



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Parc éolien au large de la Bretagne Sud (AO5) – état actuel de l’environnement

Rapport final sur le compartiment
« Poissons, mollusques et crustacés »



Mars 2025

REVISIONS

Version	Date	Description	Auteurs	Relecteurs
1.0	30/08/2024	Version initiale	S. FOURNIER G. ALLAIN E. BOCHER R. MARQUES	Y. PATRY P. BORNENS
2.0	28/03/2025	Prise en compte des commentaires du rapport d'expertise d'Iframer sur les rapports d'état initial de l'environnement de la zone de parc éolien de Bretagne Sud (AO5) en date du 19/12/24	S. FOURNIER G. ALLAIN E. BOCHER R. MARQUES	Y. PATRY P. BORNENS

COORDONNEES

Siège social	Directeur de projet	Responsable d'affaire
setec énergie environnement	Philippe BORNENS	Françoise LEVEQUE
Immeuble Central Seine 42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230 75583 Paris cedex 12	358 ZA La Grande Halte 29940 La Forêt-Fouesnant	358 ZA La Grande Halte 29940 La Forêt-Fouesnant
Tél +33 1 82 51 55 55 Fax +33 1 82 51 55 56 environnement@setec.fr www.setec.fr	Tél. +33 (0)2 98 51 44 79 Mob. +33 (0)6 07 97 09 14 philippe.bornens@setec.com	Tél +33 (0)2 98 51 47 71 Mob +33 (0)6 31 40 54 07 francoise.leveque@setec.com

Sommaire

1. Introduction	16
2. Matériels et méthodes.....	16
2.1 Stratégie d'échantillonnage.....	16
2.2 Périodes et fréquences d'acquisition.....	17
2.3 Localisation des stations et moyens nautiques et matériels.....	19
2.3.1 Stades larvaires et œufs (ichthyoplancton)	19
2.3.2 Stades adultes et juvéniles – espèces benthodémersales.....	22
2.3.2.1 Chalut de fond à panneaux (substrats meubles)	22
2.3.2.2 Filet trémail (faciès rocheux)	24
2.4 Paramètres mesurés et analyse de données	27
2.4.1 Stades larvaires et œufs (ichthyoplancton)	27
2.4.1.1 Abondance et structure	27
2.4.1.2 Répartition spatiale	28
2.4.1.3 Comparaison de l'abondance et de la structure taxonomique de la communauté entre la zone potentiellement impactée et la zone témoin	28
2.4.2 Stades adultes et juvéniles – espèces benthodémersales.....	29
2.4.2.1 Chalut de fond à panneaux (substrats meubles)	29
2.4.2.1.1 Données collectées	29
2.4.2.1.2 Abondance et biomasse (CPUE)	29
2.4.2.1.3 Analyses multivariées	29
2.4.2.1.4 Indices de diversité spécifique	30
2.4.2.1.5 Approche fonctionnelle	31
2.4.2.2 Filet trémail (faciès rocheux)	34
2.4.2.2.1 Données collectées	34
2.4.2.2.2 Abondance et biomasse (CPUE)	34
3. Résultats	35
3.1 Stades larvaires et œufs (ichthyoplancton)	35
3.1.1 Paramètres physico-chimiques.....	35
3.1.2 Larves et œufs de poissons.....	39
3.1.2.1 Richesse taxonomique.....	39
3.1.2.1 Comparaison de l'abondance et de la structure spécifique de la communauté entre la zone potentiellement impactée et la zone témoin	45
3.1.2.1 Dynamique temporelle des larves et œufs de poissons	48
3.1.2.2 Composition	50
3.1.2.2.1 Espèces pélagiques.....	52
3.1.2.2.2 Espèces démersales.....	69
3.1.2.2.3 Espèces benthiques	86

3.1.3 Stades larvaires de crustacés et d'autres groupes taxonomiques	93
3.3 Stades adultes et juvéniles	97
3.3.1 Chalut de fond à panneaux (substrats meubles)	97
3.3.1.1 Abondance, biomasse	97
3.3.1.2 Richesse et diversité spécifique	101
3.3.1.3 Composition des communautés	105
3.3.1.3.1 Fréquence d'occurrence	105
3.3.1.3.2 Composition globale en espèces	107
3.3.1.4 Organisation et zonation des peuplements	109
3.3.1.5 Approche fonctionnelle	113
3.3.1.5.1 Traits fonctionnels moyens de la communauté benthodémersale par campagne	113
3.3.1.5.2 Clustering de la communauté benthodémersale	114
3.3.1.5.3 Cartographie du niveau trophique	115
3.3.1.5.4 Cartographie des clusters	116
3.3.1.6 Autres espèces observées dans les captures au chalut de fond	117
3.3.1.6.1 Espèces de poissons pélagiques	117
3.3.1.6.2 Espèces de macro-crustacés	122
3.3.2 Filet trémail	123
3.3.2.1 Abondance, biomasse	123
3.3.2.1 Richesse et diversité spécifique	127
3.3.2.2 Composition des communautés	129
3.3.2.2.1 Fréquence d'occurrence	129
3.3.2.2.2 Composition globale en espèces	131
3.3.3 Focus sur quelques espèces benthodémersales de poissons et de céphalopodes	134
3.3.3.1 Merlu	134
3.3.3.2 Baudroies	139
3.3.3.3 Sole commune	144
3.3.3.4 Tacaud commun	148
3.3.3.5 Cardine franche	152
3.3.3.6 Petite rousette	155
3.3.3.7 Congre commun	159
3.3.3.8 Seiche commune	162
3.3.4 Focus sur quelques espèces de crustacés	165
3.3.4.1 Langoustine	165
3.3.4.2 Langouste rouge	169
3.3.4.3 Tourteau	172
3.3.5 Focus sur quelques espèces de poissons pélagiques	175
3.3.5.1 Chinchard commun	175

3.3.5.2 Anchois	178
3.3.5.3 Merlan bleu	180
4. Discussion et lien entre les compartiments	183
4.1 Principales tendances de l'ichtyoplancton	183
4.2 Espèces benthodémersales aux stades adultes et juvéniles	184
5. Bibliographie.....	186

Liste des photos

Photo 1 : Le Minibex (source : Sylvain Reyt / Faune Océan, 2022)	20
Photo 2 : Illustrations du double filet Bongo (source : setec énergie environnement, 2022)	21
Photo 3 : Le Phalène (chalut de fond) (source : setec énergie environnement, 2022).....	23
Photo 4 : La Belladone (fileyeur ; source : A. Ruijter)	25
Photo 5 : Illustrations issues d'une campagne de pêche au Filet Trémail (source : setec énergie environnement, 2022)	26
Photo 6 : Exemples d'œufs et larves de poisson observés à différentes stations et différentes campagnes (source : © Nalani Schnell, MNHN)	43
Photo 7 : Stades larvaires de Crustacés (source : DORIS)	95
Photo 8 : Larve Phyllosome de langouste rouge (source : DORIS)	96

Liste des figures

Figure 1 : Représentation des périodes pouvant être ciblées pour l'échantillonnage des poissons, mollusques et crustacés. Les périodes cibles seront définies par une période de quelques semaines considérées comme propice à l'acquisition des données (source : setec énergie environnement, 2024).....	17
Figure 2 : Localisation des stations d'échantillonnage « Icthyoplancton » (source : setec énergie environnement, 2023 à partir du SHOM 2020 /2021/2015)	19
Figure 3 : Localisation des stations d'échantillonnage « Chalut de fond » (source : setec énergie environnement, 2023).	22
Figure 4 : Illustration d'un chalut de fond à panneaux, caractéristiques et gréements (source : https://hourdem.ifremer.fr/).	23
Figure 5 : plan du chalut de fond utilisé	24
Figure 6 : Localisation des stations d'échantillonnage « Filet trémail » positionnées au sein des matrices rocheuses cartographiées (source : setec énergie environnement, 2023)	25
Figure 7 : Modèle triangulaire d'histoire de vie illustrant les gradients environnementaux sélectionnant les stratégies de point final (de Winemiller 2005)	31
Figure 8 : Boxplot illustrant la distribution des valeurs des traits fonctionnels selon les stratégies opportuniste, périodique et équilibrée.....	33
Figure 9 : Évolution de la température (°C) à chaque trait de filet de chaque station (en ligne) entre mai 2022 et mars 2024 (campagne en colonne) en fonction de la profondeur (source : setec énergie environnement, 2024)	36
Figure 10 : Évolution de la salinité (PSU) à chaque trait de filet de chaque station (en ligne) entre mai 2022 et mars 2024 (campagne en colonne) en fonction de la profondeur (source : setec énergie environnement, 2024)	38
Figure 11 : Courbe d'accumulation par échantillon de la richesse spécifique des larves de poissons par zone : zone immédiate en bleu et zone rapprochée en rouge (source : setec énergie environnement, 2024)	44
Figure 12 : Courbe d'accumulation par échantillon de la richesse spécifique des oeufs de poissons par zone : zone immédiate en bleu et zone rapprochée en rouge (source : setec énergie environnement, 2024)	45
Figure 13 : Moyenne (\pm erreur standard) de l'abondance totale par zone et par mois (5 stations dans la zone immédiate et 4 stations dans la zone rapprochée) pour les œufs (en haut) et les larves (en bas).....	47
Figure 14 : Abondance en nombre/m ³ des larves et œufs par campagne entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)	49
Figure 15 : Proportion de l'abondance des types d'espèces (pélagiques, démersales, benthiques et non identifiées), tous stades confondus, par campagne d'avril 2022 à mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)	51

Figure 16 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne par campagne (œufs et larves confondus) des espèces pélagiques d'avril 2022 à mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)..... 53

Figure 17 : Evolution temporelle (a) de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale (b) de l'abondance des œufs d'anchois commun entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024) 55

Figure 18 : a) Distribution de l'abondance d'œufs moyenne d'anchois au printemps dans le Golfe de Gascogne entre 2000 et 2017 à partir des données de surface CUFES de la campagne PELGAS (source : Huret et al. 2018) ; b) distribution de l'abondance d'œufs moyenne d'anchois issue de la campagne BIOMAN2024 en 2024 obtenue par échantillonnage avec filet vertical (source : ICES 2024). Le carré orange indique la zone approximative de notre site d'étude..... 56

Figure 19 : Evolution temporelle (a) de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale (b) de l'abondance des œufs de chinchard commun entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024) 58

Figure 20 : Production d'œufs de chinchard commun au stade I (œufs/m²/jour) dans trois périodes en 2022 : a) 9 - 29 avril, b) 30 avril - 31 mai, c) du 1er au 30 juin (source : ICES, 2024a). Le carré noir indique la zone approximative de notre site d'étude. 59

Figure 21 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de sardine entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024) 61

Figure 22 : a) Distribution de l'abondance moyenne d'œufs de sardine au printemps dans le Golfe de Gascogne entre 2000 et 2017 à partir des données de surface CUFES de la campagne PELGAS (source : Huret et al. 2018) ; b) distribution de l'abondance d'œufs de sardine issue de la campagne BIOMAN2024 en 2024 obtenue par échantillonnage avec filet vertical (source : ICES, 2024b). Le carré orange indique la zone approximative de notre site d'étude. 62

Figure 23 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de maquereau commun entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024) 64

Figure 24 : Effet partiel des prédictors géographiques (latitude, longitude et profondeur du fond) sur la densité des œufs à partir du modèle mixte GAM - la carte des contours indique la densité des œufs prédite par le modèle de distribution à différents endroits (Brunel et al., 2018) Le carré orange indique la zone approximative du site d'étude. 65

Figure 25 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de sprat entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024) 68

Figure 26 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne (œufs et larves confondus) des espèces démersales par campagne d'avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)..... 70

Figure 27 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de la famille des Gaidropsaridae avec en bas des illustrations des espèces qui pourraient correspondre aux stades collectés (source : setec énergie environnement, 2024) 73

Figure 28 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de rouqué (source : setec énergie environnement, 2024)..... 75

Figure 29 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de la famille des Mugilidae (source : setec énergie environnement, 2024)..... 77

Figure 30 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de tacaud commun (source : setec énergie environnement, 2024) 78

Figure 31 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves identifiées comme Gadidae sp. (source : setec énergie environnement, 2024)..... 79

Figure 32 : Distribution moyenne de la biomasse des individus matures de tacaud commun (*Trisopterus luscus*) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Février-Mai) sur la période 2008-2022 (source : Casemajor, Alglave and Woillez, 2024). Le carré noir indique la zone d'étude approximative. 80

Figure 33 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de merlu (source : setec énergie environnement, 2024)	82
Figure 34 : Distribution de la biomasse des individus matures de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Janvier-Mars) sur la période 2008-2022 (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) . Le carré noir indique la zone d'étude approximative.	83
Figure 35 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de bar (source : setec énergie environnement, 2024)	84
Figure 36 : a) Distribution de la biomasse moyenne des individus matures de bar commun (<i>Dicentrarchus labrax</i>) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Avril-Mars) sur la période 2008-2022 (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) ; b) Moyennes mensuelles des zones de frai du bar commun dans le golfe de Gascogne, pour la période 2008-2013, en janvier, février et mars, basées sur la probabilité de présence des adultes matures (source : Dambrine et al. 2021). Le carré noir indique la zone d'étude approximative.....	85
Figure 37 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne (œufs et larves confondus) des espèces benthiques par campagne d'avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024).....	87
Figure 38 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de targie naine (source : setec énergie environnement, 2024)	88
Figure 39 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de cardine franche (source : setec énergie environnement, 2024)	90
Figure 40 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de sole commune (source : setec énergie environnement, 2024)	91
Figure 41 : a) Distribution de la biomasse moyenne des individus matures de sole commune (<i>Solea solea</i>) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Janvier-Mars) sur la période 2008-2022 (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) ; b) Carte de densité des juvéniles (âge 0) la sole dans les zones sous conditions estuariennes du Golfe de Gascogne (source : Trimoreau et al. 2013)	92
Figure 42 : Densité en larves Zoés et Megalopes d'Eumalacostracés en nombre de larves par m ³ à chaque station entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)	94
Figure 43: Eléments de synthèse des captures au chalut de fond de poissons benthodémersaux et céphalopodes : abondance (en nombre d'individus, en haut), biomasse (en kg, au milieu) et nombre de taxons observés (en bas) (source : setec énergie environnement, 2024)	98
Figure 44 : Quelques espèces de poissons benthiques et démersales observées au chalut de fond sur la zone d'étude. De gauche à droite et de haut en bas : merlu, baudroie, cardine franche, petite roussette, tacaud commun, sole commune (échelles différentes, ©Ifremer).	98
Figure 45 : Evolution des indices de biomasse (en kg/ha) et d'abondance (en nombre d'individus/ha) de poissons et de céphalopodes observées sur les 8 campagnes au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).	99
Figure 46 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg/ha) observées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	100
Figure 47 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en ind./ha) observés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	100
Figure 48 : Synthèse par boxplot des indices de diversité par campagne et par type de station pour le chalut de fond : richesse spécifique (à gauche), indice de Shannon (au centre) et indice d'équitabilité de Pielou (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).....	101
Figure 49 : Evolution des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).....	102
Figure 50 : Cartographie des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	102

Figure 51 : Evolution des indices de diversité de Shannon–Wiener des stations échantillonnées au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).	103
Figure 52 : Cartographie des indices de diversité de Shannon–Wiener des stations échantillonnées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	103
Figure 53 : Evolution des indices d'équitabilité de Piélou des stations échantillonnées au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).	104
Figure 54 : Cartographie des indices d'équitabilité de Piélou des stations échantillonnées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	104
Figure 55: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées au chalut de fond sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).	107
Figure 56: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	107
Figure 57: Biomasse (en kg) des principales espèces capturées au chalut de fond sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).	108
Figure 58 : Biomasse (en kg) des principales espèces capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	108
Figure 59: Classification ascendante hiérarchique des campagnes (stations regroupées par saison et zone d'étude) basée sur les indices de Bray-Curtis calculés à partir des indices d'abondance (ind./ha) des différentes espèces (source : setec énergie environnement, 2024).	110
Figure 60: Classification ascendante hiérarchique de la campagne 1 (Printemps 2022) par station basée sur les indices de Bray-Curtis calculés à partir des indices d'abondance (ind./ha) des différentes espèces (source : setec énergie environnement, 2024).	111
Figure 61 : Classification ascendante hiérarchique (en haut) de l'ensemble des échantillonnages de stations (traits de chalut) basée sur les indices de Bray-Curtis calculés à partir des indices d'abondance (ind./ha) des différentes espèces et répartition spatio-temporelle (en bas) des clusters de stations identifiés (source : setec énergie environnement, 2024).	112
Figure 62 : Représentation des traits fonctionnels moyen de la communauté (CWM) du site d'étude par campagne. A. Régime alimentaire, B. Régime alimentaire, C. Niveau trophique.	113
Figure 63 : A. Représentation de l'analyse en composantes principales (ACP) des échantillonnages en fonction des CWM calculés. Les flèches indiquent la contribution des différents traits fonctionnels à la structuration des axes principaux, tandis que la couleur des points correspond aux clusters identifiés. B. Boxplot illustrant la distribution des valeurs des CWM des traits fonctionnels selon les clusters, permettant de visualiser les différences entre les groupes en termes de caractéristiques fonctionnelles des communautés.	114
Figure 64 : Distribution spatiale du niveau trophique moyen des communautés (CWM) par campagne.	115
Figure 65 : Distribution spatiale du clustering (HCPC sur ACP) par campagne.	116
Figure 66 : Quelques espèces de poissons pélagiques observées au chalut de fond sur la zone d'étude. De gauche à droite : chinchard, anchois, merlan bleu, sardine (échelles différentes, ©Ifremer).	117
Figure 67 : Biomasses des captures au chalut de fond par taxon et par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	118
Figure 68 : Evolution des indices de biomasse (en kg par hectare) de poissons pélagiques observés (source : setec énergie environnement, 2024).	118
Figure 69 : Evolution des abondances (en nombre d'individus par hectare) de poissons pélagiques observés (source : setec énergie environnement, 2024).	119
Figure 70 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne des poissons pélagiques capturés au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).	120

Figure 71 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en ind/ha) par campagne des poissons pélagiques capturés au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).	120
Figure 72 : Nombre d'individus de macro-crustacés (hors langoustine) capturés au sein au chalut de fond à panneaux, par espèce et par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	122
Figure 73 : Distribution spatiale des macro-crustacés (hors langoustine) capturés au chalut de fond par campagne, toutes espèces confondues (source : setec énergie environnement, 2024).	122
Figure 74 : Eléments de synthèse des captures au filet trémail de poissons, crustacés et céphalopodes : abondance (en nombre d'individus, en haut) et nombre de taxons observés (en bas) (source : setec énergie environnement, 2024).	124
Figure 75 : Evolution des indices d'abondance (à gauche, en nombre d'individus pour 300m de filet et pour 24h) et des indices de biomasse (à droite, en kg pour 300m de filet et pour 24h) de poissons, de céphalopodes et de crustacés capturés (source : setec énergie environnement, 2024).	125
Figure 76 : Distribution spatiale des indices d'abondances (en nombre d'individus pour 300m de filet et pour 24h) des poissons, céphalopodes et crustacés capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	125
Figure 77 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg pour 300m de filet et pour 24h) des poissons, céphalopodes et crustacés capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	126
Figure 78 : Synthèse par boxplot de la richesse spécifique par campagne et par type de station pour le filet trémail (source : setec énergie environnement, 2024).	127
Figure 79 : Evolution des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au filet trémail (source : setec énergie environnement, 2024).	128
Figure 80 : Cartographie des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au filet trémail (source : setec énergie environnement, 2024).	128
Figure 81: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées (abondance totale > 20 individus) au filet trémail sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).	131
Figure 82: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées (abondance totale > 20 individus) au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	132
Figure 83: Biomasse (kg) des principales espèces capturées (biomasse totale > 50 individus) au filet trémail sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).	133
Figure 84: Biomasse (kg) des principales espèces capturées (biomasse totale > 50 individus) au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	133
Figure 85 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlus capturés au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de merlus capturés au filet trémail (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	134
Figure 86 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlus capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	135
Figure 87 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des merlus capturés au filet trémail. (source : setec énergie environnement, 2024).	135
Figure 88 : Distribution en fréquences de tailles des merlus capturés toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	137
Figure 89 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des merlus capturés au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	137
Figure 90 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des merlus capturés au filet trémail par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	138

Figure 91 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de baudroies capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de baudroies capturées au filet trémail (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	139
Figure 92 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de baudroies capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	140
Figure 93 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des baudroies capturées au filet trémail. (source : setec énergie environnement, 2024).	140
Figure 94 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des baudroies capturées toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical violet correspond à la taille commerciale et à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	141
Figure 95 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des baudroies capturées au chalut de fond par campagne). Le trait vertical violet correspond à la taille commerciale et à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	142
Figure 96 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des baudroies capturées au filet trémail par campagne. Le trait vertical violet correspond à la taille commerciale et à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	142
Figure 97 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de soles communes capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de soles communes capturées au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	144
Figure 98 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de soles communes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	145
Figure 99 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des soles communes capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	145
Figure 100 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des soles communes capturées toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	146
Figure 101 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des soles communes capturées au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	147
Figure 102 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des soles communes capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	147
Figure 103 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de tacauds communs capturés au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	148
Figure 104 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	149
Figure 105 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	149
Figure 106 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des tacauds communs capturés toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	150
Figure 107 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	150
Figure 108 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des tacauds communs capturés au filet trémail campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	151
Figure 109 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de cardines franches capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de merlus capturés au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	152

Figure 110 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de cardines franches capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	153
Figure 111 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des cardines franches capturées au chalut de fond (à droite), et au filet trémil (à gauche), toutes campagnes confondues. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle(source : setec énergie environnement, 2024).	154
Figure 112 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des cardines franches capturées au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	154
Figure 113 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de petites roussettes capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de petites roussettes capturées au filet trémil par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	155
Figure 114 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de petites roussettes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	156
Figure 115 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des petites roussettes capturées au filet trémil par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	156
Figure 116 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des petites roussettes capturées toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémil (à droite). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	157
Figure 117 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des petites roussettes capturées au chalut de fond par campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	157
Figure 118 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des petites roussettes capturées au filet trémil par campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	158
Figure 119 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de congres communs capturés au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de congres communs capturés au filet trémil par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).	159
Figure 120 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de congres communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	160
Figure 121 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des congres communs capturés au filet trémil par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	160
Figure 122 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des congres communs capturés au chalut de fond (à gauche) et au filet trémil (à droite), toutes campagnes confondues). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale (source : setec énergie environnement, 2024).	161
Figure 123 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de seiches communes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	162
Figure 124 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de seiches communes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	163
Figure 125 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des seiches communes capturées au chalut de fond, toutes campagnes confondues. Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle ((source : setec énergie environnement, 2024). ..	163
Figure 126 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des seiches communes capturées au chalut de fond par campagne. Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle ((source : setec énergie environnement, 2024).	164
Figure 127 : Fréquence d'occurrence de la langoustine capturées par campagne au chalut de fond à panneaux, en pourcentage de stations avec présence (source : setec énergie environnement, 2024).	165
Figure 128 : Evolution des indices de biomasse (à gauche, en kg/ha) et des indices d'abondance (à droite, en nombre d'individus par ha) des langoustines capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	166

Figure 129 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg/ha) des langoustines capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	166
Figure 130 : Variation des indices d'abondance des langoustines capturées au sein des campagnes réalisées à l'aide d'un chalut de fond à panneaux suivant l'heure de réalisation du trait (source : setec énergie environnement, 2024).	167
Figure 131 : Distribution en classes de tailles (LC = longueur céphalothoracique en mm) des langoustines capturées par sexe au chalut de fond, toutes campagnes confondues (à gauche) et par campagne (à droite) . Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	168
Figure 132 : Evolution des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de trempé) de langoustes rouges capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	169
Figure 133 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de trempé) des langoustes rouges capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	170
Figure 134 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des langoustes rouges capturées au filet trémail, toutes campagnes confondues, par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	170
Figure 135 : Boxplot de la taille (LC en mm) des langoustes rouges capturées au filet trémail par sexe et par campagne. (source : setec énergie environnement, 2024).	171
Figure 136 : Distribution en fréquence de tailles des langoustes rouges capturées au filet trémail par campagne et par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	171
Figure 137 : Evolution des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de trempé) de tourteaux capturés au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	172
Figure 138 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de trempé) des tourteaux capturés au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	173
Figure 139 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des tourteaux capturés au filet trémail, toutes campagnes confondues, par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	173
Figure 140 : Distribution en fréquence de taille des tourteaux capturés au filet trémail, par campagne et par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	174
Figure 141 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de chinchards communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	175
Figure 142 : Distribution spatiale des biomasses (en kg/ha) de chinchards communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	176
Figure 143 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des chinchards communs capturés, toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	177
Figure 144 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des chinchards communs capturés au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	177
Figure 145 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) des anchois capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).	178
Figure 146 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) des anchois capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	179

Figure 147 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des anchois capturés au chalut de fond, toutes campagnes confondues. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).....	179
Figure 148 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlans bleus capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	180
Figure 149 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlans bleus capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).....	181
Figure 150 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des merlans bleus capturés au chalut de fond, toutes campagnes confondues. Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).	181
Figure 151 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des merlans bleus capturés au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).....	182

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques techniques du chalutier Phalène	23
Tableau 2 : Caractéristiques techniques du fileyeur Belladone	26
Tableau 3 : Composition spécifique des groupes fonctionnels en fonction des espèces échantillonnées.	32
Tableau 4 : Espèces et familles de larves et d'œufs de poissons collectées entre avril 2022 et mars 2024, avec entre parenthèses les espèces auxquelles pourraient appartenir les œufs et larves sp. (source : setec énergie environnement, 2024)	39
Tableau 5 : Résultats des modèles à effets mixtes non paramétriques (ART) pour les œufs et les larves. F : valeur du test statistique, DF : degrés de liberté. DF.res : degrés de liberté résiduels, p-value : niveau de signification. En gras les différences significatives (p-value < 0,05).	46
Tableau 6 : Résultats du test non paramétrique de Wilcoxon par paires (zone immédiate vs. zone rapprochée) pour les œufs et les larves à chaque mois. F : valeur du test statistique, p-value : niveau de signification. En gras les différences significatives (p-value < 0,05).	46
Tableau 7 : Résultats du test PERMANOVA pour les œufs et les larves. Df : degrés de liberté, Sums Of Sqs : somme des carrés, Mean Sqs : moyenne des carrés, F : valeur du test statistique, R2 : Coefficient de détermination, p-value : niveau de signification. En gras les différences significatives (p-value < 0,05).	48
Tableau 8 : Richesse spécifique des espèces pélagiques collectées entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)	71
Tableau 9 : Liste des espèces de poissons benthodémersaux et de céphalopodes capturés au chalut de fond classées par catégorie d'occurrence (Constantes, Communes, Occasionnelles, Rares et Accidentelles) en fonction de leur fréquence d'occurrence par campagne (en nombre de stations) et sur l'ensemble des campagnes (en %) (source : setec énergie environnement, 2024). ..	105
Tableau 10 : Liste des espèces de poissons, de céphalopodes et de crustacés capturées au filet trémail, classées par catégorie d'occurrence (Constantes : présentes dans plus de 75% des 184 stations, Communes : entre 50% et 75%, Occasionnelles : entre 25% et 50%, Rares : entre 10% et 25% ; et Très rares : moins de 10%) en fonction de leur fréquence d'occurrence (en %) (source : setec énergie environnement, 2024).	130

1. INTRODUCTION

Ce document constitue le rapport final de l'état actuel de l'environnement sur le compartiment « Poissons, mollusques, crustacés », de la zone du projet de parc éolien flottant au large de la Bretagne Sud (AO5). Il présente les données obtenues au cours des deux années de suivi, intégrant les résultats issus des campagnes réalisées entre les mois d'avril 2022 et de mars 2024.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Considérant l'hétérogénéité de la zone d'étude en termes de faciès sédimentaires (e.g. meuble vs rocheux, benthique vs pélagique), l'objectif fixé induit le besoin de recourir à des engins de pêche et des méthodes de prélèvements multiples pour collecter des informations sur l'ensemble de la colonne d'eau (zones pélagique, démersale et benthique), des espèces en présence (poissons, crustacés et céphalopodes) et des stades de vie (adultes, juvéniles, larves et œufs).

La stratégie d'acquisition telle que définie ci-dessous a fait l'objet d'échanges avec le comité des pêches afin de bien identifier les engins/métiers employés par les professionnels locaux susceptibles de pouvoir être adaptés aux besoins de cette étude. Ainsi, celle-ci comporte :

- un premier volet dédié à l'acquisition de données sur le compartiment ichtyoplanctonique (ensemble des œufs, larves et juvéniles de poissons et crustacés vivant dans la colonne d'eau).
- un second volet portant sur l'échantillonnage des stades adultes et juvéniles des poissons, mollusques et crustacés en s'appuyant sur deux catégories d'engins, complémentaires l'un de l'autre : les arts trainants (chalut de fond) et les arts dormants (casiers à crustacé & filets trémail).

Le premier présente l'avantage d'être moins sélectif et fournit une vision plus complète des assemblages d'espèces présents sur le site. Le second est utilisé en complément des arts trainants soit parce qu'il permet de cibler une espèce en particulier (e.g. crustacés), soit parce qu'il donne accès à l'échantillonnage de faciès rocheux non échantillonnés au chalut.

Les protocoles appliqués sont construits autant que possible en suivant une approche de type BAG (*Before After Gradient*) et à défaut (i.e. filet bongo pour l'ichtyoplancton) en appliquant le principe BACI (*Before After Control Impact*). C'est-à-dire que dans le premier cas, les stations d'échantillonnage sont situées le long d'un gradient de distance croissante du lieu d'implantation des turbines. Cette approche permet d'éliminer entièrement le besoin d'identifier des stations de contrôle appropriées. Plutôt que de concentrer l'effort d'échantillonnage sur un lieu de contrôle qui ne serait pas vraiment représentatif de l'emplacement des stations de suivi du parc éolien, cet effort est alors concentré sur l'échantillonnage d'un gradient spatial. Dans le second cas, une approche BACI implique que les stations d'échantillonnage sont davantage décrites au travers de leur appartenance à une enveloppe spatiale. Les stations de suivi, situées à l'intérieur de la zone d'impact présagée, sont opposées aux stations dites de référence (immédiates, proches ou éloignées) situées à l'extérieur. Ces dernières doivent impérativement présenter des caractéristiques (habitat, bathymétrie, etc.) similaires ou à défaut être comparables à la zone d'impact potentielle.

2.2 PERIODES ET FREQUENCES D'ACQUISITION

Sur ce compartiment, l'effort d'échantillonnage vise à couvrir l'ensemble d'un cycle annuel en collectant une donnée à une fréquence saisonnière pour les adultes et juvéniles (chalut/filet/casier) et mensuelle pour les plus jeunes stades (œufs et larves – ichtyoplancton). Le planning d'intervention théorique est présenté figure suivante :

	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Icthyoplancton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chalut de fond		x			x			x			x	
Filets de fond		x			x			x			x	

x : 1 campagne d'échantillonnage

Figure 1 : Représentation des périodes pouvant être ciblées pour l'échantillonnage des poissons, mollusques et crustacés. Les périodes cibles seront définies par une période de quelques semaines considérées comme propice à l'acquisition des données (source : setec énergie environnement, 2024).

Le compartiment ichtyoplanctonique est suivi à une fréquence mensuelle durant toute l'année. Les données bibliographiques relatent des périodes de reproduction variées entre les espèces couvrant une large période de l'année (septembre à juillet). A cela s'ajoute le fait que l'éclosion des œufs est suivie d'une phase larvaire pélagique qui peut durer de quelques semaines à plusieurs mois, justifiant le calendrier d'intervention appliqué. Cet effort d'échantillonnage est programmé sur une durée de deux ans.

Les adultes et juvéniles de poissons suivis à l'aide de chaluts et filets sont, quant à eux, échantillonnés une fois par saison. Cette fréquence d'acquisition répond aux préconisations formulées par l'IFREMER¹ pour mesurer les effets de la variabilité saisonnière sur les assemblages (groupe d'espèces). La description de cette variabilité saisonnière doit aussi permettre de préciser les processus comportementaux tels que la migration et la reproduction. Cet effort d'échantillonnage est programmé sur une durée de deux ans.

Les crustacés sont échantillonnés à l'aide de casiers à grands crustacés deux fois par an, au printemps et en fin d'été/automne. Ils font l'objet d'un rapport dédié. En raison des difficultés rencontrées pour identifier un patron-pêcheur partenaire sur ce métier, l'application de ce protocole n'a pas pu être mis en œuvre en 2022 et a démarré au printemps 2023.

Le chronogramme des campagnes réalisées est présenté ci-dessous (avec les coefficients de marée). Deux cycles annuels ont été réalisés pour les métiers chalut de fond et filet ainsi que pour l'ichtyoplancton échantillonné au filet Bongo. Toutes les campagnes programmées au cours des quatre saisons (printemps, été, automne et hiver) ont été réalisées, à l'exception de la campagne d'octobre 2023 pour l'ichtyoplancton (conditions météorologiques très défavorables). L'effort d'échantillonnage a été complet et les 27 traits de chalut, 22 filets et 9 stations Bongo ont tous été effectués à chaque campagne.

¹ Protocole conseillé pour la description de l'état initial et le suivi des ressources halieutiques dans le cadre d'une exploitation de granulats marins (IFREMER, 2011)

Campagnes ichtyoplancton
Campagnes au chalut
Campagnes au filet
Campagnes grands crustacés
Campagnes espèces bioturbatrices
Campagnes petits pélagiques

Printemps 2022			Été 2022			Automne 2022			Hiver 2023		
Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janvier	Février	Mars
01V 97 98 02S 98 97 03D 95 92 04L 88 84 05M 79 73 06J 67 60 07J 53 48 08V 40 33 09S 28 24 10D 24 11L 26 31 12M 38 45 13M 52 60 14J 67 75 15V 81 89 16S 92 97 17D 100 102 18L 103 102 19M 101 97 20J 93 86 21J 80 72 22V 64 57 23S 50 45 24D 43 25L 45 48 26M 54 60 27M 66 71 28J 76 80 29V 84 86 30S 87 89 31M 76 75	01M 88 87 02J 70 67 03V 84 81 04M 74 70 05S 65 60 06L 45 43 07M 44 39 08M 34 31 09J 30 10M 31 34 11M 39 45 12J 51 58 13V 65 72 14S 78 84 15M 90 94 16L 97 99 17M 100 100 18M 98 95 19J 91 86 20V 80 74 21S 68 62 22D 57 53 23L 51 24M 51 52 25M 54 57 26J 61 64 27V 67 69 28S 72 74 29D 75 76 30M 76 76 31V 76 75	01M 74 72 02J 70 67 03V 84 81 04M 74 70 05S 58 55 06L 45 43 07M 44 39 08M 34 31 09J 44 47 10M 51 58 11M 61 67 12J 72 78 13L 83 87 14M 91 93 15M 95 96 16J 96 94 17V 92 89 18S 85 81 19M 76 71 20M 66 62 21M 58 22M 55 52 23J 51 51 24V 52 53 25S 55 58 26M 59 61 27L 63 65 28M 66 67 29M 69 69 30J 70 70	01L 77 76 02M 75 73 03M 70 67 04J 64 60 05V 56 53 06M 50 07L 48 47 08L 48 52 09M 56 63 10M 69 77 11J 83 90 12V 95 99 13M 102 103 14D 103 102 15L 99 95 16M 90 84 17M 77 70 18J 63 55 19V 48 41 20M 62 56 21J 51 46 22L 31 34 23S 39 44 24D 42 44 25L 47 50 26M 54 57 27M 61 64 28J 67 69 29V 72 74 30M 75 76 31L 77 77	01J 79 75 02V 70 65 03S 59 53 04D 47 43 05L 41 06M 42 47 07M 53 62 08J 70 79 09V 86 93 10S 102 102 11D 104 105 12L 105 103 13M 100 95 14M 90 84 15V 77 69 16S 62 54 17V 46 39 18D 32 27 19L 24 20M 35 40 21J 25 28 22J 47 54 23V 60 67 24S 73 78 25L 83 87 26M 90 97 27M 95 94 28J 92 88 29J 92 88 30V 84 78	01V 72 65 02D 58 51 03L 44 04M 40 40 05M 42 48 06J 56 65 07V 73 80 08S 67 93 09D 97 100 10L 101 101 11M 100 99 12M 95 91 13J 86 80 14V 74 67 15S 61 53 16D 46 39 17L 33 27 18M 24 19V 24 26 20J 31 37 21V 45 51 22S 59 65 23D 72 78 24L 83 88 25M 92 95 26V 97 98 27J 96 97 28V 94 90 29S 85 80 30M 73 66 31L 59 52	01M 47 45 02M 45 03J 48 53 04V 59 65 05S 71 77 06D 82 86 07L 88 90 08M 91 91 09M 90 89 10J 87 84 11V 80 78 12S 71 66 13D 61 55 14L 50 44 15M 39 35 16M 31 30 17J 30 18V 32 36 19S 42 48 20D 50 60 21L 67 73 22M 79 84 23M 86 92 24L 94 96 25V 97 96 26M 94 91 27D 88 83 28L 78 72 29M 66 62 30V 57 54 31S 53	01J 53 02V 53 55 03S 57 60 04D 63 67 05L 70 72 06M 75 76 07M 76 78 08J 79 78 09V 78 77 10S 75 73 11D 71 66 12L 65 61 13M 58 54 14M 51 47 15M 44 42 16V 40 40 17J 30 18D 42 45 19L 49 53 20M 59 64 21M 70 75 22J 80 85 23V 88 92 24S 95 96 25L 97 96 26M 95 92 27M 89 84 28M 80 75 29J 69 64 30V 60 56 31S 53	01D 51 50 02L 51 52 03M 54 57 04M 59 62 05J 65 67 06V 69 71 07S 73 74 08D 74 74 09L 74 74 10M 73 71 11M 69 67 12J 65 62 13V 59 56 14S 53 50 15M 47 45 16L 44 17M 44 46 18V 49 54 19J 59 66 20S 72 79 21S 85 91 22D 96 100 23L 103 105 24M 105 103 25M 101 97 26J 81 85 27V 78 71 28S 64 57 29D 50 45 30L 40 31M 38 38	01M 40 43 02J 47 52 03V 56 61 04S 65 69 05D 72 75 06L 78 80 07M 81 82 08M 82 82 09J 80 90 10V 78 75 11M 72 68 12D 63 59 13L 54 49 14M 45 41 15M 40 16J 42 46 17V 52 60 18S 69 77 19M 86 93 20M 100 105 21M 109 111 22M 110 110 23J 107 103 24V 97 90 25S 82 73 26M 65 56 27L 47 40 28M 33 29 29D 31 26 30J 24 31V 26 30		

Printemps 2023			Été 2023			Automne 2023			Hiver 2024		
Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janvier	Février	Mars
01S 36 42 02D 49 55 03L 62 67 04M 73 78 05M 82 86 06J 88 91 07V 92 93 08S 92 91 09D 89 85 10L 81 76 11M 70 63 12M 57 50 13J 44 40 14V 39 15S 42 48 16D 56 64 17L 72 80 18M 87 92 19M 97 100 20J 101 102 21V 101 99 22S 95 91 23D 86 80 24L 74 67 25M 60 53 26M 46 40 27J 34 29 28V 27 29S 27 29 30D 34 39 31M 31	01L 45 51 02M 57 63 03M 68 73 04J 78 82 05V 85 88 06S 90 90 07D 90 90 08L 88 85 09M 81 76 10M 71 65 11J 60 54 12V 51 48 13S 48 14D 50 54 15L 59 64 16M 70 74 17J 79 82 18M 85 86 19V 87 87 20S 87 85 21D 83 80 22L 77 73 23M 69 65 24V 60 55 25M 50 46 26V 41 38 27M 31 28D 34 29L 35 38 30M 42 48 31M 51 56	01J 61 66 02V 71 75 03S 79 82 04D 84 86 05L 87 88 06M 87 86 07V 84 81 08M 77 73 09V 70 66 10S 63 60 11D 58 12L 57 57 13M 58 60 14M 62 64 15J 66 68 16M 70 71 17S 72 73 18D 74 74 19L 74 74 20M 72 70 21M 69 66 22V 64 61 23S 58 56 24D 53 50 25L 47 45 26M 43 42 27J 41 28V 42 43 29S 46 43 30D 53 58 31M 58	01M 82 88 02M 93 98 03J 102 104 04V 104 104 05S 101 97 06D 92 86 07L 79 72 08M 64 57 09M 50 10J 44 40 11M 36 39 12L 41 45 13M 49 54 14L 59 63 15M 67 70 16M 74 76 17J 78 80 18V 81 81 19S 81 80 20D 79 77 21L 74 71 22M 66 64 23M 59 54 24V 49 44 25S 39 47 26M 46 44 27J 42 28V 42 43 29S 45 50 30D 55 62 31L 68 75	01V 110 112 02S 112 110 03D 107 101 04L 95 87 05M 79 70 06M 61 52 07J 44 37 08S 30 31 09D 35 41 10L 47 53 11M 47 53 12L 59 64 13M 69 73 14V 77 80 15S 83 85 16M 86 87 17D 87 87 18L 85 83 19M 80 77 20M 72 67 21J 63 56 22V 49 43 23S 38 24D 35 35 25L 39 47 26M 55 55 27V 75 84 28J 92 100 29V 105 110 30S 112 112 31L 102 107	01D 111 106 02L 104 98 03M 91 83 04M 75 68 05V 47 48 06V 40 33 07M 31 35 08D 26 28 09L 32 38 10M 44 51 11M 57 63 12J 68 73 13V 77 81 14M 84 86 15L 88 89 16D 89 88 17M 87 85 18S 82 78 19J 73 68 20V 62 56 21S 50 44 22D 40 23L 38 40 24M 45 52 25M 60 69 26J 77 85 27V 91 97 28S 101 103 29D 104 104 30L 102 99 31M 95 90	01M 84 78 02J 71 63 03V 56 49 04S 42 36 05D 31 29 06L 29 07M 31 35 08M 40 45 09J 51 56 10V 62 66 11M 71 75 12J 79 82 13L 84 86 14M 87 87 15M 86 84 16J 82 79 17V 75 71 18S 66 61 19D 56 52 20L 47 46 21J 57 22M 52 56 23J 61 67 24V 72 77 25S 81 85 26D 88 89 27L 90 90 28M 89 87 29M 85 82 30J 78 74 31D 68 65	01V 69 64 02S 60 54 03D 50 45 04L 41 38 05M 36 35 06M 36 07J 36 39 08V 43 47 09S 51 56 10D 61 65 11L 70 73 12M 77 80 13M 82 84 14J 85 86 15S 85 84 16D 83 80 17L 77 74 18M 71 67 19M 64 61 20M 59 57 21J 57 22V 57 59 23S 61 63 24D 66 69 25L 71 74 26M 75 77 27V 78 78 28M 78 78 29V 77 75 30S 73 71 31D 68 65	01D 61 58 02M 54 51 03J 47 44 04M 41 39 05V 38 38 06S 39 07D 41 45 08L 49 54 09M 59 65 10M 70 76 11J 60 55 12V 69 92 13S 95 96 14D 97 96 15L 94 91 16M 87 82 17M 76 70 18V 64 59 19V 54 50 20S 48 21D 47 48 22L 51 54 23M 58 62 24V 63 70 25M 73 75 26V 78 79 27S 80 81 28D 80 80 29L 78 76 30M 74 71 31M 67 64	01J 59 55 02V 50 46 03S 42 38 04D 35 05L 34 36 06M 30 45 07M 52 59 08V 67 76 09J 83 91 10S 97 103 11D 107 109 12M 110 110 13M 107 103 14J 99 90 15V 83 74 16M 65 56 17S 48 42 18D 37 19M 35 37 20M 41 46 21M 52 58 22J 83 68 23V 73 77 24S 80 82 25D 80 83 26M 84 86 27L 86 86 28M 84 84 29J 85 82 30V 79 75 31D 59 53		

Pas de campagne réalisée

Printemps 2024			Été 2024			Automne 2024		
Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
01L 47 41 02M 36 03M 33 33 04J 38 45 05V 54 64 06S 73 83 07D 91 99 08L 105 106 09M 112 113 10V 112 109 11J 105 99 12V 93 85 13S 76 67 14D 58 49 15L 42 35 16M 31 17M 30 32 18J 36 41 19V 47 52 20S 58 62 21D 67 71 22L 75 78 23M 80 82 24M 83 84 25J 82 80 26V 82 80 27S 77 74 28D 70 65 29L 60 55 30J 49 45 31V 53	01M 42 40 02J 42 03V 46 52 04M 59 67 05D 74 81 06L 87 93 07M 97 99 08M 101 101 09J 100 97 10V 93 89 11S 84 77 12D 71 64 13L 58 51 14M 45 40 15M 37 35 16J 34 17V 36 38 18S 42 46 19D 50 54 20L 58 62 21M 66 69 22M 72 74 23J 76 77 24V 78 79 25S 69 79 26D 76 74 27L 71 69 28M 65 62 29M 59 56 30J 54 53 31V 53	01S 55 57 02D 81 85 03L 69 73 04M 77 80 05M 82 84 06L 85 86 07V 85 84 08M 82 80 09D 77 74 10L 70 66 11M 62 58 12M 54 50 13J 46 43 14D 41 39 15L 38 42 16M 48 51 17M 48 51 18V 48 48 19S 48 48 20D 62 66 21J 66 69 22L 74 76 23M 78 80 24M 80 81 25J 80 79 26V 80 79 27S 73 70 28D 67 65 29S 62 30D 60 58	01L 58 58 02M 59 60 03M 63 65 04J 68 70 05V 72 74 06S 76 77 07D 78 78 08L 77 76 09M 75 72 10M 70 66 11J 64 60 12V 56 53 13S 49 45 14D 42 39 15L 37 16M 36 37 17V 38 41 18J 45 50 19V 55 60 20S 65 71 21D 76 81 22L 85 89 23M 92 94 24M 95 94 25J 93 91 26V 87 82 27S 77 71 28D 65 59 29L 54 30M 50 47 31M 47 48	01J 51 55 02V 59 63 03S 67 71 04D 75 77 05L 79 81 06M 81 82 07M 81 80 08V 78 76 09V 73 69 10S 65 61 11D 57 52 12L 47 42 13M 38 34 14M 32 15J 32 34 16V 38 45 17S 52 60 18D 68 75 19M 83 90 20M 96 101 21M 105 107 22L 85 89 23M 92 94 24M 94 88 25J 80 71 26V 62 54 27M 46 47 28S 45 51 29J 37 41 30V 45 51 31M 57 63	01D 68 73 02L 77 80 03M 83 85 04M 86 86 05V 86 85 06D 87 85 07M 80 75 08V 81 86 09L 61 56 10M 50 44 11M 39 33 12J 29 13V 28 31 14M 37 45 15S 37 45 16L 74 83 17M 91 96 18M 105 110 19V 113 115 20S 114 112 21D 108 102 22L 94 86 23M 77 67 24M 57 48 25V 35 33 26L 34 39 27M 45 51 28D 57 64 29L 69 73 30M 69 73 31D 69 73	01M 77 81 02M 83 85 03J 86 87 04V 86 86 05S 84 82 06D 80 78 07L 72 68 08M 63 57 09M 52 45 10J 40 34 11V 31 12S 31 34 13D 41 49 14L 59 65 15M 78 86 16M 95 101 17J 107 110 18V 112 112 19S 111 108 20D 103 97 21L 89 81 22M 72 63 23M 54 47 24J 39 42 25L 39 42 26M 35 38 27D 43 45 28L 54 59 29M 64 68 30S 72 74 31L 78 80	01V 81 82 02S 82 82 03D 81 80 04L 78 75 05M 72 68 06M 64 59 07J 54 49 08V 45 42 09S 40 40 10D 43 11L 48 54 12M 61 69 13M 78 83 14J 89 94 15V 98 101 16S 102 102 17L 101 98 18L 94 89 19M 83 77 20M 71 64 21J 57 51 22V 46 42 23S 39 38 24D 39 42 25L 38 42 26M 35 38 27V 53 57 28J 60 64 29V 67 70 30S 72 74 31M 75 78	

2.3 LOCALISATION DES STATIONS ET MOYENS NAUTIQUES ET MATERIELS

2.3.1 Stades larvaires et œufs (ichtyoplancton)

Pour l'échantillonnage de l'ichtyoplancton, le plan d'échantillonnage appliqué est identique à celui proposé pour suivre les compartiments « qualité de l'eau » et « communautés planctoniques », auxquels l'ichtyoplancton est intimement lié (qualité du milieu, qualité du réseau trophique, etc.). Celui-ci comprend :

- 3 stations dans la zone d'étude immédiate au sein de la zone A ;
- 2 stations dans la zone d'étude immédiate au sein de la zone B ;
- 4 stations dans la zone d'étude rapprochée (2661 km² - zone tampon de 20 km autour de la zone d'étude d'immédiate).

