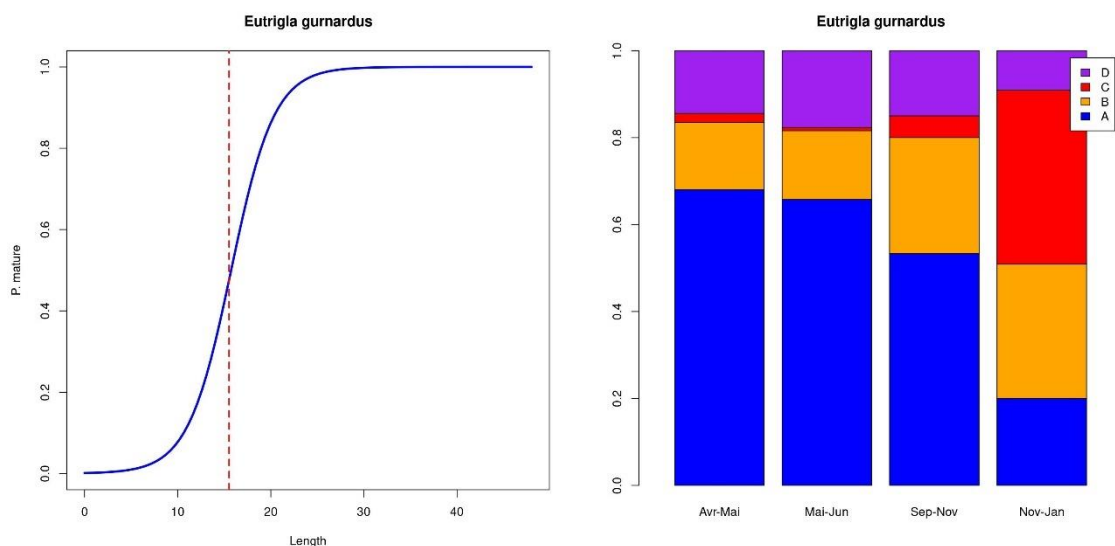


Figure S16. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) du grondin gris femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 16 cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

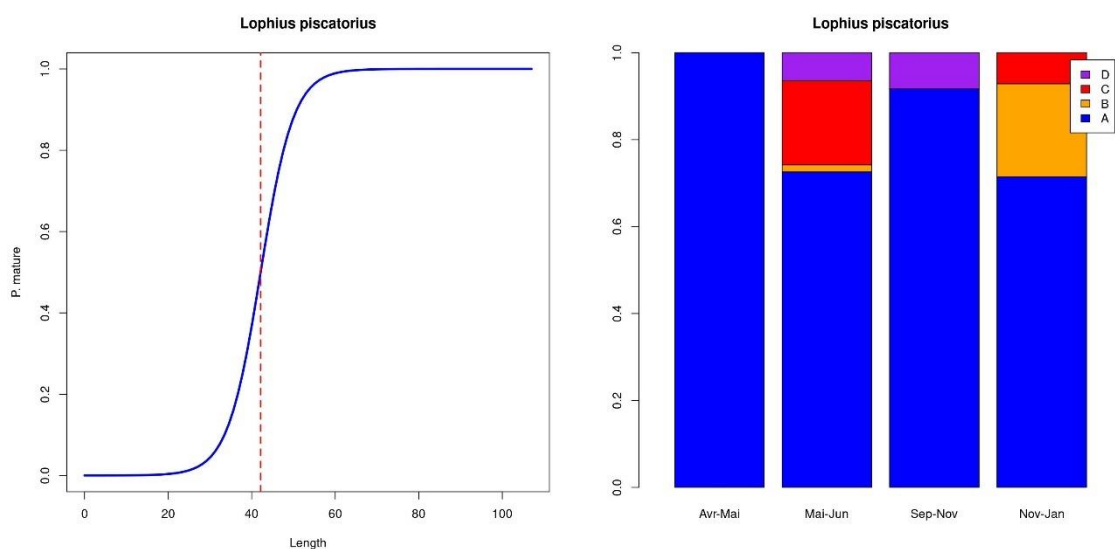


Figure S17. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la baudroie blanche. La L50 (ligne rouge) est proche de 42 cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

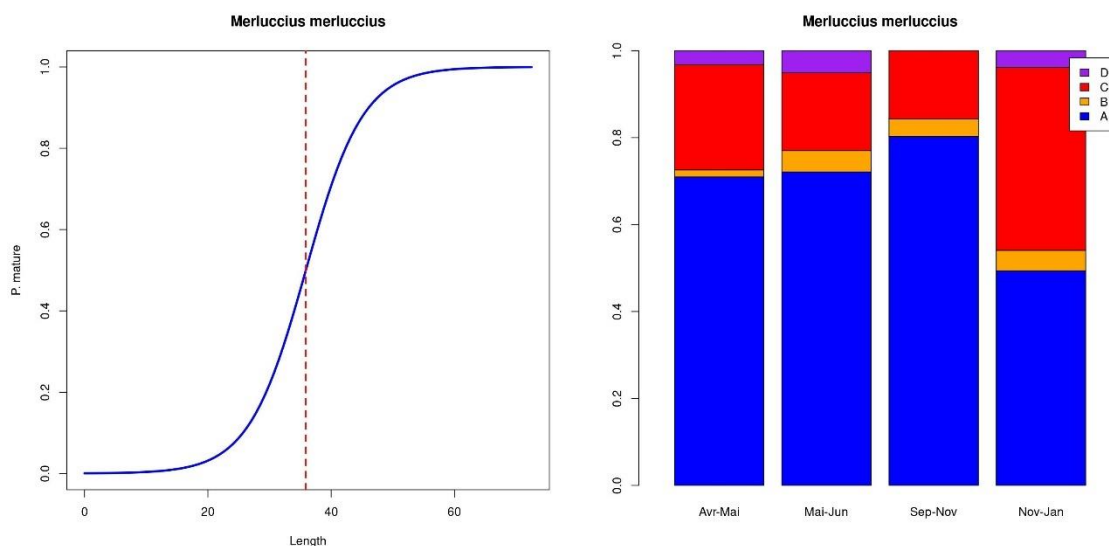


Figure S18. À gauche : Ogive de maturité (en bleu) du merlu femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 36 cm. À droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

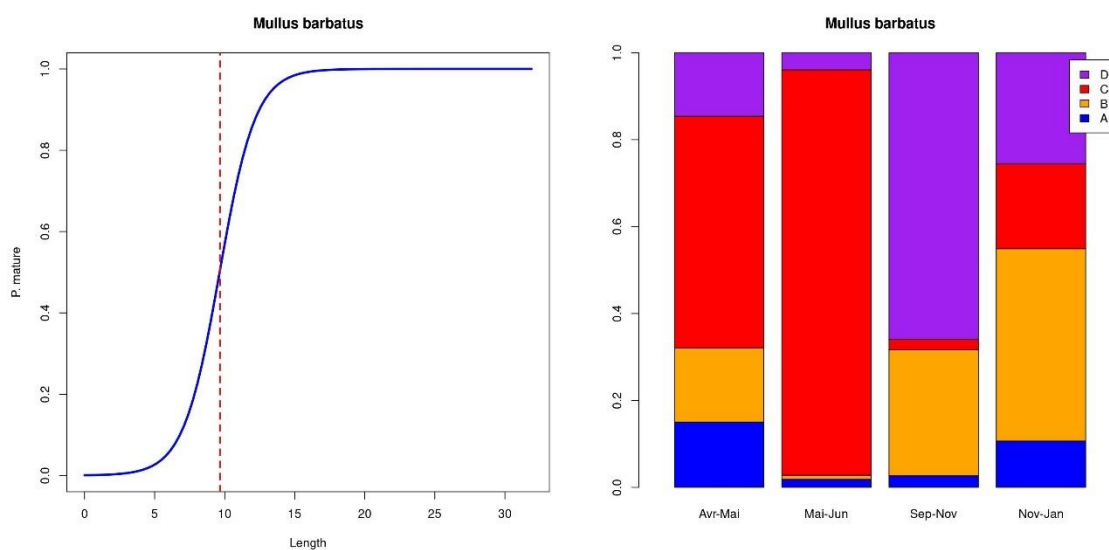


Figure S19. À gauche : Ogive de maturité (en bleu) du mullet barbet de vase femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 10 cm. À droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

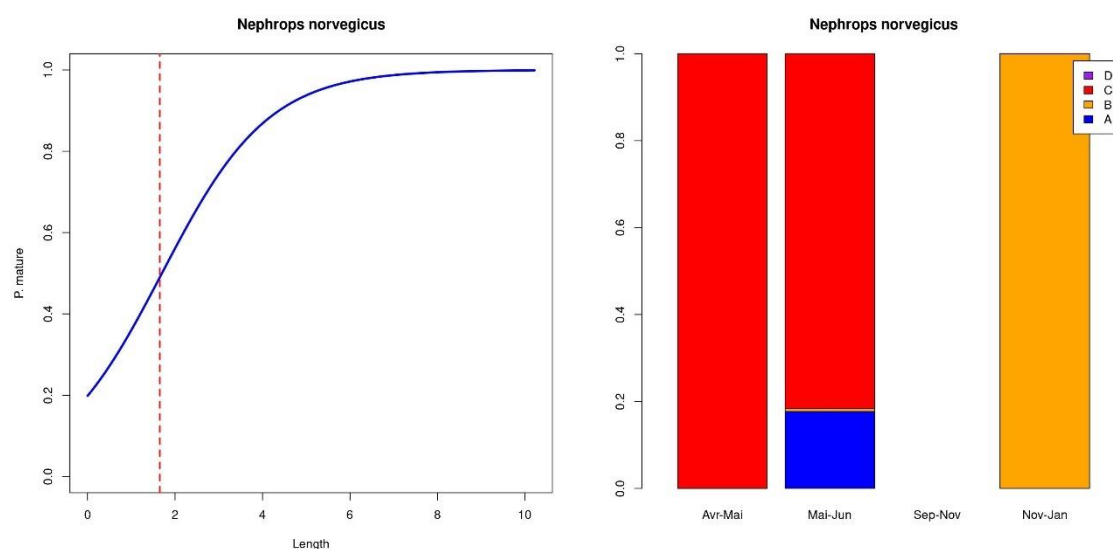


Figure S20. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la langoustine. La L50 (ligne rouge) est proche de 17mm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