Plusieurs stations ont été positionnées selon l'axe des courants dominants sur le site (nord-ouest/sud-est), en traversant la zone d'étude immédiate de manière à couvrir la zone d'influence du projet de parc. D'autres stations ont été positionnées perpendiculairement à l'axe dominant des courants de manière à se situer hors zone d'influence.

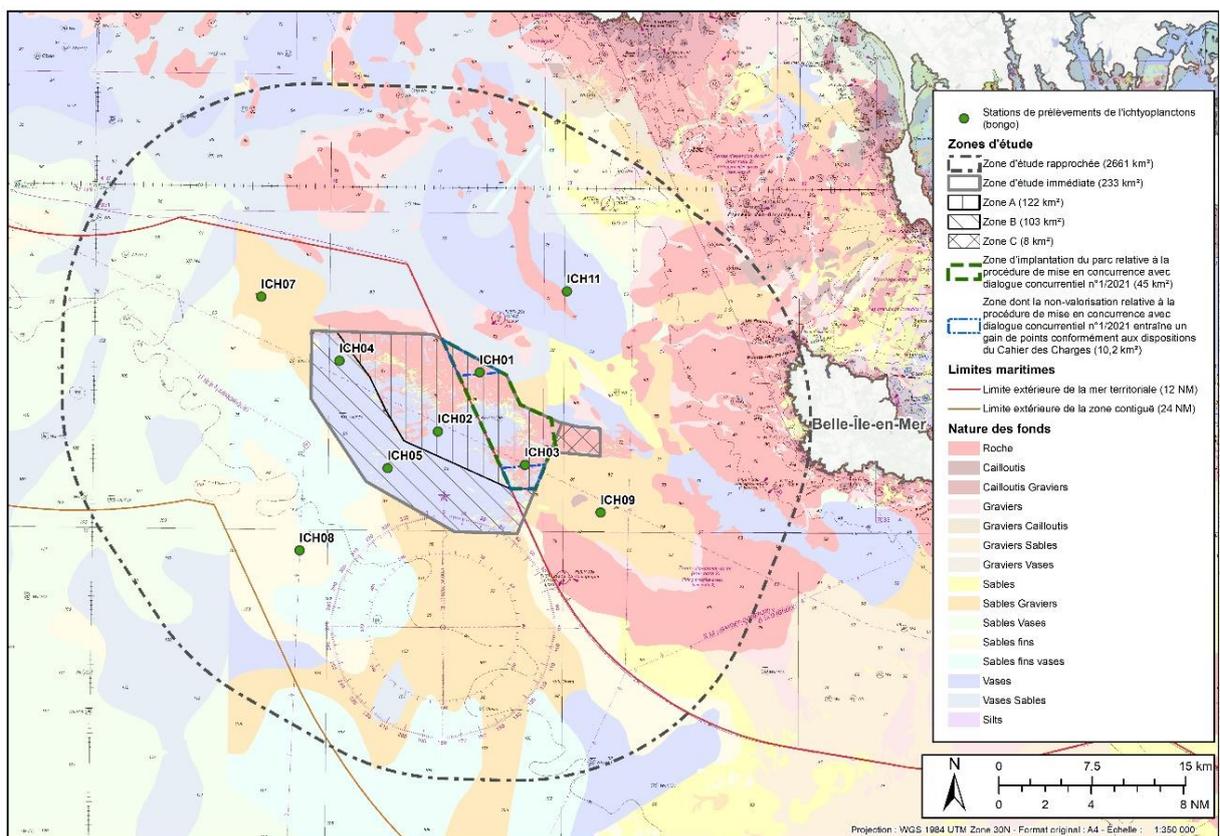


Figure 2 : Localisation des stations d'échantillonnage « Icthyoplancton » (source : setec énergie environnement, 2023 à partir du SHOM 2020 /2021/2015)

Le navire Minibex de la société SAAS (Ship As A Service) est utilisé pour l'échantillonnage de l'ichtyoplancton. Ce navire hauturier armé en 1ère catégorie présente l'équipement nécessaire en termes de navigation, de sécurité et d'équipements techniques pour la réalisation de la mission.



Photo 1 : Le Minibex (source : Sylvain Reyt / Faune Océan, 2022)

L'engin de prélèvement classiquement utilisé pour l'échantillonnage de l'ichtyoplancton est le double filet Bongo de maillage 500 μm . L'ichtyoplancton n'est pas inféodé à une couche d'eau en particulier, mais à l'inverse, il réalise des migrations verticales. Il privilégie des déplacements vers la surface pendant la nuit pour s'alimenter et se dirige vers les couches plus profondes le jour pour se soustraire des prédateurs. Dans l'objectif d'optimiser les conditions de captures, les campagnes d'échantillonnage sont réalisées en condition nocturne. Le nombre de stations de suivi ($n = 9$) ne permet pas de concentrer l'effort d'échantillonnage sur un moment de marée en particulier. En revanche, il est toujours privilégié une intervention lors de coefficients de marée inférieurs à 90 pour éviter des situations d'échantillonnage atypiques et permettre des interventions tout au long de la vie du projet dans des conditions de marée similaires et comparables. L'opération d'échantillonnage est réalisée en tractant l'engin de prélèvement sur une durée de 10 à 15 minutes, face au courant. Pour ne pas échantillonner arbitrairement que la couche superficielle, des traits obliques seront appliqués (entre 0 et 30m).

À la remontée de l'engin, l'échantillon est concentré dans les collecteurs à l'aide d'une manche à eau avant d'être récupéré sur un tamis de maille 500 μm . L'échantillon est ensuite fixé dans de l'eau de mer avec une solution de formol à 8% pour un échantillon final à 4% (moitié échantillon, moitié formol 8%), pour être livré dès la fin de la mission au laboratoire du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) de Concarneau en charge des analyses taxonomiques. L'échantillon biologique ainsi fixé ne nécessite pas de point de vigilance particulier et peut être stocké à température ambiante jusqu'à la fin de la campagne terrain.

Le filet Bongo est équipé d'un débitmètre placé en son centre afin de pouvoir mesurer le volume d'eau filtré à chaque opération. Les valeurs affichées par le débitmètre sont annotées ainsi que le temps de traîne, la vitesse du bateau, l'heure de filage et de virage du filet. Le filet est également équipé d'une sonde CTD enregistrant la température (°C), la salinité (PSU) mais aussi la profondeur (m).



Photo 2 : Illustrations du double filet Bongo (source : setec énergie environnement, 2022)

A) Double filet Bongo auquel un dépresseur est ajouté pour créer une portance négative supplémentaire. Les débitmètres s'installent dans les embouchures pour mesurer le volume filtré. B) Fixation d'une sonde (T°C, S‰, Profondeur) pour restituer objectivement la trajectoire empruntée par l'engin au sein de la masse d'eau. C) Filet bongo déployé

2.3.2 Stades adultes et juvéniles – espèces benthodémersales

2.3.2.1 Chalut de fond à panneaux (substrats meubles)

Pour l'échantillonnage des espèces benthodémersales au chalut de fond à panneaux, adapté pour les fonds meubles, le plan d'échantillonnage comprend :

- 2 stations dans la zone d'étude immédiate au sein de la zone A (CHA 15 et 16) ;
- 1 station traversant les zones A et B (CHA 17) ;
- 5 stations dans la zone d'étude immédiate au sein de la zone B (CHA 07, 10, 14, 18 et 19) ;
- 19 stations dans la zone d'étude rapprochée (2661 km² - buffer de 20 km autour de la zone d'étude d'immédiate).

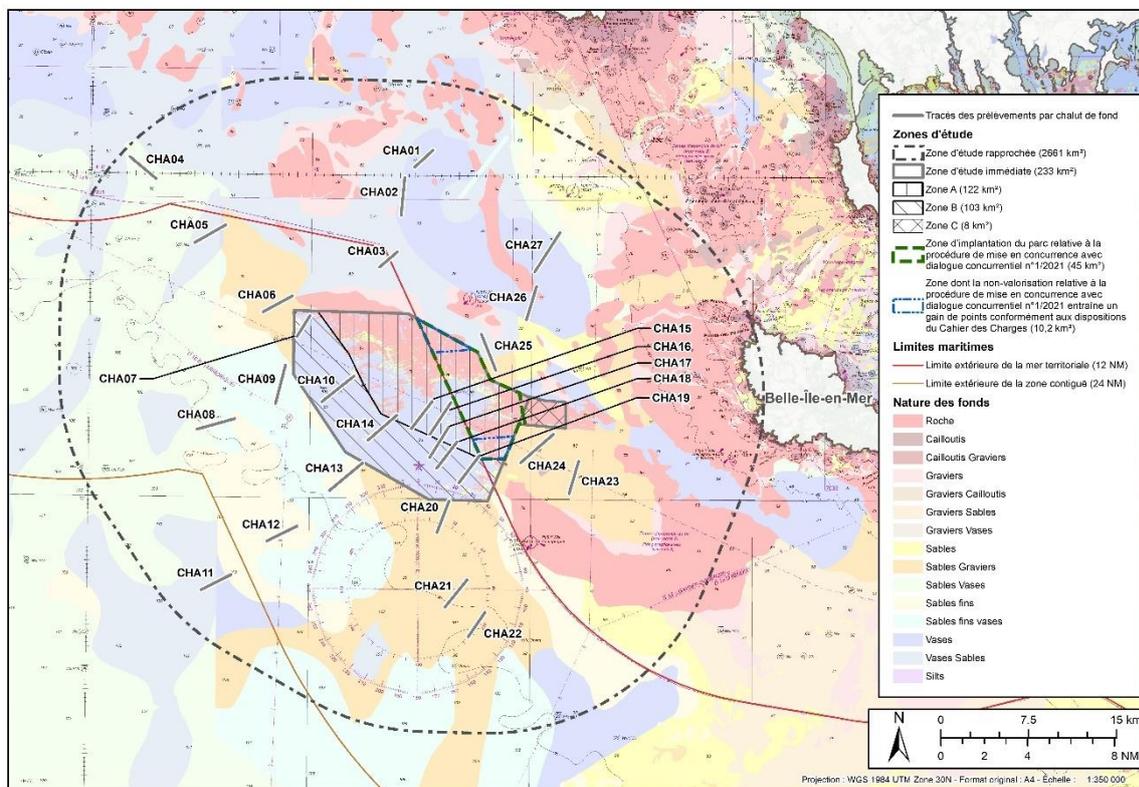


Figure 3 : Localisation des stations d'échantillonnage « Chalut de fond » (source : setec énergie environnement, 2023).

Cet agencement a pour objectif de représenter un réseau de stations couvrant toutes les zones d'étude (rapprochée, éloignée, témoin). Les stations extérieures sont positionnées dans l'espace pour décrire des gradients de distance vis-à-vis de la zone d'impact potentiel (application d'un protocole de type BAG). La présence de faciès rocheux au sein de la zone ne permet pas de couvrir la totalité de l'espace avec cet engin de prélèvement mais à l'inverse, impose de concentrer les stations sur les fonds meubles.

Les campagnes de prélèvements ont toutes été réalisées via l'affrètement d'un navire de pêche professionnel (*Le Phalène*). Ce choix s'est fait sur la base du volontariat en concertation avec le comité des

pêches en veillant à l'adéquation du métier pratiqué, du secteur prospecté et des connaissances du patron-pêcheur de la zone à échantillonner.

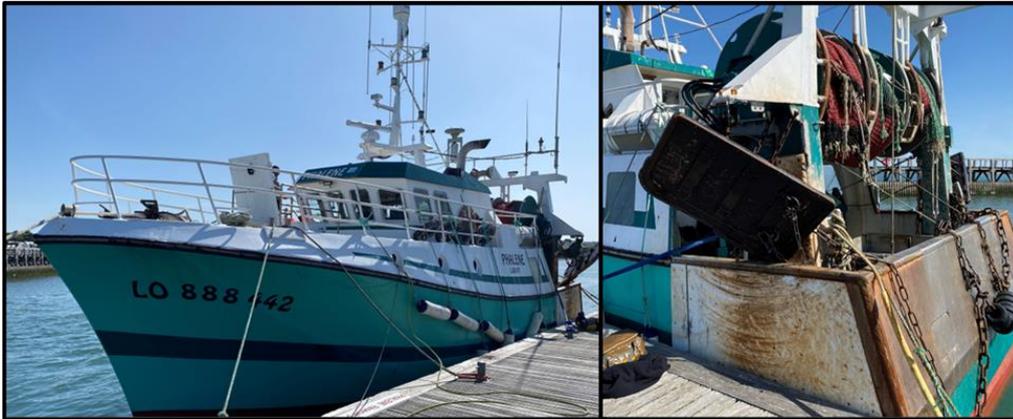


Photo 3 : Le Phalène (chalut de fond) (source : setec énergie environnement, 2022).

Tableau 1 : Caractéristiques techniques du chalutier Phalène

Type de navire	Chalutier de fond / dragues
Année de construction	1996
Type de coque	Polyester
Immatriculation	LO.888442
Quartier maritime	FRLRT Lorient
Jauge brute	35.05 Tx
Longueur LOA (m)	14.00 m
Longueur LBP (m)	12.04 m
Largeur hors tout	5.50 m
Puissance de propulsion	Baudouin 6M26 SR 331 Kw

L'engin de pêche est celui du professionnel (cf. plan du chalut ci-dessous, 16.40 m de corde de dos), adapté pour les besoins de l'étude par l'ajout d'une chaussette de maille 10 mm en cul de chalut permettant la capture des juvéniles et des espèces de petite taille. Les traits de chalut ont été réalisés à une vitesse comprise entre 3,5 et 4 nœuds.

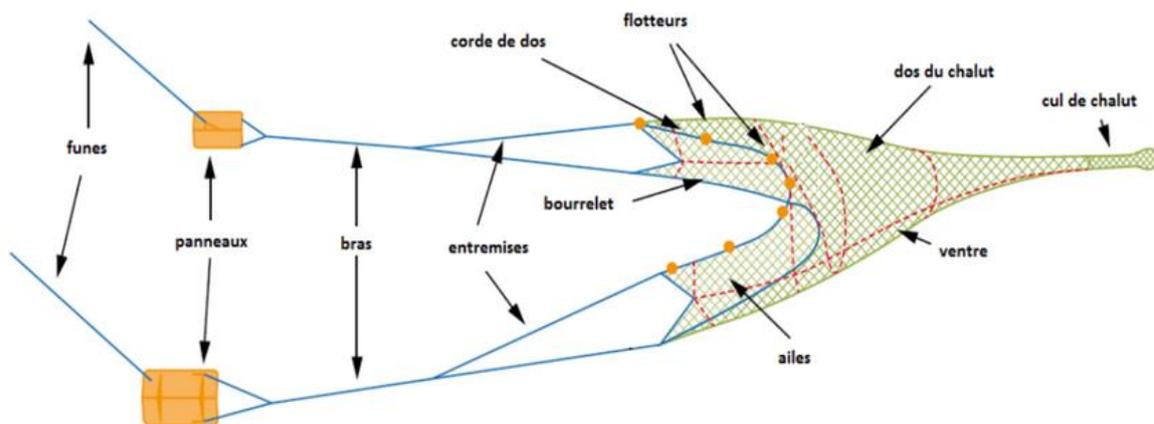


Figure 4 : Illustration d'un chalut de fond à panneaux, caractéristiques et gréements (source : <https://nourdem.ifremer.fr/>).

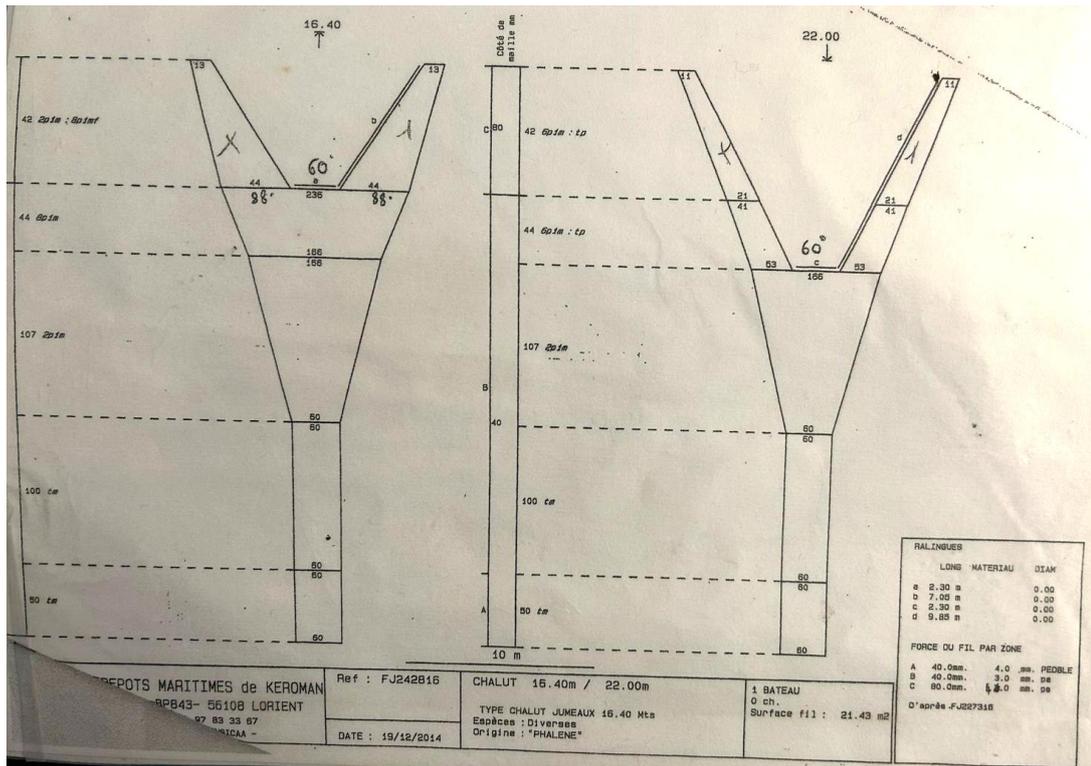


Figure 5 : plan du chalut de fond utilisé

2.3.2.2 Filet trémail (faciès rocheux)

Pour l'échantillonnage des espèces benthodémersales au filet trémail, adapté pour prospecter les fonds rocheux, le plan d'échantillonnage comprend :

- 10 stations dans la zone d'étude immédiate au sein de la zone A. Pour éliminer le risque que ce plan d'échantillonnage puisse être rendu caduque une fois le plan de pose des éoliennes superposé, ces stations sont doublées jusqu'à ce que le schéma d'implantation soit connu ;
- 12 stations dans la zone d'étude rapprochée (2661 km² - buffer de 20 km autour de la zone d'étude d'immédiate).

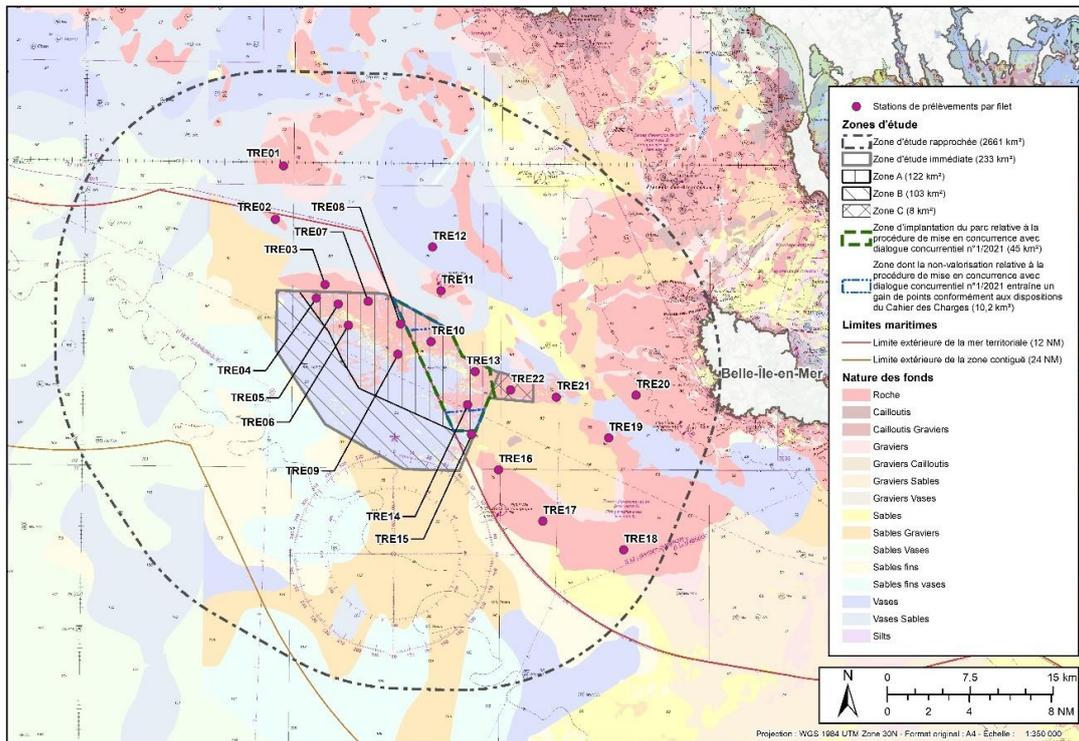


Figure 6 : Localisation des stations d'échantillonnage « Filet trémail » positionnées au sein des matrices rocheuses cartographiées (source : setec énergie environnement, 2023)

Cet agencement a pour objectif de représenter un réseau de stations couvrant toutes les zones d'études (rapprochée, éloignée, témoin). Les stations extérieures sont positionnées dans l'espace pour décrire des gradients de distance vis-à-vis de la zone d'impact potentiel (application d'un protocole de type BAG).

Les campagnes de prélèvements ont toutes été réalisées via l'affrètement d'un navire de pêche professionnel (*Le Belladone*). Ce choix s'est fait sur la base du volontariat, en concertation avec le comité des pêches en veillant à l'adéquation du métier pratiqué, du secteur prospecté et des connaissances du patron-pêcheur de la zone à échantillonner.



Photo 4 : La Belladone (fileyeur ; source : A. Ruijter)

Tableau 2 : Caractéristiques techniques du fileyeur Belladone

Type de navire	Fileyeur
Année de construction	1984
Type de coque	Polyester
Immatriculation	LO.614655
Quartier maritime	FRLRT Lorient
Jauge brute	23.50 Tx
Longueur LOA (m)	12.80 m
Longueur LBP (m)	11.80 m
Puissance de propulsion	177 Kw

Le matériel utilisé est celui du professionnel impliqué dans la réalisation des campagnes d'échantillonnage. L'engin de pêche est néanmoins adapté au contexte de pêches scientifiques en limitant ses dimensions. Celui-ci est constitué de nappes raboutées pour atteindre une longueur totale de 300 m de filets.

Dans un trémail le poisson ne se maille pas, mais s'emmêle, ce qui en fait un engin efficace et peu sélectif. Il est composé d'un assemblage de trois nappes rectangulaires superposées les unes aux autres et de deux ralingues. Les deux nappes externes sont constituées de grandes mailles (250 mm). La nappe interne est composée de maille plus réduite (45 mm). L'engin a une hauteur de totale de 2 m.



Photo 5 : Illustrations issues d'une campagne de pêche au Filet Trémail (source : setec énergie environnement, 2022)

2.4 PARAMETRES MESURES ET ANALYSE DE DONNEES

2.4.1 Stades larvaires et œufs (ichtyoplancton)

Le présent rapport présente les résultats des 23 mois d'acquisition de données réalisés (avril 2022 – mars 2024) du compartiment « ichtyoplancton ».

Pour chaque trait au filet Bongo, la température et la salinité mesurées à l'aide de la sonde fixée sur le double filet Bongo sont représentées graphiquement en fonction de la profondeur, pour les mois de campagne où la donnée est disponible.

Un test de robustesse a été réalisé sous R en utilisant le package *vegan* (Oksanen *et al.*, 2022), afin de décrire comment la diversité augmente en fonction de l'effort d'échantillonnage et ainsi évaluer si l'effort d'échantillonnage est suffisant. Cela a été fait par zone (rapprochée et immédiate) et par stade du cycle de vie (larves et œufs) pour tester si l'effort d'échantillonnage dans ces deux zones reflète correctement la richesse spécifique et si elles sont comparables dans le temps et dans l'espace. La fonction *specaccum* a précisément été utilisée avec la méthode aléatoire (ligne de code : `specaccum(data, method = "random", permutations = 100)`, qui permet de trouver la courbe d'accumulation moyenne et son écart-type à partir de 100 permutations aléatoires des données (qui sont pour ce test un événement d'échantillonnage station x campagne - Gotelli et Colwell, 2001).

Concernant les échantillons biologiques formolés à 4%, ils sont envoyés au Museum Nationale d'Histoire Naturelle de Concarneau pour identification taxonomique des larves et œufs de poissons. La méthode du MNHN après réception des échantillons est la suivante :

- Avant l'identification et le comptage, les échantillons ont été coulés à travers un tamis de 500 µm, puis placés dans un fluide de tri « sorting fluid » (Phenoxypropylene glycol). Les larves et les œufs de poissons ont été triés à l'aide d'une loupe binoculaire Zeiss-Stémi 2000C.
- Pour l'identification des larves et des œufs de poissons au niveau de l'espèce, une loupe binoculaire Zeiss SteREODiscovery.V20 est utilisée et des images sont prises avec un Axiocam Zeiss attaché à la loupe. Les spécimens sont mesurés avec le logiciel Zeiss Zen. La terminologie utilisée pour déterminer le degré de développement d'œufs (Stage I – Stage V) suit notamment celle de Munk et Nielsen, 2005.

2.4.1.1 Abondance et structure

Les résultats des identifications sont exprimés en densité c'est-à-dire en nombre d'individus par m³, le nombre d'individus étant divisé par la quantité d'eau de mer filtrée. La quantité d'eau de mer filtrée est obtenue grâce aux valeurs du débitmètre fixé sur le double filet Bongo et à partir de la formule du constructeur (KC Denmark model 23.091) :

$$\text{Nombre de tours (débitmètre)} \times 0.3 \times \text{aire d'ouverture du filet (m}^2\text{)} \times 1000 = \text{volume d'eau (L)}$$

Les différents taxons identifiés ont été classés par étagement dans la colonne : pélagique ; démersal et benthique. La structure des captures est représentée sous forme de graphiques d'abondance moyenne par étagement et par taxon ainsi que pour les taxons les plus abondants, par stades pour décrire l'évolution temporelle : larves, œufs ainsi qu'un focus sur les œufs de stade I, ce stade étant le premier stade après la ponte et peut ainsi donner une indication quant à la proximité de zone de frayère.

Enfin une attention a été portée sur les stades larvaires de crustacés et de mollusques.

2.4.1.2 Répartition spatiale

Une cartographie des abondances (nombre par m³) des œufs collectés pour les taxons les plus abondants a été réalisée pour chaque campagne entre avril 2022 et mars 2024.

2.4.1.3 Comparaison de l'abondance et de la structure taxonomique de la communauté entre la zone potentiellement impactée et la zone témoin

Pour tester s'il existe des différences significatives de l'abondance et de la structure de la communauté des œufs et des larves entre les zones et les mois, nous avons utilisé :

- Des modèles à effets mixtes pour l'abondance
- Une analyse PERMANOVA pour la structure de la communauté

Les modèles à effets mixtes permettent de tester l'effet de facteurs fixes (zone et mois) en tenant compte de la variabilité au sein de chaque groupe en incluant un effet aléatoire (stations). Inclure un facteur aléatoire dans le modèle tient compte du fait que les observations au sein d'un même groupe peuvent être plus similaires entre elles qu'avec les observations d'autres groupes (Zuur *et al.*, 2009). Par exemple, les observations dans la zone immédiate au cours d'un même mois pourraient être plus similaires entre elles qu'avec celles de la zone rapprochée. De plus, l'effet aléatoire prend également en compte le nombre différent de stations par zone (5 stations dans la zone immédiate et 4 stations dans la zone rapprochée). L'effet de la zone individuelle, du mois et de leur interaction sur l'abondance de chaque stade de l'ichtyoplancton a d'abord été testé à l'aide de modèles linéaires à effets mixtes, en utilisant la fonction *lme* du package *nlme* (v3.1-166, Pinheiro, Bates and R Core Team, 2024). Cependant, ce type de modèles repose sur des hypothèses paramétriques (les résidus du modèle doivent suivre une distribution normale, avoir une variance constante et être indépendants les uns des autres). Les hypothèses paramétriques ont été évaluées à l'aide de l'analyse des graphiques des résidus (QQ plot, résidus vs. valeurs ajustées, et résidus contre les facteurs de regroupement). Pour les données écologiques, et en particulier les données relatives au plancton, qui présentent beaucoup de variabilité aléatoire, les hypothèses paramétriques sont souvent violées, ce qui a été le cas dans cette analyse. Par conséquent, une alternative non paramétrique permettant d'ajuster des modèles mixtes a été utilisée : la méthode *Aligned Rank Transform* (ART). L'ART commence par l'alignement des données : pour chaque effet principal (zone et mois) ou interaction, les données de réponse (ici l'abondance) sont « alignées » afin de supprimer tous les autres effets. Les données alignées sont ensuite classées par rang. Une ANOVA standard est ensuite effectuée sur les données alignées et classées, ce qui permet de maintenir des taux d'erreur de Type I corrects ainsi qu'une puissance statistique adéquate (Wobbrock *et al.*, 2011). Les modèles non paramétriques ont été réalisés en utilisant la fonction *art* du package *ARTTool* (v0.11.1, Kay *et al.*, 2021), selon le modèle suivant, où la zone et le mois sont des effets fixes et la station est un effet aléatoire : $\log(\text{Abondance total} + 1) \sim \text{Zone} * \text{Mois} + (1|\text{Station})$. Si l'interaction est significative, les différences d'abondance entre les zones pour chaque mois ont été testées par le test non paramétrique de Wilcoxon par paires, en utilisant la fonction *wilcox.test* du package *stats* (Bolar, 2019). Des valeurs de p-value inférieures à 0,05 indiquent des différences significatives.

La PERMANOVA (Analyse de Variance Multivariée par Permutations) est un test statistique non paramétrique utilisé pour comparer des groupes (ici mois, zone et leur interaction) à partir de données multivariées (abondance des œufs ou des larves de chaque taxon). Elle utilise des permutations pour tester si les centroïdes (c'est-à-dire les valeurs moyennes) des différents groupes diffèrent de manière significative en termes de distances dans l'espace multivarié (Anderson, 2001). Des valeurs de p-value inférieures à 0,05

indiquent des différences significatives. La PERMANOVA a été réalisée en utilisant la fonction *adonis2* du package *vegan* (Anderson, 2001).

2.4.2 Stades adultes et juvéniles – espèces benthodémersales

2.4.2.1 Chalut de fond à panneaux (substrats meubles)

2.4.2.1.1 Données collectées

A bord, chaque opération de pêche est référencée sur une fiche passerelle. Celle-ci fait état des conditions d'échantillonnage (état de la mer, météo, etc.) et mentionne les heures et positions de filage et de virage des engins de pêche. Sur le pont, au terme des 20 minutes de trait, le contenu du chalut est entièrement vidé dans des caisses de criée.

Un tri exhaustif des captures est ensuite effectué en individualisant chaque espèce observée. L'identification réalisée, les individus sont dénombrés et le poids total par espèce est noté. Complémentairement, des mesures biométriques sont réalisées en suivant la méthodologie de Badts et Bertrand (2012) sur un échantillon de 30 individus. Les espèces autres que les poissons, céphalopodes et crustacés sont également inventoriées et dénombrées à cette étape. Toutes ces données brutes sont renseignées sur une fiche « captures ». Celle-ci fait l'objet à terre d'une saisie informatique et ces données sont ensuite bancarisées dans une base de données dédiée à l'étude.

2.4.2.1.2 Abondance et biomasse (CPUE)

Les densités de poissons, en termes d'abondance ou de biomasse, ont été calculées pour chaque espèce et pour chaque trait en fonction de la distance de traîne parcourue et de l'ouverture horizontale du chalut en appliquant les formules suivantes :

- $Densité (nb \cdot ha^{-1}) = Abondance (nb) / Zone \text{ balayée } (ha) ;$
- $Densité (kg \cdot ha^{-1}) = Biomasse (kg) / Zone \text{ balayée } (ha) ;$
- avec $Zone \text{ balayée } (ha) = 65\% \times \text{taille du bourrelet } (m) \times \text{distance parcourue } (m).$

Les indices obtenus traduisent l'échantillon constitué sous forme de Captures par Unité d'Effort (CPUE), exprimant la quantité de poissons capturés (indices d'abondance ou de biomasse) par une unité d'effort (ici la surface).

2.4.2.1.3 Analyses multivariées

Pour analyser la diversité beta, c'est-à-dire le degré de changement dans la composition spécifique entre stations (Whittaker, 1960), différentes analyses de regroupement ou d'ordination ont été réalisées. Ces analyses ont été effectuées à partir d'une matrice de distances construite avec l'indice de similarité de Bray-Curtis communément utilisé pour des données d'abondances d'espèces (Field, Clarke and Warwick, 1982). Préalablement à ces analyses, les données de captures par unité d'effort (CPUE) ont été transformées (double racine carrée). Cette transformation permet de réduire l'influence des taxons les plus abondants dans les résultats (Mahon *et al.*, 1998). La formule suivante a été appliquée : $\sqrt{\sqrt{x}}$, avec $x = \text{captures en nombre ou en biomasse}$.

Les analyses de regroupement permettent de mettre en évidence les regroupements naturels des stations et de visualiser la structure des communautés à l'aide d'un dendrogramme. Une Classification Ascendante

Hierarchique (CAH) avec la méthode d'agrégation « *Group average linkage* » (UPGMA) a été réalisée, permettant le regroupement des stations selon leur composition et abondance spécifiques.

Les analyses d'ordination permettent de construire une « carte » des stations dans un nombre réduit de dimensions à partir de leur composition et abondance spécifiques. Une analyse de positionnement multidimensionnel non métrique (nMDS) a été réalisée sur les stations (plus deux stations sont proches, plus elles sont semblables).

2.4.2.1.4 Indices de diversité spécifique

La diversité au niveau de chaque station a été caractérisée grâce au calcul de différents indices de diversité :

- La richesse spécifique ;
- L'indice de diversité de Shannon- Wiener ;
- L'indice de diversité de Piélu.

Les informations présentées ci-dessous proviennent de Grosjean et Engels, 2021.

La **richesse spécifique** (Rs), correspond au nombre d'espèces observées dans l'élément considéré (i.e. la station, la zone étudiée...). Pour caractériser plus finement la structure d'un peuplement, il est nécessaire de prendre en compte l'abondance relative des espèces ainsi que la répartition des individus au sein des espèces.

L'**indice de Shannon- Wiener** (H') est introduit en écologie comme une mesure de la stabilité des communautés, prend en compte lors de son calcul la richesse et l'abondance relative des espèces contrairement à la richesse spécifique. Son calcul est réalisé à partir de la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=S} p_i \log_2 (p_i)$$

où p_i représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang i et est compris entre 0 et 1 : $p_i = \frac{n_i}{N}$; S la richesse spécifique ; n_i le nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon ; N le nombre total d'individus

H' est toujours positif ou égal à 0 lorsqu'il n'y a qu'une seule espèce présente dans l'échantillon. Il est maximal lorsque toutes les espèces sont également distribuées ($H'_{max} = \log_2(S)$). Bien que H' augmente lorsque le nombre d'espèces augmente, il est sensible aux espèces rares. Il est donc particulièrement sensible à l'effort d'échantillonnage et doit donc être comparé entre études avec le même plan d'échantillonnage et les mêmes peuplements.

L'indice de Shannon (H') est accompagné de l'**indice d'équitabilité de Piélu** (J' ou E'). Cet indice permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces. Il est utile pour comparer des dominances potentielles entre sites puisqu'il est indépendant de la richesse spécifique. Son calcul est réalisé à partir de la formule suivante :

$$E' = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

où H' représente l'indice de Shannon-Weaver ; H'_{max} la valeur maximale de l'indice de Shannon-Weaver ; S la richesse spécifique

E' varie entre 0 et 1 où 0 correspond à la dominance d'une des espèces et 1 signifie que chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

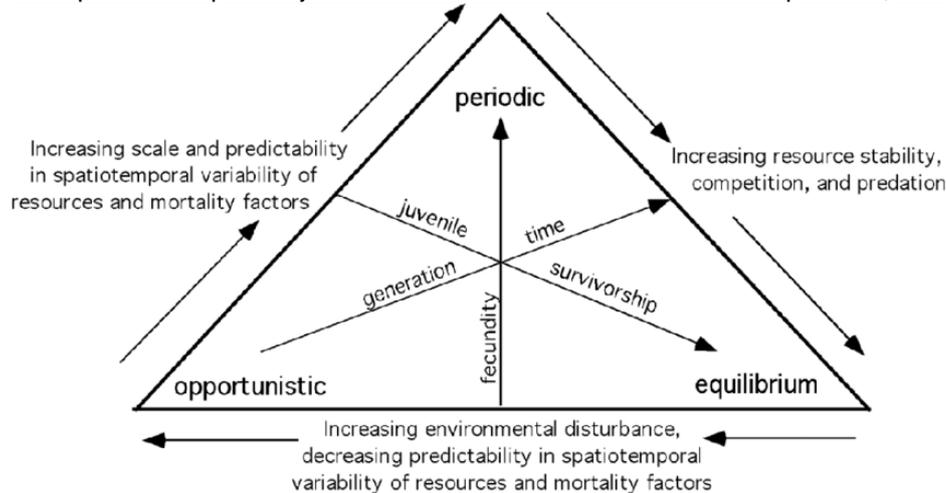
2.4.2.1.5 Approche fonctionnelle

Afin de mieux caractériser l'évolution de la composition des communautés de poissons et de comprendre les dynamiques fonctionnelles à l'échelle du Golfe de Gascogne, une approche reposant sur l'écologie fonctionnelle et l'analyse multivariée des traits d'histoire de vie des espèces est adoptée. Plutôt que d'étudier la biodiversité sous un prisme purement taxonomique, cette approche permet d'identifier des groupes fonctionnels, c'est-à-dire des ensembles d'espèces partageant des traits biologiques et écologiques similaires, et d'analyser leurs réponses aux variations environnementales et aux perturbations anthropiques. Cette approche permet ainsi d'obtenir une vision plus intégrée du fonctionnement des communautés halieutiques (Villéger et al., 2008 ; Beauchard et al., 2017).

Stratégies d'histoires de vie

Les poissons présentent des stratégies d'histoire de vie contrastées, qui influencent directement leur dynamique de population et leur capacité de réponse aux pressions environnementales. La classification proposée par Winemiller et Kirk (2005), distingue trois grandes stratégies d'histoire de vie : **opportuniste, périodique et d'équilibre** (

Figure 7). Les espèces opportunistes se caractérisent par une croissance rapide, une maturité précoce et une fécondité élevée, leur permettant de maximiser leur taux de reproduction dans des environnements instables. Les espèces périodiques, quant à elles, présentent une fécondité très élevée, mais retardent leur maturité et synchronisent leur reproduction avec des cycles environnementaux saisonniers, ce qui leur permet d'exploiter les périodes favorables. Enfin, les espèces d'équilibre investissent davantage dans leur descendance en produisant peu de jeunes mais avec un fort investissement parental, compensant ainsi un



recrutement plus limité par une meilleure survie des juvéniles.

Figure 7 : Modèle triangulaire d'histoire de vie illustrant les gradients environnementaux sélectionnant les stratégies de point final (de Winemiller 2005)

Afin d'assigner les espèces à ces groupes fonctionnels, nous avons retenu plusieurs traits biologiques clés, incluant **l'âge maximal, l'âge à la première reproduction, la fécondité et le coefficient de croissance**. Ces traits ont été extraits de la base de données de Beukhof et al. (2019), qui synthétise les informations fonctionnelles de nombreuses espèces marines.

Tableau 3 : Composition spécifique des groupes fonctionnels en fonction des espèces échantillonnées.

Groupe	Nombre d'espèces	Espèces
Opportuniste	29	<i>Agonus cataphractus</i> <i>Argentina sphyraena</i> <i>Arnoglossus imperialis</i> <i>Arnoglossus laterna</i> <i>Callionymus lyra</i> <i>Capros aper</i> <i>Cepola macrophthalma</i> <i>Alosa fallax</i> <i>Gadiculus argenteus</i> <i>Trisopterus luscus</i> <i>Trisopterus minutus</i> <i>Gobiidae</i> <i>Ctenolabrus rupestris</i> <i>Enchelyopus cimbrius</i> <i>Gaidropsarus macrophthalmus</i> <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> <i>Gaidropsarus vulgaris</i> <i>Mullus surmuletus</i> <i>Microstomus kitt</i> <i>Scorpaena notata</i> <i>Buglossidium luteum</i> <i>Dicologlossa cuneata</i> <i>Microchirus variegatus</i> <i>Pagellus acarne</i> <i>SpondylIOSoma cantharus</i> <i>Echiichthys vipera</i> <i>Chelidonichthys cuculus</i> <i>Chelidonichthys lucerna</i> <i>Serranus hepatus</i>
Périodique	23	<i>Conger conger</i> <i>Merlangius merlangus</i> <i>Pollachius pollachius</i> <i>Labrus mixtus</i> <i>Lophius budegassa</i> <i>Lophius piscatorius</i> <i>Molva molva</i> <i>Merluccius merluccius</i> <i>Mora moro</i> <i>Dicentrarchus labrax</i> <i>Petromyzon marinus</i> <i>Phycis blennoides</i> <i>Pleuronectes platessa</i> <i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> <i>Scophthalmus maximus</i> <i>Zeugopterus punctatus</i> <i>Zeugopterus</i> <i>Scorpaena scrofa</i> <i>Helicolenus dactylopterus</i> <i>Solea solea</i> <i>Eutrigla gurnardus</i> <i>Zeus faber</i> <i>Phycis phycis</i>
Équilibré	8	<i>Leucoraja naevus</i> <i>Raja brachyura</i> <i>Raja clavata</i> <i>Raja montagui</i> <i>Scyliorhinus canicula</i> <i>Torpedo marmorata</i> <i>Mustelus asterias</i> <i>Mustelus mustelus</i>

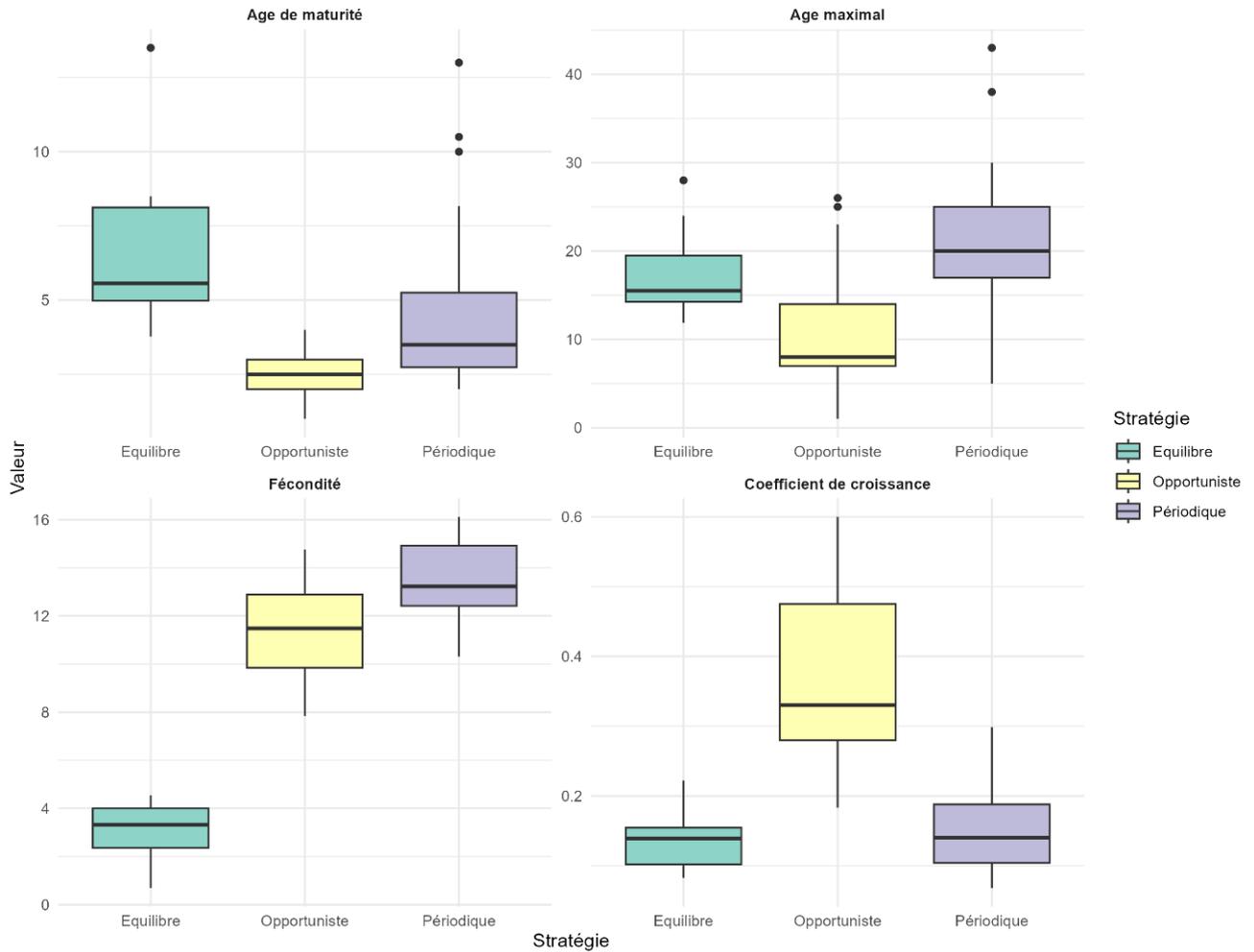


Figure 8 : Boxplot illustrant la distribution des valeurs des traits fonctionnels selon les stratégies opportuniste, périodique et équilibrée.

Calcul des traits fonctionnels moyen et clustering des échantillonnages

Dans l'analyse fonctionnelle des communautés, les moyennes pondérées des traits au sein de chaque échantillonnage (Community Weighted Means, CWM) ont été calculées afin d'agrèger les valeurs de traits spécifiques des espèces présentes. Pour un trait donné, le CWM correspond à la moyenne des valeurs spécifiques des espèces dans un échantillonnage, pondérée par leur biomasse relative :

$$CWM_{trait} = \sum_{i=1}^n p_i \times T_i$$

Où p_i est la proportion de l'espèce i dans la communauté, T_i la valeur du trait de cette espèce, et n le nombre total d'espèces présentes dans la station.

Cette approche permet d'obtenir une valeur unique pour les traits quantitatifs et des proportions pour les traits catégoriels, offrant ainsi une représentation fonctionnelle des communautés étudiées. Les traits sélectionnés sont : **le niveau trophique moyen, le régime alimentaire et la stratégie d'histoire de vie** (présentées plus haut). Le niveau trophique renseigne sur la structure des réseaux trophiques et la position des espèces dans la chaîne alimentaire. Le régime alimentaire distingue les espèces en fonction de leurs

préférences trophiques : **benthivores, généralistes, piscivores et planctonophages**. Enfin, la stratégie d'histoire de vie est évaluée à travers la classification en **équilibre, opportuniste et périodique**, basée sur les traits reproductifs et de croissance des espèces.

Les variables de régime alimentaire et de stratégie d'histoire de vie, exprimées sous forme de proportions, sont fortement dépendantes entre elles, puisque leur somme est contrainte à 1 dans chaque communauté. Pour limiter cet effet sur l'analyse multivariée, une transformation log-ratio centrée (CLR, Centered Log-Ratio) a été appliquée, garantissant une distribution mieux adaptée à une analyse en composantes principales (ACP).

L'ACP a été réalisée sur l'ensemble des CWM transformés (niveau trophique, régime alimentaire et stratégie de reproduction après CLR) afin d'identifier les axes majeurs de structuration des communautés et de réduire la dimensionnalité tout en conservant l'essentiel de l'information. Une classification ascendante hiérarchique (HCPC) a ensuite été appliquée aux deux premiers axes principaux, permettant de regrouper les stations d'échantillonnage selon leurs similarités fonctionnelles et d'identifier des profils écologiques distincts.

La distribution spatiale et temporelle des clusters et du niveau trophique a été évaluée à l'aide de tests inférentiels :

Pour analyser la dimension spatiale, des tests d'autocorrélation adaptés à la nature des variables étudiées sont utilisés. La structure des clusters (variable qualitative) a été évaluée à l'aide du test de permutation de Monte Carlo, tandis que la répartition du niveau trophique (variable quantitative) a été analysée à l'aide de l'indice de Moran.

Concernant la variabilité temporelle, un modèle linéaire mixte (LMM) a été utilisé afin d'évaluer les différences de niveau trophique moyen entre les campagnes, tout en prenant en compte l'effet aléatoire des stations. Cette approche permet de tester si les fluctuations observées sont statistiquement significatives, en contrôlant la variabilité spatiale inhérente aux sites d'échantillonnage. Un modèle linéaire généralisé multinomial (GLM multinomial) a été appliqué afin d'analyser la distribution des clusters fonctionnels d'une campagne à l'autre et d'identifier d'éventuelles différences significatives dans la structuration des communautés au fil du temps.

2.4.2.2 Filet trémail (faciès rocheux)

2.4.2.2.1 Données collectées

Pour chaque station, une fois le filet remonté à bord, les captures sont d'abord toutes démaillées et stockées dans des bacs de criée. Un tri des espèces est ensuite opéré, suivi des mesures biométriques (longueur du céphalothorax pour les crustacés, longueur totale pour les poissons) réalisées pour l'ensemble des individus collectés. Toutes ces données brutes sont renseignées sur une fiche « capture ». Celle-ci fait l'objet à terre d'une saisie informatique et ces données sont ensuite bancarisées dans une base de données dédiée à l'étude.

2.4.2.2.2 Abondance et biomasse (CPUE)

Les indices de Capture Par Unité d'Effort (CPUE) sont calculés. Ces derniers intègrent la durée d'immersion des engins de pêche et leur longueur ainsi que le nombre ou le poids des captures observées. L'unité considérée ici est le filet de 300 m et un intervalle de temps de trempe de 24 heures.

Notons que le filet n'est pas un engin d'échantillonnage quantitatif car il est impossible de rapporter l'abondance des animaux capturés à une surface connue. De même, puisque c'est un engin passif, son efficacité est extrêmement dépendante de l'activité des individus, lesquels doivent se déplacer pour être capturés. L'observation d'indices faibles ne devra donc pas nécessairement être synonyme d'absence de l'espèce sur la zone.

En parallèle de ces indices, les données de sexe et de taille ont permis la description de la structure en taille et en sexe des captures pour chacune des stations.

3. RESULTATS

3.1 STADES LARVAIRES ET ŒUFS (ICHTYOPLANCTON)

3.1.1 Paramètres physico-chimiques

Les mesures de température et de salinité réalisées avec la sonde CTD fixée directement sur le double filet Bongo n'ont pu être exploitées pour les campagnes d'avril, de juin, de juillet et de septembre 2022 en raison de différents dysfonctionnements et avaries du matériel utilisé. Ainsi, sont disponibles les données enregistrées lors des campagnes de mai, août, octobre, novembre et décembre 2022 ainsi que lors des campagnes de janvier 2023 à mars 2024, à l'exception d'octobre 2023, mois pour lequel il n'y a pas eu de campagne. En raison de problèmes techniques, certaines stations n'ont pas été échantillonnées (ICH09 en décembre 2022, ICH04 en janvier et décembre 2023 et la station ICH07 en juillet 2023).

Les données collectées par cette sonde CTD permettent surtout de restituer *a posteriori* l'information de la profondeur à laquelle l'engin a évolué au cours de l'échantillonnage. Rappelons ici que l'échantillonnage a toujours consisté en la réalisation d'un trait oblique, depuis les profondeurs maximales jusqu'à la surface en respectant une durée de traine comprise entre 8 et 15 minutes. Globalement, le double filet Bongo a permis d'échantillonner une profondeur d'eau entre 0 et 73m, bien que dans 90 % des cas, l'échantillonnage ait été effectué à une profondeur inférieure à 41 m. De mai à novembre 2022, la couche d'eau de 0 à 20m a été majoritairement échantillonnée avec la moitié des stations dans les dix premiers mètres. Pour les mois de 2023, l'engin est assez plus profond, majoritairement entre 0 et 40m de fond, tandis que pendant les premiers mois de 2024, l'échantillonnage a de nouveau été effectué à des profondeurs généralement plus faibles.

La figure ci-dessous présente les enregistrements de température effectués lors des campagnes de mai 2022 à mars 2024. Les mois de juin, juillet, août et septembre des années 2022 et 2023 ont été les mois les plus chauds avec des températures atteignant 18,1 °C (juillet 2023) à 21,0 °C (août 2022), en particulier dans les eaux de surface. Au cours de ces mois, la moyenne globale (moyenne de toutes les stations et dans toute la colonne d'eau) a varié entre 16,5 (août 2023) et 18,5 (août 2022). C'est également dans les couches superficielles de la colonne d'eau que des températures minimales ont été enregistrées (<8,5°C sur l'ensemble des stations) en mars 2023. Globalement, les mois les plus froids ont été janvier, février et mars 2023 et 2024, avec des moyennes globales (toutes stations et dans toute la colonne d'eau) comprises entre 11,1 (mars 2023) et 12,8 °C (janvier 2024).

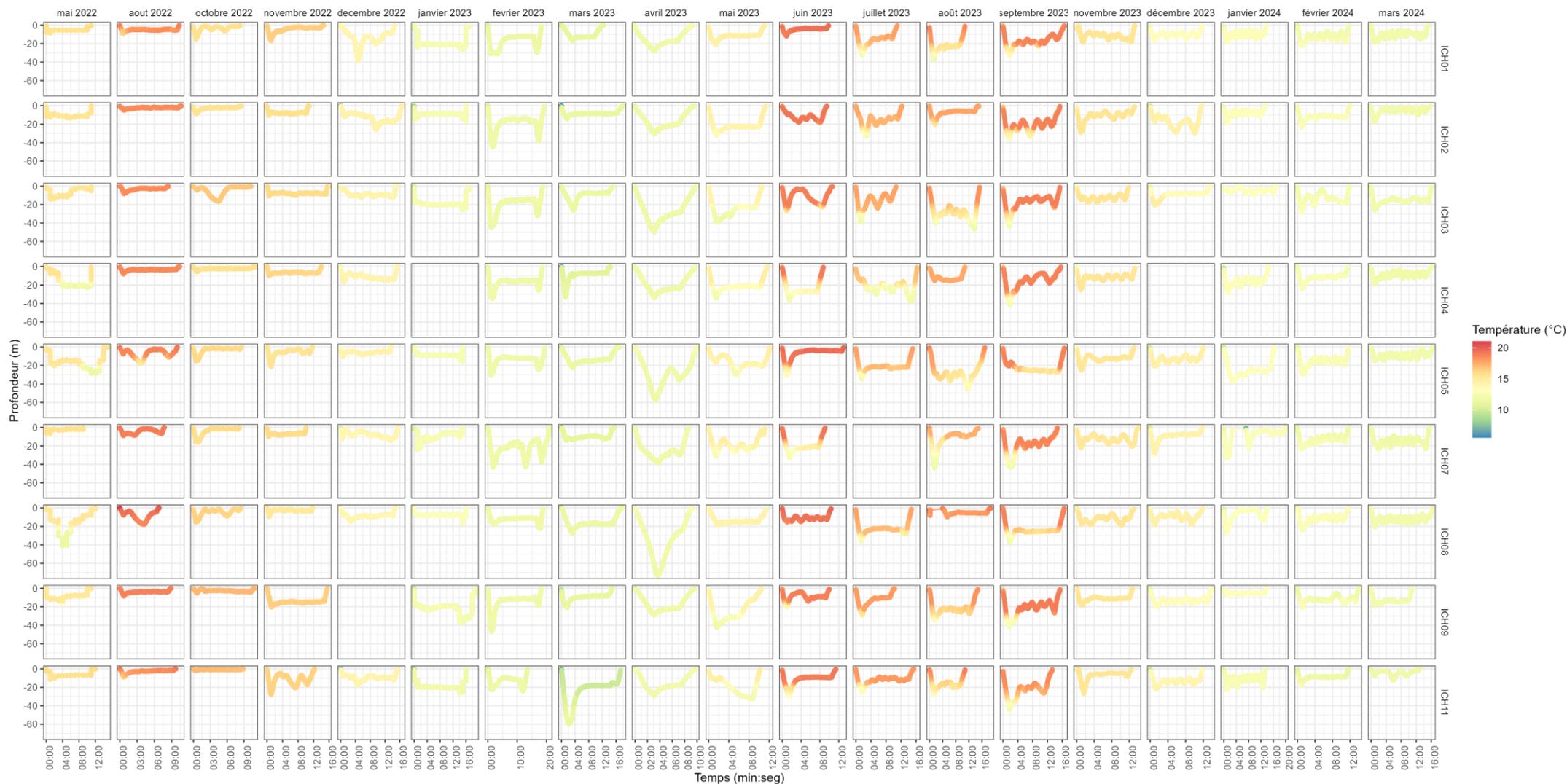


Figure 9 : Évolution de la température (°C) à chaque trait de filet de chaque station (en ligne) entre mai 2022 et mars 2024 (campagne en colonne) en fonction de la profondeur (source : setec énergie environnement, 2024)

La figure ci-dessous présente les enregistrements de salinité effectués lors des campagnes citées précédemment, toujours à chaque station. Pour une meilleure visualisation, seules les salinités entre 33 et 36 PSU sont présentées dans la figure, bien que la salinité aie varié entre 28,0 en mars 2024, et 42,9 en décembre 2022. Ces valeurs extrêmes étaient occasionnelles et ont été enregistrés dans les couches d'eau de surface, ce qui laisse penser à des effets de bord. Les mois présentant les valeurs de salinité les plus faibles ont été mai 2022 (de 33,1 à 35,2 PSU), avril, mai et juin 2023 (de 33,0 à 35,9 PSU) et février et mars 2024 (de 28,0 à 36,6 PSU). Les stations présentant les profils de salinité les plus faibles étaient les plus côtières, ICH09 et ICH11, avec des valeurs aussi basses que 33,2 et 32,1 PSU, respectivement.

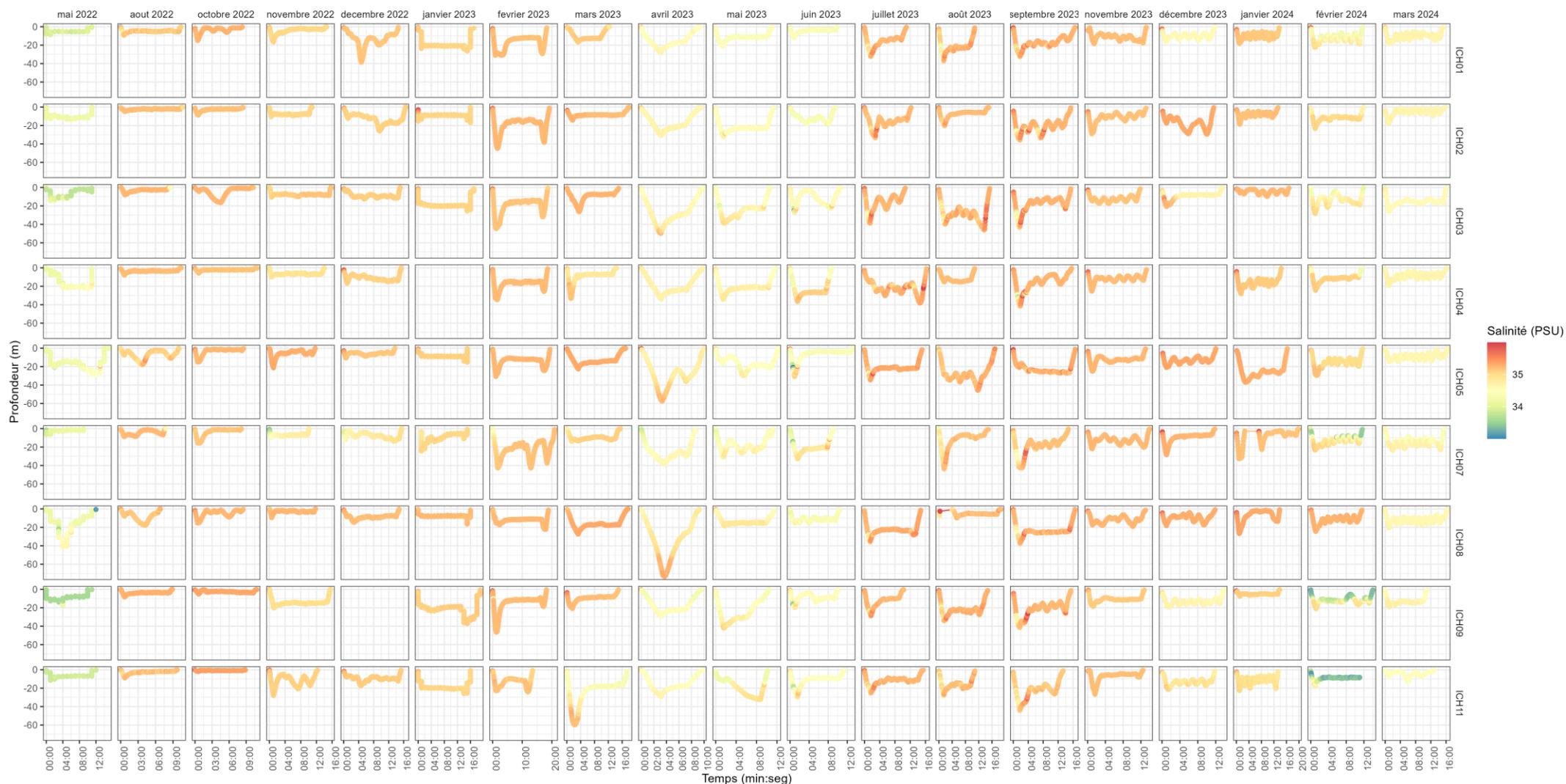


Figure 10 : Évolution de la salinité (PSU) à chaque trait de filet de chaque station (en ligne) entre mai 2022 et mars 2024 (campagne en colonne) en fonction de la profondeur
 (source : setec énergie environnement, 2024)

3.1.2 Larves et œufs de poissons

3.1.2.1 Richesse taxonomique

Comme le montre le tableau suivant, sur la période d'avril 2022 à mars 2024, **53 genres** et **64 espèces** de poissons, regroupés en **32 familles** ont été identifiés. Parmi ces taxons, 14 ont été observées uniquement au stade œuf (dont 1 sp. appartenant à la famille des **Pleuronectidae**), 38 au stade de larve (dont 5 sp. **Ammodytidae, Argentinidae, Gobiesocidae, Gobiidae, Scombridae**) et 28 au stade œuf et larve (dont 4 sp. **Callionymidae, Gadidae, Gaidropsaridae, Mugilidae, Triglidae**).

Tableau 4 : Espèces et familles de larves et d'œufs de poissons collectées entre avril 2022 et mars 2024, avec entre parenthèses les espèces auxquelles pourraient appartenir les œufs et larves sp. (source : setec énergie environnement, 2024)

Famille	Nom français	Nom scientifique	Œuf	Larve
Ammodytidae	Lançon nordique	<i>Ammodytes marinus</i>		X
	Lançon équille	<i>Ammodytes tobianus</i>		X
	Grande cicerelle	<i>Gymnammodytes semisquamatus</i>		X
	Lançon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		X
		<i>sp.</i>		X
Argentinidae	Petite argentine	<i>Argentina sphyraena</i>	X	X
		<i>sp.</i>		X
Blenniidae	Blennie papillon	<i>Blennius ocellaris</i>		X
	Blennie coiffée	<i>Coryphoblennius galerita</i>		X
	Blennie gattorugine	<i>Parablennius gattorugine</i>		X
	Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>		X
Bothidae	Arnoglosse lanterne	<i>Arnoglossus laterna</i>		X
	Arnoglosse sp.	<i>Arnoglossus sp.</i> (Soit <i>Arnoglossus laterna</i> , <i>A. imperialis</i> ou <i>A. thori</i>)	X	X
Callionymidae	Dragonnet lyre	<i>Callionymus lyra</i>		X
	Dragonnet réticulé	<i>Callionymus reticulatus</i>		X
	Callionyme sp.	<i>Callionymus sp.</i> (Œufs : soit <i>Callionymus lyra</i> , <i>C. reticulatus</i> ou <i>C. maculatus</i>)	X	X
		<i>sp.</i>	X	X
Carangidae	Chinchard commun	<i>Trachurus trachurus</i>	X	X
Carapidae	Aurin atlantique	<i>Echiodon drummondii</i>	X	X
Cepolidae	Cépole	<i>Cepola macrophthalma</i>		X
Clupeidae	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	X	X
	Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	X	X
Engraulidae	Anchois commun	<i>Engraulis encrasicolus</i>	X	X

Gadidae	Merlan	<i>Merlangius merlangius</i>	X	X
	Lieu jaune	<i>Pollachius pollachius</i>		X
	Lieu noir	<i>Pollachius virens</i>		X
		<i>Pollachius sp.</i>		X
	Petit tacaud	<i>Trisopterus minutus</i>		X
	Tacaud commun	<i>Trisopterus luscus</i>	X	X
	Tacaud norvégien	<i>Trisopterus esmarkii</i>		X
		<i>Trisopterus spp.</i> (Œufs : soit <i>Trisopterus luscus</i> ou <i>T. esmarkii</i>)	X	X
		<i>sp.</i> (Œufs : très probablement <i>Trisopterus luscus</i> mais possibilité qu'il y ait un petit nombre d'autres espèces comme <i>T.</i> <i>esmarkii</i> , <i>Pollachius pollachius</i> , <i>Micromesistius poutassou</i> et/ou <i>Merlangius merlangus</i>)	X	X
Gaidropsaridae	Motelle à cinq barbillons	<i>Ciliata mustela</i>	X	
	Motelle à moustache	<i>Ciliata septentrionalis</i>		X
	Motelle à quatre barbillons	<i>Enchelyopus cimbrius</i>		X
	<i>sp.</i> (<i>Ciliata mustela</i> , <i>C.septentrionalis</i> , <i>Gaidropsarus vulgaris</i> , <i>G.</i> <i>mediterraneus</i> et/ou <i>Enchelyopus cimbrius</i>)		X	X
Gobiesocidae	<i>sp.</i>		X	
Gobiidae	Gobie	<i>Lebetus sp.</i>		X
	Gobie sp.	<i>sp.</i>		X
Labridae	Girelle commune*	<i>Coris julis*</i>	X	X
	Rouqué	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	X	X
	Vieille	<i>Labrus bergylta</i>		X
	Vieille coquette	<i>Labrus mixtus</i>		X
	Crénilabre melops	<i>Symphodus melops</i>		X
Lotidae	Lingue franche	<i>Molva molva</i>	X	X
Merlucciidae	Merlu commun	<i>Merluccius merluccius</i>	X	X
Moronidae	Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	X	X
Mugilidae	<i>sp.</i>		X	X
Mullidae	Rouget barbet de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	X	X
Pleuronectidae	Flétan nain	<i>Hypogloisoides platessoides</i>	X	
	Limande commune	<i>Limanda limanda</i>	X	
	Limande-sole	<i>Microstomus kitt</i>	X	
	<i>sp.</i>		X	
Sebastidae	Sébaste atlantique**	<i>Sebastes viviparus**</i>		X

Scombridae	Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>	X	X
	Maquereau espagnol/commun	<i>Scomber japonicus/scombrus</i>	X	
	Maquereau espagnol***	<i>Scomber japonicus</i> ***	X	
	sp. (<i>Sarda sarda</i> ou <i>Scomber scombrus</i>)			X
Scophthalmidae	Cardine franche	<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	X	X
	Turbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	X	
	Barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>	X	
	Targie naine	<i>Zeugopterus norvegicus</i>	X	X
	Targeur	<i>Zeugopterus punctatus</i>		X
Scorpaenidae	Rascasse brune****	<i>Scorpaena porcus</i> ****	X	X
	sp.		X	X
Soleidae	Petite sole jaune	<i>Buglossidium luteum</i>	X	
	Sole perdrix	<i>Microchirus variegatus</i>	X	X
	Sole commune	<i>Solea solea</i>	X	X
Sparidae	Sar commun	<i>Diplodus sargus</i>		X
	Pagre commun	<i>Pagrus pagrus</i>		X
	Picarel guetteur*****	<i>Centracanthus cirrus</i> *****	X	
	Dorade grise	<i>Spondyliosoma cantharus</i>		X
Sternoptychidae	Maurolique de Müller	<i>Maurolicus muelleri</i>		X
Syngnathidae	Hippocampe à museau court	<i>Hippocampus hippocampus</i>		X
	Nérophis lombric	<i>Nerophis lumbriciformis</i>		X
	Nérophis ophidion	<i>Nerophis ophidion</i>		X
Trachinidae	Petite vive	<i>Echiichthys vipera</i>	X	
	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	X	
Triglidae	Grondin gris	<i>Eutriglia gurnardus</i>		X
	sp.		X	X
Zeidae	Saint-Pierre	<i>Zeus faber</i>	X	
+ non identifié			X	X
Diversité spécifique (hors non identifié)			43	68

* Girelle commune *Coris julis* : l'identification des œufs retrouvés en juin 2023 n'est pas certaine compte tenu du fait que le diamètre des œufs et le diamètre du globule d'huile chevauchent ceux des Gaidropsaridae.

** Sébaste atlantique *Sebastes viviparus* : une interrogation est émise sur l'identification des larves appartenant à *Sebastes viviparus*, car cette espèce a une distribution beaucoup plus au nord de la zone d'étude.

*** Maquereau espagnol *Scomber japonicus* : l'identification n'est pas certaine (pas de raison précisée).

**** Rascasse brune *Scorpaena porcus* : les œufs de cette espèce sont pondus dans une masse gélatineuse dont ils se libèrent au cours du développement. Les œufs retrouvés sont caractéristiques de l'espèce mais

ont été retrouvés libres et non intégrés dans une masse gélatineuse. Il est possible que cette masse ait été dissoute dans le formol. Comme une larve de Scorpaenidae a aussi été retrouvée, il est fort probable que les œufs appartiennent aussi à cette famille.

***** Picarel guetteur *Centracanthus cirrus* : les œufs sont caractéristiques de cette espèce mais cette espèce n'est pas décrite dans le Golfe de Gascogne (connue en Méditerranée et au large du Portugal). Néanmoins, il est probable qu'avec les courants et les températures élevées les œufs aient pu arriver dans la région.

De plus, une larve de Clupeidae a été identifiée à la station ICH08 en mai 2023 en très mauvais état mais semble très probablement être une larve de sardine (*Sardina pilchardus*). De la même façon, une larve de Scophthalmidae a été rencontrée à la station ICH07 en mars 2024 et appartient très probablement au turbot (*Scophthalmus maximus*).

Enfin, en janvier et février 2023, certains œufs de stade I d'une certaine taille n'ont pas pu être identifiés au niveau de l'espèce. A ce stade, il n'y a pas suffisamment de caractéristiques présentes pour séparer les œufs de *Merluccius merluccius*, *Lepidorhombus whiffiagonis*, *Dicentrarchus labrax* et Triglidae sp. Les stades d'œufs plus développés des taxons mentionnés ont néanmoins été identifiés en mars.



Photo 6 : Exemples d'œufs et larves de poisson observés à différentes stations et différentes campagnes (source : © Nalani Schnell, MNHN)

La Figure 11 ci-dessous présente comment la richesse spécifique des larves de poissons (n=68 taxons) augmente en fonction de l'effort d'échantillonnage, ici le nombre d'échantillons (stations x campagnes), pour les deux zones d'étude (rapprochée et immédiate). La courbe d'accumulation est presque à l'asymptote pour les deux zones, mais ne l'a pas encore atteinte. C'est-à-dire que le nombre de stations et la fréquence d'échantillonnage permettent de détecter la diversité annuelle des larves observées d'ichtyoplancton dans les deux zones, mais que des espèces restent à découvrir avec plus d'effort d'échantillonnage. Cependant, la proximité des courbes indique que l'effort d'échantillonnage est comparable entre les zones.

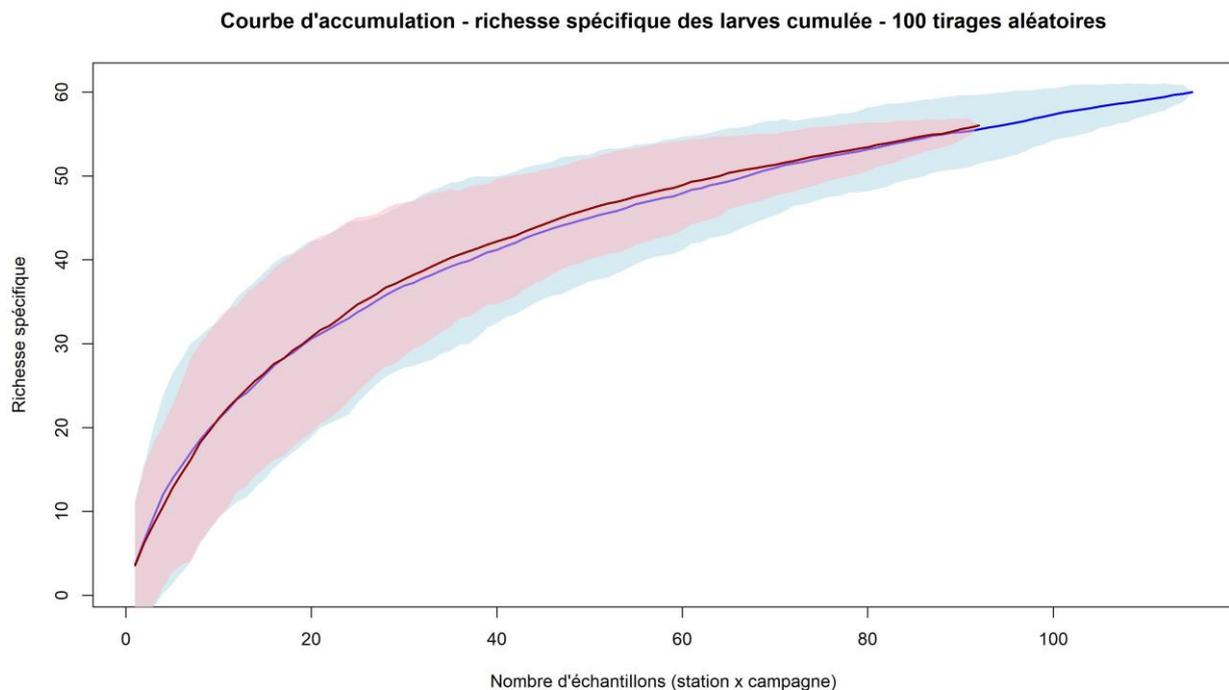


Figure 11 : Courbe d'accumulation par échantillon de la richesse spécifique des larves de poissons par zone : zone immédiate en bleu et zone rapprochée en rouge (source : setec énergie environnement, 2024)

Les courbes suivantes concernent les œufs. Contrairement aux larves, les courbes d'accumulation des œufs présentent une légère différence, avec la courbe de la zone rapprochée plus élevée que la zone immédiate (Figure 12). Cela indique que pour un nombre similaire d'échantillons, la zone rapprochée est plus riche en espèces. Comme pour les larves, la richesse spécifique des œufs n'a pas encore atteint l'asymptote, ce qui laisse présager qu'un effort d'échantillonnage plus important permettrait de découvrir d'autres taxons pas encore observés jusque là. Cela peut notamment s'expliquer par le fait que les œufs collectés sont souvent monospécifiques. Ainsi lors du sous-échantillonnage pour l'identification, il est possible de passer à côté de taxons plus rares, noyés dans la masse d'œufs monospécifiques. Cependant, les courbes des deux zones sont similaires en forme (avec des pentes similaires), ce qui signifie que la richesse spécifique entre les deux zones est comparable.

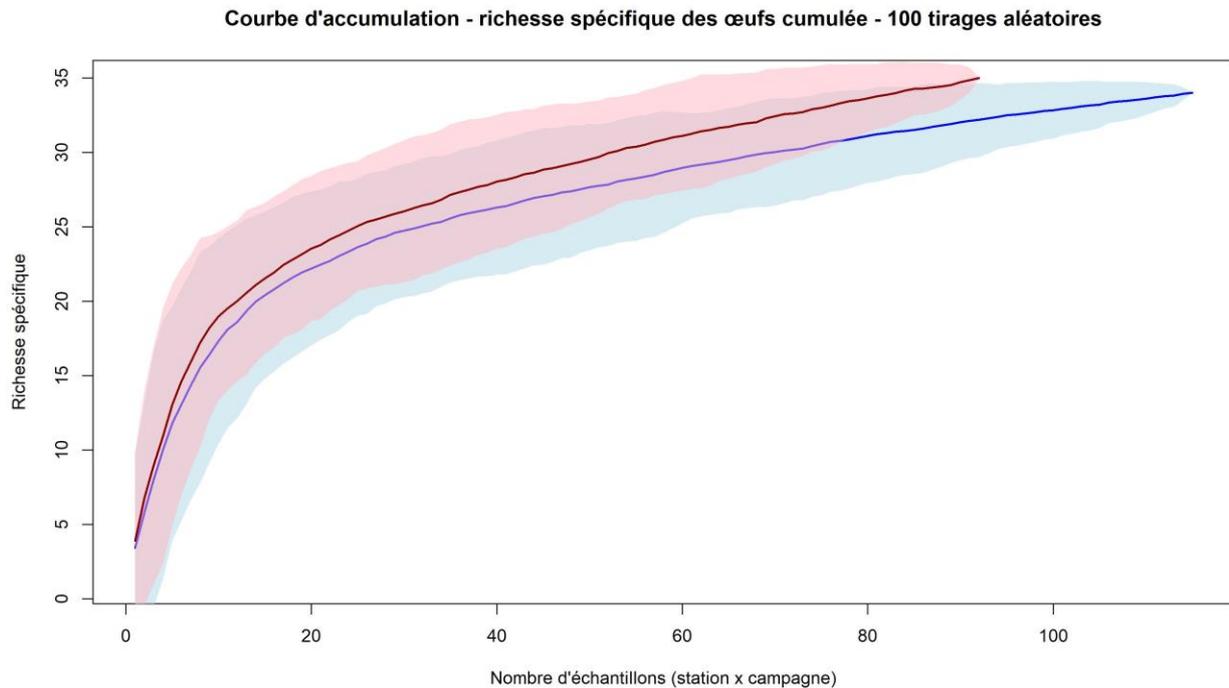


Figure 12 : Courbe d'accumulation par échantillon de la richesse spécifique des œufs de poissons par zone : zone immédiate en bleu et zone rapprochée en rouge (source : setec énergie environnement, 2024)

3.1.2.1 Comparaison de l'abondance et de la structure spécifique de la communauté entre la zone potentiellement impactée et la zone témoin

Les résultats des modèles à effets mixtes (ART) indiquent qu'il y a peu de différences en termes d'abondance totale des œufs et des larves entre les zones au fil du temps (Tableau 5). En revanche, l'effet du mois est hautement significatif pour les deux stades (p -value < 0.001), révélant des différences importantes au cours du temps (Tableau 6, Figure 13).

Pour le stade œuf, l'abondance totale moyenne (toutes stations et mois confondus) était plus faible dans la zone immédiate que dans la zone rapprochée ($0,76 \pm 0,24$ et $1,06 \pm 0,27$ ind/m³, respectivement). Cependant, l'effet de la zone sur l'abondance totale n'était pas significatif ($p = 0,079$). De même, l'effet de l'interaction entre la zone et le mois n'était pas non plus significatif ($p = 0,052$), indiquant que l'effet de la zone sur l'abondance totale des œufs ne variait pas significativement d'un mois à l'autre. Le mois présentant la plus grande différence dans les abondances moyennes entre les zones ($n = 5$ stations dans la zone immédiate et $n = 4$ stations dans la zone rapprochée) était novembre 2022 (Figure 13). Les valeurs dans la zone rapprochée ($4,67 \pm 2,49$ ind/m³) étaient plus élevées que dans la zone immédiate ($0,06 \pm 0,02$ ind/m³), mais cette différence n'était toujours pas significative ($p = 0,286$, Tableau 6). Cette différence est liée à la forte abondance d'œufs sur les stations ICH09 (10,1 ind/m³) et ICH11 (7,7 ind/m³) dans la zone rapprochée, comparée aux autres stations (<1 ind/m³).

Pour les larves, l'effet individuel de la zone sur l'abondance totale était significatif ($p = 0,034$, Tableau 5), bien que la différence dans les moyennes (toutes stations et mois confondus) soit faible : $0,74 \pm 0,15$ ind/m³ pour la zone immédiate et $0,60 \pm 0,14$ ind/m³ pour la zone rapprochée. L'effet d'interaction était également significatif ($p = 0,022$), ce qui suggère que la relation entre la zone et l'abondance des espèces n'était pas constante dans le temps. Cependant, pour chaque mois pris individuellement, des différences dans l'abondance des larves entre les zones n'ont été observées qu'en mai 2022 ($2,32 \pm 0,89$ ind/m³ dans la zone immédiate et $0,2 \pm 0,07$ ind/m³ dans la zone rapprochée, p -value = 0.016, Tableau 6).

Tableau 5 : Résultats des modèles à effets mixtes non paramétriques (ART) pour les œufs et les larves. F : valeur du test statistique, DF : degrés de liberté. DF.res : degrés de liberté résiduels, p-value : niveau de signification. En gras les différences significatives (p-value < 0,05).

Œufs				
Effet fixe	F	DF	DF.res	p-value
Zone	4.2317	1	7	0.079
Mois	15.338	22	154	< 0.001
Zone:Mois	1.6044	22	154	0.052
Larves				
Effet fixe	F	DF	DF.res	p-value
Zone	6.9451	1	7	0.034
Mois	40.954	22	154	< 0.001
Zone:Mois	1.7945	22	154	0.022

Tableau 6 : Résultats du test non paramétrique de Wilcoxon par paires (zone immédiate vs. zone rapprochée) pour les œufs et les larves à chaque mois. F : valeur du test statistique, p-value : niveau de signification. En gras les différences significatives (p-value < 0,05).

Mois	Œufs		Larves	
	F	p-value	F	p-value
Avril2022	9	0.905	12	0.730
Mai2022	9	0.905	20	0.016
Juin2022	9	0.905	11	0.905
Juillet2022	8	0.709	11	0.905
Aout2022	5	0.262	16	0.190
Septembre2022	8	0.730	5	0.131
Octobre2022	6	0.413	5	0.131
Novembre2022	5	0.286	9	0.898
Decembre2022	12	0.730	5	0.227
Janvier2023	14	0.413	9	0.898
Fevrier2023	9	0.905	12	0.502
Mars2023	9	0.905	9	0.905
Avril2023	11	0.905	14	0.413
Mai2023	12	0.730	12	0.730
Juin2023	8	0.730	9	0.905

Juillet2023	12	0.730	15	0.286
Aout2023	5	0.286	11	0.905
Septembre2023	15	0.286	11	0.905
Novembre2023	2	0.063	15	0.227
Decembre2023	12	0.730	7	0.539
Janvier2024	8	0.730	14	0.383
Fevrier2024	2	0.063	8	0.730
Mars2024	5	0.286	3	0.111

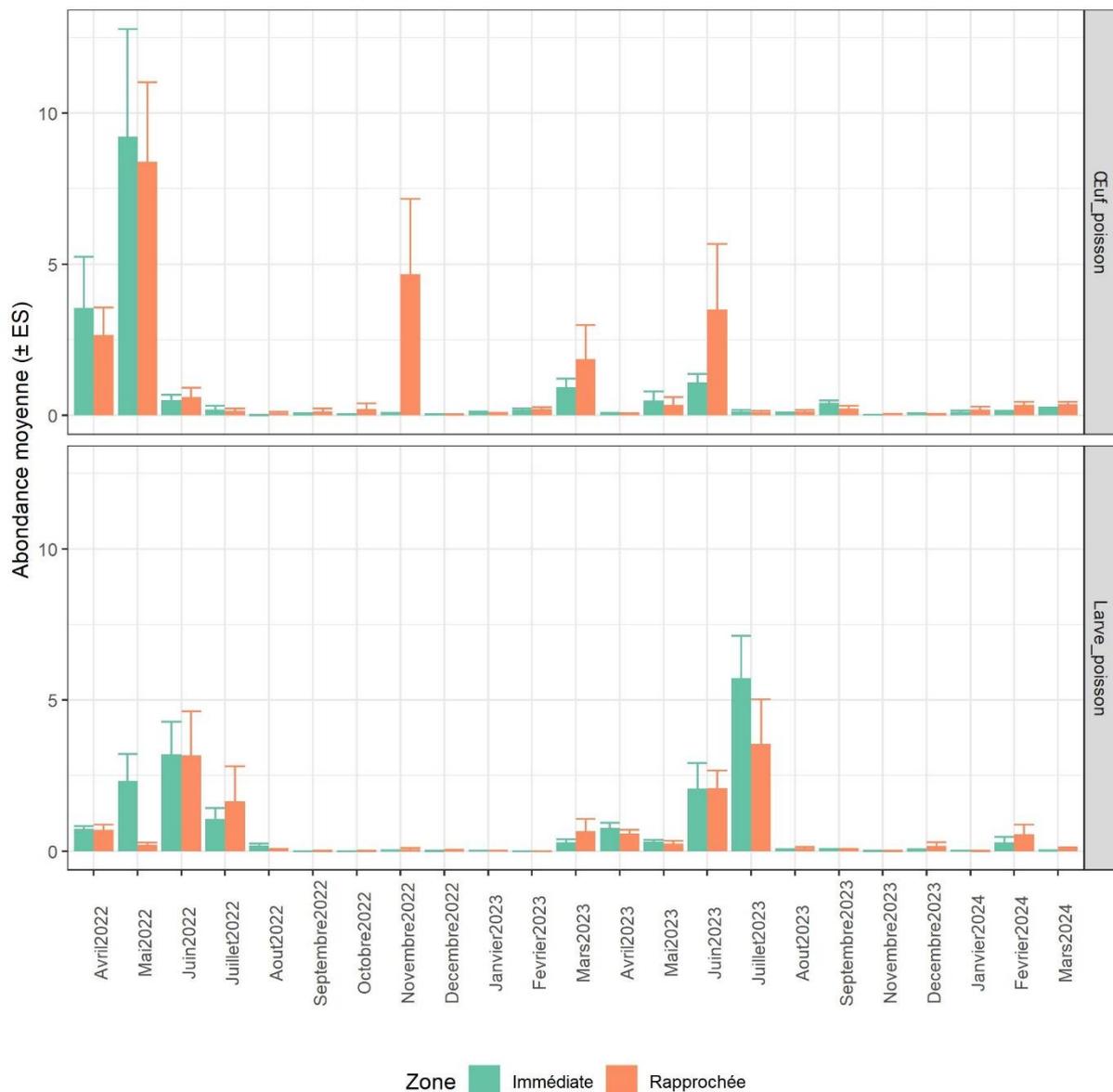


Figure 13 : Moyenne (± erreur standard) de l'abondance totale par zone et par mois (5 stations dans la zone immédiate et 4 stations dans la zone rapprochée) pour les œufs (en haut) et les larves (en bas).

Comme pour l'abondance totale, les résultats de l'analyse PERMANOVA indiquent que la structure des communautés d'œufs et de larves change significativement au cours du temps ($p = 0,001$, Tableau 7). Le mois explique 52,9% et 61,3% de la variation des données pour les œufs et les larves, respectivement (Tableau 7). En revanche, l'effet individuel de la zone et son interaction avec le mois n'ont pas influencé la structure des communautés d'ichtyoplancton pour les deux stades (Tableau 7), ce qui indique que les différences spatiales dans la structure des communautés restent constantes au fil du temps.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que l'effet de la zone sur l'abondance et la structure de la communauté des œufs et des larves est très limité. En revanche, les différences au fil du temps sont importantes, reflétant la saisonnalité de la période de reproduction des espèces de poissons.