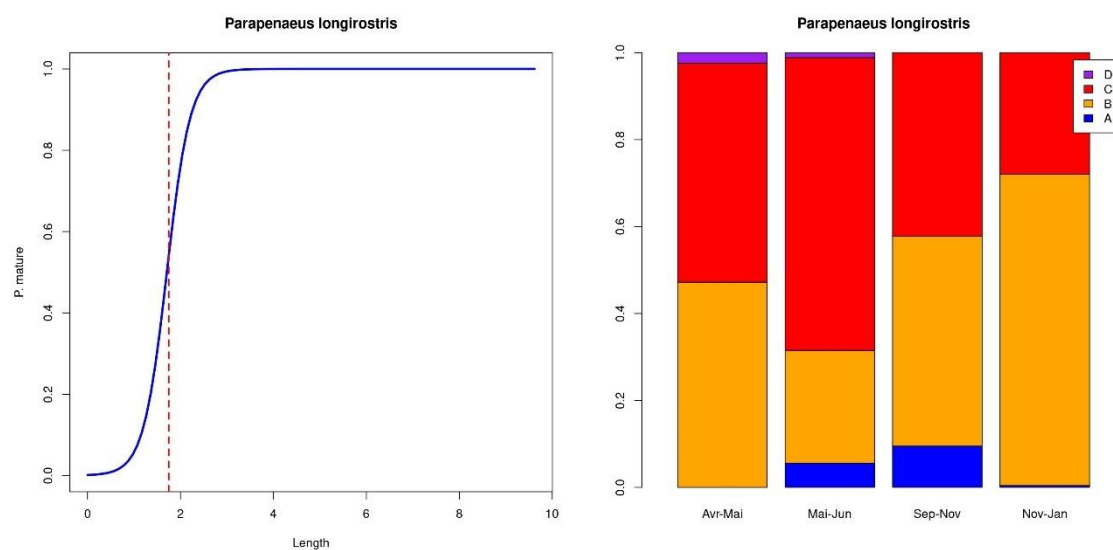


Figure S21. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la crevette rose du large femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 18mm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année



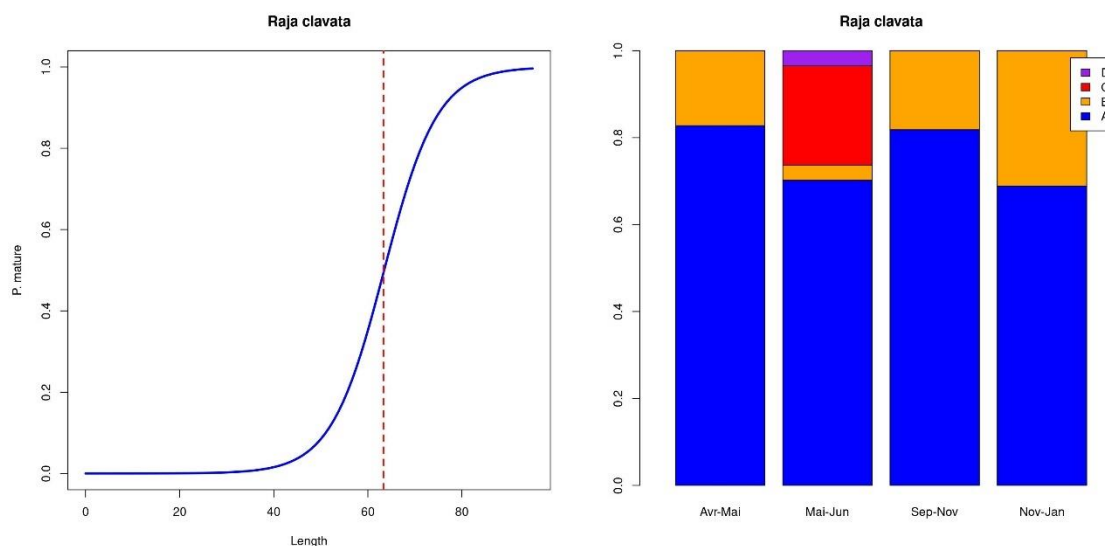


Figure S22. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la raie bouclée. La L50 (ligne rouge) est proche de 63cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

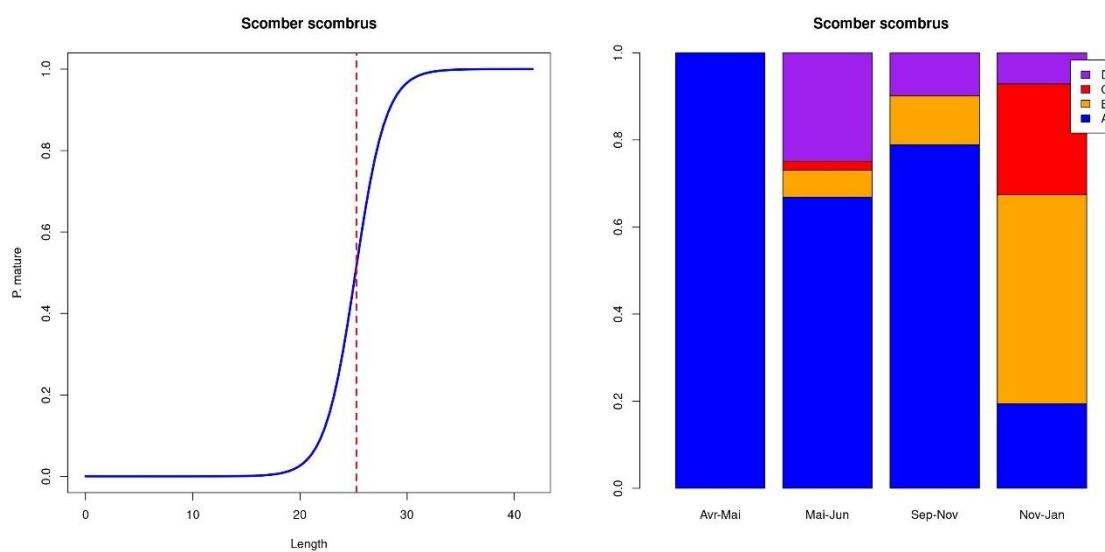


Figure S23. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) du maquereau commun femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 25cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

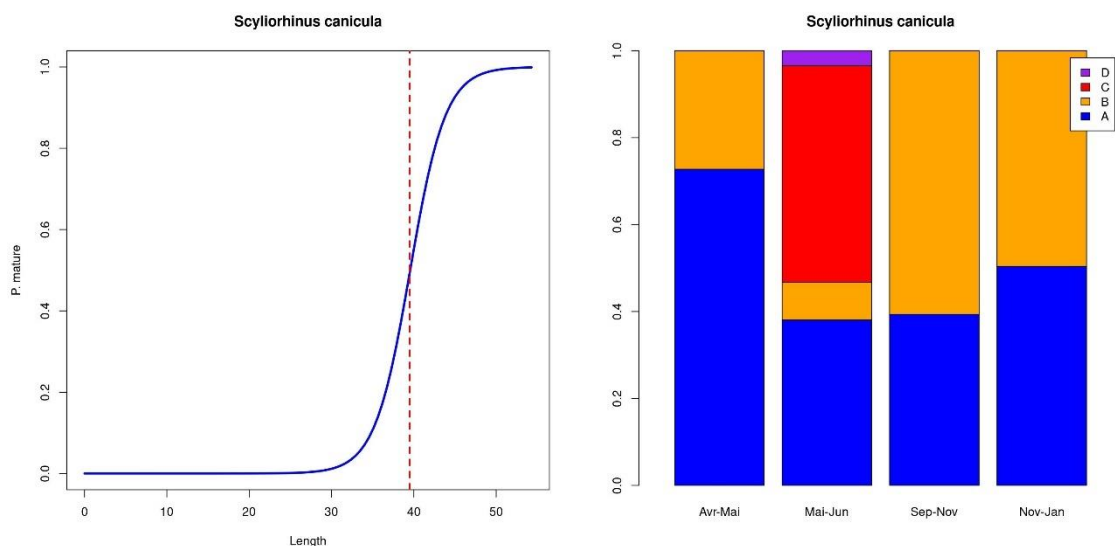


Figure S24. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) de la petite roussette femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 39cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

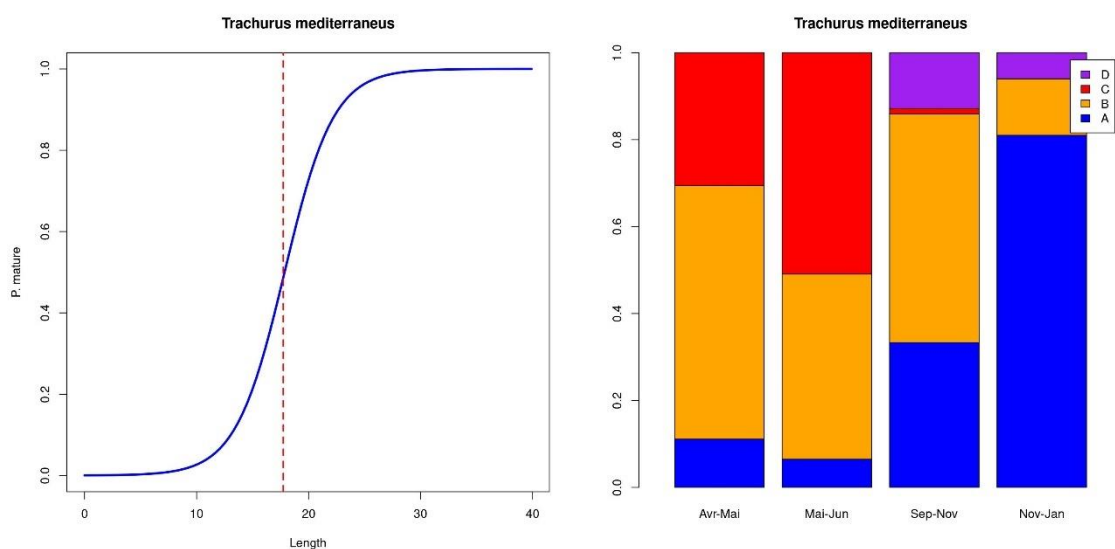


Figure S25. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) du chinchard méditerranéen femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 18cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