Tableau 7 : Résultats du test PERMANOVA pour les œufs et les larves. Df : degrés de liberté, Sums Of Sqs : somme des carrés, Mean Sqs : moyenne des carrés, F : valeur du test statistique, R2 : Coefficient de détermination, p-value : niveau de signification. En gras les différences significatives (p -value < 0,05).

Œufs						
	Df	Sums Of Sqs	Mean Sqs	F	R2	p-value
Mois	22	42.659	1.939	8.643	0.529	0.001
Zone	1	0.171	0.171	0.762	0.002	0.724
Mois : Zone	22	4.456	0.203	0.903	0.055	0.884
Larves						
	Df	Sums Of Sqs	Mean Sqs	F	R2	p-value
Mois	22	41.537	1.888	10.089	0.613	0.001
Zone	1	0.237	0.237	1.268	0.004	0.190
Mois : Zone	19	3.683	0.194	1.036	0.054	0.334

3.1.2.1 Dynamique temporelle des larves et œufs de poissons

D'une manière générale, le nombre d'œufs collectés est plus important que celui des larves sur la période et la zone échantillonnée : **185 œufs/m³ (30 169 œufs)** contre **141 larves/m³ (19 922 larves)**.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution temporelle de l'abondance totale (en nombre d'individus par m³ d'eau filtrée) des larves et des œufs de poissons entre avril 2022 et mars 2024. **L'abondance totale des œufs et des larves est plus importante** pendant les mois **printaniers et estivaux** (total entre 13 et plus de 80 individus/m³ avec un pic en mai à 90 ind/m³) que pendant les mois automnaux et hivernaux (moins de 13 ind/m³). **L'abondance totale des œufs domine** celle des larves aux campagnes **d'avril et mai 2022, de septembre 2022 à mars 2023, d'août 2023 à novembre 2023** ainsi qu'en **janvier et mars 2024**. Le mois de novembre 2022 présente une configuration particulière, avec une très forte abondance d'œufs.

Les œufs ont été les plus abondants en mai 2022 avec près de 90 ind/m³ et les larves en juillet 2023 avec près de 40 ind/m³.

Il est important de noter que tous les œufs collectés ne sont pas tous au même degré de développement. Le dénombrement d'œufs de stade I donne des indications sur le potentiel rôle de frayères de la zone étudiée. Sur les 30 169 œufs, presque la moitié (12858) étaient au stade I.

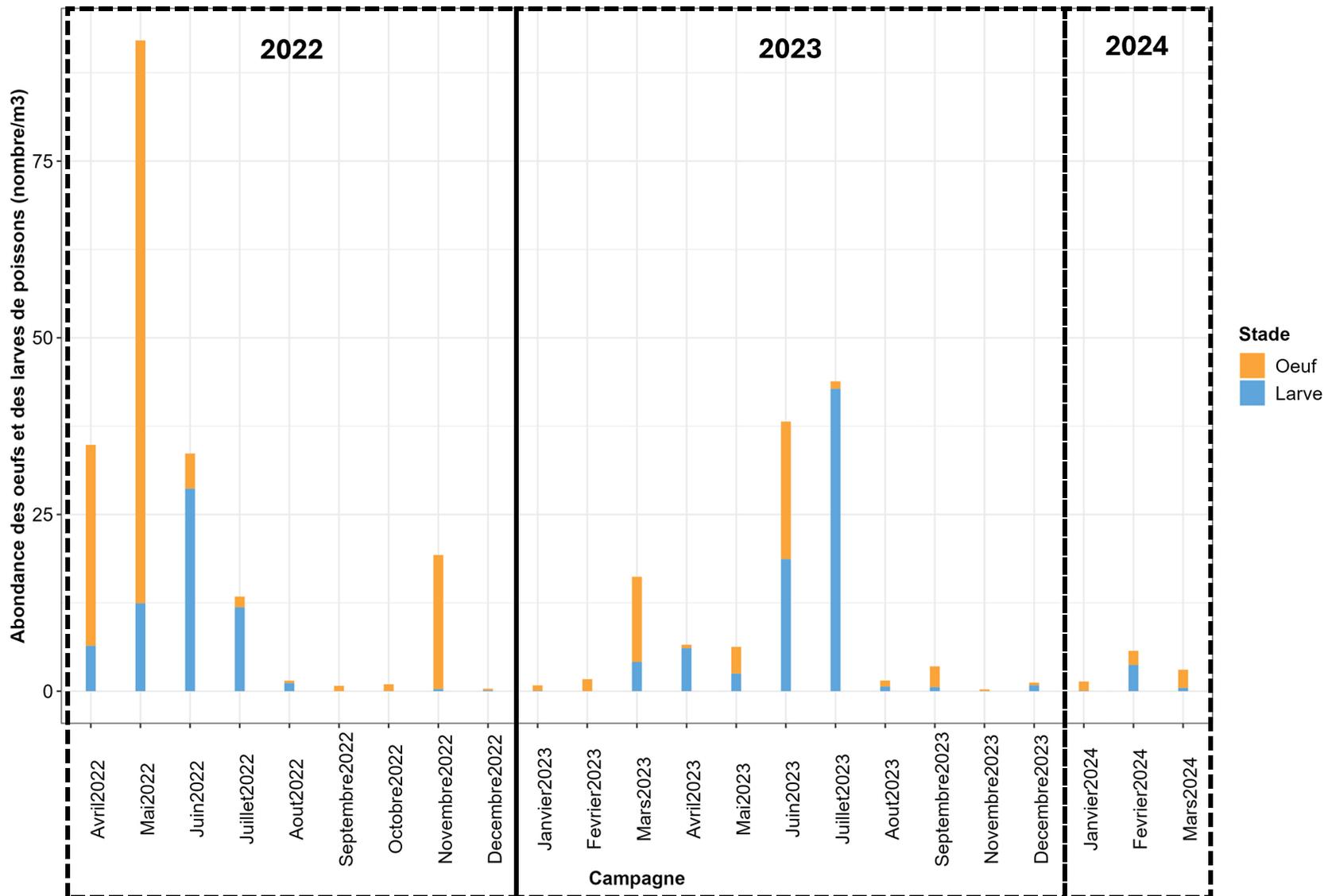


Figure 14 : Abondance en nombre/m3 des larves et œufs par campagne entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

3.1.2.2 Composition

La figure suivante permet de rentrer dans le détail de la composition par type d'espèces en présentant l'abondance relative des types d'espèces pélagiques, démersales, benthiques et non identifiées, tous stades confondus entre avril 2022 et mars 2024.

D'avril à novembre 2022, les œufs et larves de poissons collectés sont en grande proportion des **espèces pélagiques (>75%)**, excepté sur le mois de septembre où les espèces démersales dominent. Pour reprendre la figure ci-dessus, les œufs d'espèces pélagiques dominent les captures en avril, mai et d'octobre à novembre 2022 tandis que de juin à août 2022, ce sont les stades larvaires qui dominent.

Le mois de septembre 2022 ne suit pas la tendance des mois qui le précèdent et le suivent : **la majorité des espèces sont démersales (90%)**. Cette tendance de majorité d'espèces démersales est également observée à **l'hiver 2022-2023 - décembre 2022 à février 2023 (70%)**, en **novembre 2023 (70%)** et en **janvier 2024 (95%)**. Le stade larvaire le plus important aux campagnes où les espèces démersales dominent est le stade œuf. La campagne de mars 2024 a également mis en évidence une dominance des espèces démersales.

En 2023, la tendance de la dominance des espèces pélagiques au printemps/été est également observée, dans une moindre importance qu'en 2022 : **les espèces pélagiques dominent entre avril et septembre 2023 (entre un peu plus de 50% et 90%)**. Les échantillons de mai, juin et septembre 2023 ont été dominés par les œufs d'espèces pélagiques et ceux d'avril et juillet 2023 par des larves d'espèces pélagiques. **L'ichtyoplancton collecté lors de la campagne de mars 2023 et de février 2024 contient en proportion équivalente des espèces pélagiques (œufs majoritairement), des espèces démersales (œufs principalement) et des espèces benthiques (plus de larves que d'œufs).**

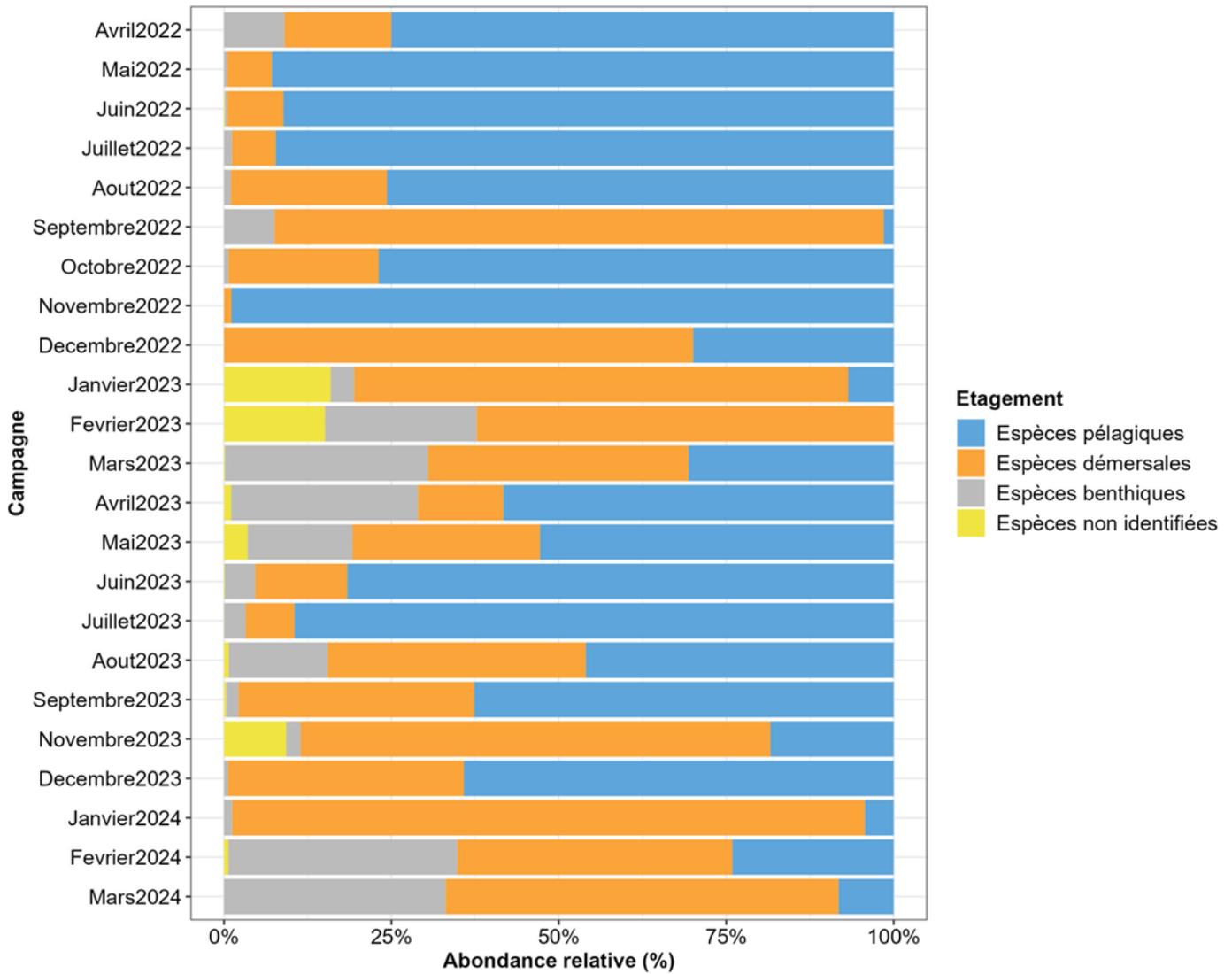


Figure 15 : Proportion de l'abondance des types d'espèces (pélagiques, démersales, benthiques et non identifiées), tous stades confondus, par campagne d'avril 2022 à mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

3.1.2.2.1 Espèces pélagiques

Les œufs et larves collectés appartenant à des espèces pélagiques sont présentés dans la figure ci-dessous, sous forme d'abondance moyenne (moyenne des abondances sur les 9 stations étudiées, œufs et larves confondus) pour chaque campagne. La présence des différents taxons varie selon les campagnes.

Comme le montre la figure ci-dessous, les stades œufs et larves de 5 espèces pélagiques principales ont été retrouvés d'avril 2022 à mars 2024 :

- L'**anchois commun** *Engraulis encrasicolus* au printemps et à l'été 2022 et 2023 (particulièrement en juillet 2023) ;
- Le **chinchard commun** *Trachurus trachurus* surtout au printemps 2022 ainsi qu'à l'été 2022 et printemps – été 2023 (mai à septembre 2023) ;
- Le **maquereau commun** *Scomber scombrus* principalement au printemps 2022 et dans une moindre mesure au printemps 2023, en juillet 2022 et mars 2024 (pour la station ICH11 en mai 2022, l'identification est incertaine entre le maquereau commun et le maquereau espagnol *Scomber japonicus*)
- La **sardine** *Sardina pilchardus* tout au long de la période d'acquisition, notamment au printemps et à l'automne 2022 ainsi qu'en juin 2023 ;
- Le **sprat** *Sprattus sprattus* également tout au long de la période d'acquisition sauf à l'été et l'automne – début hiver 2023 ;

La figure montre également que des espèces sont également présentes à la marge :

- Des œufs appartenant possiblement au **maquereau espagnol** *Scomber japonicus* ont également été recensés en octobre 2022 à la station ICH11 ;
- Une larve de **maurolique de Müller** *Maurolicus muelleri* a été collectée à la station ICH05 en août 2023.

De plus, l'identification de trois larves en mai 2023 n'a pas pu aller au-delà de la famille : une larve de Scombridae a été collectée à la station ICH01, qui appartiendrait soit à la **bonite à dos rayé** *Sarda sarda* ou au **maquereau commun**) et deux larves de Clupeidae ont été collectées à la station ICH08, appartenant probablement à des larves de **sardine**.

Enfin, aucune espèce pélagique n'a été collectée en février 2023.

Les **abondances les plus fortes** sont recensées au **printemps – été 2022** pour la plupart des espèces ainsi que respectivement en **novembre 2022** pour la **sardine**, en **mars/avril 2023** pour le **sprat** et en **juillet 2023** pour l'**anchois**.

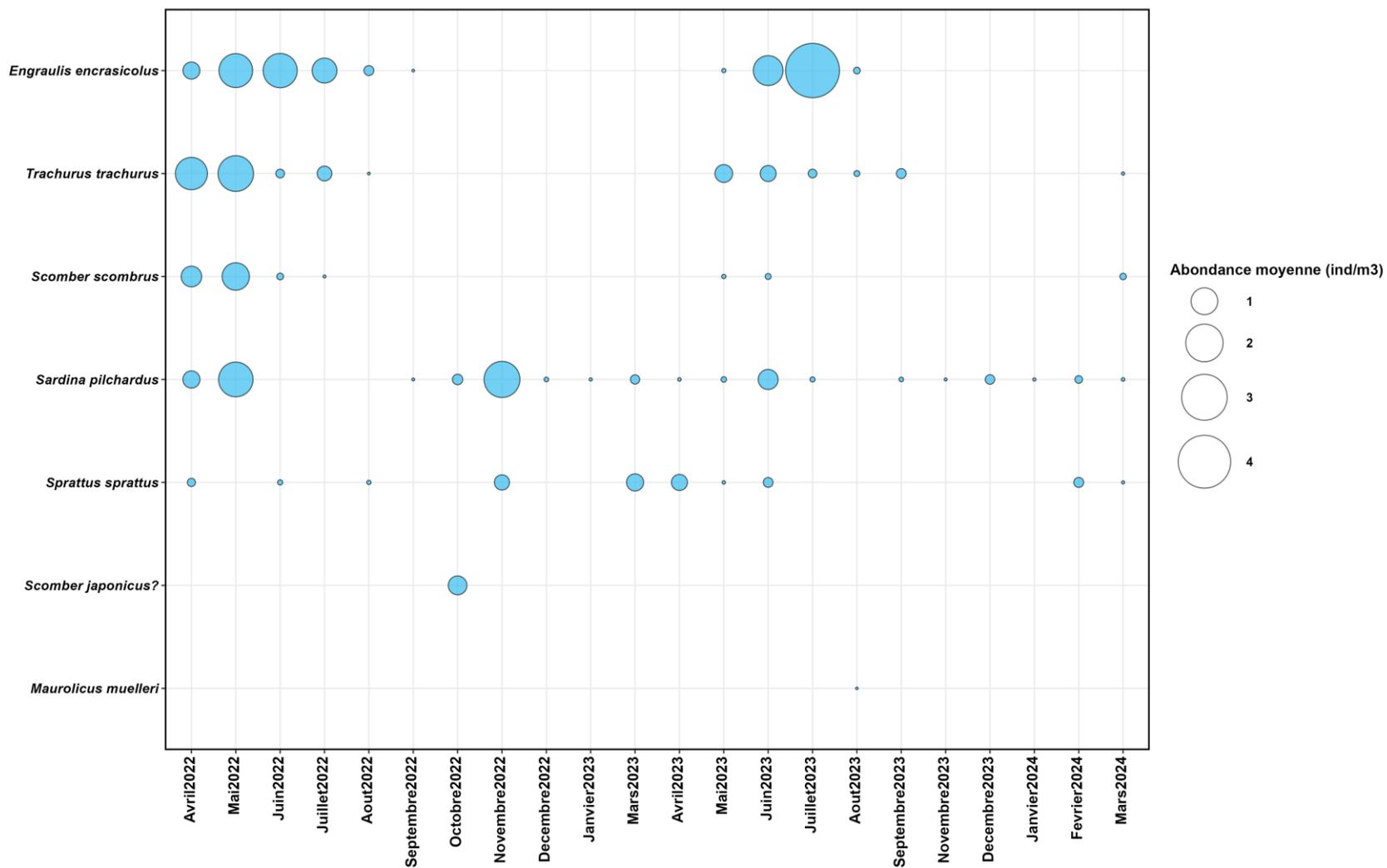


Figure 16 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne par campagne (œufs et larves confondus) des espèces pélagiques d'avril 2022 à mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

● L'anchois commun

La figure ci-dessous présente :

- L'évolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus, des œufs au stade I et des larves d'anchois commun et toutes stations confondues (graphique en haut)
- Ainsi que la répartition spatiale des œufs d'anchois tous stades confondus pour certaines campagnes (cartes en bas).

Les **œufs** d'anchois ont été collectés d'avril à juillet 2022 avec un **pic en mai 2022 (~ 2 ind/m³)** (Figure 17a). Parmi les œufs collectés, une grande proportion est au stade I comme le montre le graphique (~60%). En avril 2022, les œufs ont principalement été collectés au Sud de la zone d'étude (Figure 17b). Au mois de mai 2022, les œufs étaient les plus abondants aux **stations ICH11, ICH01 et ICH02**. En 2023, les œufs d'anchois ont uniquement été collectés en mai et en juin, œufs qui étaient presque tous au stade I. En **mai 2023**, les œufs ont été collectés plutôt vers le **centre de la zone d'étude** (ICH04, ICH01 et ICH01) alors qu'en **juin 2023**, plutôt dans la **partie Est de la zone étude**, notamment à la station **ICH11** (Figure 17b).

Les **larves** d'anchois ont été collectées d'avril à septembre 2022, avec un **pic** décalé d'un mois par rapport aux œufs en **juin 2022, et avec une abondance plus importante que celle des œufs (~ 3 ind/m³)** (Figure 17a). En 2023, des larves d'anchois, en abondance plus importante que les œufs, ont été collectées aux campagnes de juin à août, avec un **pic en juillet (~4 ind/m³)**, qui – comme en 2022 – est décalé d'un mois par rapport au « pic » d'œufs de 2023 (Figure 17a). Cela pourrait indiquer une saison de frai printanière dans la zone d'étude.

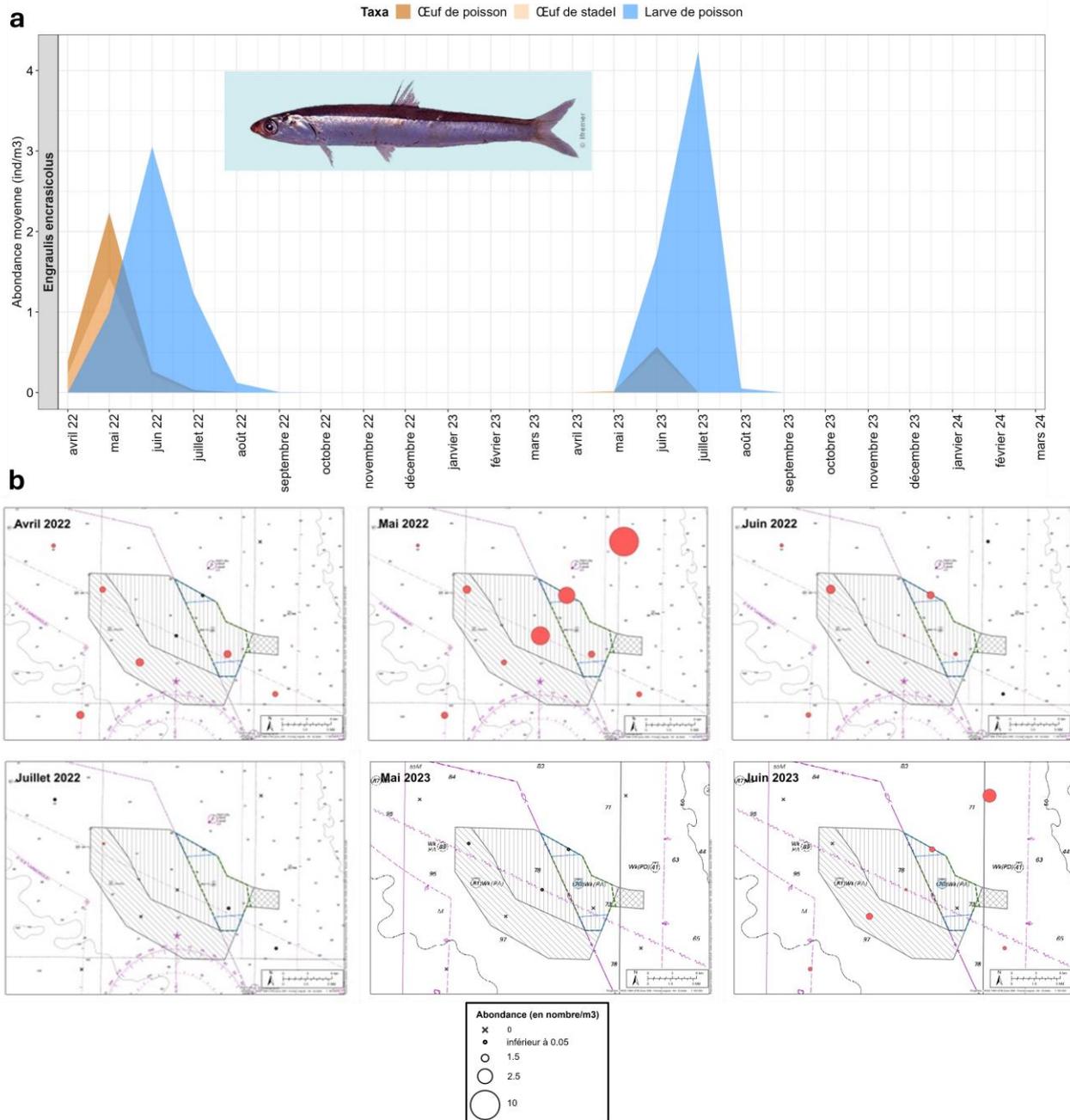


Figure 17 : Evolution temporelle (a) de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale (b) de l'abondance des œufs d'anchois commun entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

L'anchois commun coexiste avec la sardine dans le Golfe de Gascogne, mais est plutôt inféodé aux panaches de fleuves Gironde et Adour pour la ponte. L'anchois commun s'étend de l'Ouest de l'Afrique jusqu'au nord de la Mer du Nord. C'est une espèce qui pond entre avril et août, préférentiellement dans des zones de mélanges productives comme les panaches d'eaux, certains secteurs côtiers ou en limite du plateau continental. L'anchois pond par lots près de la surface : une ponte tous les 3 à 4 jours pendant la saison. Les individus les plus âgés commencent la ponte dès avril puis s'ensuit en mai la ponte des individus plus jeunes. Après la ponte, les œufs et les larves dérivent avec les courants. (Bellier, Planque and Petitgas, 2007a; Ifremer, 2022a).

Les quantités d'œufs et de larves collectées entre avril 2022 et mars 2024 sont en cohérence avec les éléments biologiques de l'**anchois commun** décrits ci-dessus et indiquent la **réalisation de pontes dans la zone d'étude ou dans un secteur proche** mais aussi que le secteur est potentiellement un **milieu favorable à la survie des larves**.

Dans le Golfe de Gascogne, les principales zones de frai semblent se situer plus au sud que notre site d'étude, dans la partie sud-est du Golfe, avec des abondances maximales d'œufs sur le plateau continental, atteignant des maxima dans le panache de la Gironde (Figure 18a, Huret *et al.*, 2018). De la même façon, la campagne BIOMAN24 du printemps 2024 a permis de mettre en évidence une abondance moyenne d'œufs d'anchois dans la zone de notre site d'étude (Figure 18b, ICES, 2024).

La zone d'étude ne semble donc pas être une zone de frai de prédilection pour les anchois en comparaison à d'autres secteurs du Golfe de Gascogne, comme dans la partie Sud-Est. Les zones de frayères dépendent bien évidemment de la position initiale de frai (libération des œufs dans le milieu pélagique) mais aussi des caractéristiques hydrographiques qui vont avoir un impact cette distribution initiale (Alvarez and Chifflet, 2012). Il est possible que les œufs retrouvés dans la zone d'étude aient été apportés par les courants circulant dans le Golfe de Gascogne. En effet, les courants le long des côtes sud de la Bretagne sont principalement dirigés vers l'ouest de l'automne au début du printemps sous l'influence des panaches fluviaux et des différences de salinité (Puillat *et al.*, 2004; Lazure and Desmare, 2012).

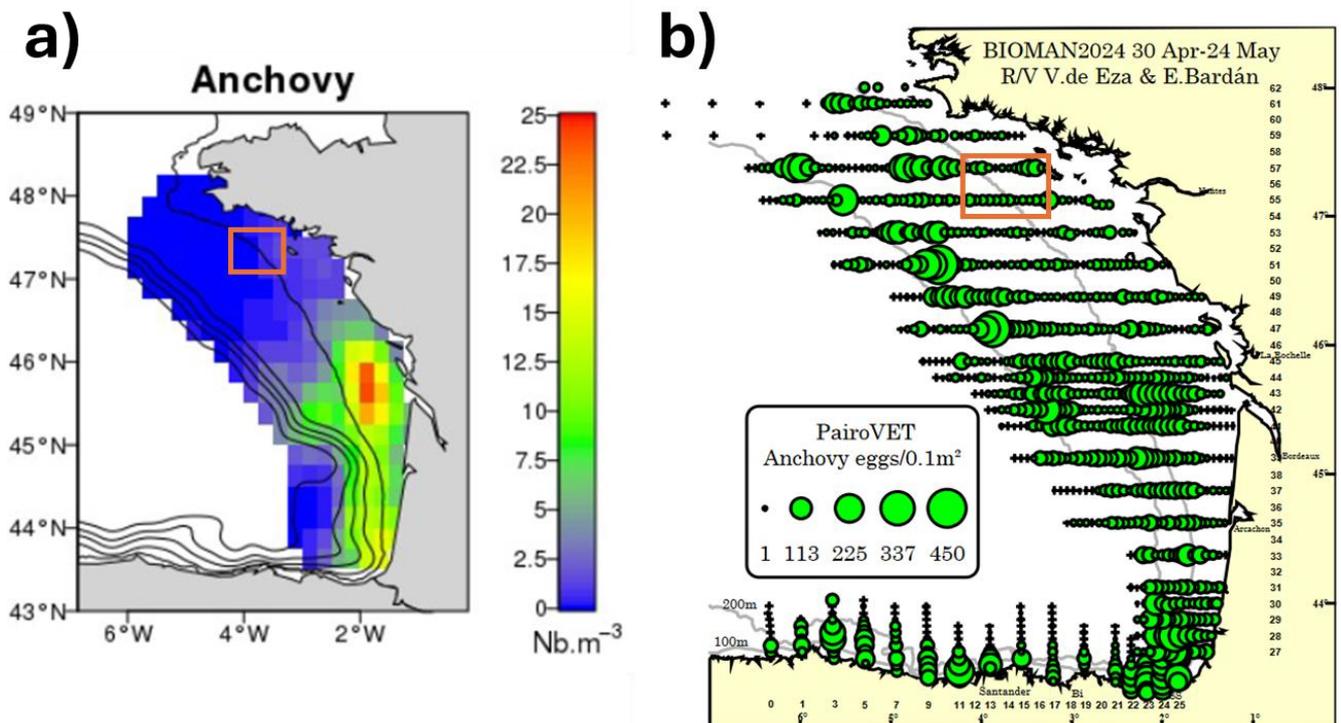


Figure 18 : a) Distribution de l'abondance d'œufs moyenne d'anchois au printemps dans le Golfe de Gascogne entre 2000 et 2017 à partir des données de surface CUFES de la campagne PELGAS (source : Huret *et al.* 2018) ; b) distribution de l'abondance d'œufs moyenne d'anchois issue de la campagne BIOMAN2024 en 2024 obtenue par échantillonnage avec filet vertical (source : ICES 2024). Le carré orange indique la zone approximative de notre site d'étude.

- **Le chinchard commun**

La figure ci-dessous est identique à celle de l'anchois commun mais concerne cette fois le chinchard commun.

En 2022, les **œufs** de chinchard commun ont été collectés entre avril et août, avec un pic en **mai 2022 (~1,7 ind/m³)** dont **une proportion importante d'œufs au stade I (~60%)** (Figure 19a).

En 2023, les œufs de chinchard commun ont été collectés dans les **échantillons des campagnes de mai à septembre 2023**, avec – comme en 2022 – une **proportion importante d'œufs au stade I (~50 à 90%)**. Le **pic d'œuf en 2023** est enregistré comme en 2022, **au mois de mai** (Figure 19a).

Spatialement, en avril et en mai 2022 (Figure 19b), les œufs de chinchard commun ont été retrouvés en plus grand nombre dans la **partie Sud-est de la zone d'étude**. En **mai 2023**, les œufs ont été collectés à quasiment chaque station et particulièrement à la **station ICH04 et à la station la plus au large ICH08**. En **juin et juillet 2022**, bien que peu présents à cette période, les quelques œufs de chinchard retrouvés se répartissent essentiellement dans le **Nord de la zone d'étude**. À ces mêmes campagnes **en 2023**, les œufs ont été collectés plutôt dans la **partie Est** et en **septembre 2023**, à nouveau dans la partie **Nord** (Figure 19b).

Les larves **de chinchard** ont été collecté en **bien plus faible nombre que les œufs de chinchard**. En 2022, **trois** larves ont été collectés en juin et une en août. En 2023, un peu plus de larves ont été retrouvé, en juin, juillet et septembre 2023.

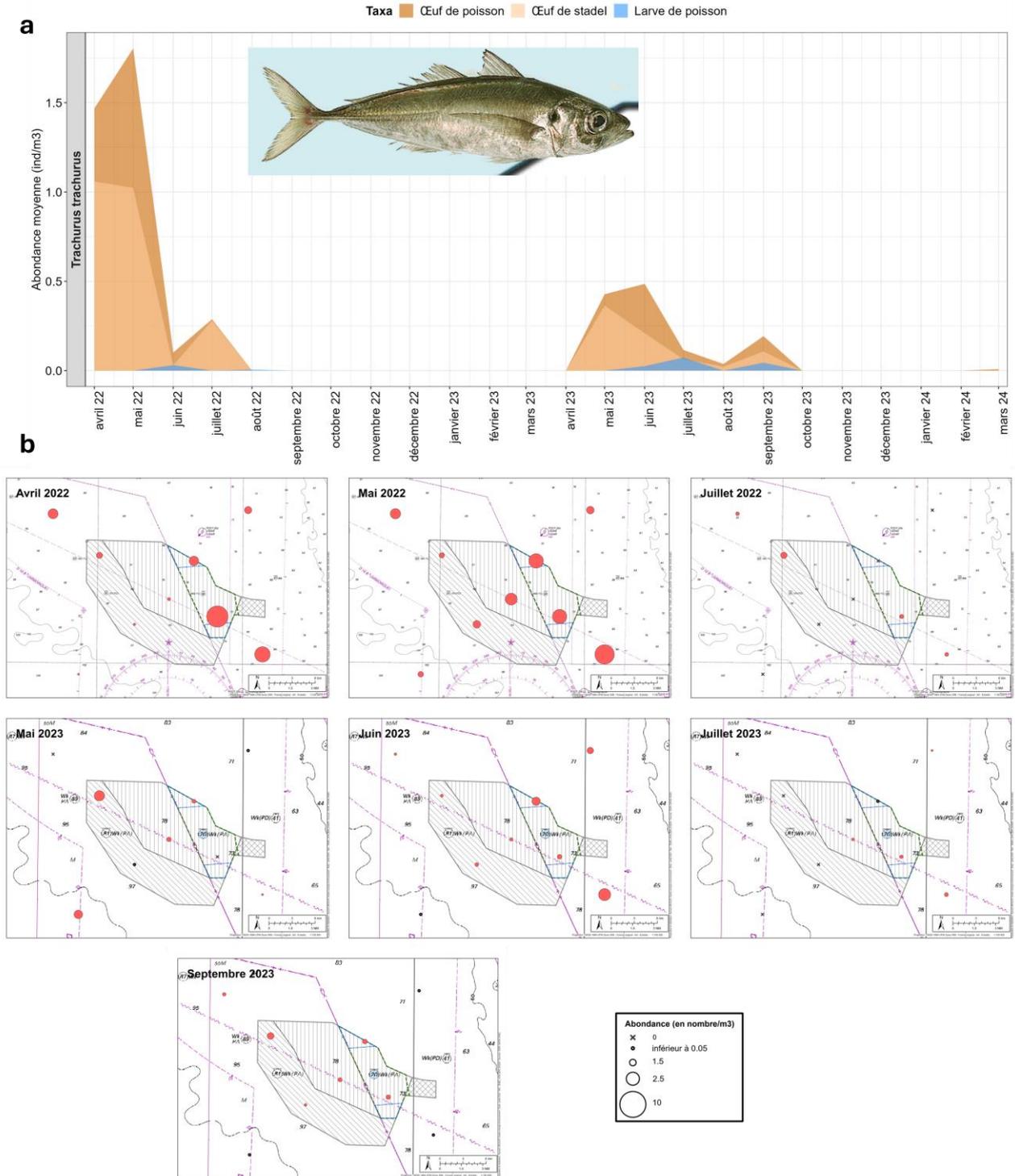


Figure 19 : Evolution temporelle (a) de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale (b) de l'abondance des œufs de chinchard commun entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

Le chinchard commun s'étend de la Norvège jusqu'à l'Afrique du Sud. En Atlantique, il fréquente le plateau continental et le bord du talus entre 10 et 500 mètres de profondeur et migre vers la côte en été et vers le large en automne. Les stocks de chinchard commun sont divisés en quatre principales zones : stock occidental (qui inclut le golfe de Gascogne), stock de la mer du Nord, stock méridional et stock saharo-mauritanien (Abaunza *et al.*, 2008). La ponte, discontinue, a généralement lieu de mars à août dans le Golfe

de Gascogne et en mer Celtique (Ifremer, 2022b), et surtout **en mai et juin** (Alvarez and Chifflet, 2012). L'éclosion des œufs a lieu après 3 jours d'incubation à une température de 16°C. La zone de frai du chinchard commun semble liée à la rupture de **pente du plateau continental** avec néanmoins des différences annuelles et mensuelles en raison de différentes conditions environnementales (Alvarez and Chifflet, 2012, Figure 20). Selon la répartition de la production d'œufs du stock occidental de chinchard (Figure 20), la partie nord du golfe de Gascogne est bien identifiée comme une zone de frai, même s'il ne semble pas être la principale zone de production d'œufs pour cette espèce, en particulier près de la côte, où se situe le site d'étude. Les résultats observés sur la période d'étude sont donc cohérents avec les éléments bibliographiques décrits ci-dessus, tant au niveau temporel que spatial. Par ailleurs, très peu de larves ont été collectées. Selon Alvarez and Chifflet, 2012), les larves sont transportées vers les eaux au large, influencées par des processus hydrodynamiques régionaux (qui peuvent varier d'une année à l'autre), ce qui peut expliquer le faible nombre de larves observées.

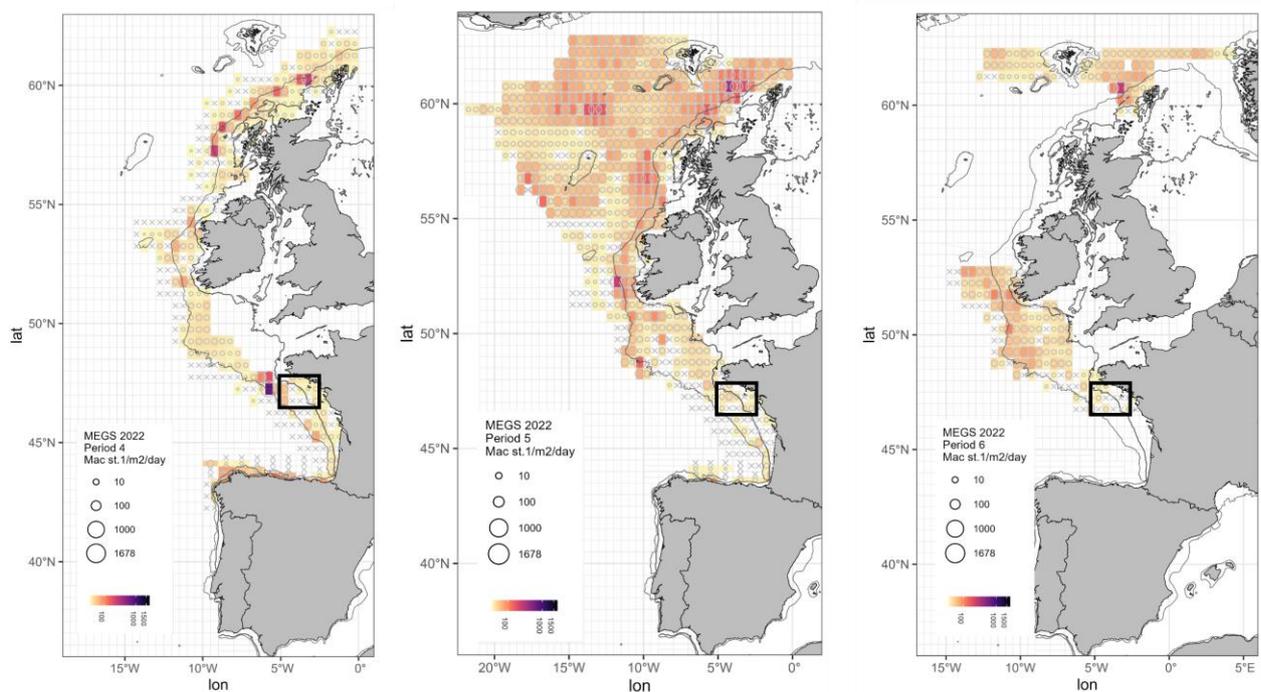


Figure 20 : Production d'œufs de chinchard commun au stade I (œufs/m²/jour) dans trois périodes en 2022 : a) 9 - 29 avril, b) 30 avril - 31 mai, c) du 1er au 30 juin (source : ICES, 2024a). Le carré noir indique la zone approximative de notre site d'étude.

● La sardine

Les œufs de sardine ont été collectés de manière discontinue au cours des deux ans de suivi, plus précisément en avril /mai 2022, de septembre à décembre 2022, en mars 2023, en juin 2022 et de septembre à novembre 2023.

Les œufs de sardine étaient abondants lors de trois campagnes : **mai 2022 (un peu plus de 3 ind/m³), novembre 2022 (~3.5 ind/m³) et juin 2023 (~1 ind/m³)**. En novembre 2022, presque la moitié des œufs collectés était au stade I. Dans les autres campagnes où les œufs ont été collectés, la proportion d'œufs au stade I a été relativement faible. En mai 2022 (Figure 21), les œufs de sardine ont été collectés à chaque station mais **particulièrement dans l'Est de la zone d'étude, à la station ICH02 au centre de la zone d'étude et à la station ICH09, proche de Belle-Île**. En novembre 2022 (Figure 21), les œufs ont été principalement collectés aux **stations les plus à l'Est de la zone d'étude, ICH11 et ICH09**. En **octobre 2022, mars et septembre 2023**, les œufs ont été rencontrés qu'à la **station ICH11** (également à la station ICH09 pour septembre). Enfin, **en juin 2023**, les œufs de sardine ont surtout été collectés dans la **partie Est de la zone d'étude**, un peu à l'image de la **campagne de mai 2022**.

Les **larves de sardine** ont été collectées en avril et mai 2022, d'octobre 2022 à janvier 2023, d'avril à juillet 2023, septembre 2023 et de décembre 2023 à mars 2024. Le plus grand nombre de larves de sardine a été rencontré aux campagnes d'avril et mai 2022, ainsi qu'en décembre 2023 et février 2024.

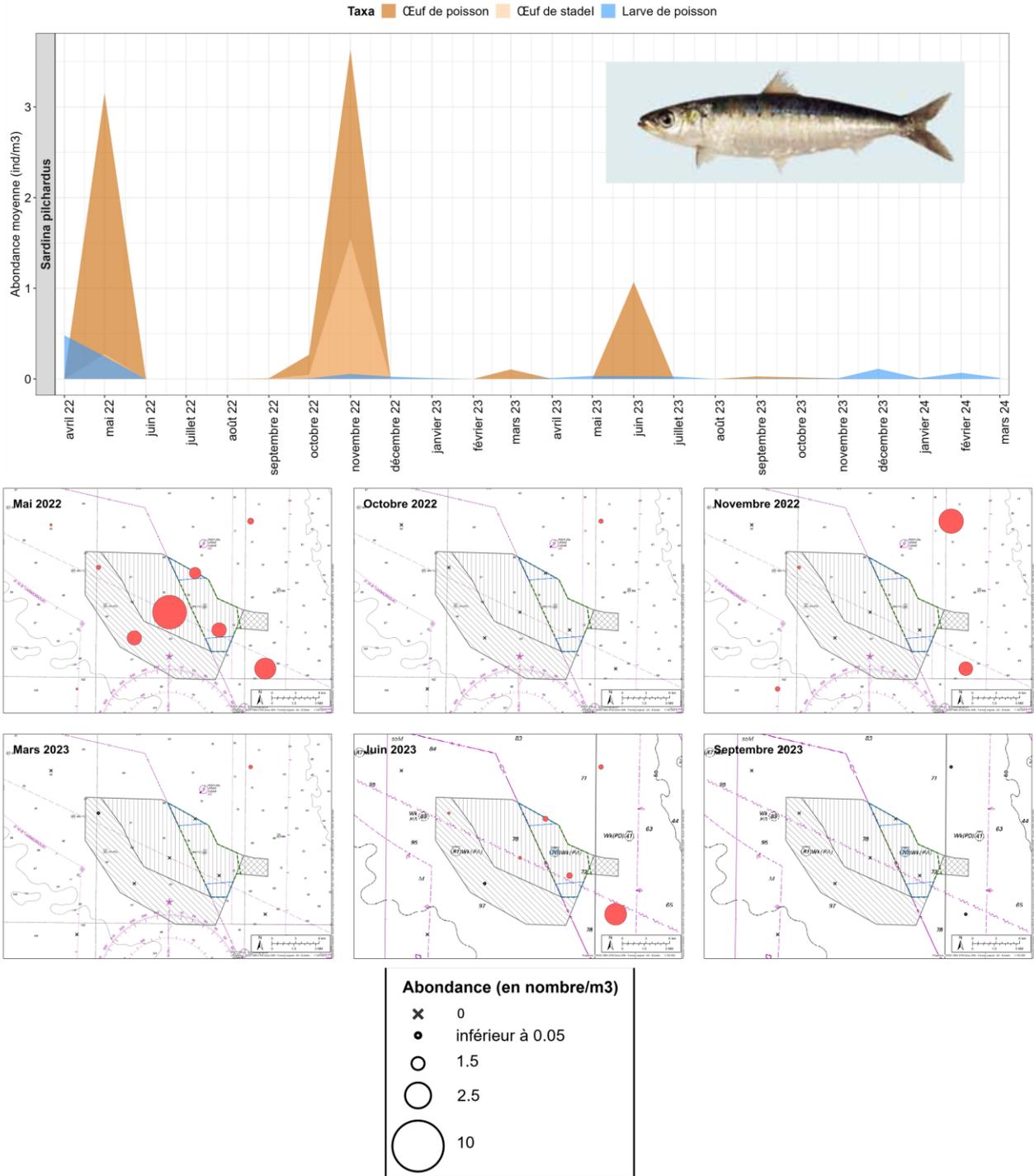


Figure 21 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de sardine entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

La présence d'œufs en abondance lors de certaines campagnes mais la faible proportion de stade I laissent penser que de manière générale sur les deux ans de suivi, la ponte ne s'est probablement pas faite dans la zone échantillonnée mais à proximité. La sardine est une espèce qui se distribue de la côte Ouest africaine au sud de la Norvège et est abondante dans le Golfe de Gascogne (IFREMER, 2022b). La sardine pond de février à novembre avec un pic au printemps (juin) et en automne/hiver. De manière générale, une femelle peut pondre jusqu'à 60 000 œufs qui flottent entre 10 et 70 mètres de profondeur et qui éclosent 2 à 4 jours après la ponte. Il est admis qu'une larve de sardine passe environ 12 jours avant d'atteindre le stade juvénile (Bellier, Planque and Petitgas, 2007b; IFREMER, 2022b).

Comme le montre la Figure 22a) ci-dessous (Huret *et al.*, 2018), les zones de frai les plus importantes de la sardine dans le Golfe de Gascogne se trouvent sur le plateau continental, principalement dans le sud-est du Golfe, mais également le long de la côte avec des maxima dans le panache de la Loire (entre Belle-Île et l'Île d'Yeu), et le long du talus continental. La distribution des œufs au printemps dans le Golfe de Gascogne en 2024, observée lors de la campagne BIOMAN24 (Figure 22b, ICES, 2024b), confirme que les abondances les plus élevées sont plutôt concentrées à faible distance de la côte tout le long de la façade Atlantique. La partie Nord du du Golfe de Gascogne a été précédemment identifiée comme moins favorable pour le frai des sardines en raison des conditions froides typiques (<12°C), tandis que la meilleure plage de températures pour le frai des sardines est de 12 à 17°C (Bellier, Planque and Petitgas, 2007b; Bernal *et al.*, 2007). La zone d'étude, localisable sur la figure par l'encadré orange se trouve être légèrement plus au nord et au large que les principales zones de frai, qui couvrent davantage le Sud-Est du Golfe de Gascogne.

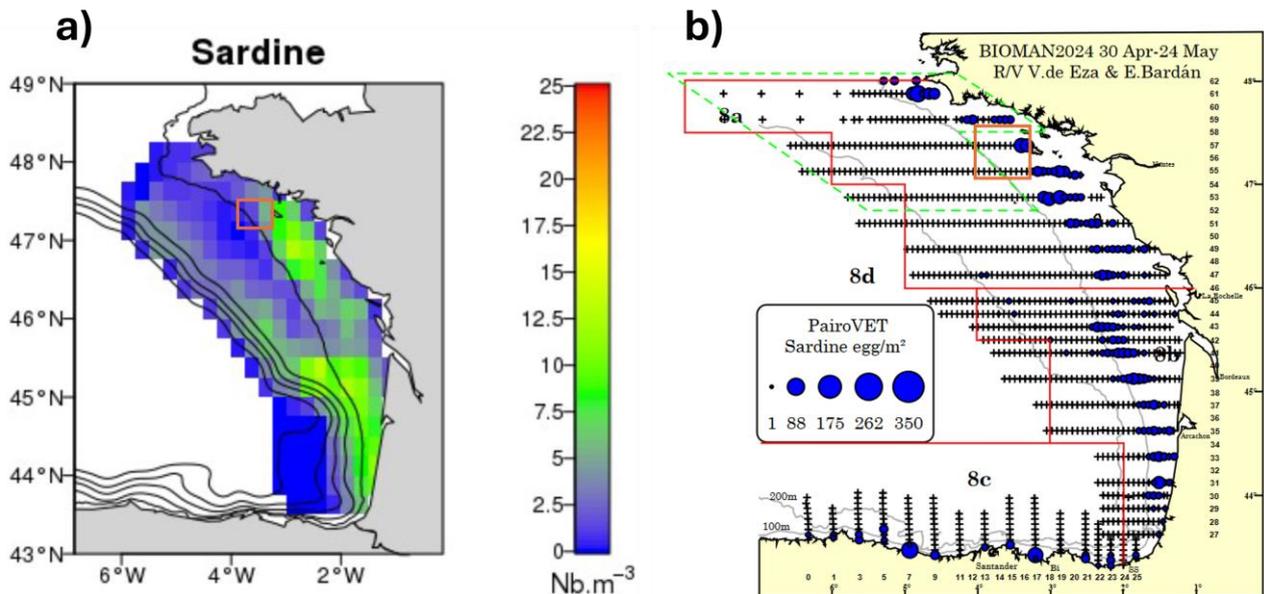


Figure 22 : a) Distribution de l'abondance moyenne d'œufs de sardine au printemps dans le Golfe de Gascogne entre 2000 et 2017 à partir des données de surface CUFES de la campagne PELGAS (source : Huret *et al.* 2018) ; b) distribution de l'abondance d'œufs de sardine issue de la campagne BIOMAN2024 en 2024 obtenue par échantillonnage avec filet vertical (source : ICES, 2024b). Le carré orange indique la zone approximative de notre site d'étude.

- **Le maquereau commun**

Les **œufs** de maquereau commun ont principalement été récoltés entre avril et juin 2022, avec **un pic en mai** (~ 1 ind/m³), avec une part importante d'œufs de stade I (~50%). En **avril 2022**, les abondances les plus fortes ont été collectés dans **l'Est de la zone d'étude**, à la station ICH03 et aux stations les plus à l'Est de la zone d'étude ICH11 & ICH09 (Figure 23). En **mai 2022**, les œufs ont à l'inverse été les plus abondants dans la **partie Ouest**, notamment à la station ICH07 et ICH05 (Figure 23)..

Pendant **l'été 2022**, les **abondances** ont été très **faibles** comme le montre les cartes correspondantes de la figure ci-dessous (en **Juin 2022 et Juillet 2022**, Figure 23).

En 2023, des œufs ont été collectés lors des échantillonnages de **mai et juin 2023**, dans une proportion beaucoup moins importante qu'en 2022. Là encore, la part d'œufs au stade I a été importante. À ces campagnes, les œufs étaient répartis entre la **station ICH04 et ICH01 en mai** et la **station ICH09 et la station ICH11 en juin** (Figure 23).

Les larves sont quasi inexistantes, avec seulement 8 larves de maquereau commun collectée en mai 2022 à la station la plus à l'ouest, la station ICH07 et **une larve collectée** au même mois en 2023 à la station ICH02.

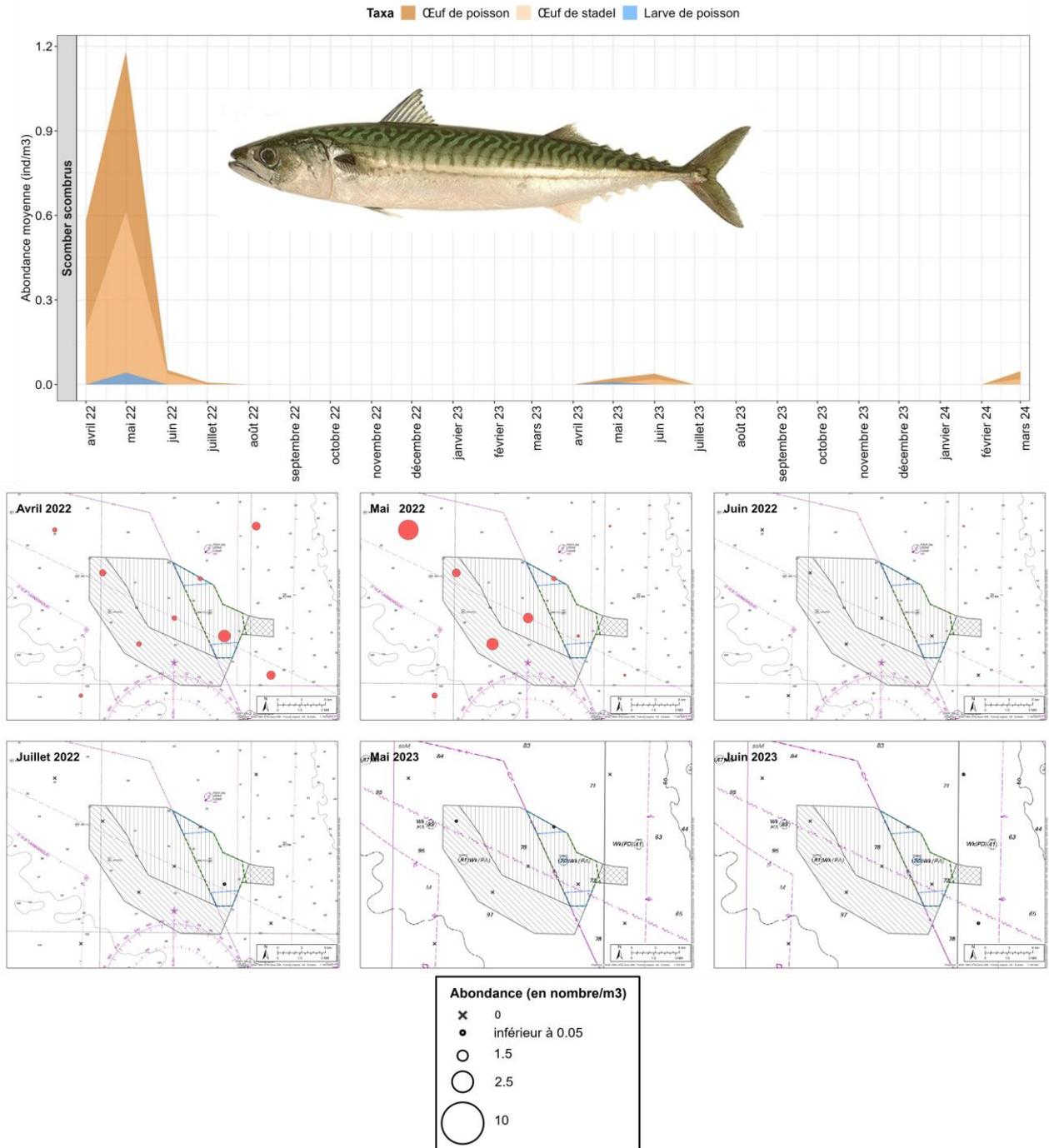


Figure 23 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de maquereau commun entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

Le maquereau commun est une espèce qui est présente de l'Islande jusqu'au Maroc. La population de la mer Celtique se reproduit habituellement surtout au mois de mars-avril dans le Golfe de Gascogne (Ifremer, 2022c). Comme pour le chinchard commun, les zones de frai du maquereau commun dans le Golfe de Gascogne semblent liées à la rupture de pente du plateau continental, avec néanmoins des différences annuelles et mensuelles en raison de différentes conditions environnementales (Alvarez-Fernandez, Lindeboom and Meesters, 2012). Il est admis que la température minimale de surface de l'eau pour le frai du maquereau commun est de 8°C avec une température optimum de 13°C (Brunel *et al.*, 2018). De plus, il a été montré, notamment en mer du Nord, que la gravité des œufs de maquereau décroît au fur et à mesure du développement : les larves seraient réparties plus en profondeur que les œufs à un stade avancé.

Brunel et al., (2018) ont modélisé à partir de données issues de campagnes terrain les zones les plus propices à la production d'œufs en Atlantique Nord-Est et ont montré que les zones de forte production d'œufs dans le Golfe de Gascogne étaient situées le long au bord du plateau jusqu'au nord du golfe de Gascogne (Figure 24) et donc plus au large que la zone d'étude. Cependant, la ponte de cette espèce en 2022 a probablement pu se faire à proximité de la zone, au vu des œufs au stade I collectés, mais pas en 2023, lorsque l'abondance des œufs était très faible.

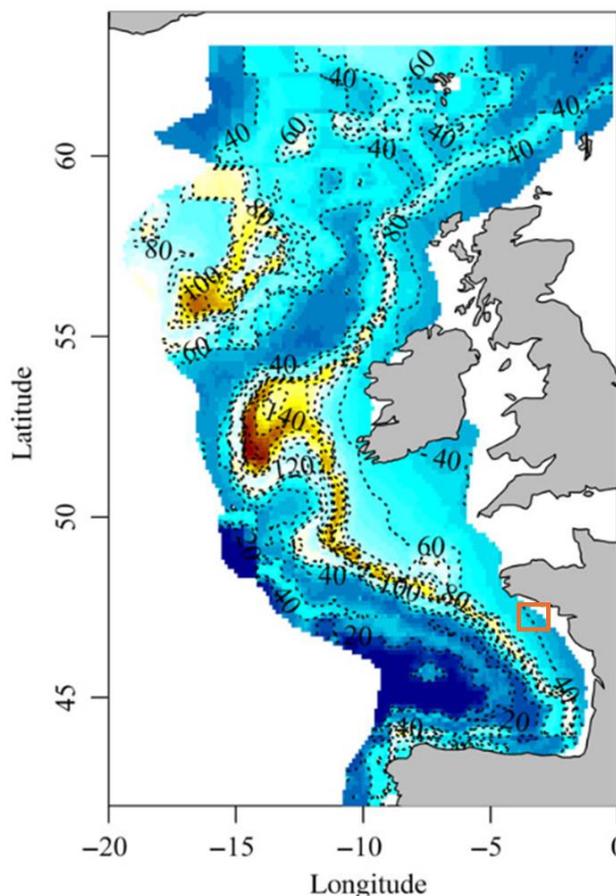


Figure 24 : Effet partiel des prédicteurs géographiques (latitude, longitude et profondeur du fond) sur la densité des œufs à partir du modèle mixte GAM - la carte des contours indique la densité des œufs prédite par le modèle de distribution à différents endroits (Brunel *et al.*, 2018) Le carré orange indique la zone approximative du site d'étude.

● **Le sprat**

Comme pour la sardine, les œufs de sprat ont été collectés régulièrement au cours de la période de suivi, et particulièrement **d'avril 2022 à juin 2023**. À la différence des espèces précédentes, le pic d'œufs a été observé à la campagne de **mars 2023 (~1.5 ind/m³)**, avec une **proportion d'œufs de stade I plutôt faible (~10%)**. À cette campagne, comme le montre la

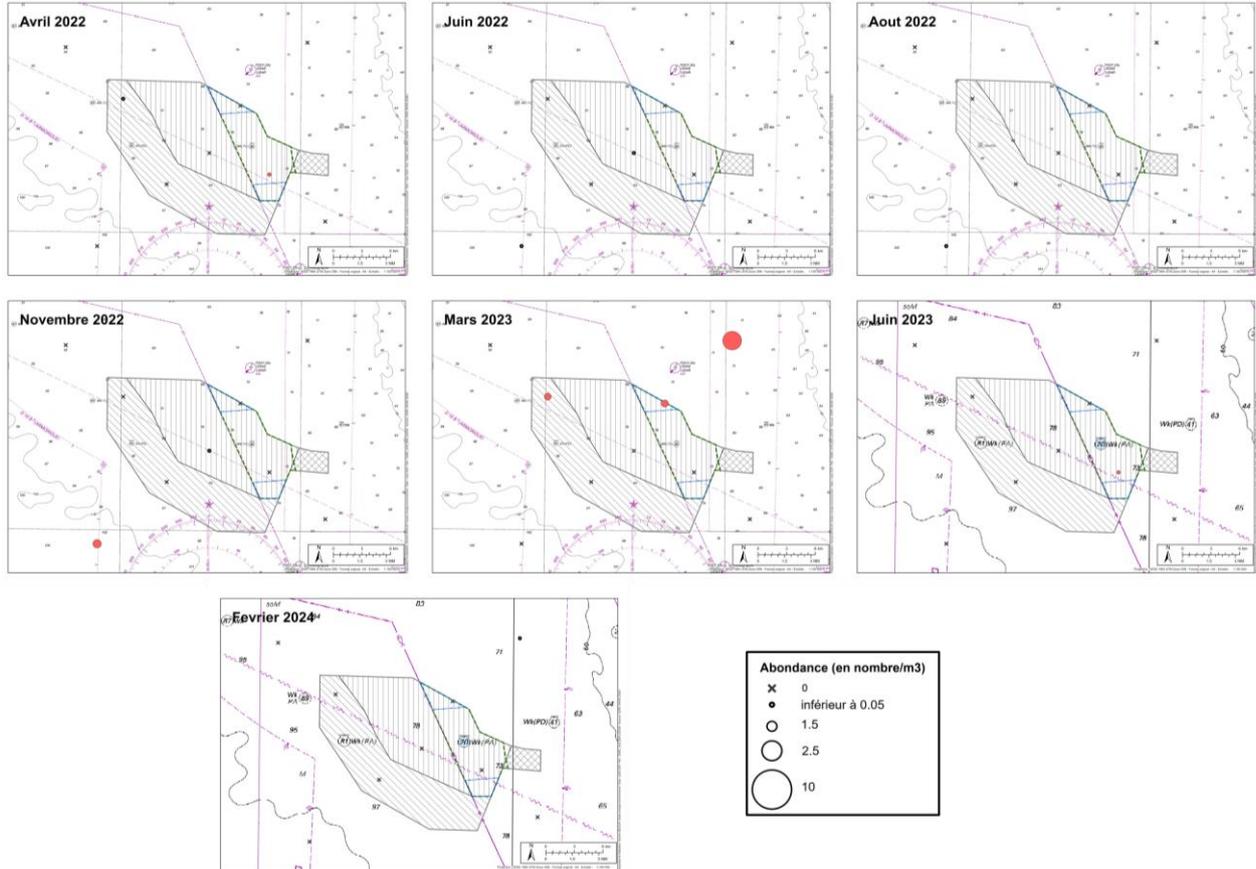
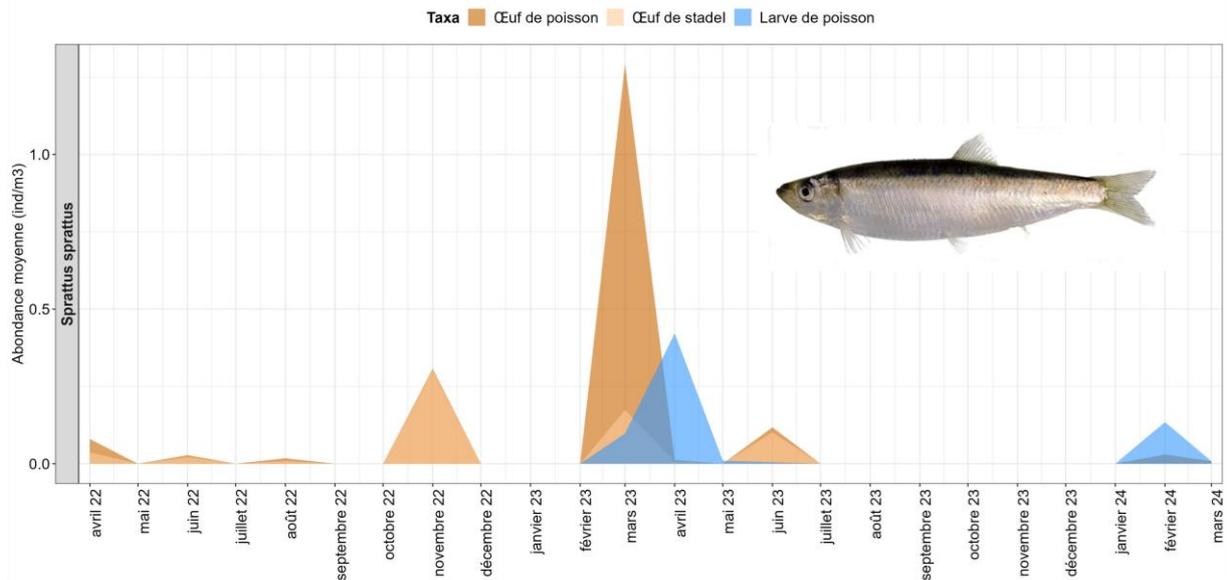


Figure 25, les œufs ont été collectés dans la partie **Nord-ouest de la zone d'étude**, notamment à la station **ICH11** ainsi qu'aux stations **ICH04** et **ICH01**.

En **novembre 2022** (0,3 ind/m³), campagne où a été enregistré le **deuxième pic d'œufs**, les œufs n'ont été collectés qu'à la **station la plus à l'Ouest, ICH08** (abondance la plus significative) et à la station **ICH02**, avec quasi exclusivement des **œufs au stade I**. La proportion d'œufs de stade I aux autres campagnes où des œufs de sprat ont été rencontrés a été très importante, à savoir en **avril/juin/août 2022, juin 2023 et février 2024**. En **juin 2023 et février 2024**, les œufs ont été collectés dans la **partie Est de la zone d'étude**. Enfin, en **mars 2024**, un **seul œuf** a été collecté à la **station ICH09**.

Les **larves**, quant à elles, ont été collectées de **mars à mai 2023 et en février et mars 2024**. Un pic de larves a été observé en **avril 2023** (larves présentes à chaque station), avec donc **un mois de décalage par rapport au pic d'œufs**.



Le sprat est un petit poisson pélagique grégaire largement distribué dans les eaux côtières de l'Europe, de la Norvège à la mer Méditerranée. Cependant, quatre principaux stocks de sprat sont principalement reconnus et étudiés, répartis dans quatre zones : la mer du Nord, le Skagerrak et Kattegat, la Manche et les mers celtiques. Ces zones reflètent les centres historiques des pêches, d'où l'effort de recherche et de gestion plus important dans ces zones (ICES, 2022). Les principales zones de frai connues pour cette espèce se trouvent dans le sud de la Mer du Nord, le long de la côte anglaise, ainsi que dans les zones à l'ouest et au nord de l'Écosse (Baumann et al. 2009). La taille maximale du sprat est de 16 cm et sa durée de vie maximale est de 5 ans (Solberg, Røstad and Kaartvedt, 2015b). Le sprat est un reproducteur multiple, produisant jusqu'à 10 assemblages d'œufs tout au long de la saison de frai. Par exemple, une femelle de 15 g peut produire 1500 à 6000 œufs (Bailey, 1980). Il n'est donc pas surprenant d'observer une forte abondance d'œufs dans leurs principales zones de frai, où l'abondance des œufs peut atteindre 400 ind/m² (Baumann et al. 2009). Les valeurs d'abondance des œufs observées dans notre étude sont donc inférieures à celles des principales zones de frai, ce qui suggère que la zone d'étude n'est pas une zone de frai majeure pour cette espèce, bien que quelques œufs et larves aient été observés.

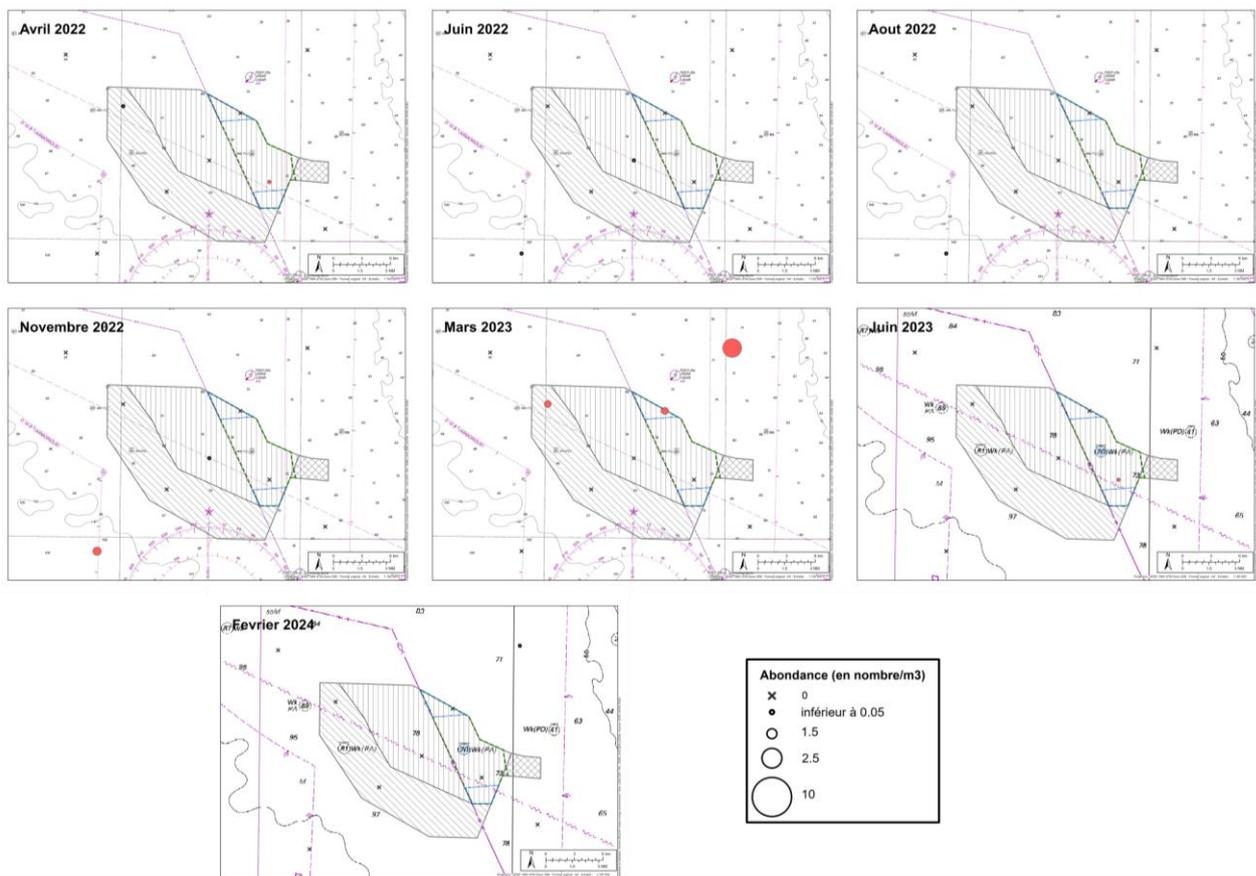


Figure 25 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de sprat entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

Au niveau temporel, le moment du pic de frai et de la fécondité varie significativement entre les années et les régions (Peck *et al.*, 2012). La température semble jouer un rôle crucial dans la détermination du moment et du lieu de frai (Baumann *et al.*, 2006b; Peck *et al.*, 2012). Par exemple, dans la mer du Nord, le pic de frai se produit au printemps et au début de l'été, tandis que dans la mer Adriatique, il se produit pendant les mois d'hiver (Peck *et al.*, 2012). Dans le golfe de Gascogne, la ponte a logiquement lieu en hiver (Arbault et Lacroix, 1971) entre la Mer d'Iroise et l'embouchure de la Gironde. La température optimale, avec un taux de survie des œufs plus élevé, se situe entre 5 et 17 °C (Peck *et al.*, 2012). Les résultats de la variabilité temporelle des œufs et des larves dans la zone d'étude semblent indiquer donc que l'événement de frai de cette espèce s'est produit à la fin de l'hiver/début du printemps (pic en mars 2023), toujours **dans la gamme de températures optimales** pour la survie des œufs et larves de sprat (température moyenne en mars 2023 de 11,1 °C). Il convient toutefois de noter que la faible abondance d'œufs observée dans notre zone d'étude ne permet pas de tirer des conclusions solides sur la variabilité temporelle de la saison de frai. En ce qui concerne les larves, elles se trouvent principalement dans les eaux de surface où la circulation des courants variables, peuvent les transporter vers des zones de nurseries appropriées ou non (Munk, 1993; Casini, Cardinale and Arrhenius, 2004; Baumann *et al.*, 2006a; Solberg, Røstad and Kaartvedt, 2015a). Ainsi, bien que le pic d'abondance des larves, un mois après celui des œufs en 2023, puisse suggérer une rétention locale des larves et une zone de nursery favorable pour l'espèce, leur faible abondance ne permet pas de confirmer cette hypothèse.

3.1.2.2.2 Espèces démersales

Les œufs et larves collectés appartenant à des espèces démersales sont présentés dans la figure ci-dessous, sous forme d'abondance moyenne (moyenne des abondances sur les 9 stations étudiées, œufs et larves confondus) pour chaque campagne.

Sur un cycle bisannuel d'avril 2022 à mars 2024, 43 taxons d'espèces démersales ont été rencontrés. Certains taxons comme la **famille des Gaidropsaridae et dans une moindre mesure, celle des Gobiidae, Gadidae et Triglididae**, ont régulièrement été collectés. L'identification n'a pas pu se faire au-delà de la famille pour les **Gaidropsaridae**. Les œufs et larves identifiés comme appartenant à cette famille peuvent représenter **plusieurs espèces de motelles**. Cependant, il n'y a pas de caractéristiques qui permettraient de distinguer les différentes espèces à ces stades. Potentiellement, les œufs pourraient appartenir à ***Ciliata mustela*, *Ciliata septentrionalis*, *Gaidropsarus vulgaris*** et/ou ***Gaidropsarus mediterraneus/Enchelyopus cimbricus*** (source : MNHN). De juillet à août 2023, les œufs identifiés comme appartenant à la famille des Gaidropsaridae ressemblent à ceux de motelle à quatre barbillons ***Enchelyopus cimbricus***, mais comme toutes les espèces de cette famille se ressemblent, l'identification n'a pas été faite jusqu'à l'espèce. Des larves de motelle à quatre barbillons ont d'ailleurs été collectées d'avril à mai 2022 et d'août à septembre 2023. La motelle à cinq barbillons ***Ciliata mustela*** et la motelle nordique ***Ciliata septentrionalis*** sont des espèces collectées respectivement en **mars 2023** (3 œufs dont aucun au stade I à la station ICH09) et en **avril 2022** (1 larve à la station ICH01) ainsi qu'en avril (larves à 6 stations sur 9).

Pour les autres taxons, leur présence varie selon les campagnes, notamment selon les saisons :

- **Printemps-été 2022 & 2023** : les taxons ***Echiodon drummondii*** (Aurin atlantique), ***Labrus bergylta*** (vieille), ***Ctenolabrus rupestris*** (rouquié), ***Enchelyopus cimbricus***, ***Parablennius gattorugine*** (blennie gattorugine), ***Parablennius pilicornis*** (blennie pilicorne) ont été observés au **printemps-été 2022** puis à la **même période en 2023**

Certains taxons comme ***Ciliata septentrionalis***, le picarel guetteur ***Centracanthus cirrus*** et la petite argentine ***Argentina sphyraena*** ont également été observés au printemps mais seulement en 2022. À l'inverse, la vieille coquette ***Labrus mixtus***, la lingue franche ***Molva molva*** et la dorade grise ***Spondyliosoma cantharus*** n'ont été observés qu'au printemps 2023

- **Été 2022-2023** : le pagre commun ***Pagrus pagrus*** & le grondin gris ***Eutriglia gurnardus*** sont des taxons qui ont été collectés à l'été 2022 puis à l'été 2023

Le rouget barbet de roche ***Mullus surmuletus***, l'hippocampe à museau court ***Hippocampus hippocampus***, ***Nerophis ophidion*** et le Saint-Pierre ***Zeus faber*** n'ont été collectés qu'à l'été 2022 et la blennie papillon ***Blennius ocellaris*** seulement à l'été 2023.

- **Été-automne 2022 & 2023** : la famille des ***Mugilidae***, le crénilabre melops ***Symphodus melops*** et les gobies du genre ***Lebetus sp.*** sont des taxons qui étaient présents de l'été à l'automne 2022 & 2023 ; la girelle commune ***Coris julis***, le sar commun ***Diplodus sargus*** et la blennie coiffée ***Coryphoblennius galerita*** ont été observés uniquement de l'été à l'automne 2023.
- **Automne-printemps 2022-2024** : certains taxons, à savoir le tacaud commun ***Trisopterus luscus***, le merlu commun ***Merluccius merluccius***, le bar commun ***Dicentrarchus labrax*** et le merlan ***Merlangius merlangus***, étaient présents entre l'automne 2022 et le printemps 2023 et entre l'automne 2023 et la fin d'hiver 2023.

Les taxons étaient présents plus sporadiquement entre avril 2022 et mars 2024 :

- **Automne 2022** : famille des ***Gobiesocidae*** et le nérophis lombric ***Nerophis lumbriciformis***
- **Fin hiver/début printemps 2023 & hiver 2024** : le lieu jaune ***Pollachius pollachius***
- **Mars 2023** : le lieu noir ***Pollachius virens***, ***Pollachius sp.***, ***Trisopterus spp.***, ***Ciliata mustela*** et la famille des ***Argentinidae***
- **Fin hiver 2023 et hiver 2024** : le petit tacaud ***Trisopterus minutus***

- Février 2024 : le tacaud norvégien *Trisopterus esmarkii*

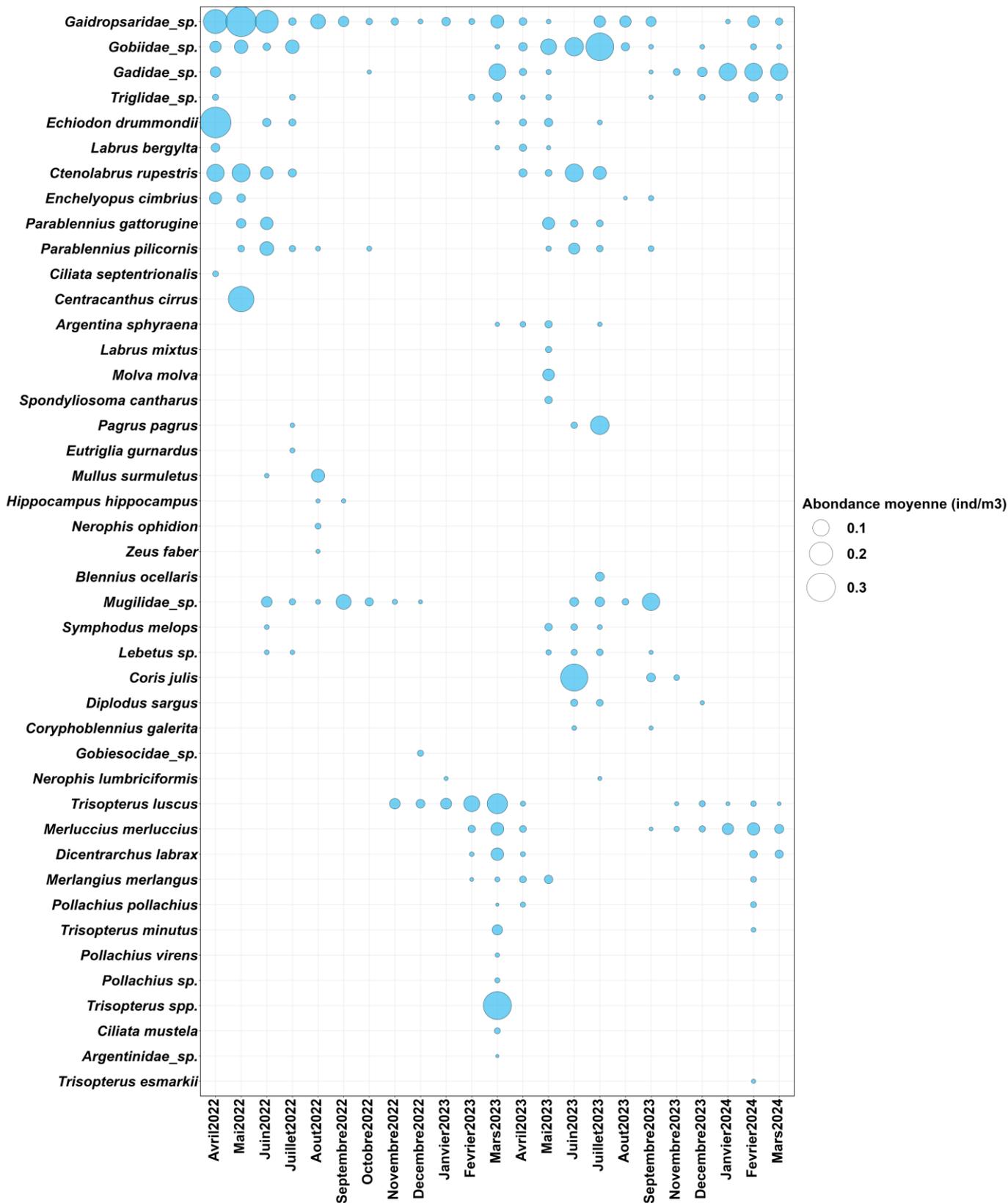


Figure 26 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne (œufs et larves confondus) des espèces démersales par campagne d'avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

Comme le montre le tableau suivant, la campagne de mars 2023 est la campagne la plus diversifiée avec 18 taxons représentés.

Tableau 8 : Richesse spécifique des espèces pélagiques collectées entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

Année	2022											
Campagne				Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Richesse spécifique				9	7	10	10	7	3	4	3	4
Année	2023											
Campagne	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Richesse spécifique	3	6	18	13	16	11	14	4	11		4	6
Année	2024											
Campagne	Janvier	Février	Mars									
Richesse spécifique	4	11	7									

L'abondance moyenne des espèces **démersales** (moyenne maximale = 0.4 ind/m³) est **bien plus faible** que celle des espèces **pélagiques** (4 ind/m³).

La suite de cette partie présente un focus sur les taxons majeurs suivantes :

- La famille des **Gaidropsaridae**, présente tout au long du suivi et en abondance au printemps ;
- Le **rouquié**, espèce représentative du cortège printanier ;
- La famille des **Mugilidae**, taxon représentatif du cortège estival-automnal ;
- Le **tacaud commun**, le **merlu commun** et le **bar commun**, espèces représentatives du cortège hivernal et retrouvées en abondance dans les campagnes d'échantillonnage au chalut et au filet ;

Comme pour les 5 espèces pélagiques principales, les figures suivantes se composent de deux parties :

- Une **partie graphique** qui présente **l'évolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus, des œufs au stade I et des larves** de chaque taxon, toutes stations confondues ;
- Une **partie cartographique** présentant la **répartition spatiale des œufs** à chaque campagne où le taxon a été prélevé.

- **Famille des Gaidropsaridae** (possiblement *Ciliata mustela*, *Ciliata septentrionalis*, *Gaidropsarus vulgaris* et/ou *Gaidropsarus mediterraneus*/ *Enchelyopus cimbrius*) :

Les **œufs** de la famille des **Gaidropsaridae** ont été collectés à chaque campagne de la première année de suivi, avec un **pic en mai 2022 (~0,45 ind/m³)** et **deux plus petits pics en août 2022 et mars 2023**. Sur cette période, les œufs de stade I représentent moins de la moitié des œufs collectés, sauf en juillet et novembre 2022, janvier et février 2023.

Du point de vue spatial, les œufs ont été collectés **à quasiment chaque station d'avril à juin 2022, de septembre à octobre 2022 et de janvier à mars 2023** (Figure 27). **De juillet à août 2022 et en novembre** (Figure 27), la répartition est **plus éparse** avec des collectes principalement dans la **partie Ouest de la zone**. En **décembre 2022** (Figure 27), les œufs de Gaidropsaridae ont été collectés dans la **partie Nord-Est de la zone d'étude**.

Pour la deuxième année de suivi, les œufs ont été collectés en **avril 2023**, de **juillet à septembre 2023** et de **janvier à mars 2024**, avec une part importante d'œufs au stade I. En **avril 2023** (Figure 27), les œufs ont été collectés plutôt dans la **partie Ouest**. De **juillet à septembre 2023** (Figure 27) ainsi qu'en mars 2024 (Figure 27), les œufs de Gaidropsaridae étaient **présents à chaque station**. En **janvier et février 2024**, les œufs ont été collectés dans la partie **Nord de la zone d'étude** (Figure 27).

Les **larves ont été très peu présentes dans les collectes** : elles ont été rencontrées **d'avril à mai 2022, de février à mai 2023, en juillet et septembre 2023** ainsi qu'en **février 2024**, campagne pour laquelle elles ont été les plus abondantes.

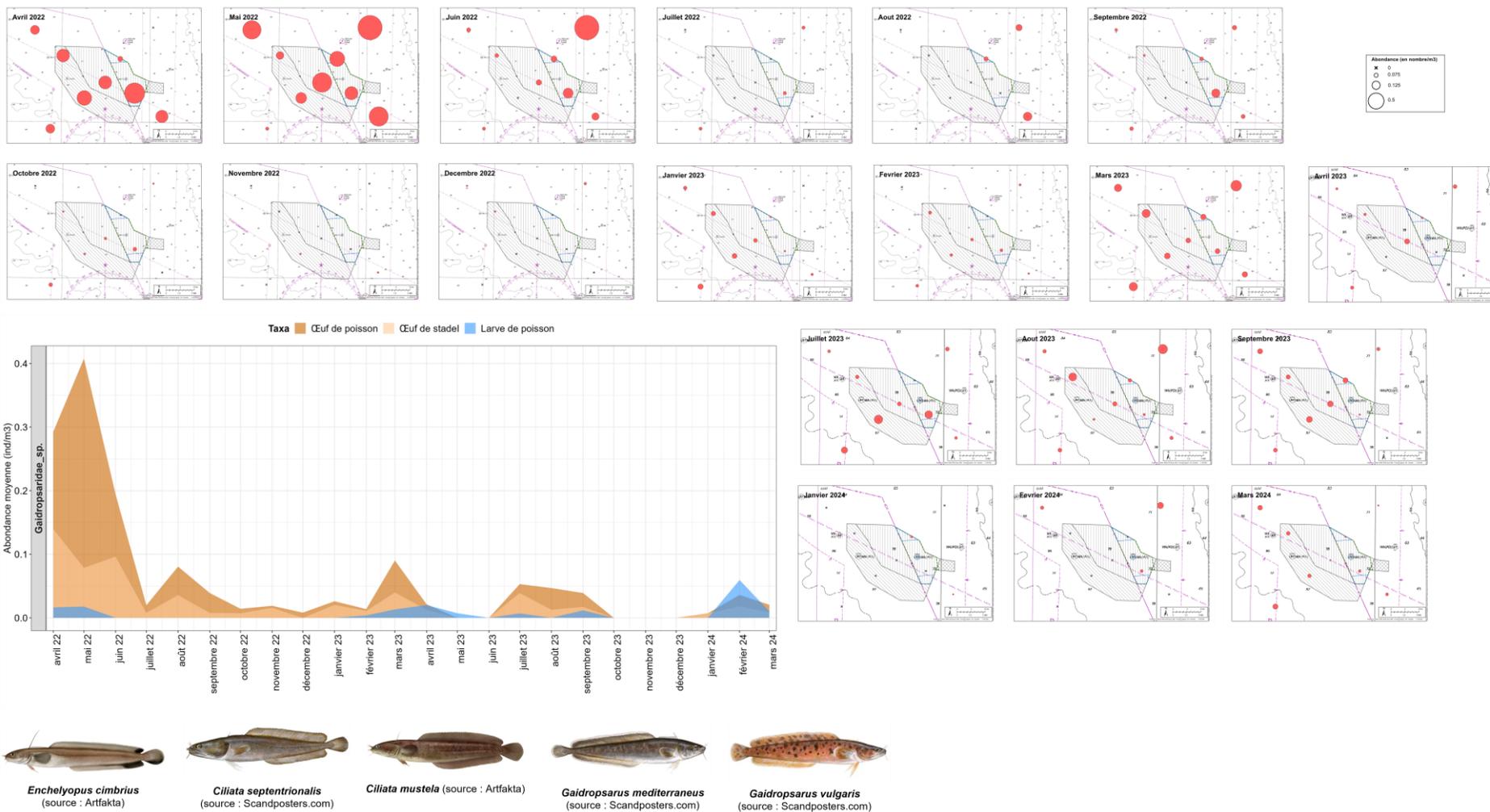


Figure 27 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de la famille des Gaidropsaridae avec en bas des illustrations des espèces qui pourraient correspondre aux stades collectés (source : setec énergie environnement, 2024)

- **Le rouqué :**

Les **œufs de rouqué** ont été collectés **d'avril à juillet 2022**, avec un pic en mai et d'avril à juin 2023, avec un pic en juin. La part d'œufs de stade I est assez faible (- de 40%), à l'exception des campagnes de juillet 2022 et mai 2023.

Du point de vue spatial, les œufs ont été collectés à **toutes les stations** sauf la station ICH05 en **avril 2022** et aux stations les plus au Nord de la zone d'étude **avril 2023**. En **mai et juin 2022**, ils ont principalement été recensés dans la **partie occidentale** de la zone d'étude alors qu'en **juillet 2022**, les œufs ont surtout été collectés dans la **partie Nord-Est**. En **mai et juin 2023**, les œufs ont été retrouvés aux stations du **Nord voire Nord-Est**, particulièrement à la **station la plus proche de Belle-Île, ICH09 en juin**.

Les **larves de rouqué** ont été collecté entre **mai et juillet 2022**, comme pour les œufs, **avec un pic en juin 2022, donc décalé d'une campagne par rapport aux œufs**. Elles sont présentes dans les échantillons des campagnes de **mai à juillet 2023**. L'abondance moyenne des larves en juin 2023 atteint presque celle des œufs à la même campagne.

Le rouqué est une espèce présente dans l'Atlantique-Est, de la Norvège au Maroc et également décrite en Méditerranée et dans la mer Noire, qui évolue entre 1 et 50m de profondeur dans des anfractuosités rocheuses. Les œufs de rouqué éclosent après environ 14 jours et les larves mènent une courte vie pélagique avant de regagner les zones rocheuses peu profondes. La période de frai a généralement lieu en été : **d'avril à août** en mer du Nord, Manche et Atlantique (Froese and Pauly, 2024). Peu d'information est disponible sur les zones de frai dans le Golfe de Gascogne. Toutefois, nos résultats sont en accord avec la période de frai citée ci-dessus pour l'Atlantique.