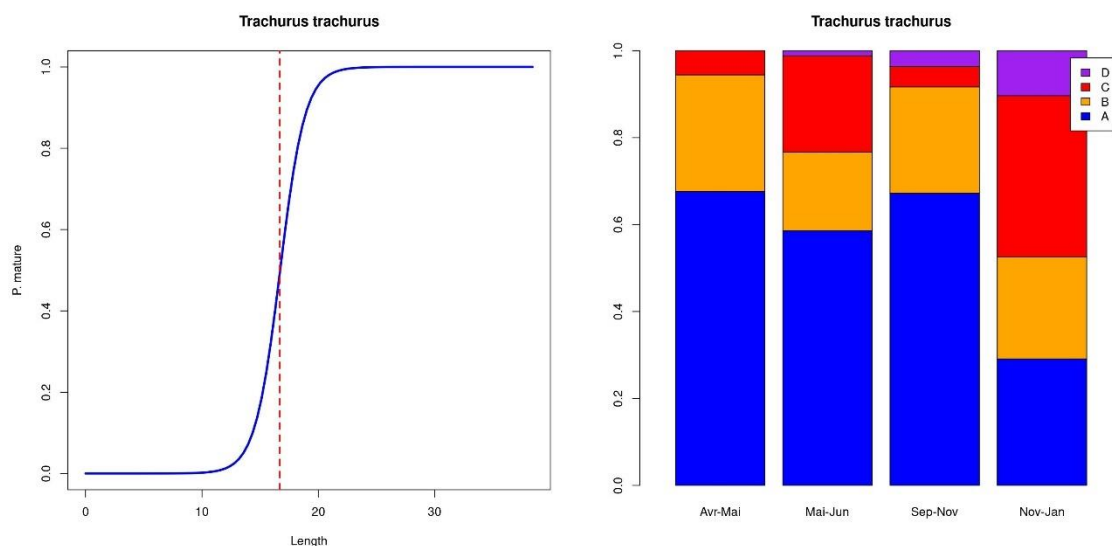


Figure S26. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) du chinchard commun femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 17cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

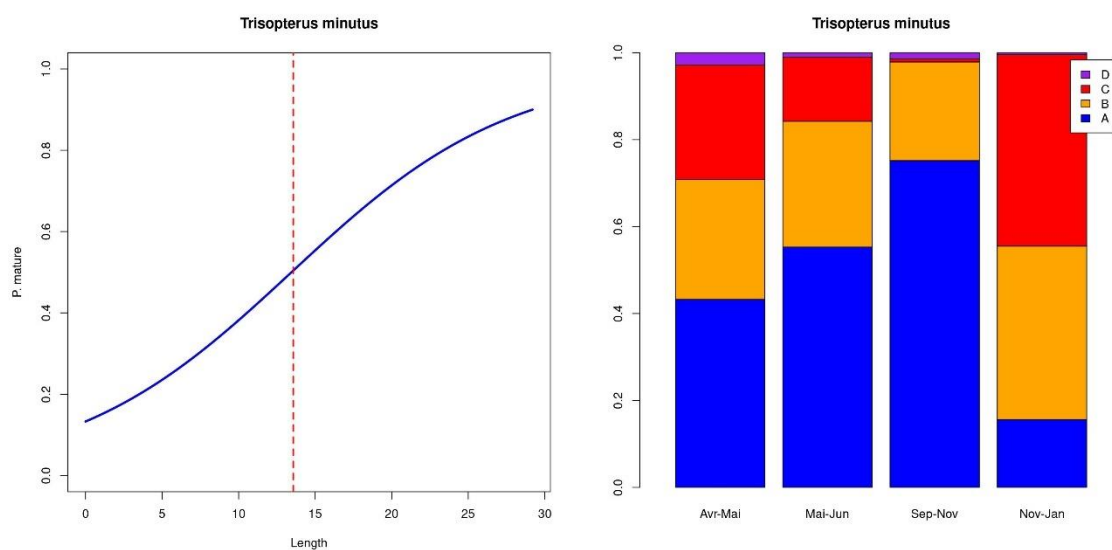


Figure S27. Á gauche : Ogive de maturité (en bleu) du capelan femelle. La L50 (ligne rouge) est proche de 14cm. Á droite : Répartition des stades de maturité sexuelle de cette espèce au cours de l'année

## 8.6 Annexe 6 : Liste des espèces cartographiées et taille à première maturité

Tableau S5. Liste des espèces cartographiées par krigeage et tailles à première maturité utilisées pour distinguer les juvéniles des adultes. Les tailles sont données en cm (longueur totale pour les poissons, et longueur céphalothoracique pour les mollusques et les crustacés). Si les adultes et les juvéniles n'ont pas été distingués, la valeur NA est indiquée.

Espèces cartographiées	Taille à maturité (De Rock et al. 2021)	Taille à maturité GOLDYS	Taille à maturité retenue pour distinguer les stades
<b>Alcyonium palmatum</b>	NA	NA	NA
<b>Alloteuthis</b>	NA	NA	NA
<b>Antedon</b>	NA	NA	NA
<b>Argentina sphyraena</b>	NA	NA	NA
<b>Astropecten irregularis pentacanthus</b>	NA	NA	NA
<b>Boops boops</b>	NA	15.3	15.3
<b>Capros aper</b>	NA	NA	NA
<b>Cepola macrophthalma</b>	NA	NA	NA
<b>Cidaris cidaris</b>	NA	NA	NA
<b>Corella parallelogramma</b>	NA	NA	NA
<b>Dardanus arrosor</b>	NA	NA	NA
<b>Deltentosteus quadrimaculatus</b>	NA	NA	NA
<b>Diazona violacea</b>	NA	NA	NA
<b>Distomus variolosus</b>	NA	NA	NA
<b>Eledone cirrhosa</b>	9	NA	9
<b>Eledone moschata</b>	9	NA	9
<b>Engraulis encrasicolus</b>	8.5	NA	8.5
<b>Eutrigla gurnardus</b>	21	16	16
<b>Funiculina quadrangularis</b>	NA	NA	NA
<b>Gracilechinus acutus</b>	NA	NA	NA
<b>Illex coindetii</b>	15	NA	15
<b>Lepidotrigla cavillone</b>	NA	NA	NA
<b>Leptometra</b>	NA	NA	NA
<b>Lophius budegassa</b>	41	29.7	29.7
<b>Lophius piscatorius</b>	51	42.2	42.2
<b>Macroramphosus scolopax</b>	NA	NA	NA
<b>Merluccius merluccius</b>	29	30	30
<b>Molgulidae</b>	NA	NA	NA
<b>Mullus barbatus</b>	8.6	8.1	8
<b>Nephrops norvegicus</b>	3	1.7	1.7
<b>Ocnus planci</b>	NA	NA	NA
<b>Octopus vulgaris</b>	12	NA	12
<b>Ophiothrix quinquemaculata</b>	NA	NA	NA
<b>Pagellus acarne</b>	20	NA	20
<b>Pagellus bogaraveo</b>	30	28.4	28.4
<b>Pagellus erythrinus</b>	16	NA	16

Espèces cartographiées	Taille à maturité (De Rock et al. 2021)	Taille à maturité GOLDYS	Taille à maturité retenue pour distinguer les stades
<i>Pagurus prideaux</i>	NA	NA	NA
<i>Parapenaeus longirostris</i>	4	2.8	2.8
<i>Parastichopus regalis</i>	NA	NA	NA
<i>Pyridae</i>	NA	NA	NA
<i>Raja clavata</i>	80	63.3	63.3
<i>Sardina pilchardus</i>	10.5	NA	10.5
<i>Sardinella aurita</i>	NA	NA	NA
<i>Scomber colias</i>	18	NA	18
<i>Scomber scombrus</i>	21	25.3	25.3
<i>Serranus hepatus</i>	NA	NA	NA
<i>Sparus aurata</i>	NA	NA	NA
<i>Spatangus purpureus</i>	NA	NA	NA
<i>Spicara flexuosa</i>	NA	NA	NA
<i>Sprattus sprattus</i>	NA	NA	NA
<i>Tethyaster subinermis</i>	NA	NA	NA
<i>Trachurus mediterraneus</i>	23	17.7	17.7
<i>Trachurus trachurus</i>	16	16.7	16.7
<i>Trigla lyra</i>	NA	NA	NA
<i>Trisopterus minutus</i>	13	14.7	14.7
<i>Veretillum cynomorium</i>	NA	NA	NA



## 8.7 Annexe 7 : Distribution des espèces dominantes complémentaires

### 8.7.1 Invertébrés benthiques

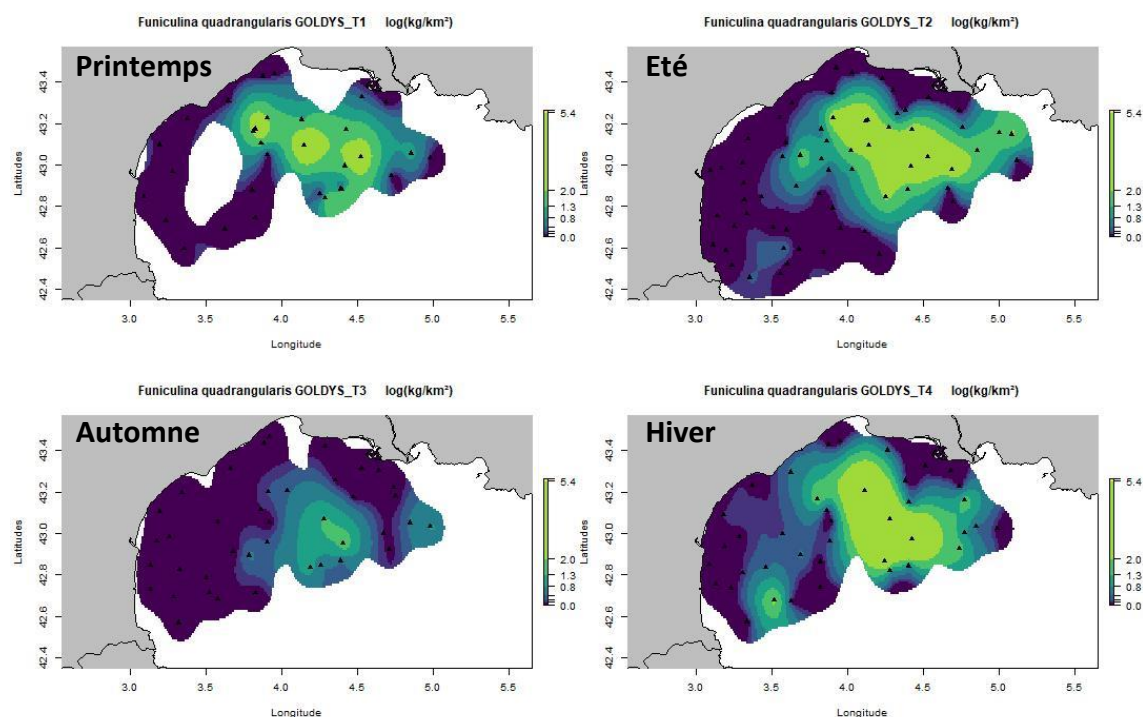


Figure S28. Distribution saisonnière de la grande pennatule, *Funiculina quadrangularis*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

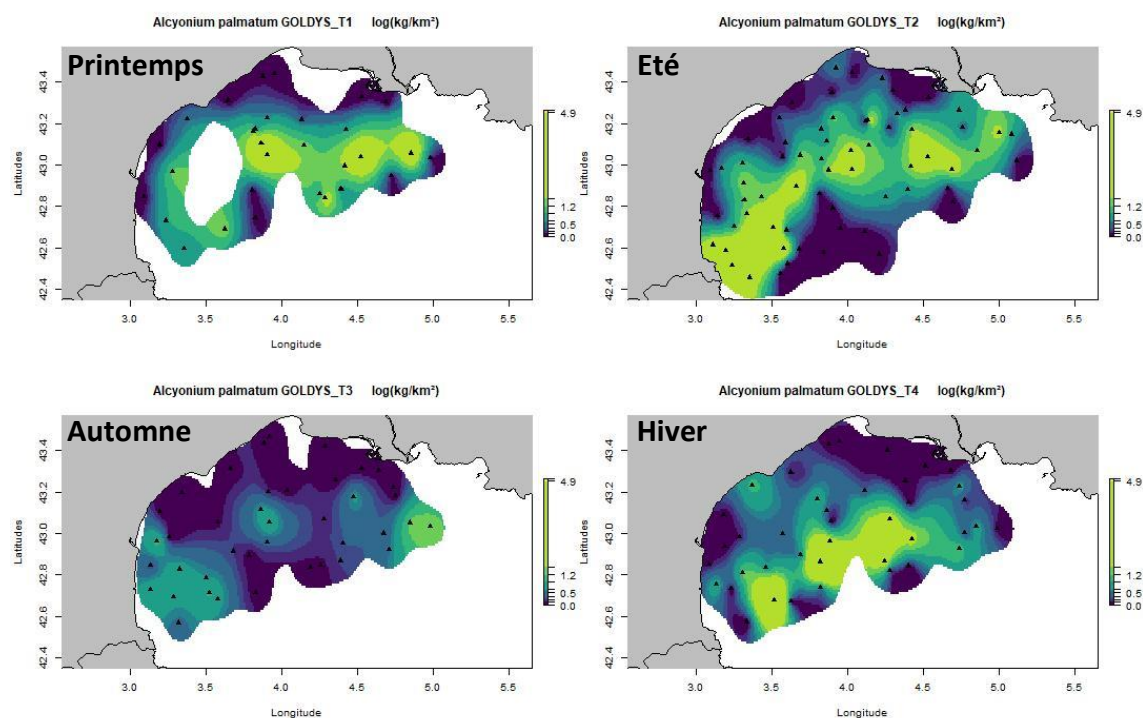


Figure S29. Distribution saisonnière de la main de mer, *Alcyonium palmatum*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

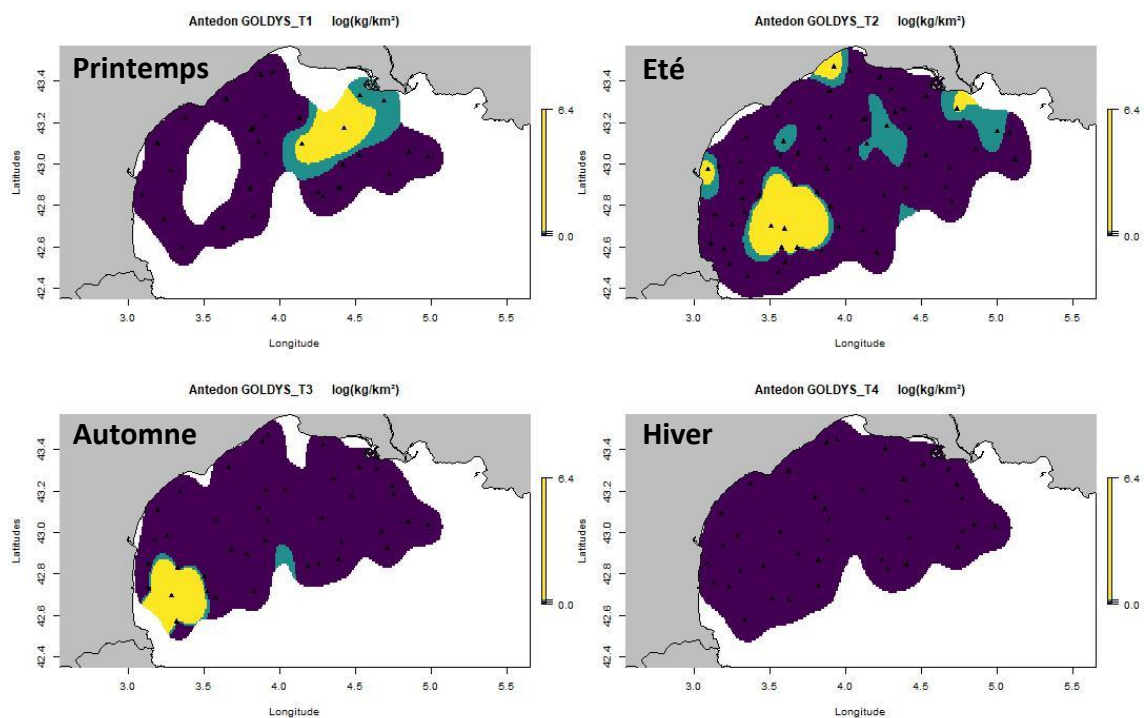


Figure S30. Distribution saisonnière de la comatule, *Antedon* sp, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

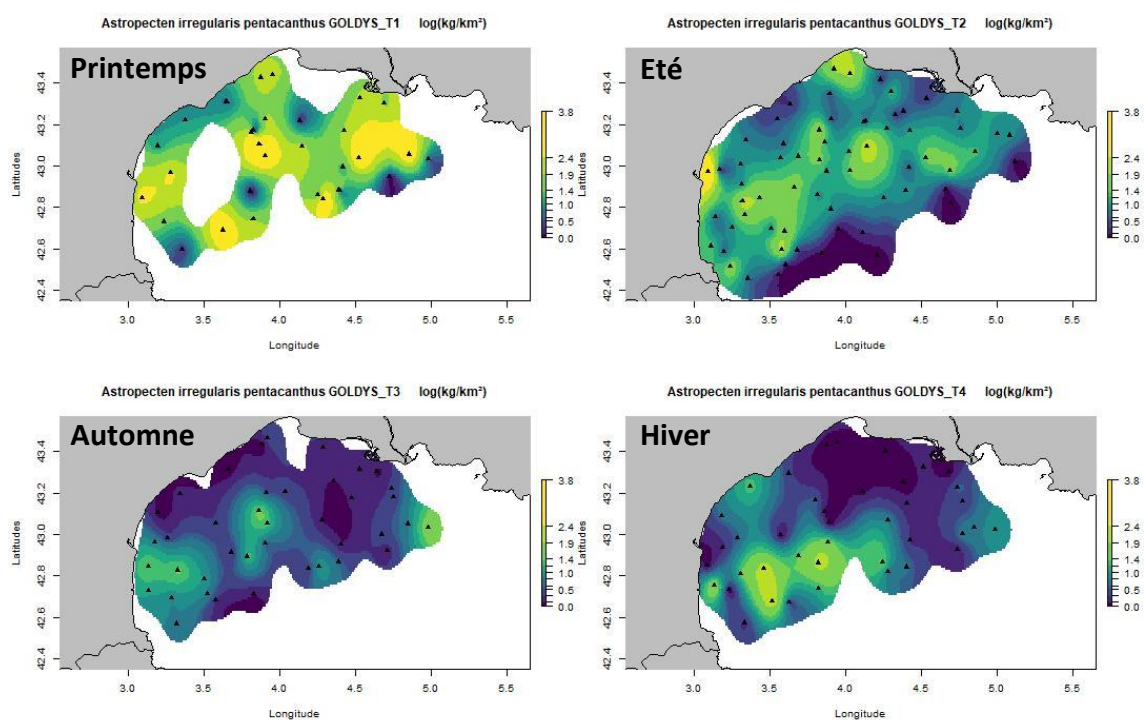


Figure S31. Distribution saisonnière de la petite étoile peigne, *Astropecten irregularis pentacanthus*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

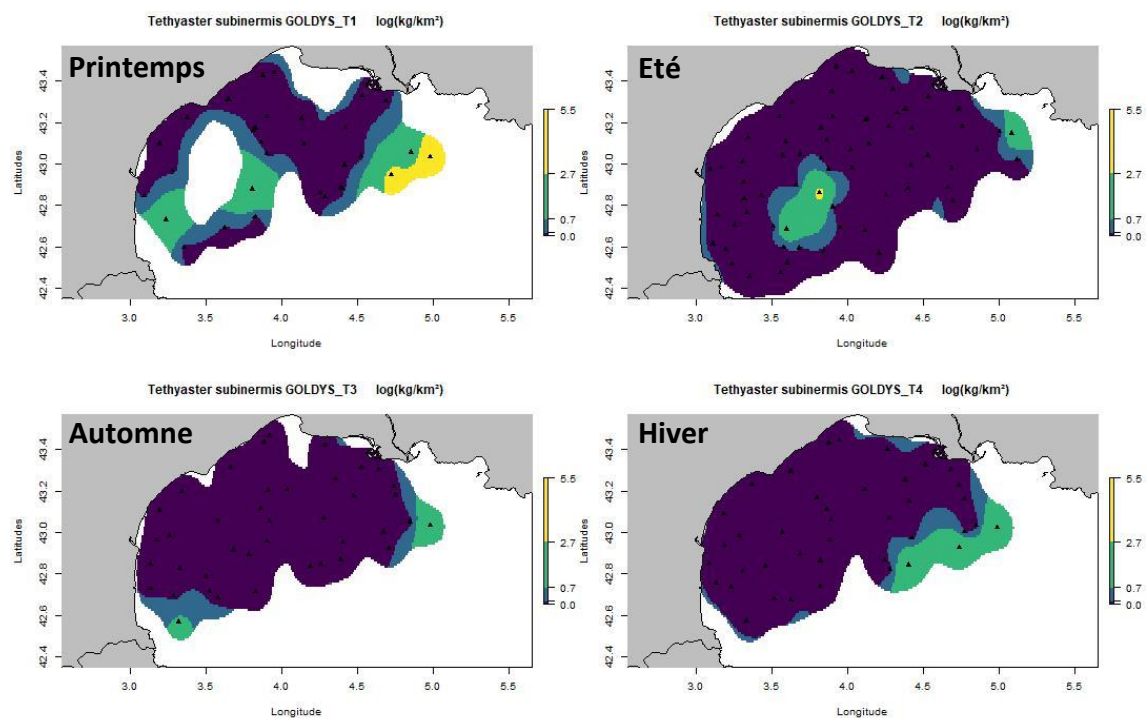


Figure S32. Distribution saisonnière de l'étoile de mer orange profonde, *Tethyaster subinermis*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