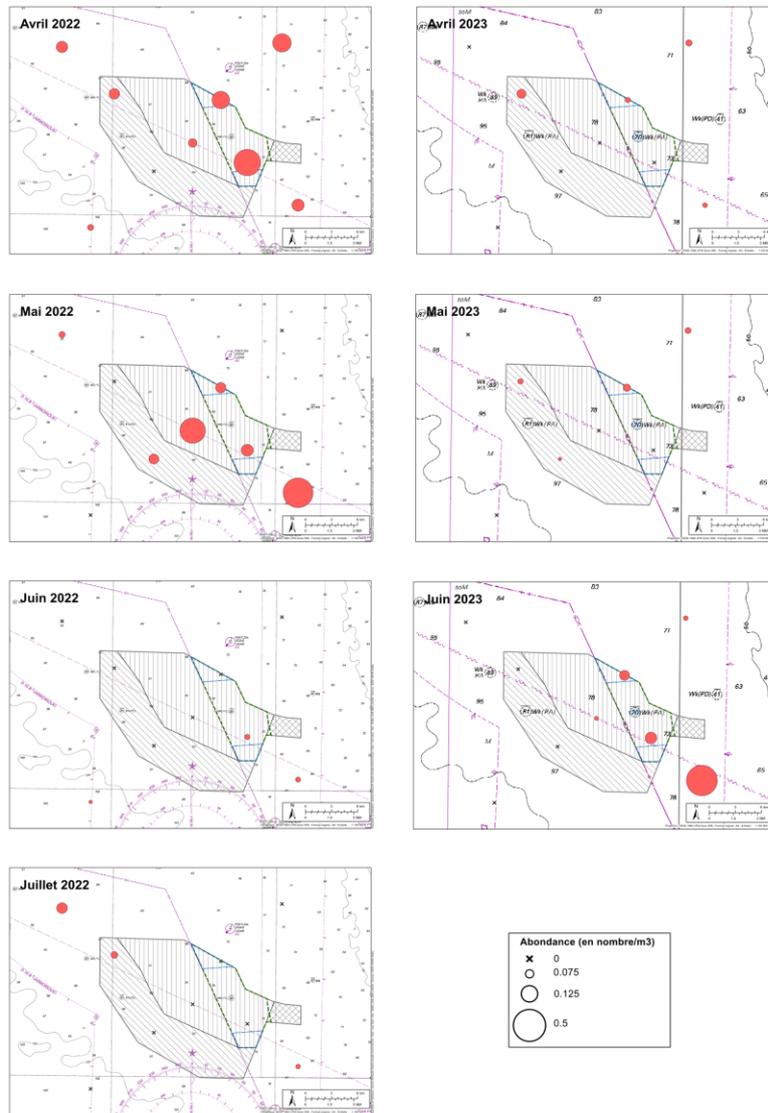
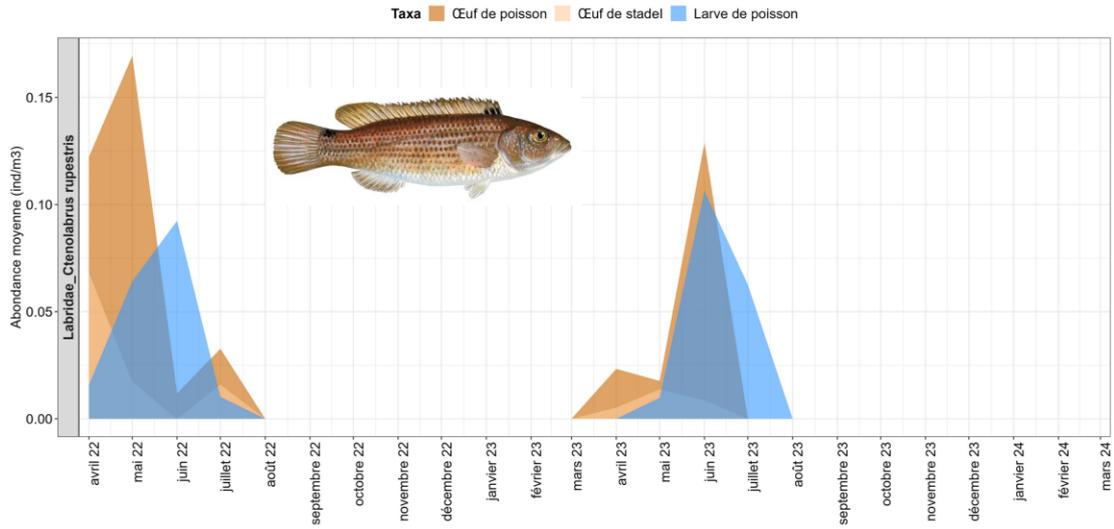


Figure 28 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de rouquié (source : setec énergie environnement, 2024)

- **La famille des Mugilidae :**

Les **œufs** appartenant à la **famille des Mugilidae** ont été collectés de **juin à décembre 2022**, avec une **proportion importante d'œufs au stade I à partir d'août 2022** ainsi que de **juin à septembre 2023**. En 2023, la part d'œufs de stade I est faible (- de 40%) Que ce soit en 2022 ou en 2023, la plus **forte abondance d'œufs a été recensé en septembre** (~0.10 ind/m³). Comme pour le rouquié, les œufs de Mugilidae ont été principalement collectés **dans la partie orientale de la zone d'étude**. En **octobre 2022**, les œufs étaient **majoritaires dans la partie occidentale**.

Les **larves sont quasi inexistantes dans les collectes en 2022**, avec seulement **3 larves** de cette famille collectées en **novembre 2022**. En 2023, le nombre de larves est plus abondants. Elles ont été collectées en **juillet et septembre 2023**, campagne pour laquelle il y a un pic important, dépassant celui des œufs (presque 1 ind/m³).

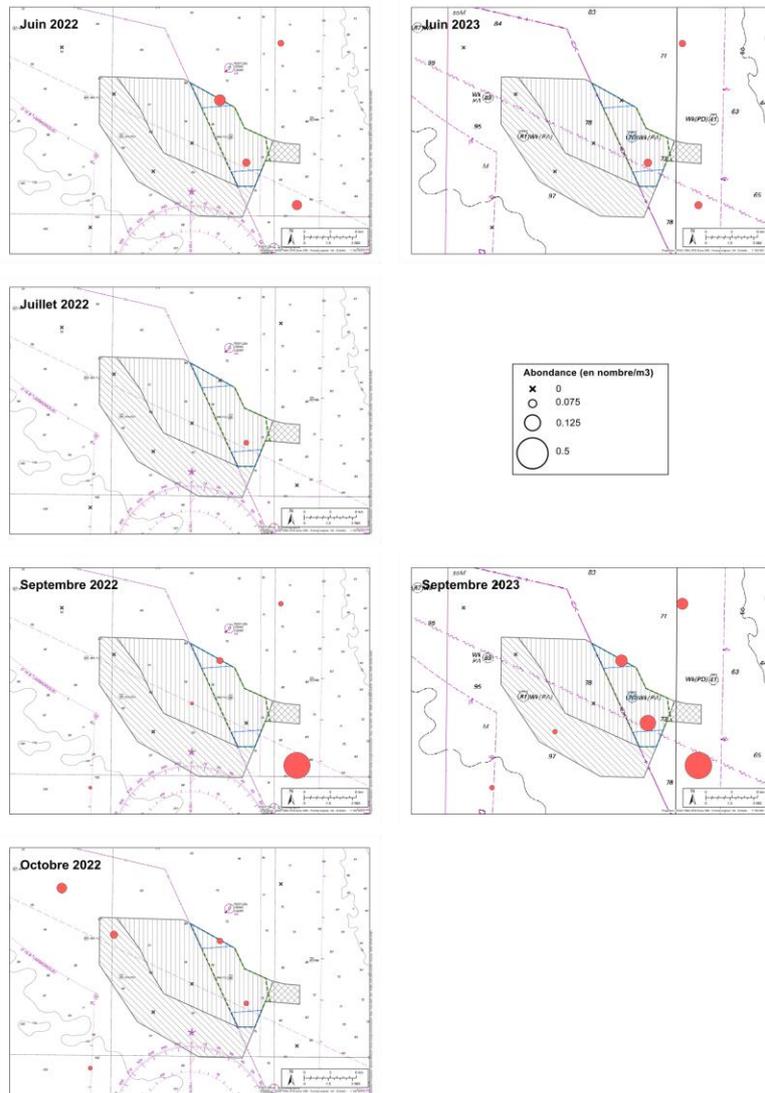
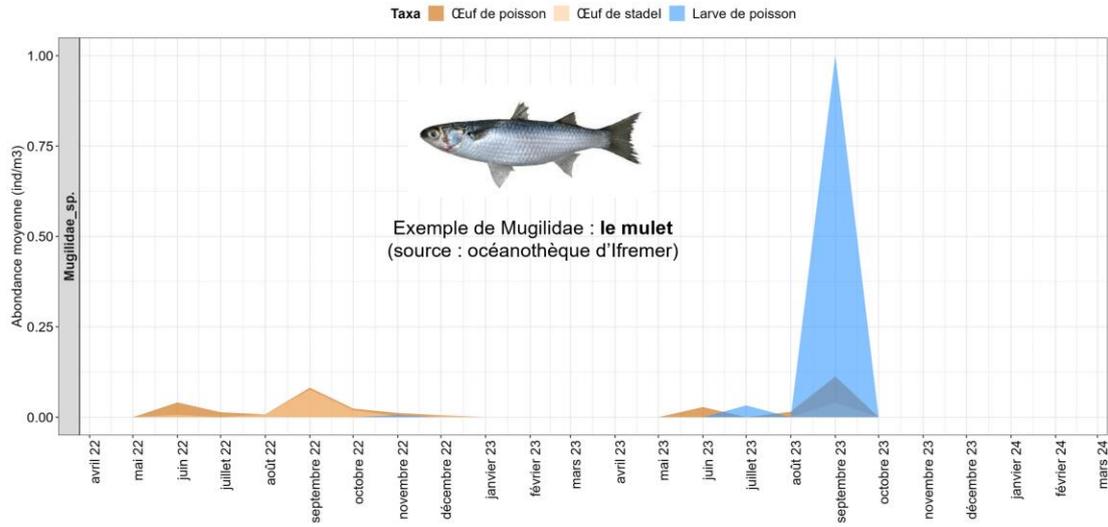


Figure 29 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de la famille des Mugilidae (source : setec énergie environnement, 2024)

● **Le tacaud commun :**

Les œufs de tacaud commun ont été collectés de novembre 2022 à mars 2023, avec un pic en mars 2023 (plus de 0,3 ind/m³) avec une proportion d'œufs de stade I de 25%. De novembre à décembre 2022, les œufs ont principalement été collectés dans la partie occidentale. En janvier à mars 2023, les œufs ont été recensés à chaque station, avec une abondance plus élevée aux stations du Nord de la zone d'étude.

Les larves de tacaud commun ont été collectées en décembre 2022, en mars et avril 2023 et d'octobre 2023 à mars 2024, en abondance beaucoup plus faible que les œufs.

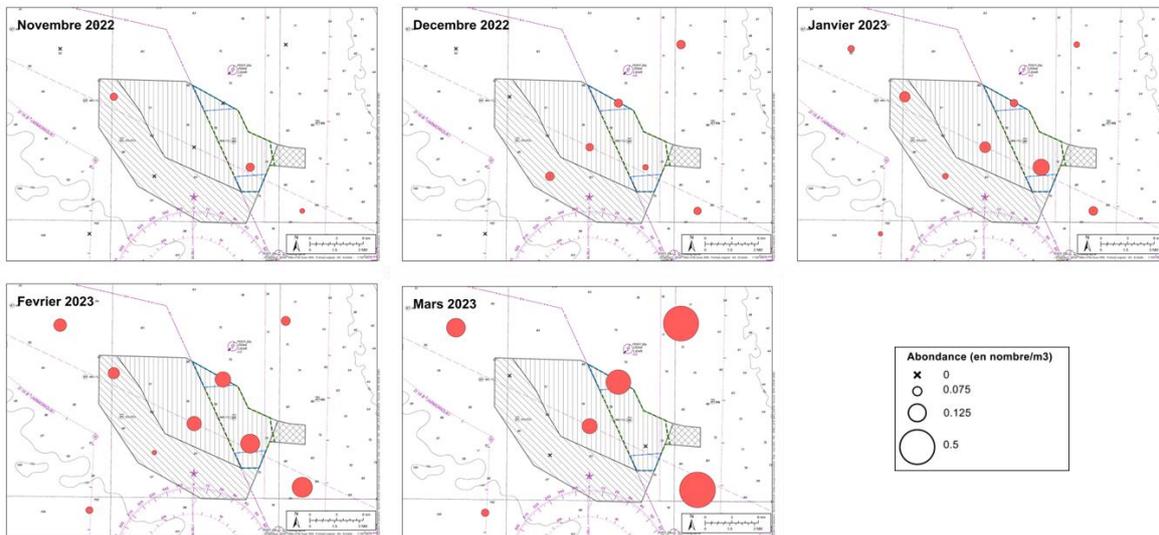
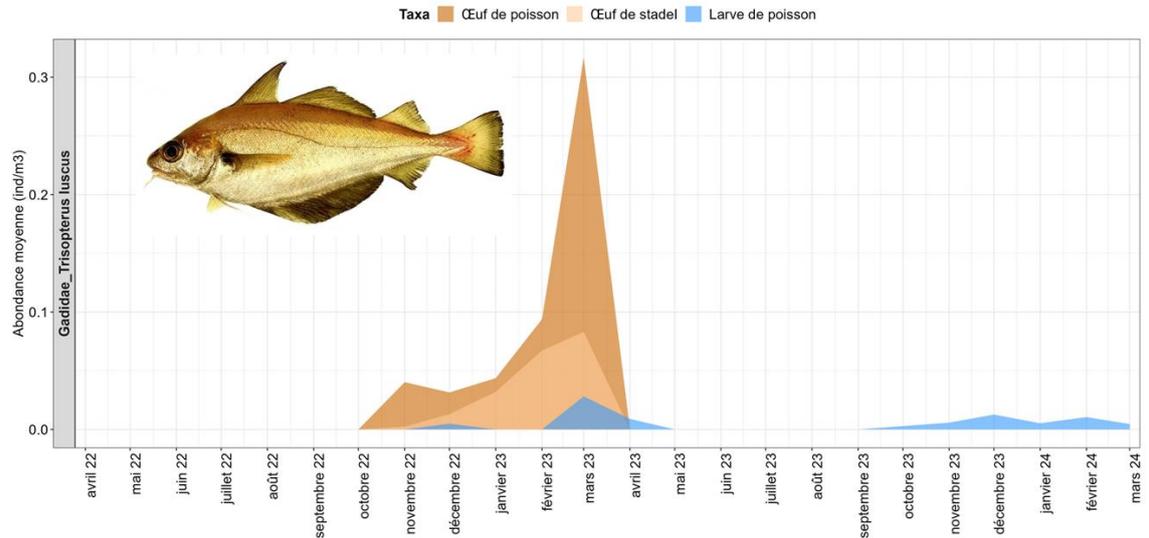


Figure 30 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de tacaud commun (source : setec énergie environnement, 2024)

Le MNHN a précisé dans ses identifications que les œufs déterminés comme « Gadidae » pouvaient représenter plusieurs espèces – *Trisopterus esmarkii*, *Pollachius pollachius*, *Micromesistius poutassou* et/ou *Merlangius merlangus* – car le diamètre des œufs de ces espèces se chevauchent. Cependant, le MNHN pense que la plupart sont les œufs de *Trisopterus luscus*, tout comme les larves trouvées mais ne pouvait exclure la présence d'autres espèces.

La figure ci-dessous présente l'évolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus, des œufs au stade I et des larves identifiés comme *Gadidae* sp. Les **œufs de *Gadidae*** ont été collectés en **avril et octobre 2022**, de **mars à mai 2023**, en **septembre 2023** et de **novembre 2023 à mars 2024**. La proportion d'œufs au stade I est forte de mars à mai 2023 et d'octobre 2023 à février 2024.

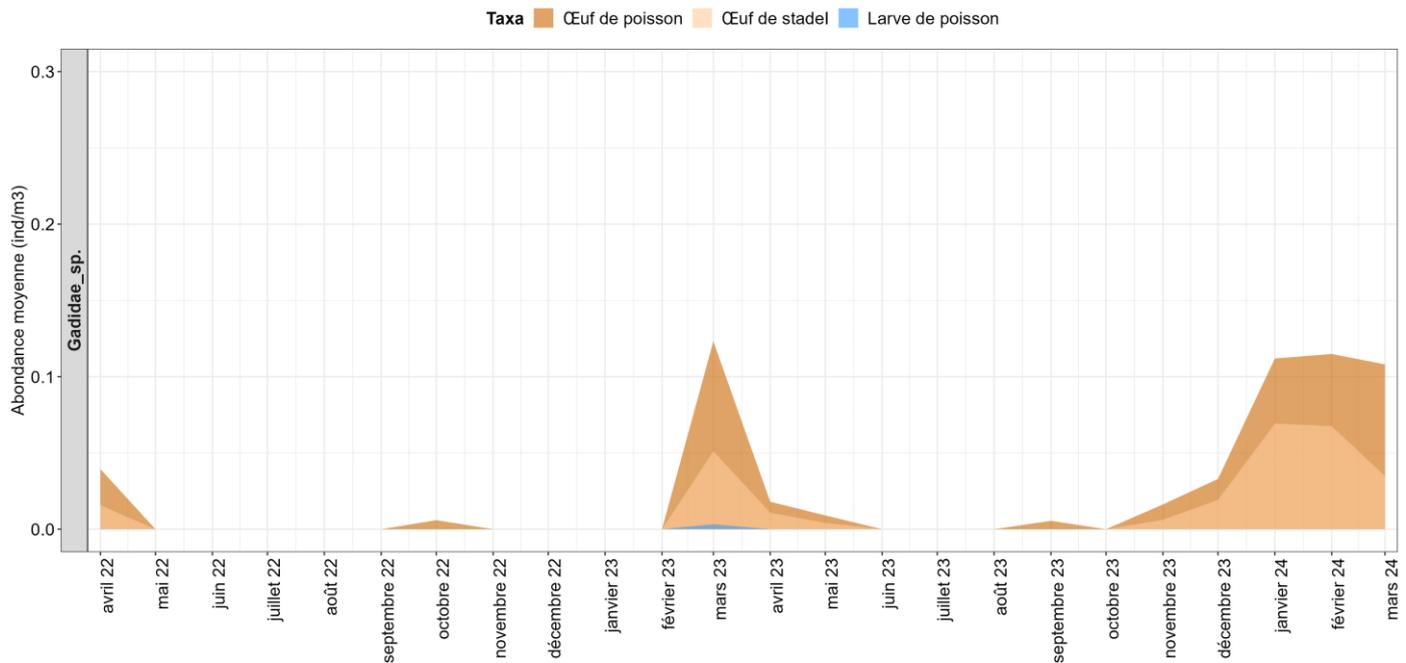


Figure 31 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves identifiées comme *Gadidae* sp. (source : setec énergie environnement, 2024)

Le tacaud commun est très commun dans le Golfe du Gascogne (Merayo, 1996). Il est donc tout à fait possible que de nombreux œufs identifiés uniquement au niveau de la famille appartiennent en réalité à l'espèce tacaud commun. Le tacaud commun s'étend de la Norvège au Maroc (Merayo, 1996). Le frai a lieu de **décembre à avril** (Merayo, 1996), mais la ponte est discontinue chez cette espèce et la période de frai peut être plus longue, comme l'indique la présence de certaines femelles en condition de frai tout au long de l'année (Alonso-Fernández and Saborido-Rey, 2012). Nos résultats sont donc conformes à la saison de frai décrite. Cette espèce semble se reproduire sur l'ensemble du plateau continental de la façade atlantique française, avec trois zones de maxima d'abondance : à l'ouest et au large des Glénan, entre Belle-Île-en-Mer et l'Île d'Yeu, ainsi que dans la partie sud-est du Golfe (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024, Figure 32). Selon cette répartition, la zone d'étude peut être considérée comme une zone de frai pour cette espèce.

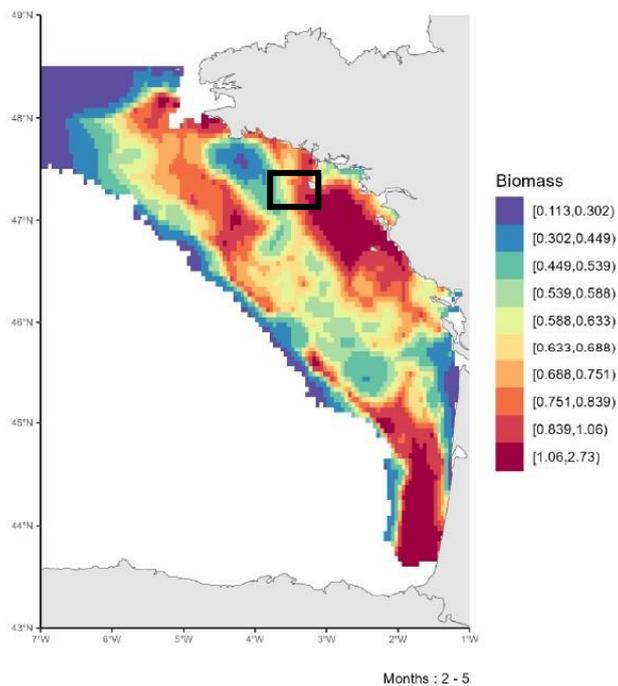


Figure 32 : Distribution moyenne de la biomasse des individus matures de tautod commun (*Trisopterus luscus*) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Février-Mai) sur la période 2008-2022 (source : Casemajor, Alglave and Woillez, 2024). Le carré noir indique la zone d'étude approximative.

- **Le merlu commun :**

Les **œufs de merlu commun** apparaissent dans les collectes en **février et mars 2023** puis de **novembre 2023 à mars 2024**. À l'hiver 2023, un **pic est observé en mars 2023** (plus de 0.1 ind/m³) et la part d'œufs au stade I est plus importante (~60%). Un pic d'œufs de stade I est visible en janvier 2024 et un pic d'œufs avec une faible proportion de stade I est observable en février 2024 (Figure 33).

Du point de vue spatial, un **seul œuf de merlu** a été collecté en **février 2023** à la station ICH04 (Nord-Est de la zone d'étude) alors qu'en **février 2024, des œufs ont été collectés à chaque station**. En **mars 2023**, les œufs ont été collectés à **6 stations sur 9** et **mars 2024, à 7 stations sur 9**. En **décembre 2023**, les œufs échantillonnés étaient présents plutôt dans la **partie orientale**. Enfin, en **janvier 2024**, les œufs ont été collectés à **chaque station, à l'exception de la station la plus au large, ICH08** (Figure 33).

En ce qui concerne les larves, **seulement quelques larves** ont été collectés, en **mars et avril 2023 (soit pendant et après le pic d'œufs de l'hiver 2023)** ainsi qu'en **septembre et décembre 2023**. Un pic de larves de merlu commun est visible en février 2024, soit une campagne après le pic d'œufs de stade I de janvier 2024 (Figure 33).

Le merlu commun est l'espèce de poissons **la plus abondante** dans les échantillonnages **au chalut et au filet trémail**. Le merlu commun, inféodé principalement à l'Océan Atlantique, est connu pour se reproduire en hiver (de janvier à mars) le long des accores du plateau continental, au large de la côte française avec une plus forte biomasse au sud du golfe de Gascogne (Figure 34). Les œufs ont la caractéristique d'être légers, ce qui les fait remonter à la surface et ils peuvent être transportés sur de grandes distances par le courant. **Compte tenu des résultats observés, la zone d'étude, bien que ne constituant pas une zone majeure de frayère, pourrait constituer un habitat potentiellement favorable à la reproduction du merlu commun et à la survie des larves.**

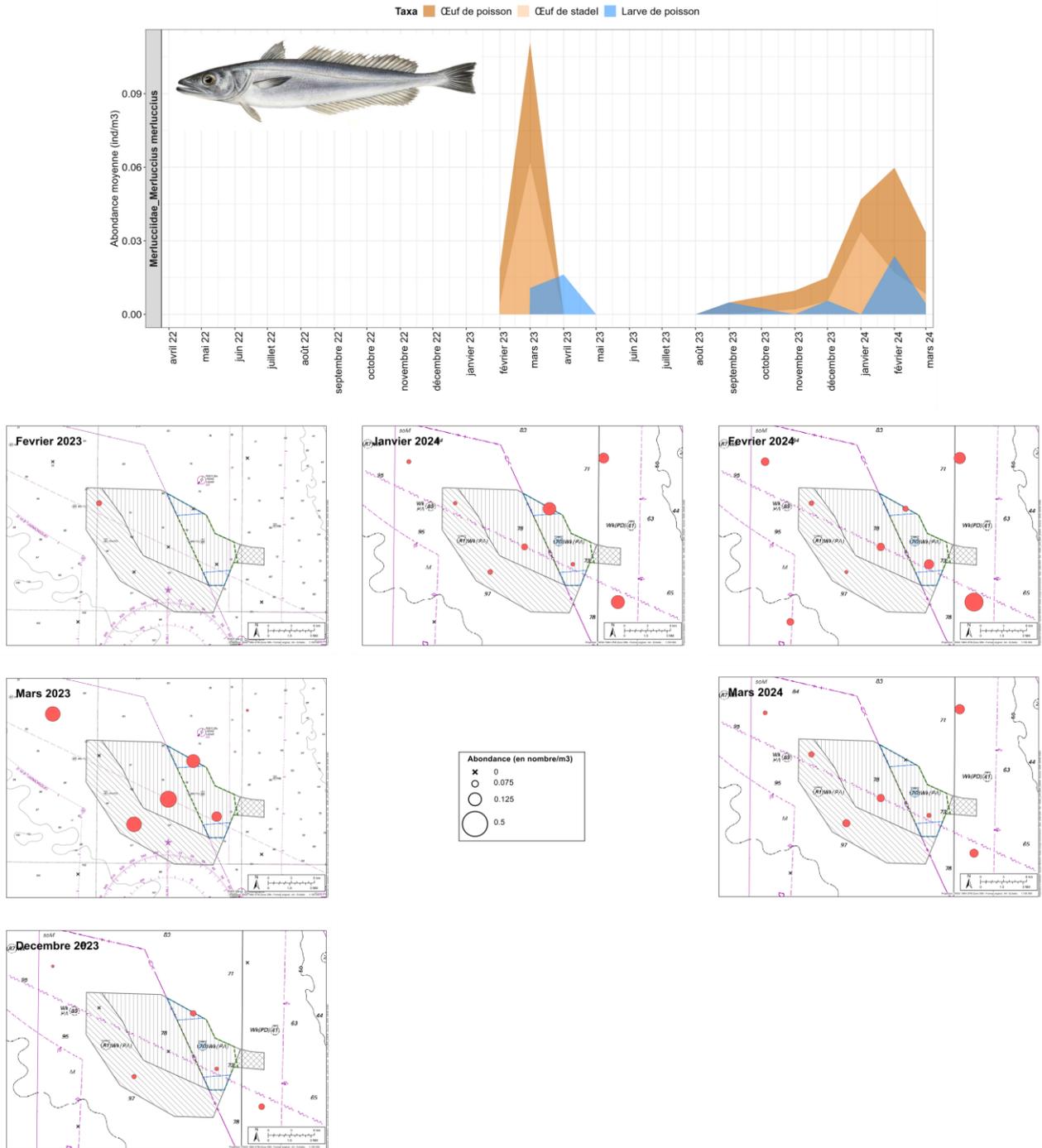


Figure 33 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de merlu (source : setec énergie environnement, 2024)

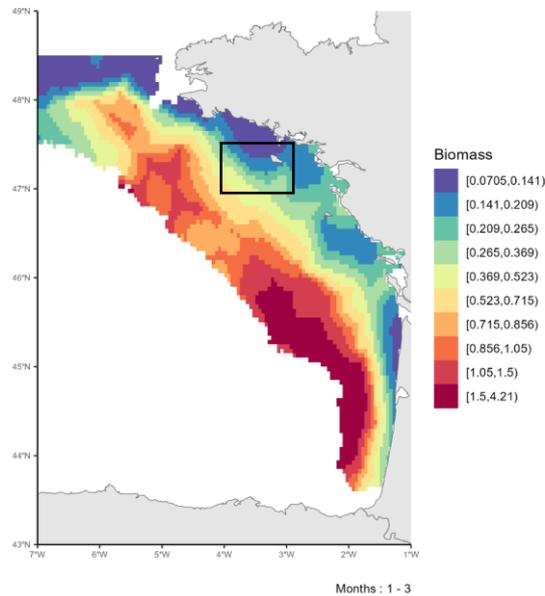


Figure 34 : Distribution de la biomasse des individus matures de merlu (*Merluccius merluccius*) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Janvier-Mars) sur la période 2008-2022 (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) . Le carré noir indique la zone d'étude approximative.

- **Le bar commun :**

Les œufs de bar commun ont été collectés de **février à avril 2023** et de **février à mars 2024**, avec une **part importante d'œufs de stade I** (plus de 50%). Les pics d'œufs ont été enregistrés en **mars 2023 et 2024** (Figure 35).

En **février et avril 2023** ainsi qu'en **février 2024**, les œufs ont été retrouvés dans la **partie orientale de la zone d'étude**, principalement à la **station la plus proche de Belle-Île, ICH09**. En **mars 2023 et 2024**, les œufs de bar ont quasiment été récoltés **à chaque station**, et principalement à la **station la plus proche de la côte, ICH11**.

Les **larves de bar commun** ont été collectés en **avril 2023**, avec un **décalage d'une campagne par rapport au pic d'œufs de mars 2023 et de février à mars 2024**.

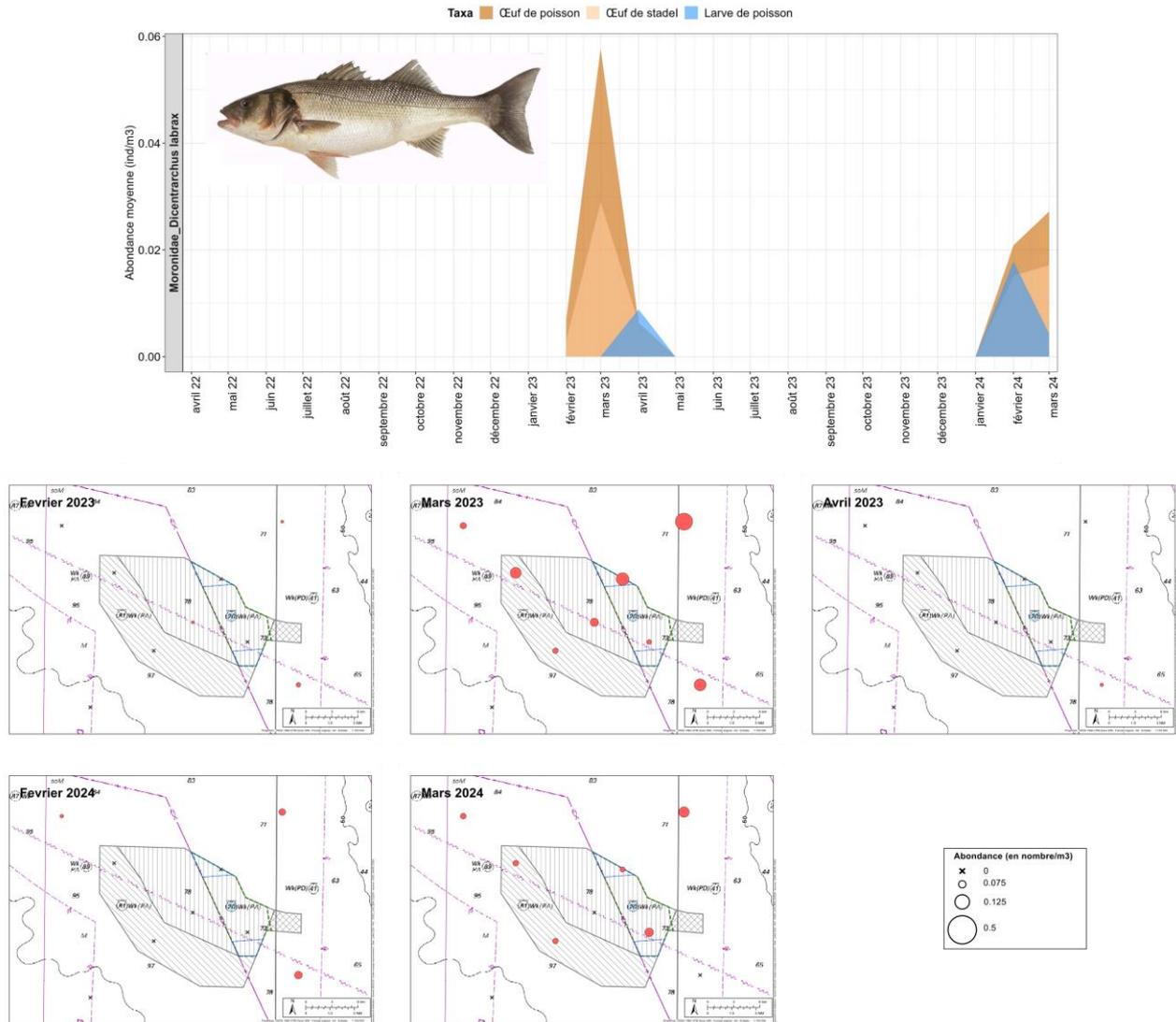


Figure 35 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de bar (source : setec énergie environnement, 2024)

Le bar commun est distribué dans l'Atlantique Nord-Est, de la Norvège au Maroc et Méditerranée, avec un stock probablement distinct présent dans le Golfe du Gascogne (Ifremer, no date a). La reproduction du bar a lieu en hiver, de décembre à avril (Dambrine *et al.*, 2021). Le pic d'abondance des œufs au stade I en mars (2023 et 2024) est donc en accord avec la saison de frai décrite. Au niveau spatiale, des aires de frayères ont été identifiées dans le Golfe du Gascogne (IFREMER, 2022a), en particulier dans la partie sud, ainsi que le long des côtes du Pays de la Loire (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024, Figure 36a). Cependant, le maximum de probabilité de présence des adultes matures de bar se trouve au large, sur le plateau continental, dans des zones de plus de 100 m de profondeur, bien qu'il existe aussi des frayères côtières de moindre importance (Dambrine *et al.* 2021, Figure 36b). De **mars à juillet**, les larves sont habituellement **ramenées à la côte par la circulation hydrodynamique** et colonisent les nourriceries côtières situées principalement dans les estuaires et baies abritées (De Pontual and Drogou, 2018).

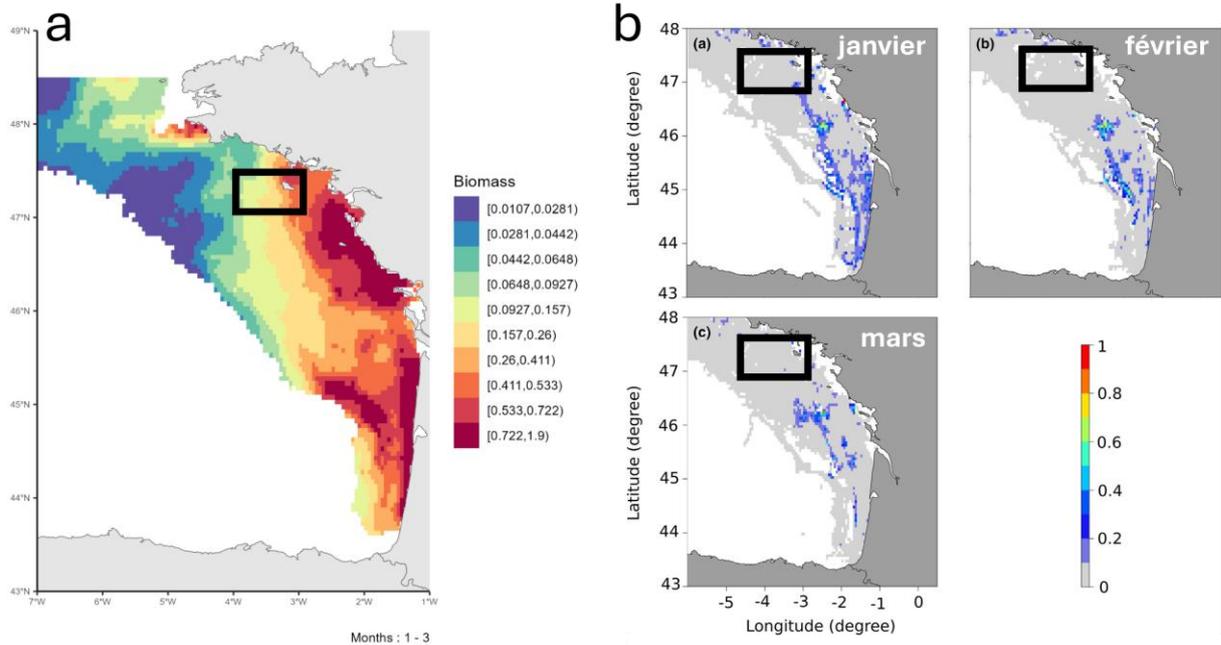


Figure 36 : a) Distribution de la biomasse moyenne des individus matures de bar commun (*Dicentrarchus labrax*) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Avril-Mars) sur la période 2008-2022 (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) ; b) Moyennes mensuelles des zones de frai du bar commun dans le golfe de Gascogne, pour la période 2008-2013, en janvier, février et mars, basées sur la probabilité de présence des adultes matures (source : Dambrine et al. 2021). Le carré noir indique la zone d'étude approximative.

3.1.2.2.3 Espèces benthiques

Les œufs et larves collectés appartenant à des espèces benthiques sont présentés sur la figure ci-dessous, sous forme d'abondance moyenne (moyenne des abondances sur les 9 stations étudiées, œufs et larves confondus) pour chaque campagne.

Sur un cycle bisannuel d'avril 2022 à mars 2024, 29 taxons d'espèces benthiques ont été rencontrés, variant de zéro d'octobre à décembre 2022 à 13 en mars 2024.

La présence des différents taxons varie selon les campagnes, et notamment selon les saisons comme par exemple :

- **Fin hiver à début automne 2022 et 2023 :** les genres *Arnoglossus*, *Callionymus* et les espèces *Microchirus variegatus* (sole perdrix), *Zeugopterus norvegicus* (targie naine), *Gymnammodytes semisquamatus* (grande cicерelle) et *Ammodytes marinus* sont des taxons présents au printemps-été 2022 et/ou à la fin d'hiver au début automne 2023 et/ou à la fin d'hiver 2024.
- **Printemps-été :** *Callionymus reticulatus* et la famille des *Scorpaenidae* n'ont été observé qu'au printemps/été 2023
- **Été 2023 :** *Cepola macrophthalma* et *Scorpaena porcus* n'ont été observé à l'été 2023
- **Hiver 2023 et 2024 :** la sole commune *Solea solea* est une espèce retrouvée de janvier à mars 2023 et sur la même période en 2024.

Certains taxons n'ont été échantillonnés qu'une seule fois au cours de la période de suivi : la barbue *Scophthalmus rhombus* (avril 2022), le turbot *S. maximus* (avril 2022), le dragonnet lyre *Callionymus lyra* (juillet 2023), l'arnoglosse lanterne *Arnoglossus laterna* (août 2023), la petite vive *Echiichthys vipera* (septembre 2022), la grande vive *Trachinus draco* (septembre 2022), le flétan nain *Hypogloisoides platessoides* (janvier 2023), la limande commune *Limanda limanda* (janvier 2023), la limande-sole *Microstomus kitt* (mars 2023) et la famille des *Scophthalmidae* (mars 2024).

L'abondance moyenne la plus élevée pour les espèces benthiques (0.2 ind/m³) est **2 fois moins importante** que celle des espèces démersales (0.4 ind/m³), et **10 fois moins importante** que celles des espèces pélagiques (2 ind/m³).

Pour cette raison, seule l'évolution spatio-temporelle de la **targie naine** (en raison de son abondance élevée), de la **cardine franche** et de la **sole commune** (car espèces d'intérêt commercial et retrouvées dans les campagnes au chalut et au filet) est présentée dans la suite de cette partie.

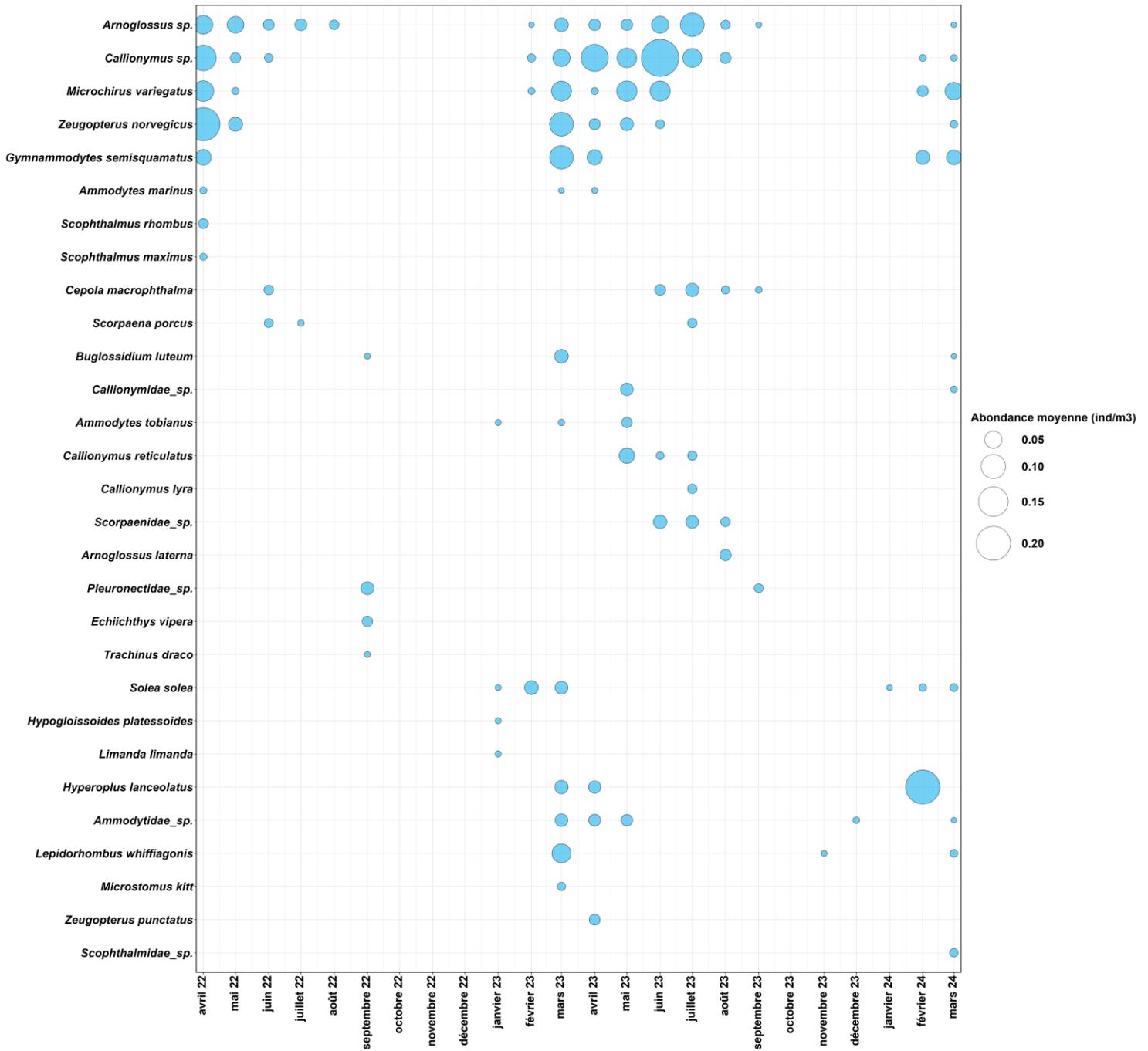


Figure 37 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne (œufs et larves confondus) des espèces benthiques par campagne d'avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)

● **La targie naine :**

Les œufs de targie naine ont été recensés d'avril à mai 2022, en mars à mai 2023 ainsi qu'en mars 2024. À ces campagnes, la part d'œufs de stade I sur le total d'œufs collectés est faible (<25%), voire nulle en mai 2022 et mars 2024.

Comme le montre les cartes correspondantes de la figure ci-dessous, les œufs ont été collectés dans la partie Nord et Nord-Est de la zone d'étude en 2022. En mars 2023, les œufs ont été collectés à quasiment chaque station, à l'exception des stations les plus au large, ICH05 et ICH08. En avril et mai 2023, les œufs ont été échantillonnés dans la partie occidentale. Enfin, en mars 2024, les œufs ont été collectés à la station ICH02 et ICH11.

Très peu de larves ont été capturées, et ce en avril 2022, mars et avril 2023 ainsi qu'en juin 2023.