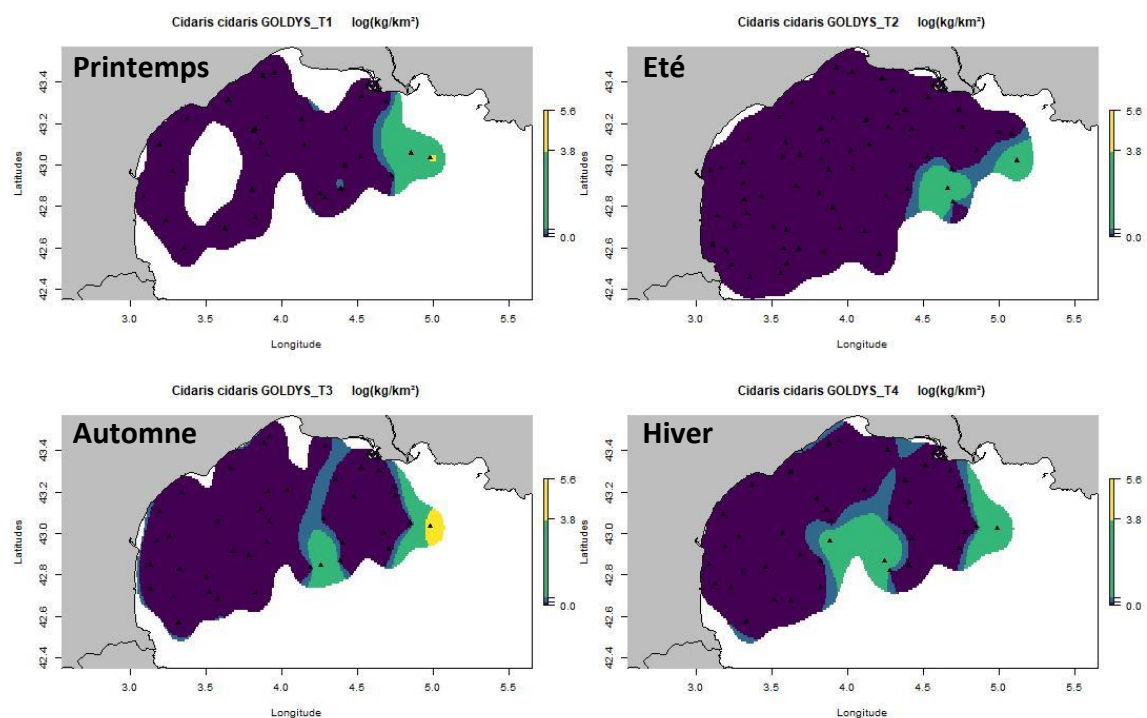


Figure S33. Distribution saisonnière de l'oursin crayon, *Cidaris cidaris*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .



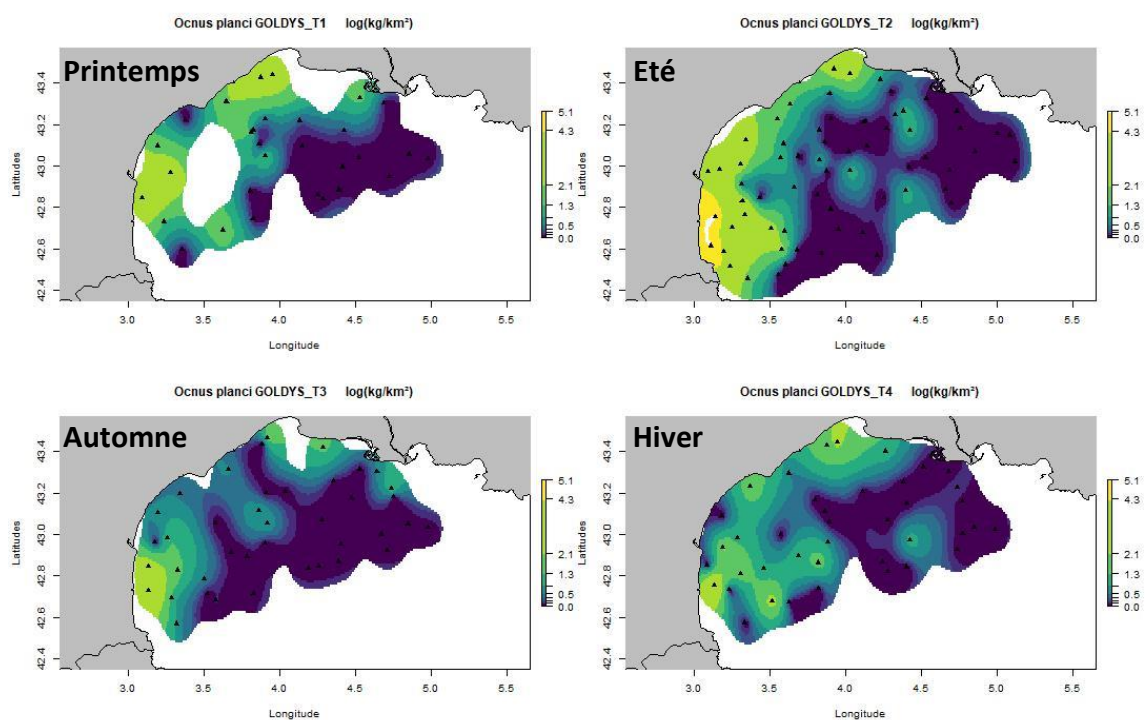


Figure S34. Distribution saisonnière du lèche-doigts de Plancus, *Ocnus planci*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

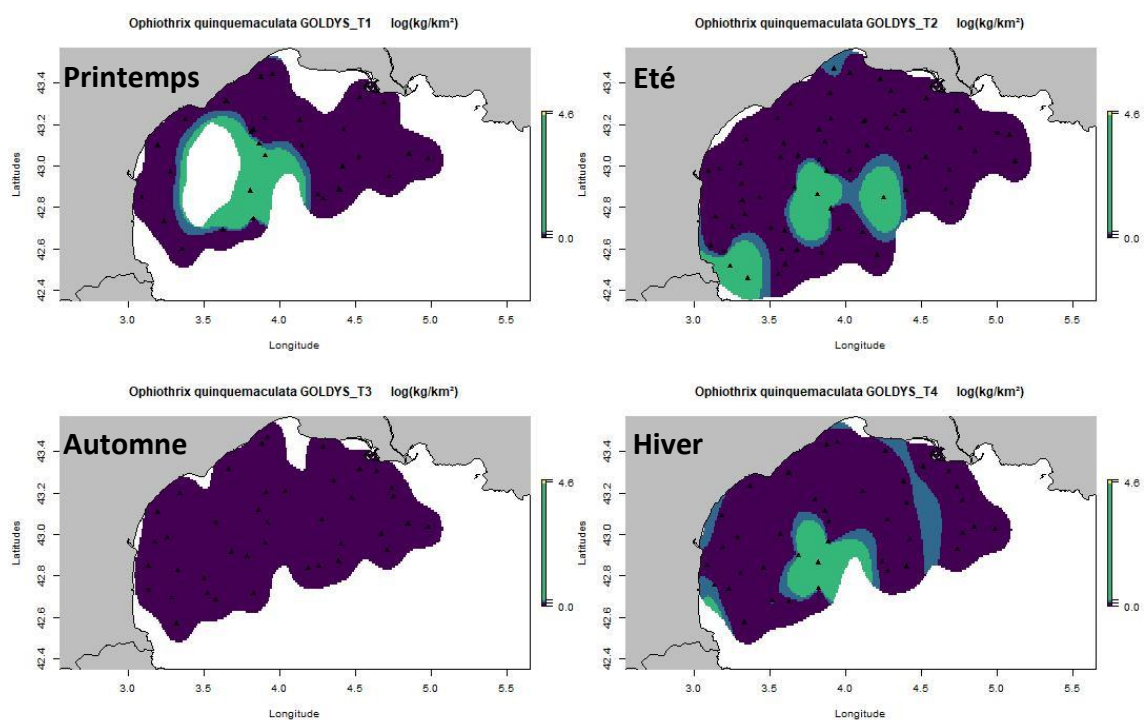


Figure S35. Distribution saisonnière de l'ophiure, *Ophiothrix quinque maculata*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

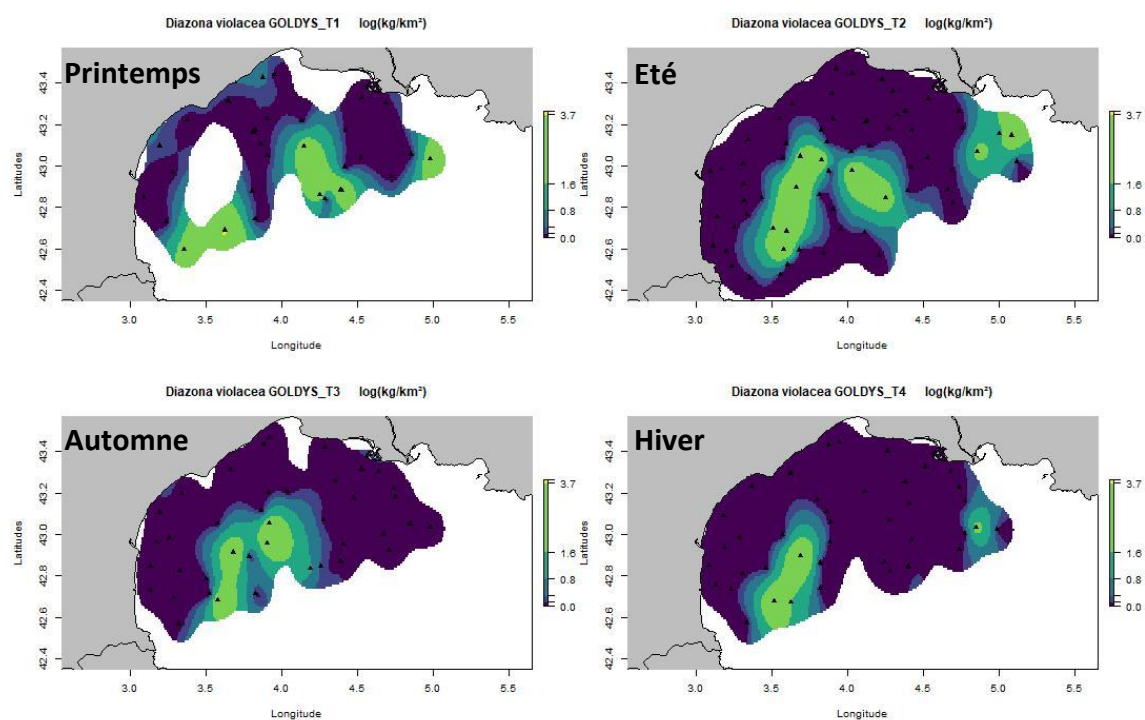


Figure S36. Distribution saisonnière de la diazone violette, *Diazona violacea*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