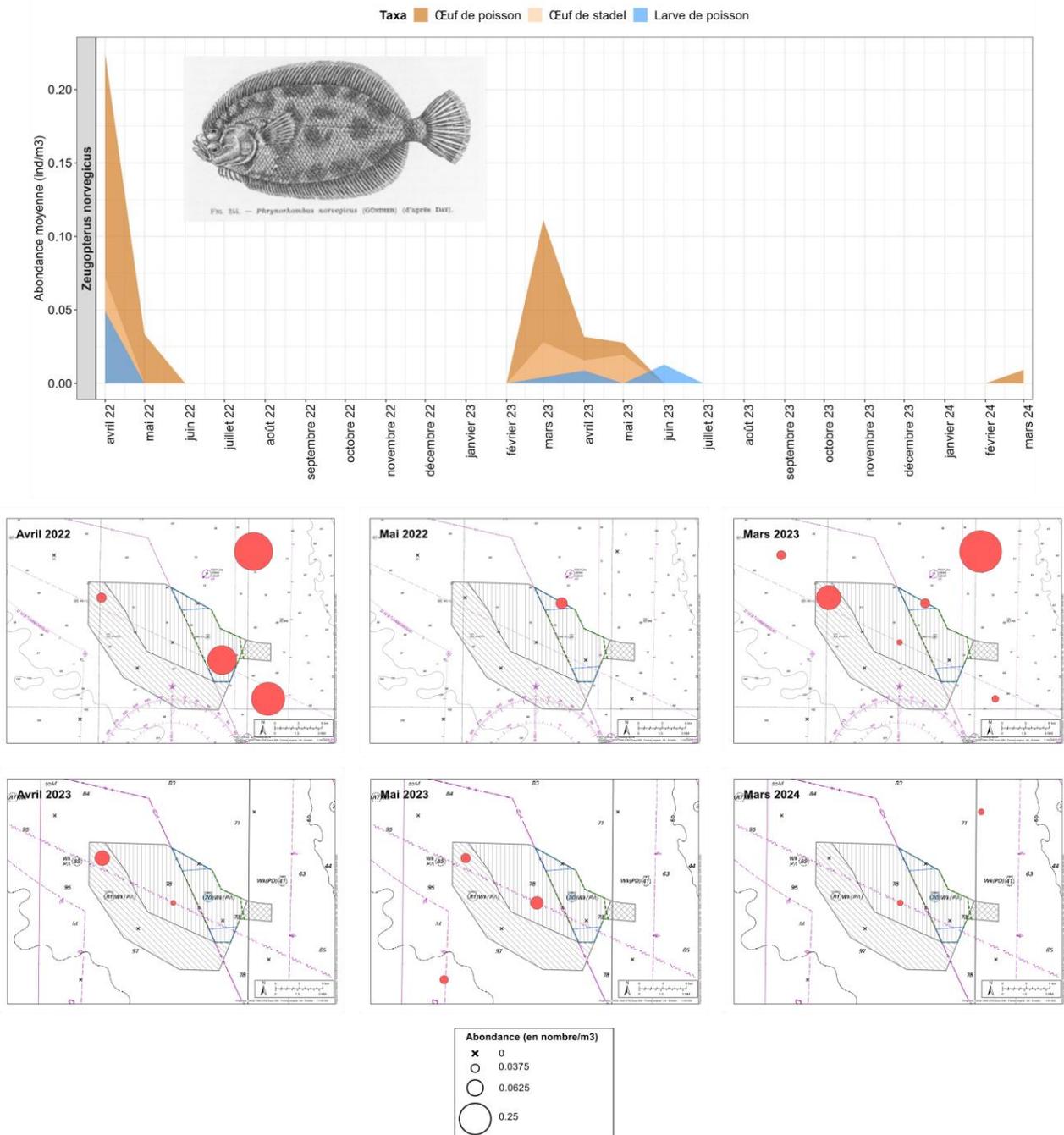


Figure 38 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de targie naine (source : setec énergie environnement, 2024)

- **La cardine franche :**

Les **œufs de cardine franche** ont été collectés en mars 2023, novembre 2023 et mars 2024. À ces campagnes, moins de la moitié des œufs étaient au stade I. Un pic d'œufs est observé en **mars 2023** (~0.120 ind/m³). À cette campagne, les œufs ont été collectés principalement dans la partie **Nord de la zone d'étude**, principalement à la station ICH04 et la station ICH09. En **novembre 2023**, un **seul œuf** a été collecté à la **station ICH11**. En **mars 2024**, les quelques œufs collectés l'ont été à la station **ICH11, ICH07, ICH05 et ICH08**.

Les larves de cardine franche ont été collectées en mars 2023 et 2024.

La cardine franche est une espèce présente de l'Atlantique Nord-Est de la Norvège jusqu'aux Canaries, et en Méditerranée occidentale. Elle migre vers le talus continental au moment de la reproduction, qui a lieu de début mars à avril. La ponte se fait en eau profonde. À noter que la phase pélagique de la cardine franche (œufs et larves) est assez longue, ce qui assure à l'espèce un potentiel de dispersion assez fort (Danancher and Garcia-Vazquez, 2009). **Les éléments de bibliographie et les résultats des 2 années de suivi indiquent que la zone d'étude pourrait être favorable à la reproduction des adultes, bien que la ponte se fasse en eau profonde.**

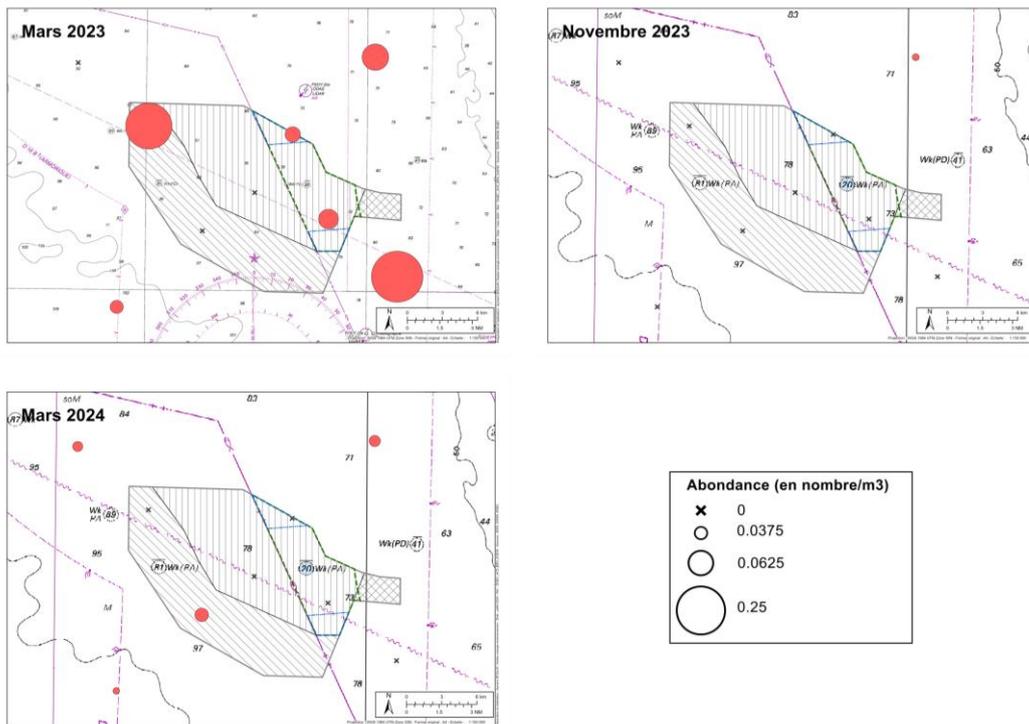
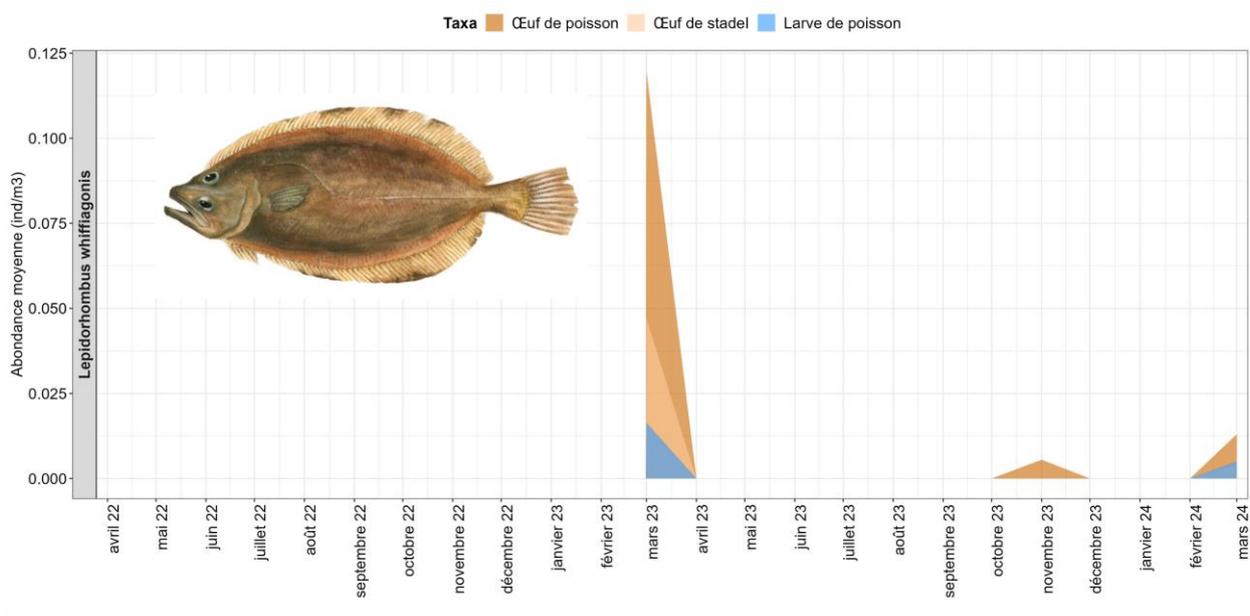


Figure 39 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de cardine franche (source : setec énergie environnement, 2024)

● **La sole commune :**

Les œufs de sole commune ont été collectés de janvier à mars 2023 & 2024, avec un pic en mars 2023 (~0.03 ind/m³) et un pic d'œufs de stade I en février 2023 (~0.02 ind/m³). En janvier 2023, la totalité des œufs étaient au stade I, en février, les ¾ et en mars moins de la moitié. En janvier et février 2024, l'abondance des œufs est plus faible qu'aux mêmes mois en 2023, et aucun des œufs n'était au stade I. En mars 2024, le tiers des œufs collectés était des œufs de stade I. En janvier 2024, le seul œuf de sole a été collecté à la station ICH05 et en 2024, les 3 œufs collectés l'ont été à la station ICH11, ICH09 et ICH02. En février 2023, des œufs ont été rencontrés à chaque station échantillonnée et en 2024, seulement dans la

partie Sud-Est de la zone d'étude. En mars 2023 et 2024, les œufs ont plutôt été échantillonnés dans la **partie Nord**. Les larves de sole commune ont **uniquement été capturées en mars 2023** (avec une campagne de décalage par rapport au pic d'œufs de stade I de février 2023) et 2024.

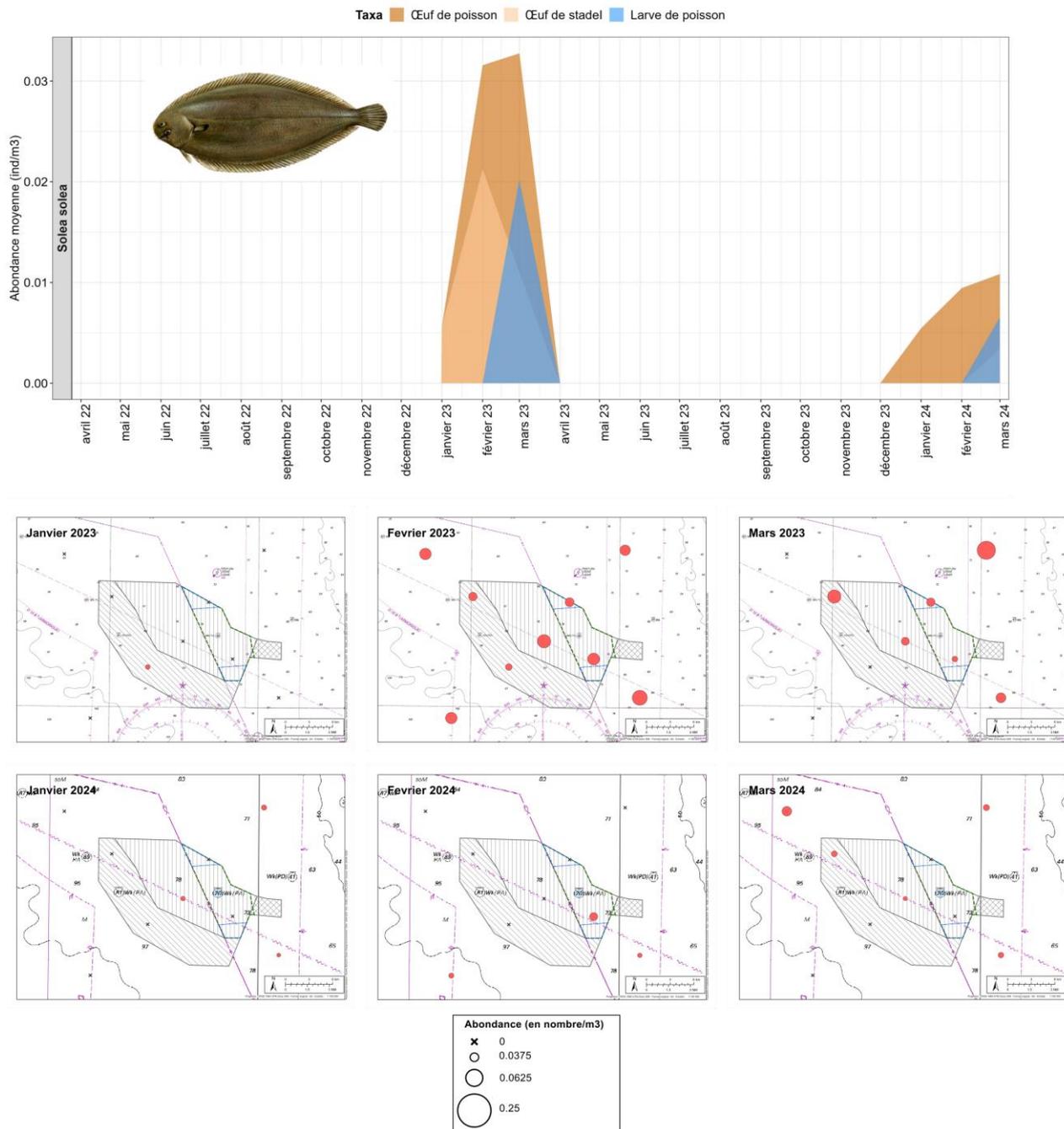


Figure 40 : Evolution temporelle de l'abondance moyenne des œufs tous stades confondus / des œufs au stade I / et des larves et évolution spatiale de l'abondance des œufs de sole commune (source : setec énergie environnement, 2024)

Les zones de frai de la sole sont situées à moins de 80 km du rivage (Amara *et al.*, 1998), le long de la façade atlantique centrale française (Figure 41a, Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) notamment entre Belle-Ile-en-Mer et L'Île-d'Yeu (Petitgas, 1997; Casemajor, Alglave and Woillez, 2024). Au stade juvénile

(âge 0 avec environ 15cm de longueur), les zones estuariennes peu profondes (<5m) couvertes de vases et de sables fins semblent être des habitats favorables à leur survie et constituent des zones de nurseries importantes pour l'espèce (Figure 41b, Trimoreau et al. 2013). Ces résultats laissent penser que la zone d'étude pourrait être une zone de reproduction pour la sole commune, bien que les abondances soient faibles.

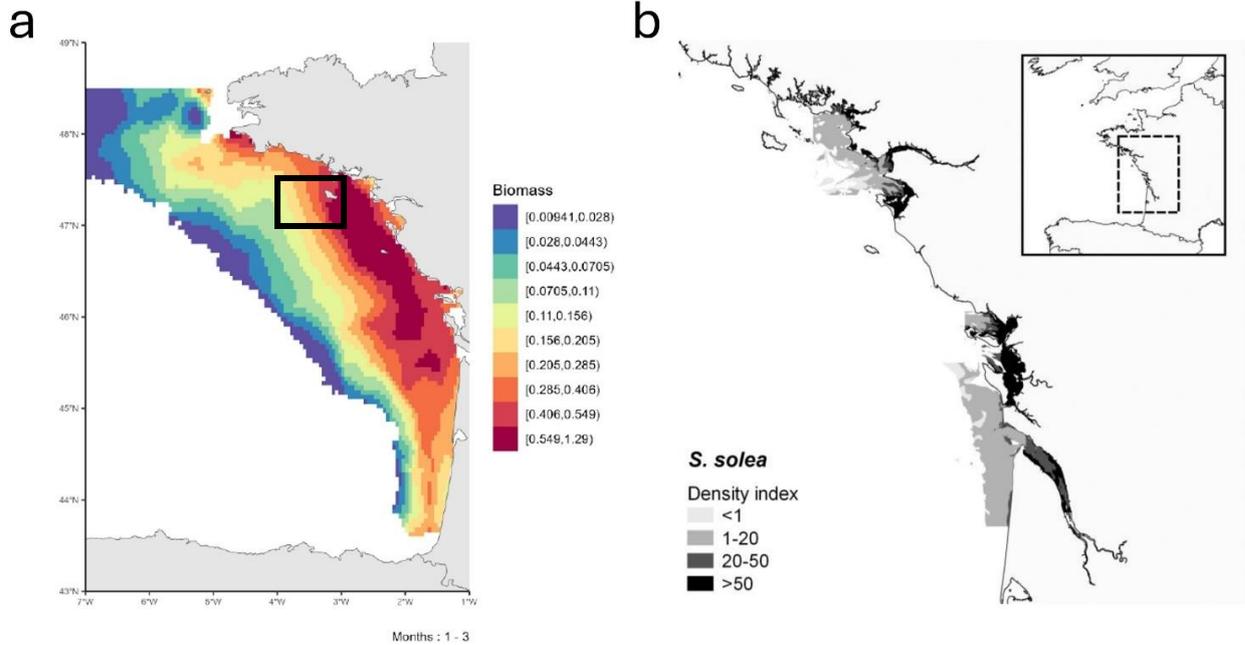


Figure 41 : a) Distribution de la biomasse moyenne des individus matures de sole commune (*Solea solea*) dans le Golfe de Gascogne pendant la période de reproduction (Janvier-Mars) sur la période 2008-2022 (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024) ; b) Carte de densité des juvéniles (âge 0) la sole dans les zones sous conditions estuariennes du Golfe de Gascogne (source : Trimoreau et al. 2013)

3.1.3 Stades larvaires de crustacés et d'autres groupes taxonomiques

L'utilisation du double filet Bongo a permis l'échantillonnage de stades larvaires de crustacés et d'autres embranchements à différents niveaux d'évolution, à savoir :

- Des stades larvaires « **Zoé** » et « **Mégalope** » d'**Eumalacostracés** ;

La figure ci-dessous montre l'évolution de la densité de larves (en nombre/m³) d'Eumalacostracés au stade Zoé et Mégalope sur toute la période d'étude. D'une manière générale, l'abondance des larves est la plus abondante au printemps, et plus particulièrement en avril 2022, mars 2023 et avril 2023. La densité de larves décroît de presque 100 larves/m³ à 0 entre avril et décembre 2022, à l'exception de la campagne de novembre 2022. En novembre, les larves d'Eumalacostracés ne sont recensées qu'à la station ICH03, ICH07 et plus particulièrement à la station ICH08 pour laquelle la densité est de 51 larves/m³. De janvier à mars 2023, la densité de larves augmente progressivement puis diminue de mai 2023 à janvier 2024. Les densités de larves varient entre les stations.

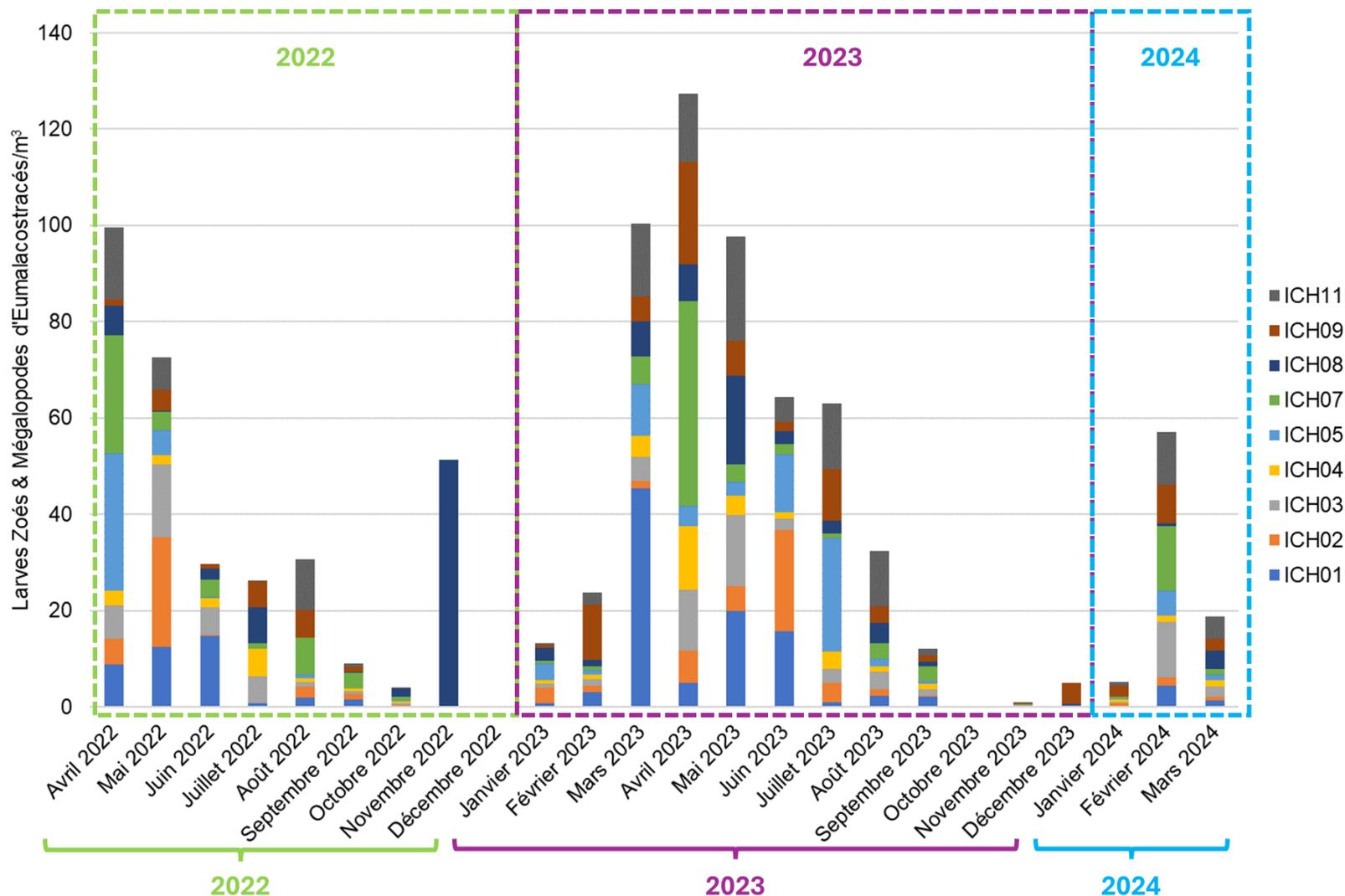


Figure 42 : Densité en larves Zoés et Megalopes d'Eumalacostracés en nombre de larves par m³ à chaque station entre avril 2022 et mars 2024 (source : setec énergie environnement, 2024)



Photo 7 : Stades larvaires de Crustacés (source : DORIS)

À gauche, larve Zoé de crabe vert de Méditerranée et à droite, larve Mégalope de Crustacés

- Des stades larvaires « Mégalope » de **langoustine *Nephrops norvegicus***, et de **squille ocellée *Squilla mantis*** :

Pour la langoustine au stade Mégalope, une seule larve a été collectée à la station ICH11 en septembre 2022, ICH03 en avril 2023 et ICH11 en janvier 2024. Cependant, en février et mars 2023 ainsi que février 2024, des larves sont recensées à quasiment chaque station : entre 1 et 14 larves en février, entre 1 et 11 en mars 2023 et une dizaine pour la campagne de février 2024. Enfin, en mars 2023, 1 larve a été collecté à la station ICH08 et 3 à la station ICH09.

Pour la squille ocellée, quelques larves ont été collectées en juillet (8 à la station ICH04, 17 à la station ICH07 et 2 à la station ICH11), en août (respectivement 7 et 8 larves aux stations ICH02 et ICH03) ainsi qu'en septembre à raison de 2 larves à la station ICH01. 3 larves ont été collectées à la station ICH01 en juin 2023, 5 à la même station et 2 à la station ICH08 en juillet 2023, une vingtaine en août 2023 et 1 seule à la station ICH02 en septembre 2023.

- Des stades larvaires « Phyllosome » de **petite cigale de mer *Scyllarus arctus*** et de **langouste rouge *Palinurus elephas*** :

Pour la petite cigale de mer, quelques larves ont été collectés en **juillet 2022 à 4 stations sur 9 et en août 2022 aux stations les plus côtières**. 1 larve a été collectée à la station ICH07 en avril 2024, quelques larves en mai 2023, 14 à la station ICH01 en juin 2023, une trentaine de larves le mois suivant et une quinzaine en août 2023.

Quelques larves de langouste rouge ont été collectés aux stations ICH04, ICH07 et ICH08 en avril ainsi qu'à la station ICH04 en août 2022. En 2023, 1 larve a été recensé à la station ICH05 en mai, 18 à la station ICH08 et 2 à la station ICH11 pour la campagne de juin 2023. En 2024, 6 larves ont été collectées à la campagne de janvier (ICH03 x4 et ICH09 x2) et 2 larves ont été identifiés en mars aux stations du Nord-Est de la zone d'étude.



Photo 8 : Larve Phyllosome de langouste rouge (source : DORIS)

- Des stades juvéniles de poulpe blanc *Eledone cirrhosa* entre juillet et septembre 2022, juillet et août 2023, de poulpe commun *Octopus vulgaris* en août et septembre 2023 ainsi quelques juvéniles de calmar commun *Loligo vulgaris* entre mars et mai 2023, en juillet 2023 (une dizaine d'individus), en septembre 2023 et en janvier 2024.

3.3 STADES ADULTES ET JUVENILES

Le protocole appliqué dans le cadre de ce suivi repose sur l'utilisation de deux engins complémentaires : le chalut de fond, traîné de manière active sur les fonds meubles, peu sélectif (il capture de nombreuses espèces et classes de tailles) et le filet trémail, posé sur les fonds rocheux pendant 24 heures, plus sélectif (moins d'espèces capturées et tailles plus importantes). Chaque engin ayant ses spécificités et ses caractéristiques d'efficacité propres, les résultats collectés par chacun sont présentés d'abord séparément, puis intégrés dans le cadre de l'analyse des résultats concernant certaines espèces.

3.3.1 Chalut de fond à panneaux (substrats meubles)

Les 8 campagnes au chalut de fond prévues ont été réalisées en mai, juillet et décembre 2022, février, mai, juillet, décembre 2023 et février 2024. Les 27 traits de chalut effectués à chaque campagne représentent environ 65 km de traîne cumulée par campagne.

3.3.1.1 Abondance, biomasse

Les plus fortes abondances de poissons benthodémersaux et de céphalopodes ont été observées lors des campagnes de printemps et d'automne 2022 avec environ 10 000 individus capturés (cf. Figure 43). A l'inverse, les abondances les plus faibles ont été observées lors des campagnes d'hiver et de printemps 2023, avec moins de 5 000 individus.

Les plus fortes biomasses de poissons benthodémersaux et de céphalopodes ont été observées pour les campagnes de printemps 2022 et d'hiver 2024, avec près de 600 kg capturés. Les plus faibles biomasses sont observées en hiver 2023, avec 200 kg, et lors des campagnes d'automne 2022, printemps et été 2023 avec un peu plus de 300 kg.

Ainsi, il y a une forte variabilité dans les abondances et biomasses absolues observées lors des 8 campagnes. Celles-ci varient selon un schéma similaire et non saisonnier : des valeurs élevées en début et en fin de période et un minimum en hiver ou au printemps 2023.

Le nombre de taxons de poissons benthodémersaux et de céphalopodes observés varie peu d'une campagne à l'autre, avec un minimum de 32 au printemps 2023 et un maximum de 42 à l'automne 2023.

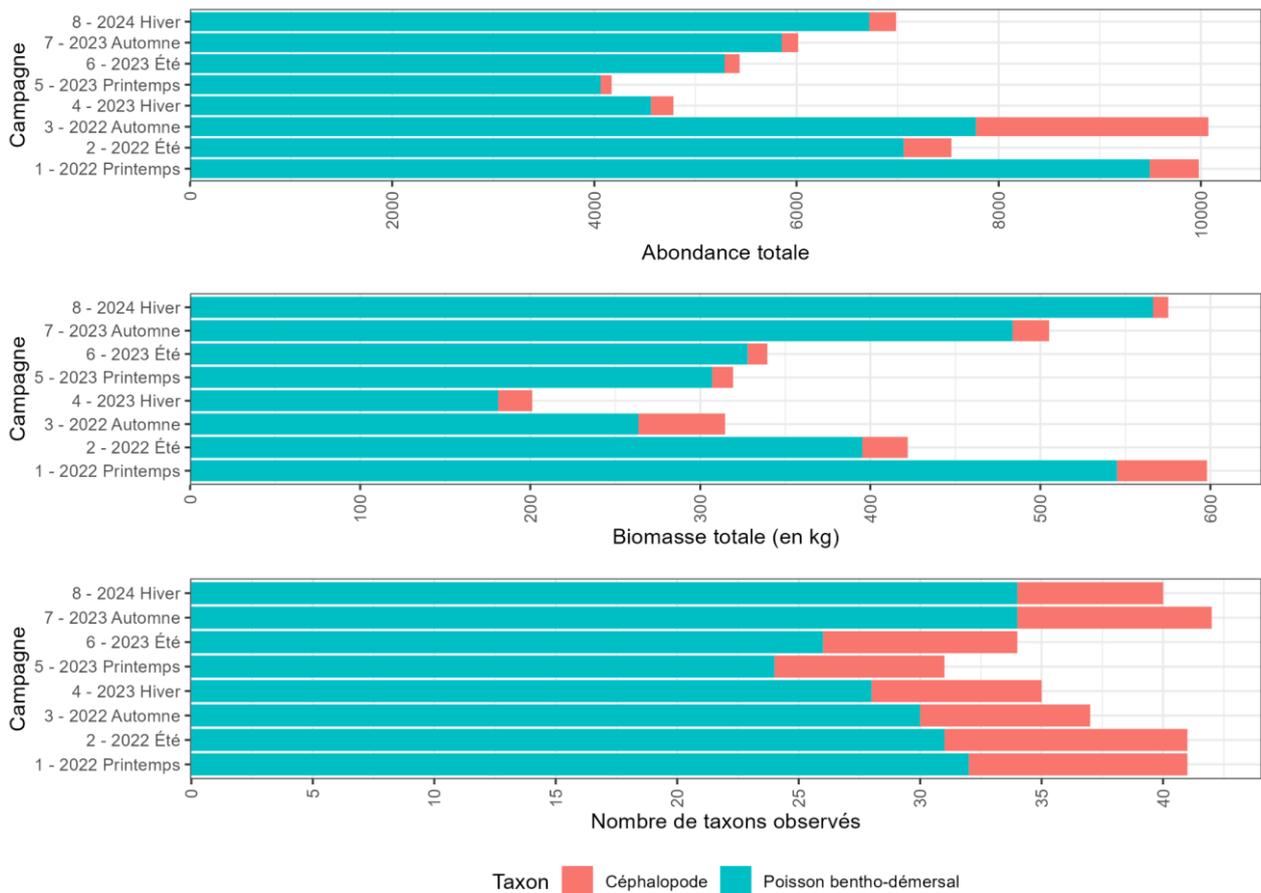


Figure 43: Eléments de synthèse des captures au chalut de fond de poissons benthodémersaux et céphalopodes : abondance (en nombre d'individus, en haut), biomasse (en kg, au milieu) et nombre de taxons observés (en bas) (source : setec énergie environnement, 2024)

Certaines des espèces capturées, d'intérêt écologique ou économique, ou abondantes dans les captures font l'objet de fiches dédiées (cf. Figure 44).

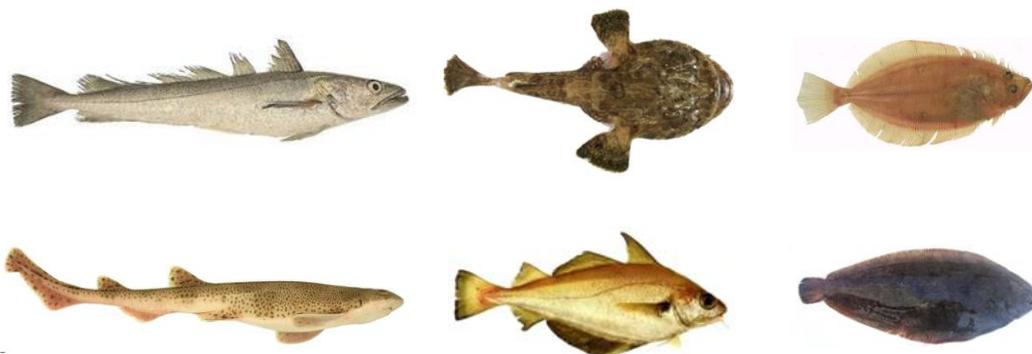


Figure 44 : Quelques espèces de poissons benthiques et démersales observées au chalut de fond sur la zone d'étude. De gauche à droite et de haut en bas : merlu, baudroie, cardine franche, petite roussette, tacaud commun, sole commune (échelles différentes, ©Ifremer).

Les graphiques ci-dessous (Figure 45) présentent les données d'abondance et de biomasse normalisées, transformées en CPUE : indices de biomasse en kg de capture par hectare échantillonné et indices d'abondance en nombre d'individus capturés par hectare échantillonné.

Ainsi, pour l'ensemble des poissons benthodémersaux et céphalopodes, les indices de biomasse sont en moyenne de 2 à 5 kg de captures par hectare, et les indices d'abondance entre 40 et 100 individus par hectare.

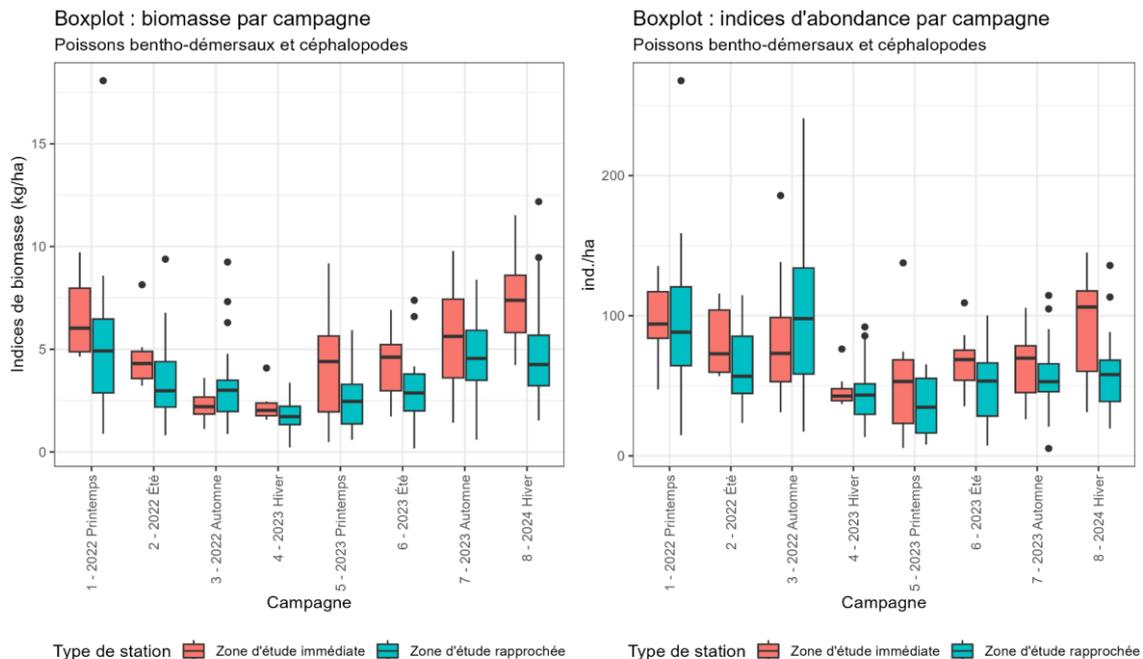


Figure 45 : Evolution des indices de biomasse (en kg/ha) et d'abondance (en nombre d'individus/ha) de poissons et de céphalopodes observées sur les 8 campagnes au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices d'abondance et de biomasse montre une grande variabilité d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre au sein d'une même campagne (cf. Figure 46 et Figure 47). Les indices d'abondance et de biomasse au sein d'une même campagne sont plus importantes pour les stations situées dans la zone d'étude immédiate que pour les stations de la zone d'étude rapprochée, à l'exception de la troisième campagne, d'automne 2022.

Ces différences pourraient s'expliquer par la proximité d'habitats rocheux dans la zone d'étude immédiate :

- Ces habitats sont susceptibles d'abriter une plus forte diversité et abondance de peuplements et en feraient bénéficier les zones de sédiments meubles adjacentes à l'inverse des zones plus éloignées ;
- La présence proche de ces habitats pourrait entraîner un évitement partiel des zones limitrophes par les chalutiers du fait d'un risque de croche accru.

D'un point de vue temporel, aucune tendance ne se dégage. Les indices de biomasse et indices d'abondance observés à une saison peuvent être nettement différents de ceux observés à la campagne suivante, à la même saison.

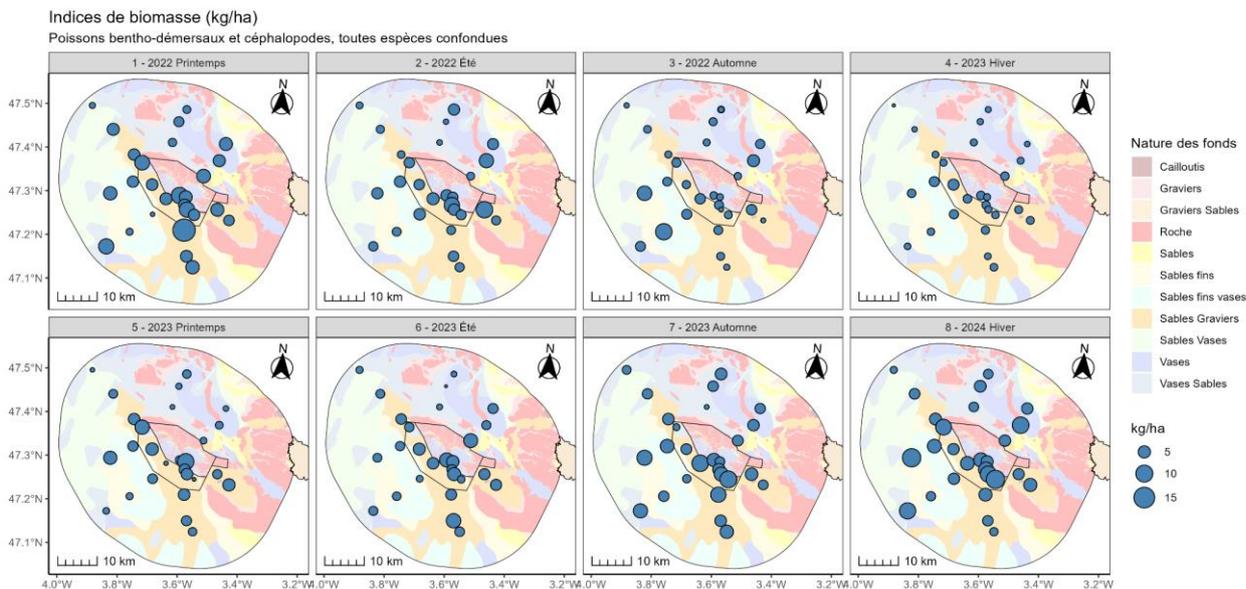


Figure 46 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg/ha) observées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

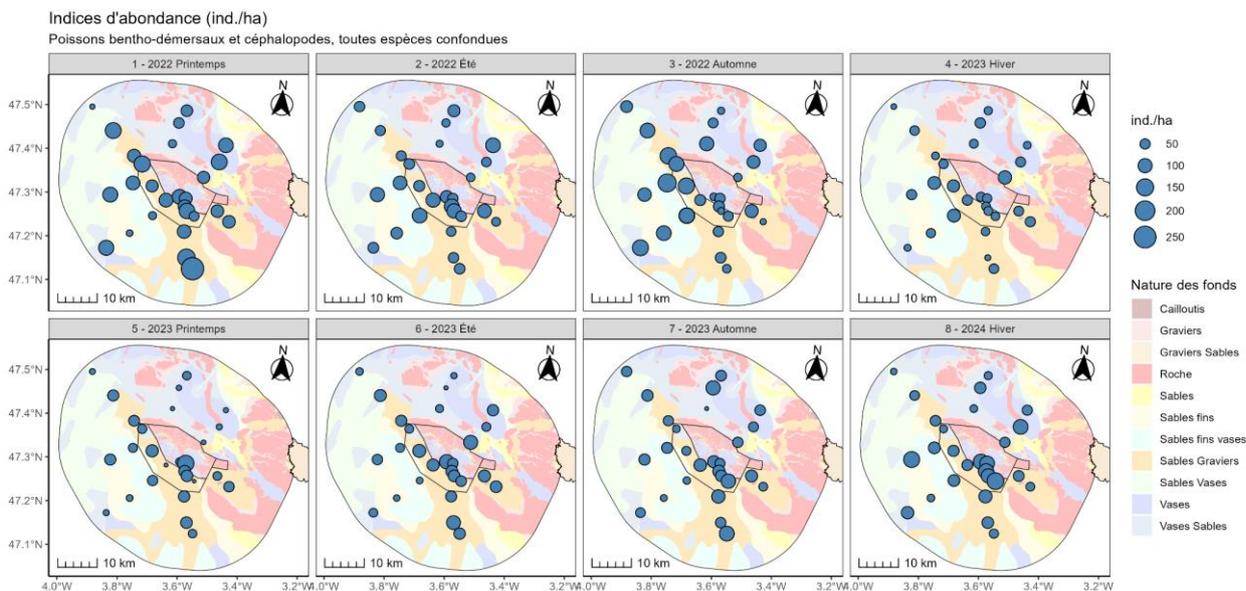


Figure 47 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en ind./ha) observés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.1.2 Richesse et diversité spécifique

Comme présenté précédemment, la richesse spécifique (S) des espèces benthodémersales de poissons et des céphalopodes est similaire d'une campagne à l'autre et varie entre 32 et 42 taxons. Néanmoins, cette richesse spécifique peut présenter des variations plus importantes d'une station à l'autre à l'échelle d'une campagne (cf. Figure 48).

La richesse spécifique par station varie de 6 à 26, avec une moyenne par campagne comprise entre 14 pour la campagne de printemps 2023 et 21 pour la campagne de printemps 2022.

Les indices de diversité de Shannon-Wiener sont généralement compris entre 1,5 et 2,5, avec des moyennes par campagne comprises entre 1,95 et 2,25, ce qui est plutôt élevé. Au sein d'une même campagne, les indices de Shannon sont très variables. La période d'hiver est celle où les indices de Shannon semblent les plus hauts et les plus stables, sans que cela ne soit significatif.

Les indices d'équitabilité de Pielou sont compris entre 0,43 et 0,93, avec des moyennes par campagne de 0,74 à 0,83, ce qui est, à l'instar des indices de Shannon, relativement élevés. La campagne d'hiver 2023 se démarque avec des indices de Pielou plus élevés.

Ainsi, les indices de diversité et d'équitabilité décrivent des peuplements relativement diversifiés pour toutes les stations (indices de Shannon), avec une répartition équilibrée entre les espèces (indices de Pielou). Aucune tendance sur ces indices n'est décelable quant à la localisation des stations, en zone d'étude immédiate ou rapprochée, contrairement aux indices de biomasse et aux indices d'abondance.

On n'observe pas d'effet saison ou d'effet spatial (entre zone immédiate et rapprochée) clair dans les indices de richesse spécifique, de Shannon et de Pielou pour les deux années de prélèvement (Figure 49 à Figure 54). Cela peut s'expliquer par la localisation des stations d'échantillonnage dans une zone de sédiments meubles plutôt homogènes, avec des peuplements d'espèces benthodémersales mobiles qui occupent l'ensemble de la zone d'étude.

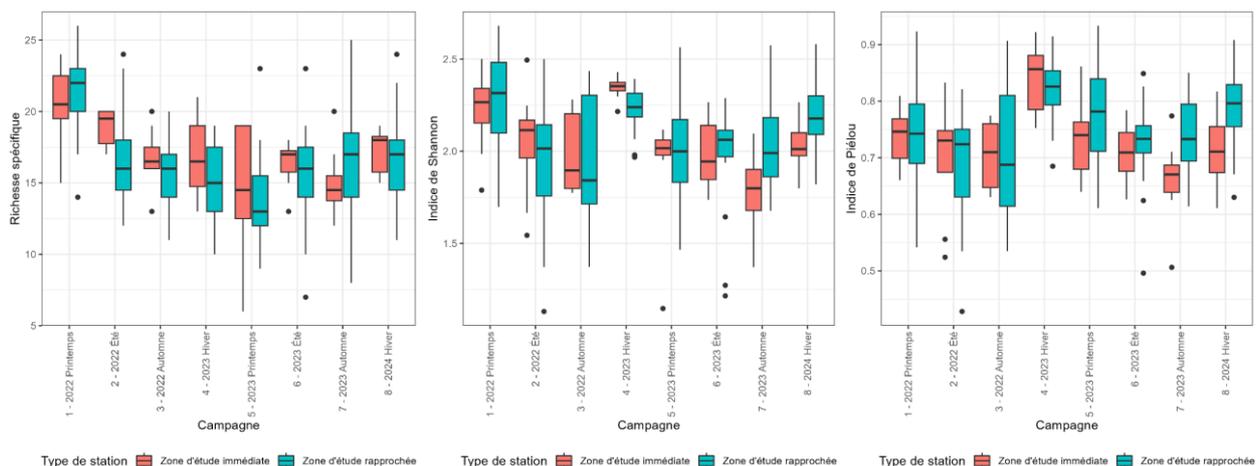


Figure 48 : Synthèse par boxplot des indices de diversité par campagne et par type de station pour le chalut de fond : richesse spécifique (à gauche), indice de Shannon (au centre) et indice d'équitabilité de Pielou (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

Le détail des indices de biodiversité par campagne et station est présenté ci-après.