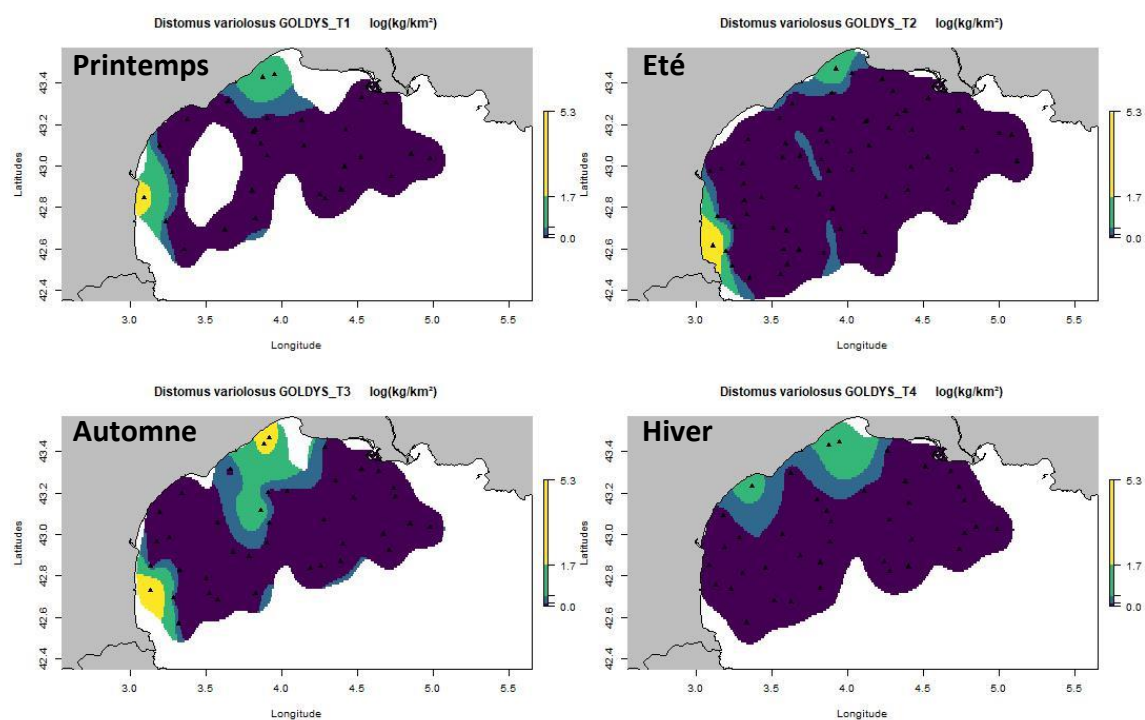


Figure S37. Distribution saisonnière de l'ascidie varioleuse, *Distomus variolosus*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .



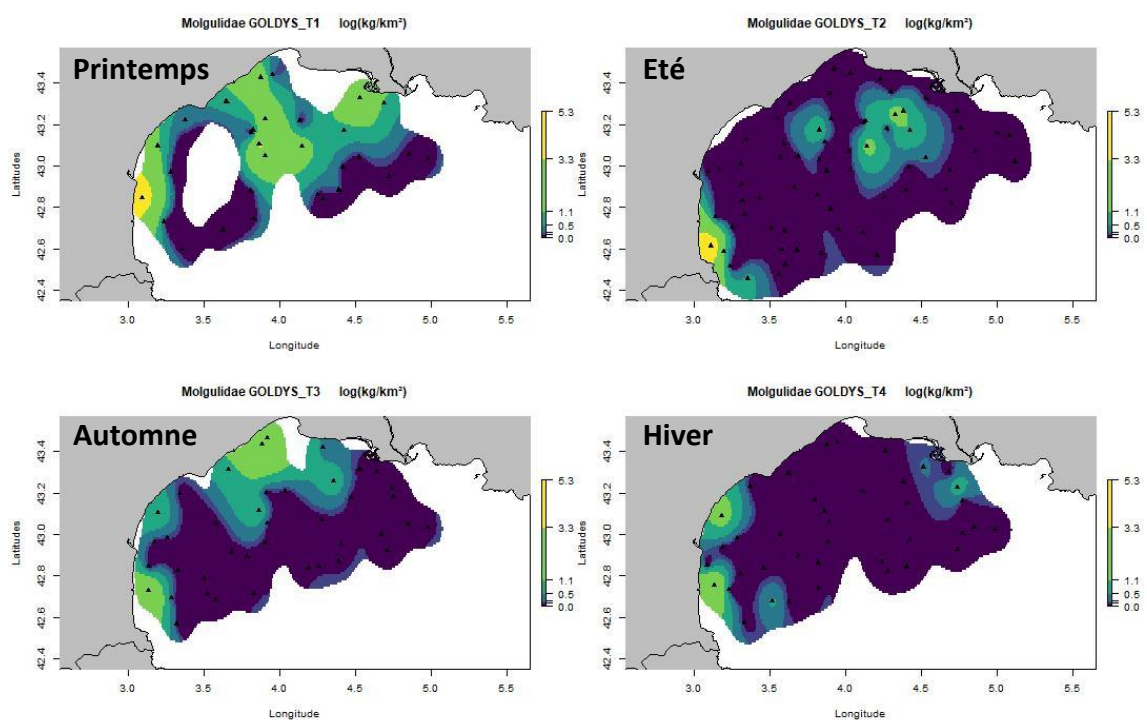


Figure S38. Distribution saisonnière des ascidies de la famille des Molgulidae en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

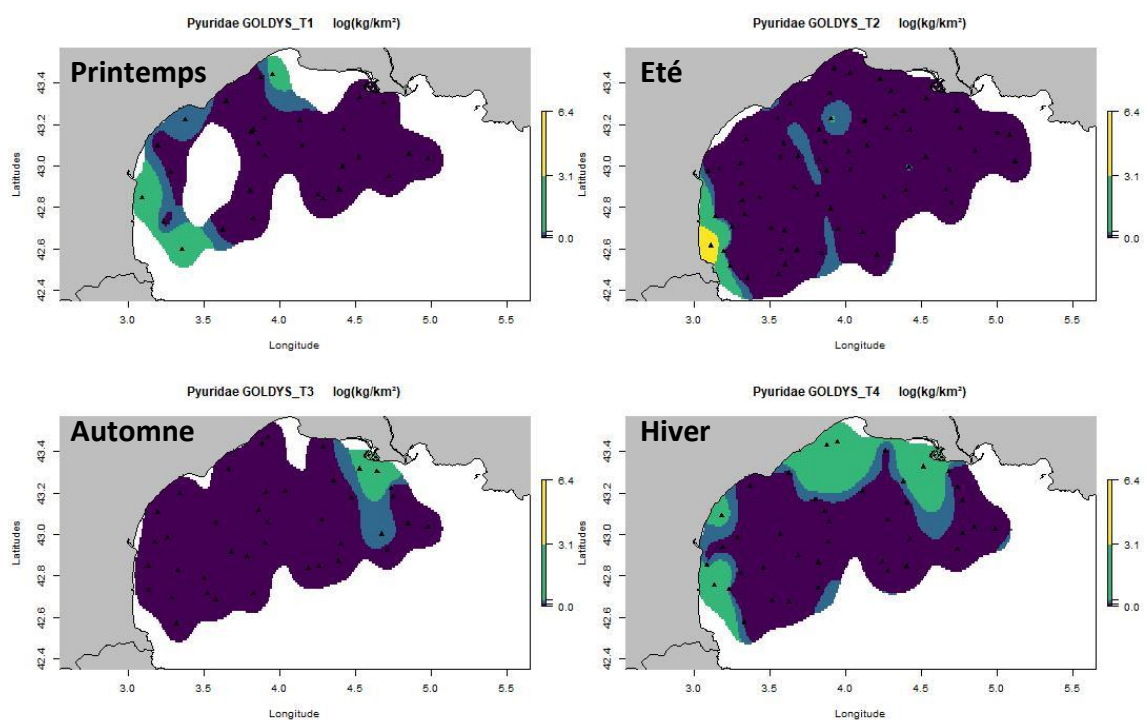


Figure S39. Distribution saisonnière des ascidies de la famille des Pyuridae en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

## 8.7.2 Poissons

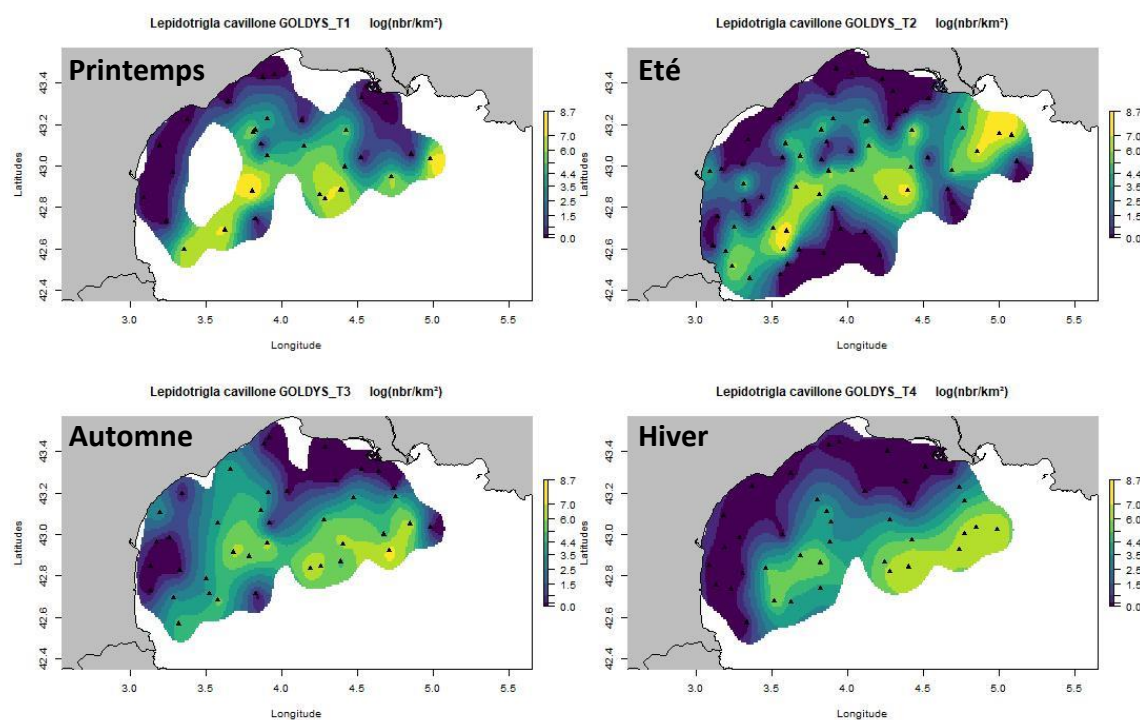


Figure S40. Distribution saisonnière du grondin cavillone, *Lepidotrigla cavillone*, en  $\log(\text{kg}/\text{km}^2)$ .

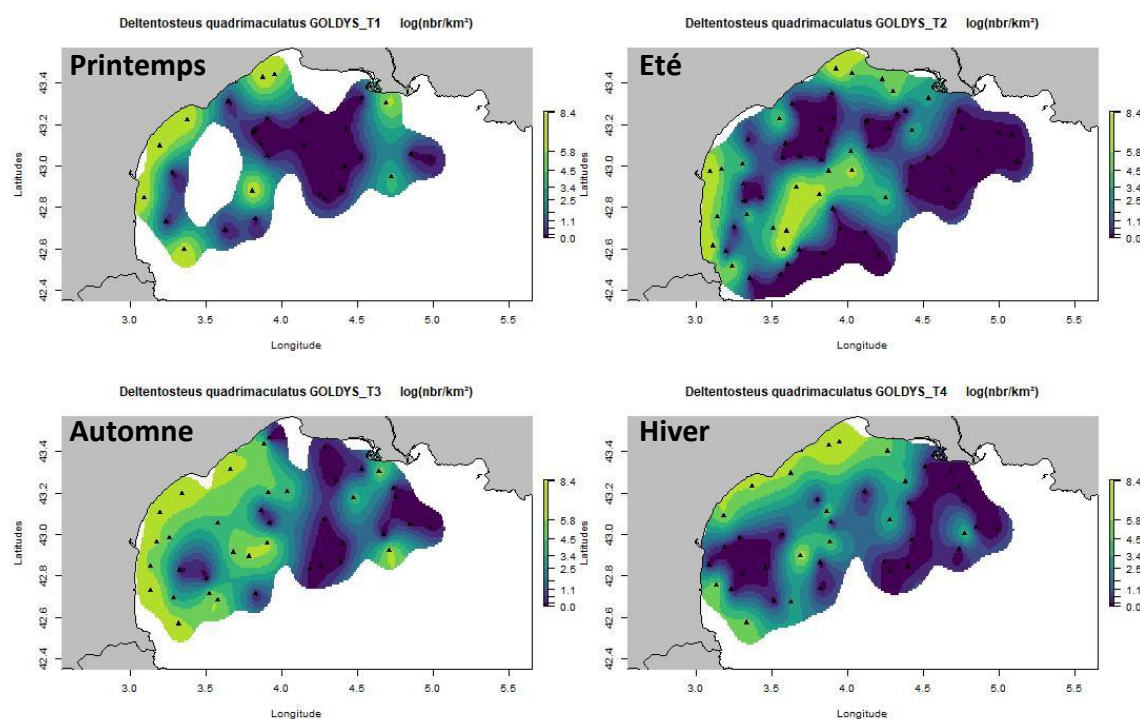


Figure S41. Distribution saisonnière du Gobie à quatre taches, *Deltentosteus quadrimaculatus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .

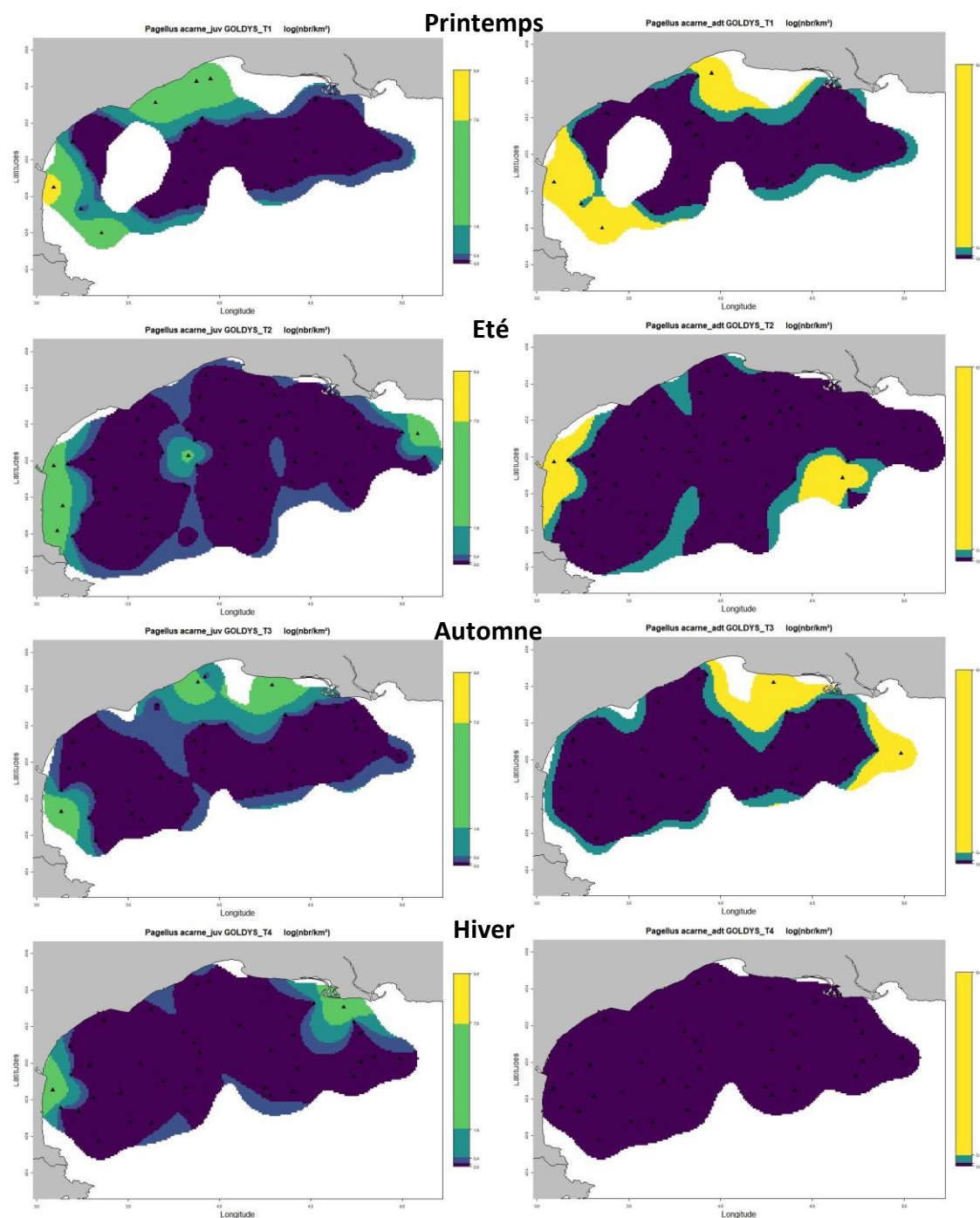


Figure S42. Distribution saisonnière du pageot blanc, *Pagellus acarne*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 20 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



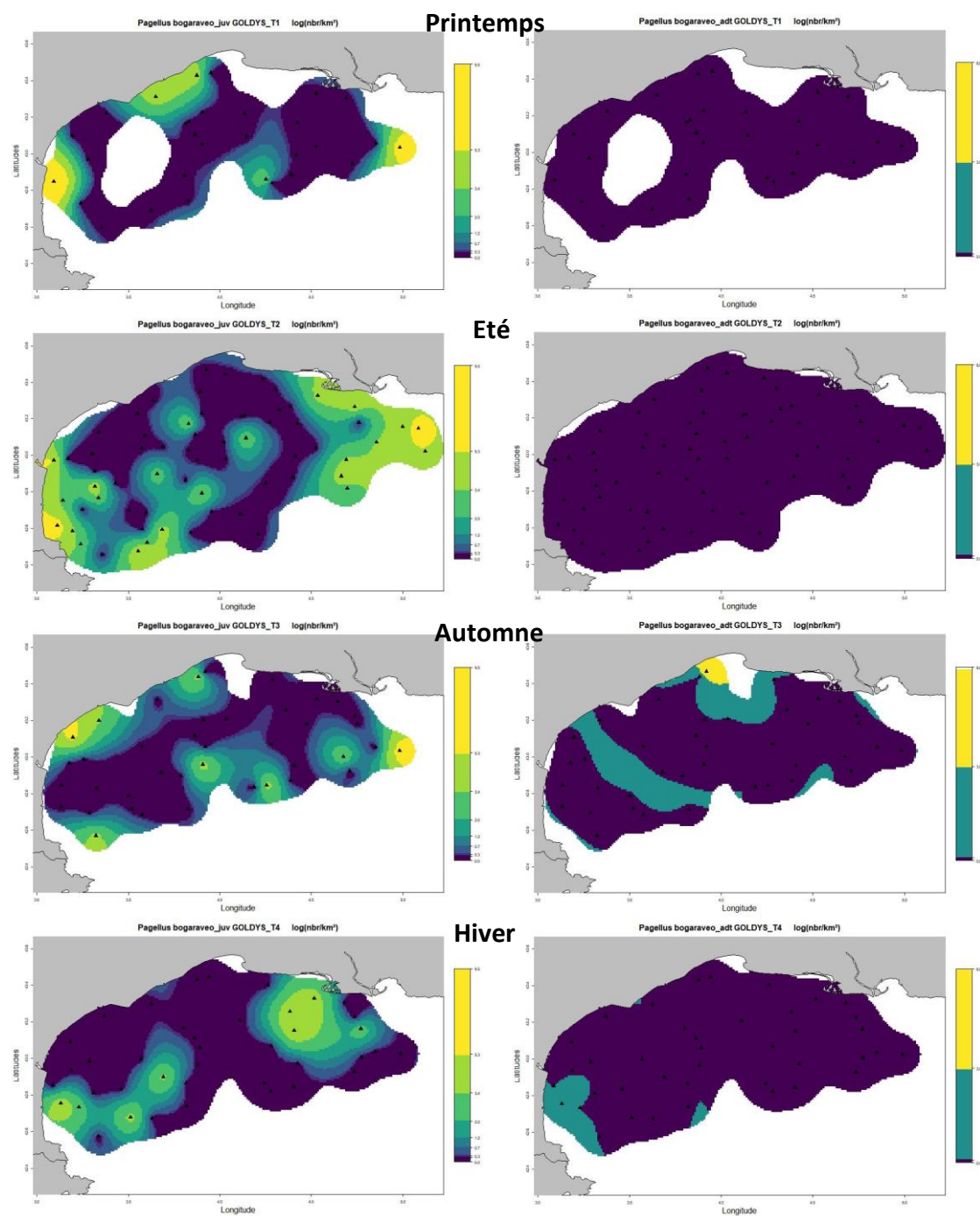


Figure S43. Distribution saisonnière du pageot rose, *Pagellus bogaraveo*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 28.4 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

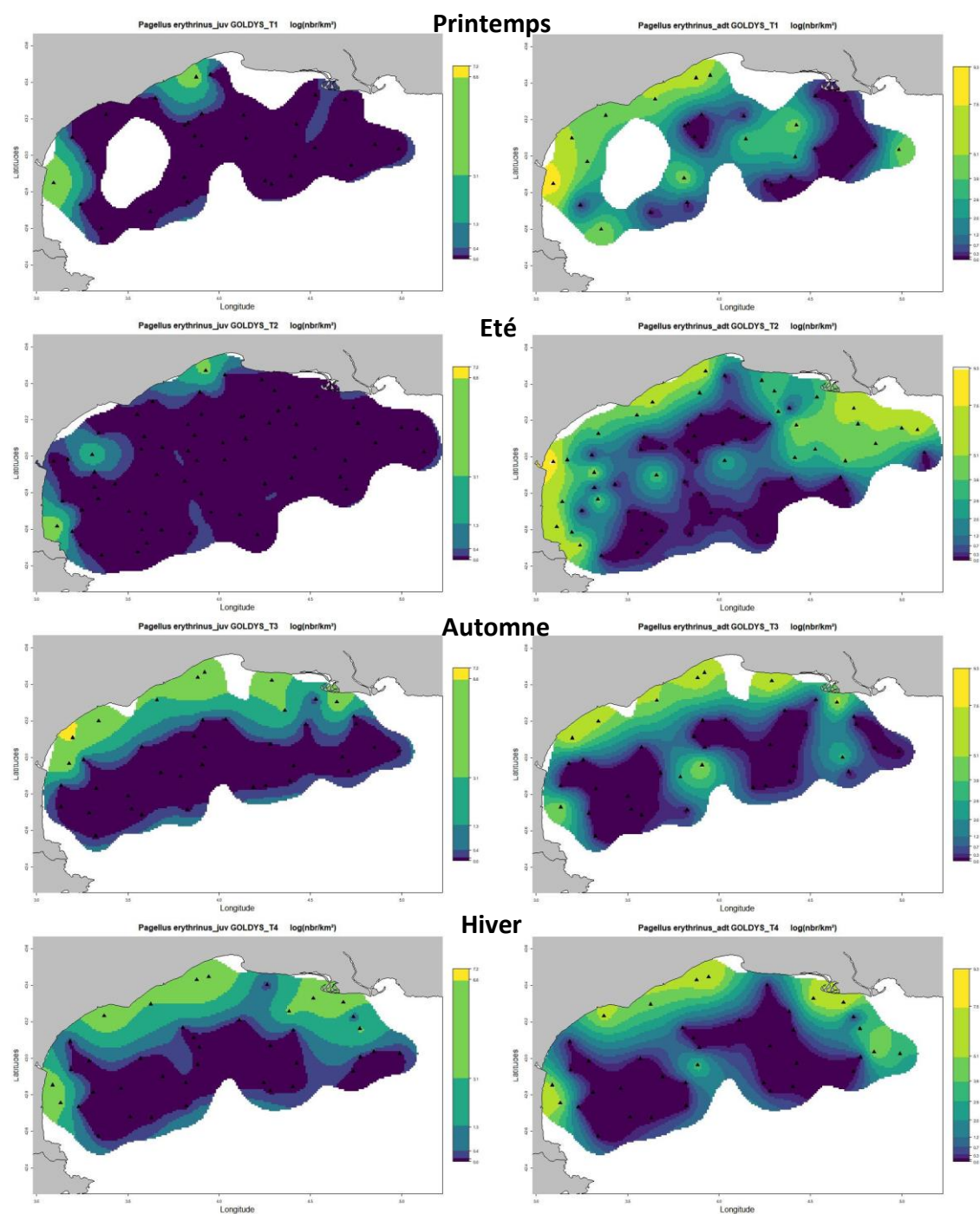


Figure S44. Distribution saisonnière du pageot commun, *Pagellus erythrinus*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 16 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).



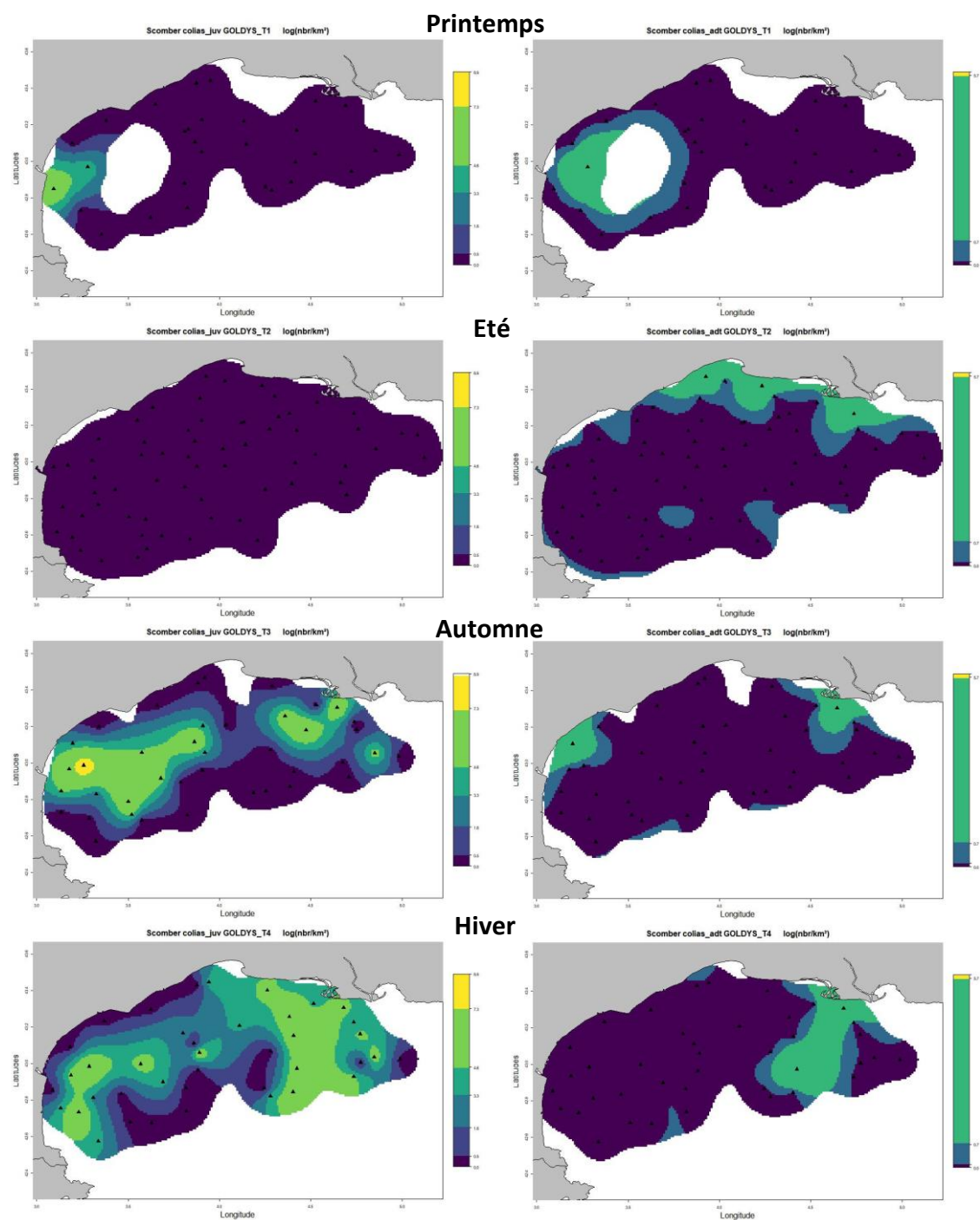


Figure S45. Distribution saisonnière du maquereau espagnol, *Scomber colias*, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ . Les individus de moins de 18 cm (longueur totale) étaient considérés comme des juvéniles (colonne de gauche) et les autres des adultes (colonne de droite).

### 8.7.3 Céphalopode

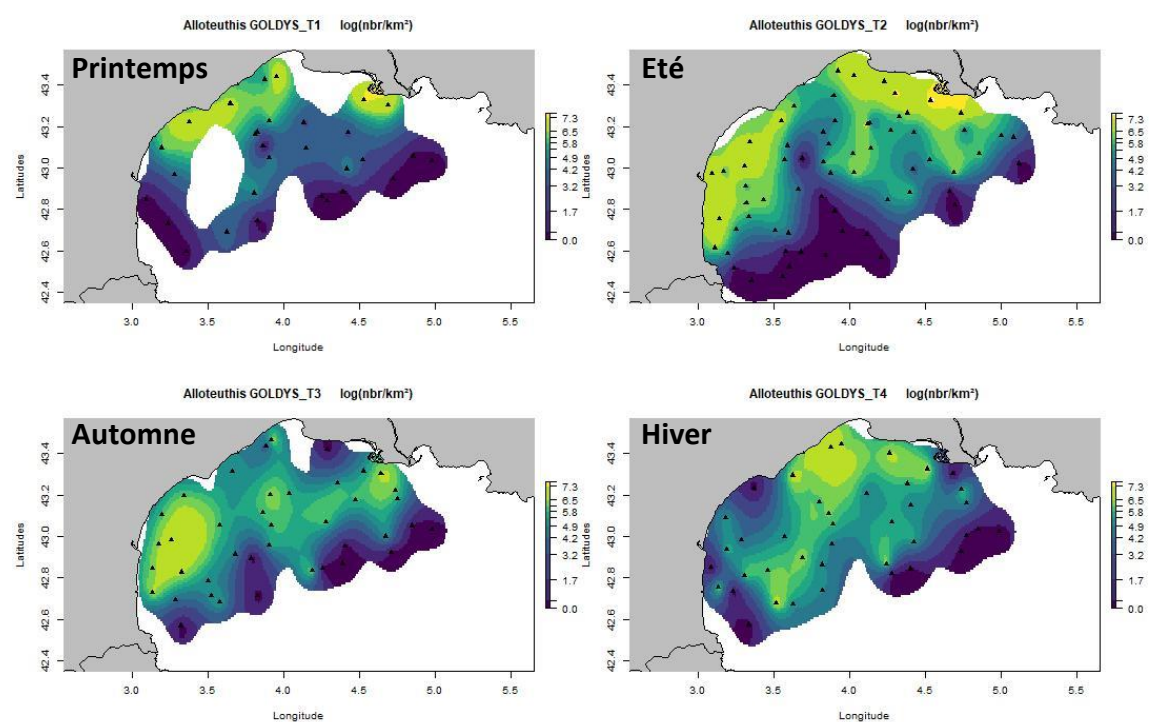


Figure S46. Distribution saisonnière du piste, *Alloteuthis* sp, en  $\log(\text{nbr}/\text{km}^2)$ .