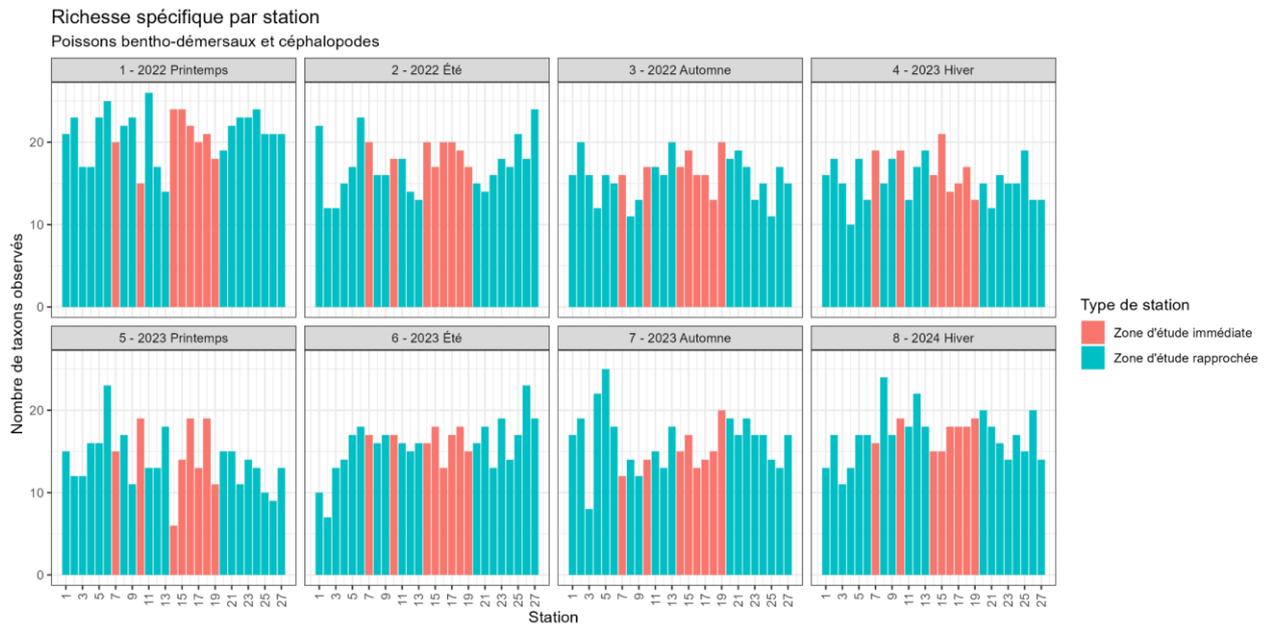


Figure 49 : Evolution des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).

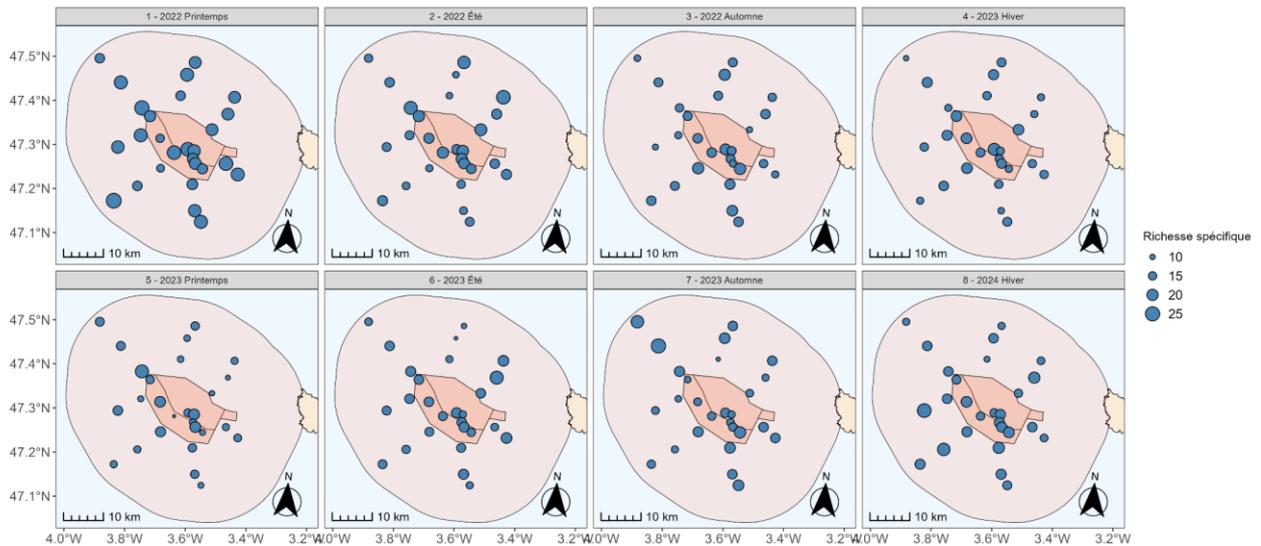


Figure 50 : Cartographie des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

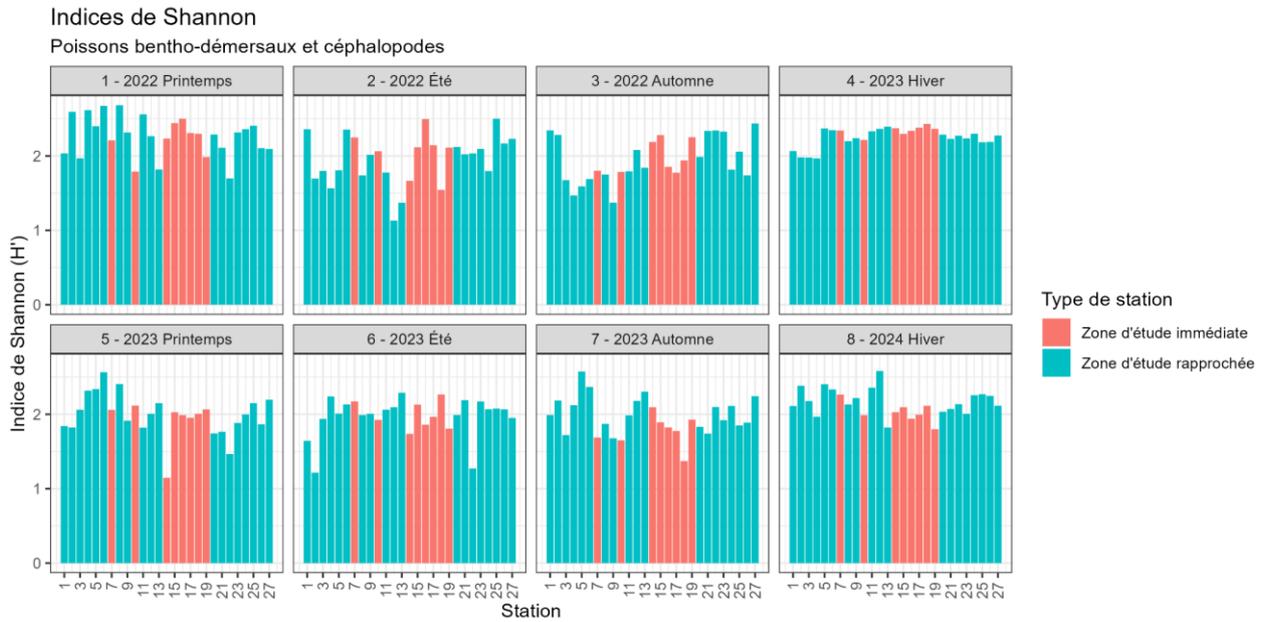


Figure 51 : Evolution des indices de diversité de Shannon–Wiener des stations échantillonnées au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).

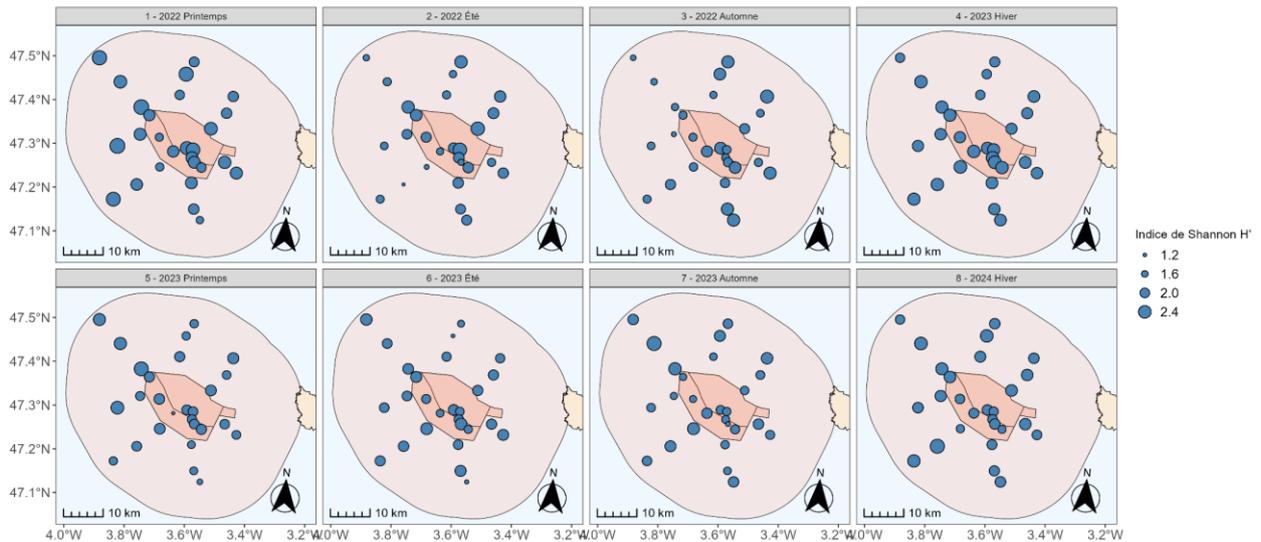


Figure 52 : Cartographie des indices de diversité de Shannon–Wiener des stations échantillonnées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

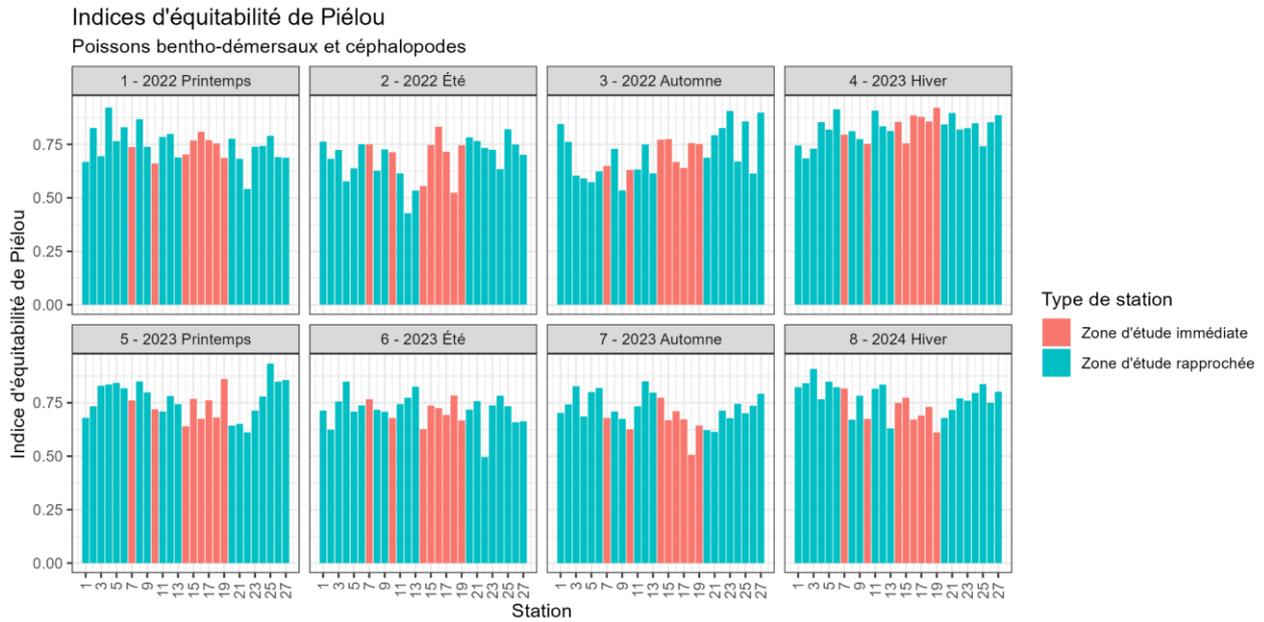


Figure 53 : Evolution des indices d'équitabilité de Piélou des stations échantillonnées au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).

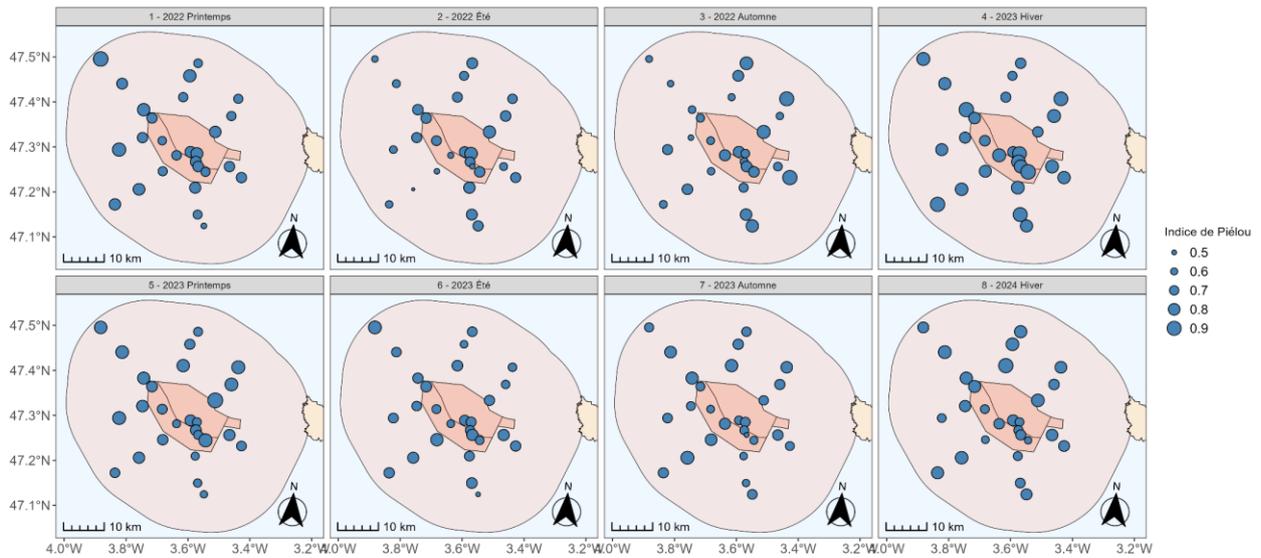


Figure 54 : Cartographie des indices d'équitabilité de Piélou des stations échantillonnées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.1.3 Composition des communautés

3.3.1.3.1 Fréquence d'occurrence

L'analyse descriptive des données brutes au travers des fréquences d'occurrence apporte une information relative à la structure des peuplements observés sur le site d'étude. Les résultats produits structurent la liste des espèces capturées en associant chacune à une classe d'occurrence :

- les espèces dites « constantes », dont la fréquence est supérieure à 75% ;
- les espèces dites « communes » (75% > f > 50%) ;
- les espèces dites « occasionnelles » (50% > f > 25%) ;
- les espèces dites « rares » (25% > f > 10%) ;
- et enfin, les espèces dites « très rares » (f < 10%).

Un cortège d'espèces est pratiquement présent de manière constante (cf. Tableau 9), quelles que soient la station ou la saison : le merlu *Merluccius merluccius*, le callionyme (principalement l'espèce *Callionymus lyra*), la sole perdrix *Microchirus ocellatus*, la cardine franche *Lepidorhombus whiffiagonis*, la baudroie rousse *Lophius budegassa*, l'arnoglosse lanterne *Arnoglossus laterna*, le petit tacaud *Trisopterus minutus*, le tacaud commun *Trisopterus luscus* et la petite rousette *Scyliorhinus canicula*.

Les espèces dites « communes » sont le poulpe blanc *Eledone cirrhosa*, la motelle à quatre barbillons *Enchelyopus cimbrius*, le grondin gris *Eutrigla gurnardus*, la sole commune *Solea solea* et la cépole *Cepola macrophthalma*.

La fréquence d'observation de certaines peut être le signe d'une saisonnalité de la présence de l'espèce sur la zone : par exemple, la sole commune est plus fréquemment capturée en automne et en hiver, cela étant lié au comportement de l'espèce qui se rapproche des côtes à cette saison, notamment pour rejoindre les frayères.

A noter que certaines espèces de petite taille considérées comme « occasionnelles », « rares » ou « très rares » sont probablement plus fréquentes sur la zone que l'échantillonnage ne peut le laisser paraître car moins bien capturées par l'engin : argentines, sanglier, gobies, cassérons, sépioles, etc.

Tableau 9 : Liste des espèces de poissons benthodémersaux et de céphalopodes capturés au chalut de fond classées par catégorie d'occurrence (Constantes, Communes, Occasionnelles, Rares et Accidentelles) en fonction de leur fréquence d'occurrence par campagne (en nombre de stations) et sur l'ensemble des campagnes (en %) (source : setec énergie environnement, 2024).

Espèce		1 2022 Printemps	2 2022 Été	3 2022 Automne	4 2023 Hiver	5 2023 Printemps	6 2023 Été	7 2023 Automne	8 2024 Hiver	Total (/216 st.)	Fréq. d'occ. (en %)
Constantes	Merlu	27	27	27	27	27	26	26	27	214	99.1%
	Callionyme	27	26	26	27	25	26	26	25	208	96.3%
	Sole perdrix	27	27	21	26	22	24	26	26	199	92.1%
	Cardine franche	25	27	15	18	26	25	26	24	186	86.1%
	Baudroie rousse	21	26	15	20	24	26	25	25	182	84.3%
	Arnoglosse lanterne	26	17	25	27	15	25	18	26	179	82.9%
	Petit tacaud	25	21	23	26	20	24	21	19	179	82.9%
	Tacaud commun	24	17	16	26	22	21	25	26	177	81.9%
	Petite rousette	24	24	19	8	23	22	22	24	166	76.9%
Communes	Eledone	27	27	18	23	17	16	15	12	155	72.7%
	Motelle à quatre barbillons	9	24	21	27	16	20	18	16	151	69.9%
	Grondin gris	26	23	17	13	15	20	9	21	144	66.7%
	Sole commune	18	15	23	18	9	8	21	20	132	61.1%
	Cépole	18	18	15	12	13	14	16	14	120	55.6%
Oc	Congre commun	12	8	15	22	8	10	14	16	105	48.6%

Espèce		1 2022 Printemps	2 2022 Été	3 2022 Automne	4 2023 Hiver	5 2023 Printemps	6 2023 Été	7 2023 Automne	8 2024 Hiver	Total (/216 st.)	Fréq. d'occ. (en %)
	Grondin rouge	22	15	5	1	16	8	13	13	93	43.1%
	Petite argentine	17	13		1	19	20	4	13	87	40.3%
	Baudroie commune	9		10	17	1	13	21	11	82	38.0%
	Sanglier	17	22	1		9	17	6	8	80	37.0%
	Seiche commune	4	7	18	18	1	12	8	10	78	36.1%
	Gobie	9	7	13	24	5	7	5	8	78	36.1%
	Casseron	7	2	21	14	2	3	3	25	77	35.6%
	Rouget barbet de roche	23	1	14	5	9	3	14	8	77	35.6%
	Encornet rouge	16	6			14	16	12		64	29.6%
	Seiche rosée	24	13	1	3	10	3	1	6	61	28.2%
Rares	Encornet commun	17	2	19	7	1	1	5		52	24.1%
	Saint-Pierre	4	2	10	6	5	4	7	1	39	18.1%
	Grondin perlon	1	2	8		5		12	5	33	15.3%
	Sépiole	6			2		14		3	25	11.6%
	Toutenon souffleur	9	13	2	1					25	11.6%
	Seiche élégante	11	9					1	2	23	10.6%
	Bar commun			5	2			4	11	22	10.2%
Très rares	Emisssole tachetée	3			1	1		5	10	20	9.3%
	Sépiole d'Atlantique		17			1				18	8.3%
	Motelle commune	14	1				1			16	7.4%
	Raie torpille marbrée			3	6			2		11	5.1%
	Poulpe commun		1	4				3		8	3.7%
	Gadicule	4					4			8	3.7%
	Pageot acarne				1			6	1	8	3.7%
	Merlan commun	4		2			1			7	3.2%
	Raie fleurie		1	1				3	2	7	3.2%
	Arnoglosse impérial	2	2					1		5	2.3%
	Lingue franche	4	1							5	2.3%
	Moro commun	5								5	2.3%
	Toutenon commun						4			4	1.9%
	Limande sole	1	1		1	1				4	1.9%
	Rascasse garde-écueil							2	2	4	1.9%
	Alose feinte		3							3	1.4%
	Emisssole lisse			1					2	3	1.4%
	Dorade grise			1					1	2	0.9%
	Lieu jaune					1	1			2	0.9%
	Motelle à gros yeux							2		2	0.9%
	Petite sole jaune		1		1					2	0.9%
	Petite vive				2					2	0.9%
	Phycis de fond		1					1		2	0.9%
	Raie bouclée							1	1	2	0.9%
	Raie douce		1						1	2	0.9%
	Sébaste-chèvre							1	1	2	0.9%
	Targie naine				2					2	0.9%
	Argentine							1		1	0.5%
	Blennie sp.			1						1	0.5%
	Ceteau							1		1	0.5%
	Coquette						1			1	0.5%
	Hippocampe spp.			1						1	0.5%
	Lamproie marine								1	1	0.5%
	Mostelle/Phycis de roche								1	1	0.5%
	Motelle à trois barbillons		1							1	0.5%
	Plie commune				1					1	0.5%
	Raie lisse			1						1	0.5%
Rascasse rouge	1								1	0.5%	
Rouqué								1	1	0.5%	
Serran tambour						1			1	0.5%	
Souris de mer			1						1	0.5%	
Targeur	1								1	0.5%	
Turbot	1								1	0.5%	

3.3.1.3.2 Composition globale en espèces

En abondance, l'espèce la plus présente est de loin le merlu, suivie par la cardine franche, le callionyme, le petit tacaud, la sole perdrix, l'arnoglosse lanterne et le tacaud commun (cf. Figure 55). Ces 7 espèces totalisent 41 482 individus sur les 54 977 capturés, soit plus de 75% de l'effectif des espèces benthodémersales de poissons et de céphalopodes.

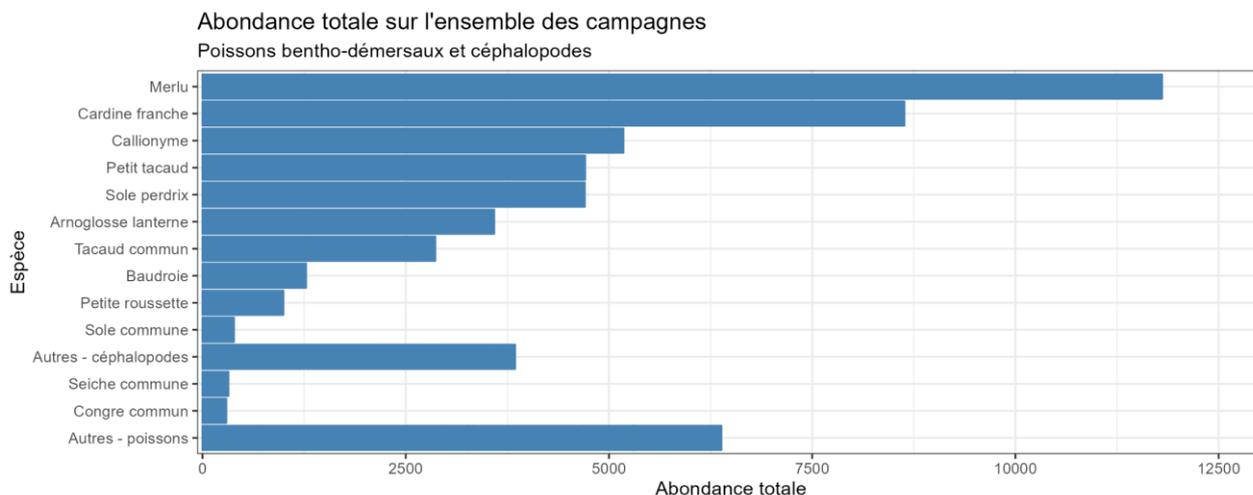


Figure 55: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées au chalut de fond sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).

On peut constater sur la Figure 56 qu'une bonne part de la variabilité observée de l'abondance au cours de la série est liée à deux espèces : le merlu, 2 fois plus abondant la première année (notamment du printemps à l'automne) et la cardine franche, beaucoup plus abondante en automne et hiver 2023. L'abondance de céphalopodes à l'automne 2022 est également remarquable.

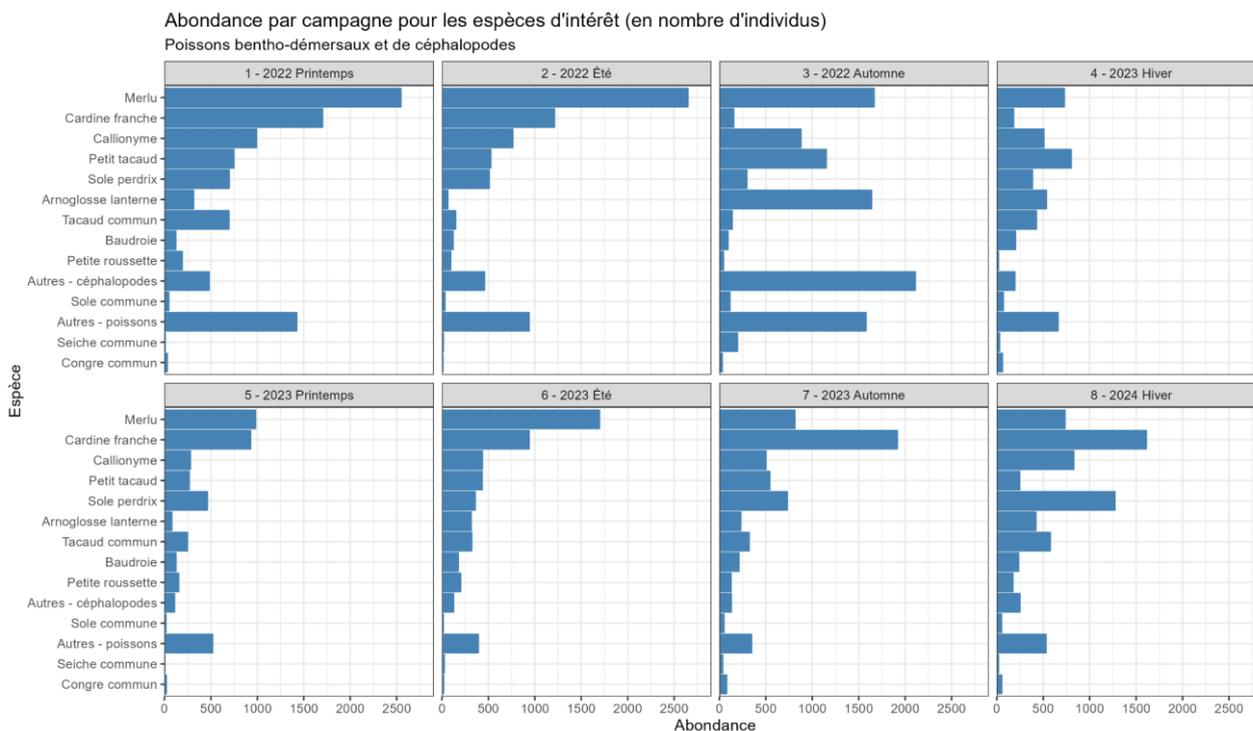


Figure 56: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

En biomasse, 5 espèces dominent parmi les captures de poissons et céphalopodes benthodémersaux : le merlu, la cardine franche, la baudroie, la petite roussette et le tacaud commun (cf. Figure 57). A elles cinq, ces espèces cumulent 2 096 kg sur le total de 3 275 kg capturés, soit 64%. En incluant le congre commun, le petit tacaud, le callionyme, la sole perdrix et la sole commune, on porte à 82% la quantité de capture couverte par ces 10 espèces.

La variabilité observée de la biomasse sur la période est tirée par les fortes variations de quelques espèces : la cardine franche, la baudroie et la roussette étaient très présentes en automne et hiver 2023 et le merlu au printemps 2022 (cf. Figure 58).

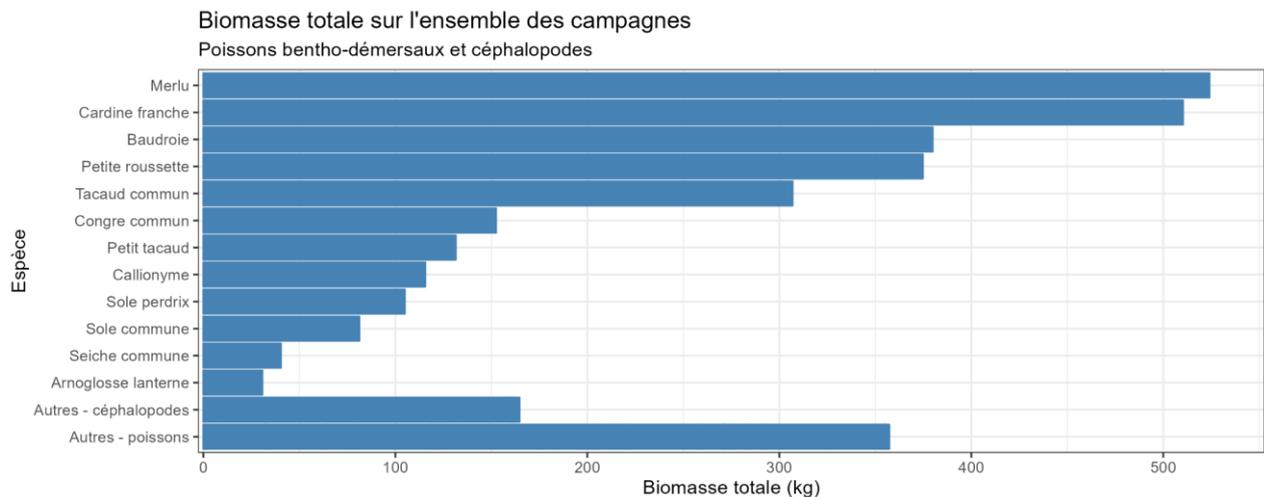


Figure 57: Biomasse (en kg) des principales espèces capturées au chalut de fond sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).

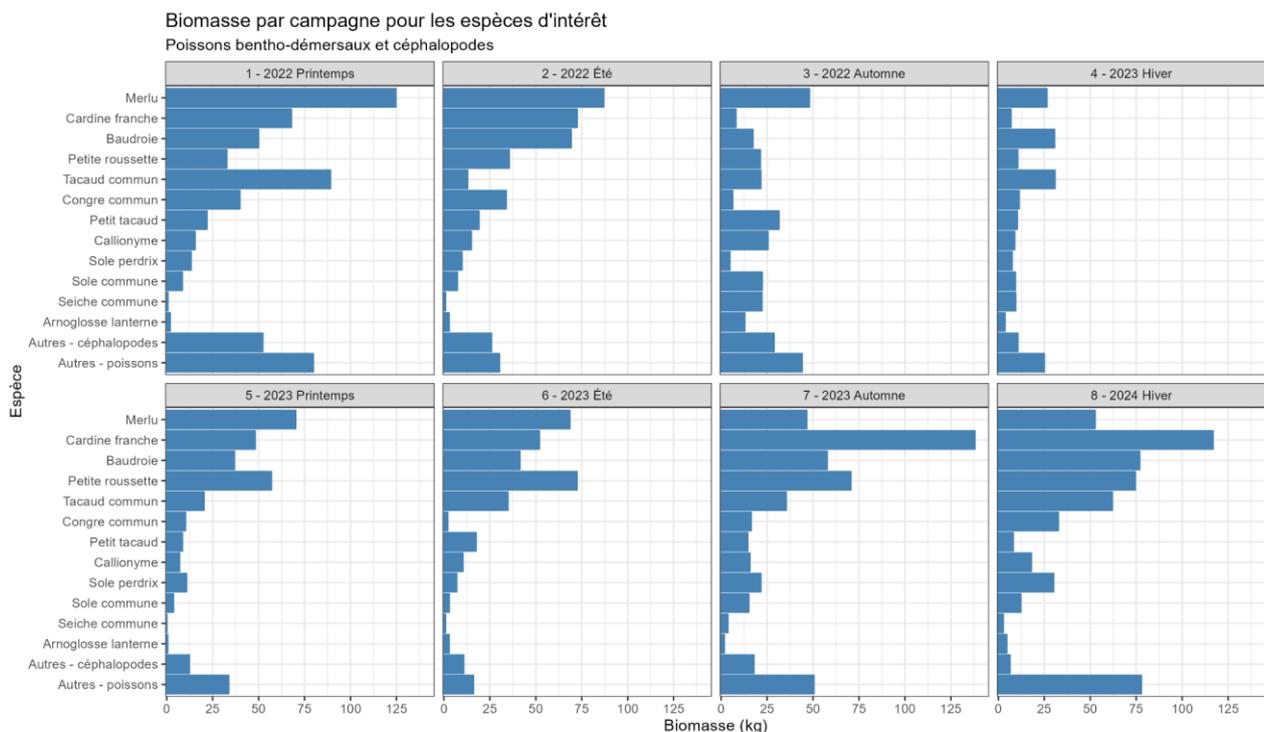


Figure 58 : Biomasse (en kg) des principales espèces capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.1.4 Organisation et zonation des peuplements

Pour évaluer le degré de similarité et de divergence en termes de composition spécifique entre les stations et les zones, les données brutes d'indices d'abondance (en individus/ha) ont été transformées (double racine carrée). Les stations ont été regroupées selon leur localisation, dans la zone d'étude immédiate ou rapprochée.

Un test basé sur les ordinations NMDS calculées à partir des indices de Bray-Curtis ainsi qu'une classification ascendante hiérarchique basée sur les indices de Bray-Curtis ont été réalisés à partir des données d'abondance (ind./ha) des campagnes.

Les résultats permettent d'identifier des clusters qui distinguent les peuplements entre les campagnes (cf. Figure 59). Les campagnes d'automne 2022 (en vert) et d'hiver 2023 (en bleu) de la première année de suivi se distinguent assez nettement des autres campagnes, avec une dissimilarité de plus de 60 %. Rappelons que ces campagnes se distinguent également par des biomasses particulièrement faibles. Parmi les autres campagnes, un cluster regroupe les campagnes d'été, avec une dissimilarité proche de 40 %. On observe donc une influence de la saison, mais pas de la zone d'étude (immédiate vs. rapprochée)

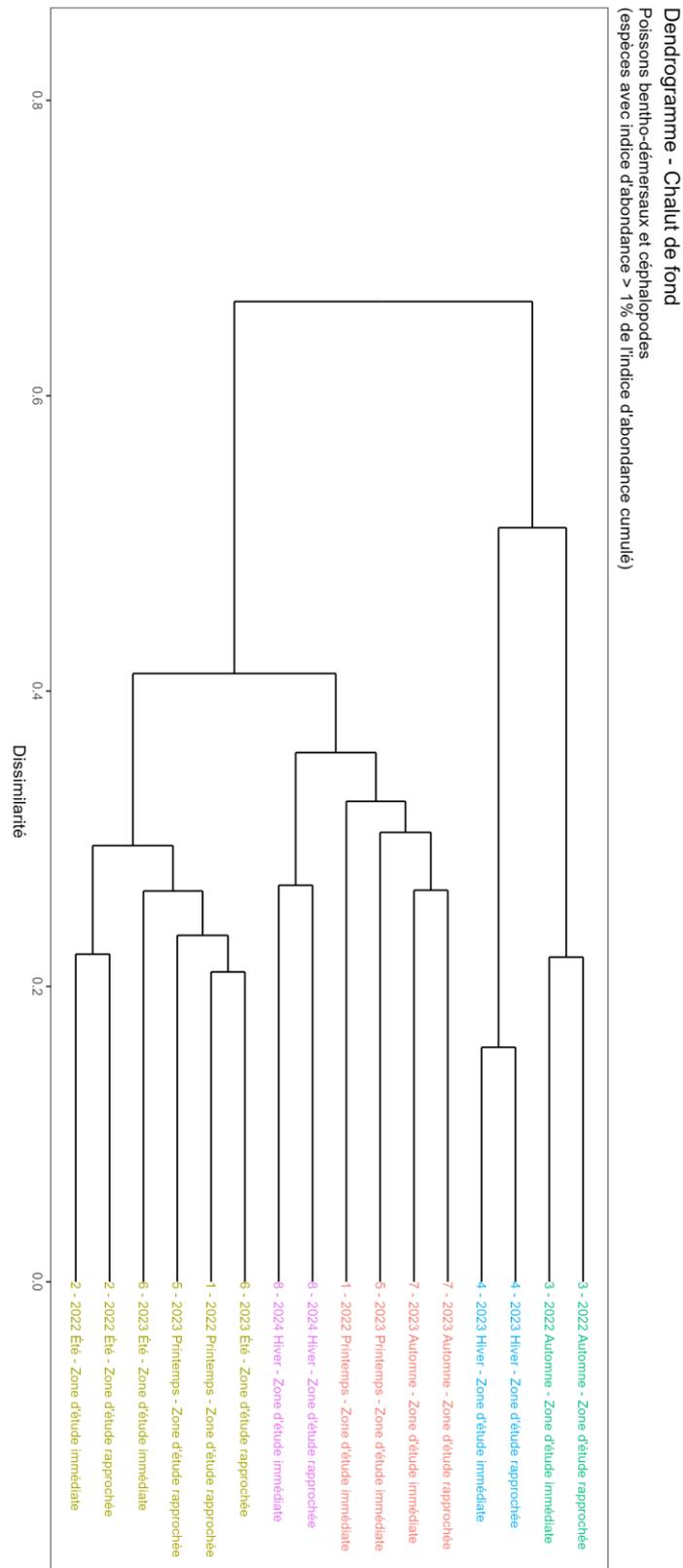


Figure 59: Classification ascendante hiérarchique des campagnes (stations regroupées par saison et zone d'étude) basée sur les indices de Bray-Curtis calculés à partir des indices d'abondance (ind./ha) des différentes espèces (source : setec énergie environnement, 2024).

Une seconde analyse par classification ascendante hiérarchique a été menée par station pour chacune des campagnes effectuées. On observe presque systématiquement une dissimilarité entre les stations situées dans le nord et le nord-est de la zone et le reste des stations. Par exemple, sur le dendrogramme ci-dessous concernant la première campagne (printemps 2022) montre des dissimilarités entre les stations 1, 2, 3, 4, 25, 26 et 27 et le reste des stations. Cette différence est également observable pour les indices d'abondance et de biomasse à l'échelle de l'ensemble des captures, et aussi à l'échelle de certaines espèces (cf. à partir du 3.3.3). Ces variations peuvent être causées par plusieurs facteurs combinés (substrat meuble plus fin au nord, bathymétrie plus faible) qui influent sur la répartition et l'abondance de certaines espèces (sole commune, cardine franche).

Dendrogramme : Campagne 1 - 2022 Printemps

Poissons benthodémersaux et céphalopodes
(espèces avec indice d'abondance > 1% de l'indice d'abondance cumulé sur la campagne)

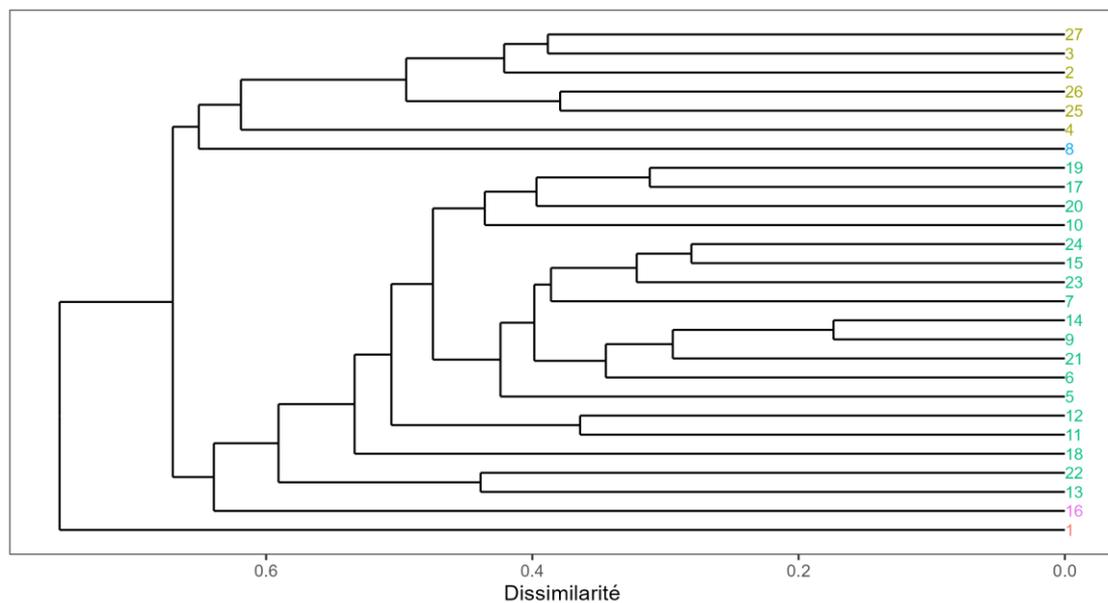


Figure 60: Classification ascendante hiérarchique de la campagne 1 (Printemps 2022) par station basée sur les indices de Bray-Curtis calculés à partir des indices d'abondance (ind./ha) des différentes espèces (source : setec énergie environnement, 2024).

Enfin, une troisième classification globale par station échantillonnée (sans regroupement par campagne ou zone d'étude) donne peu ou prou les mêmes résultats (figure ci-dessous) : dans leur grande majorité, les stations qui se distinguent sont situées au nord de la zone (fonds vaseux, faible bathymétrie) et/ou correspondent à la campagne d'automne 2022.

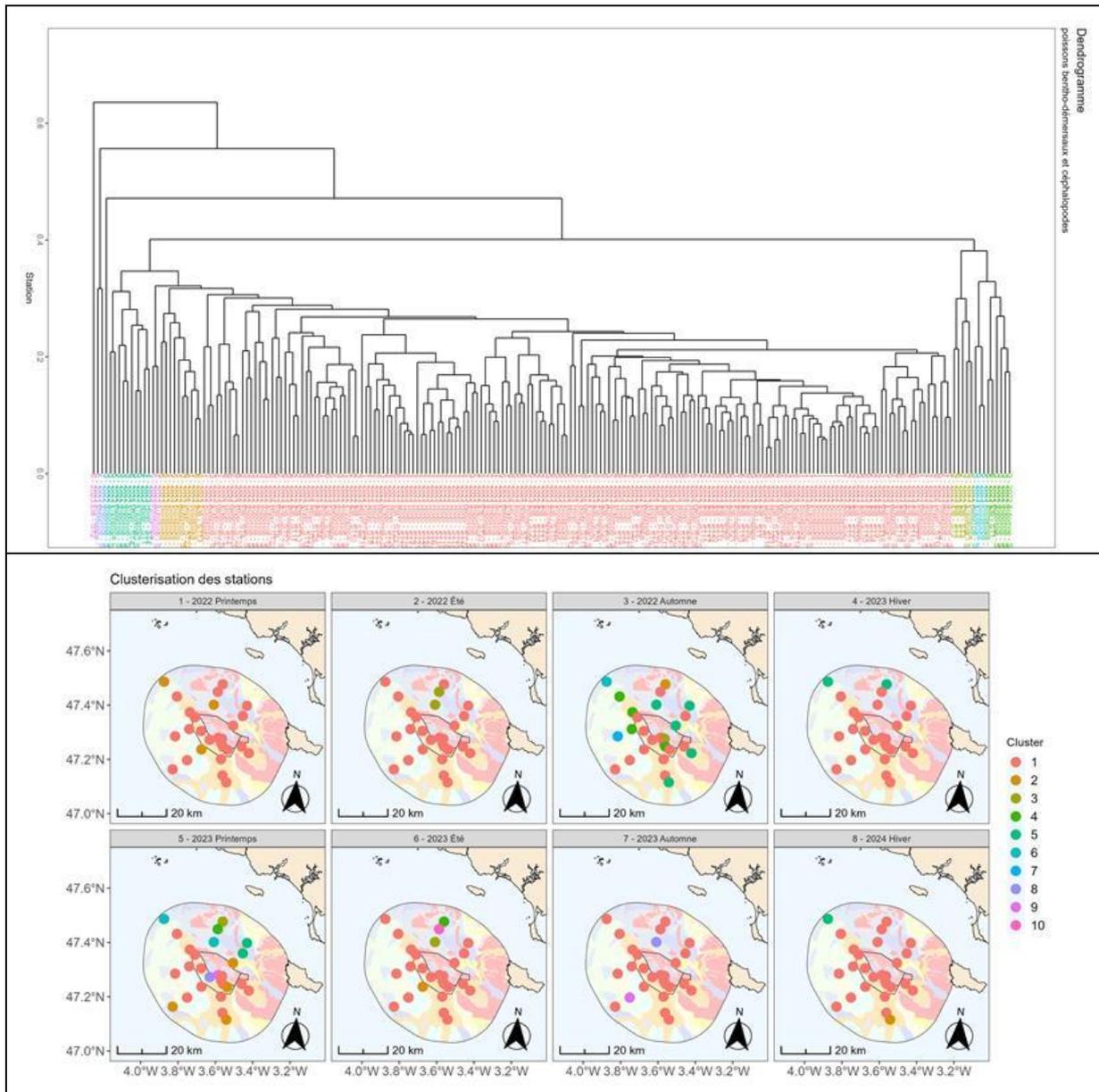


Figure 61 : Classification ascendante hiérarchique (en haut) de l'ensemble des échantillonnages de stations (traits de chalut) basée sur les indices de Bray-Curtis calculés à partir des indices d'abondance (ind./ha) des différentes espèces et répartition spatio-temporelle (en bas) des clusters de stations identifiés (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.1.5 Approche fonctionnelle

3.3.1.5.1 Traits fonctionnels moyens de la communauté benthodémersale par campagne

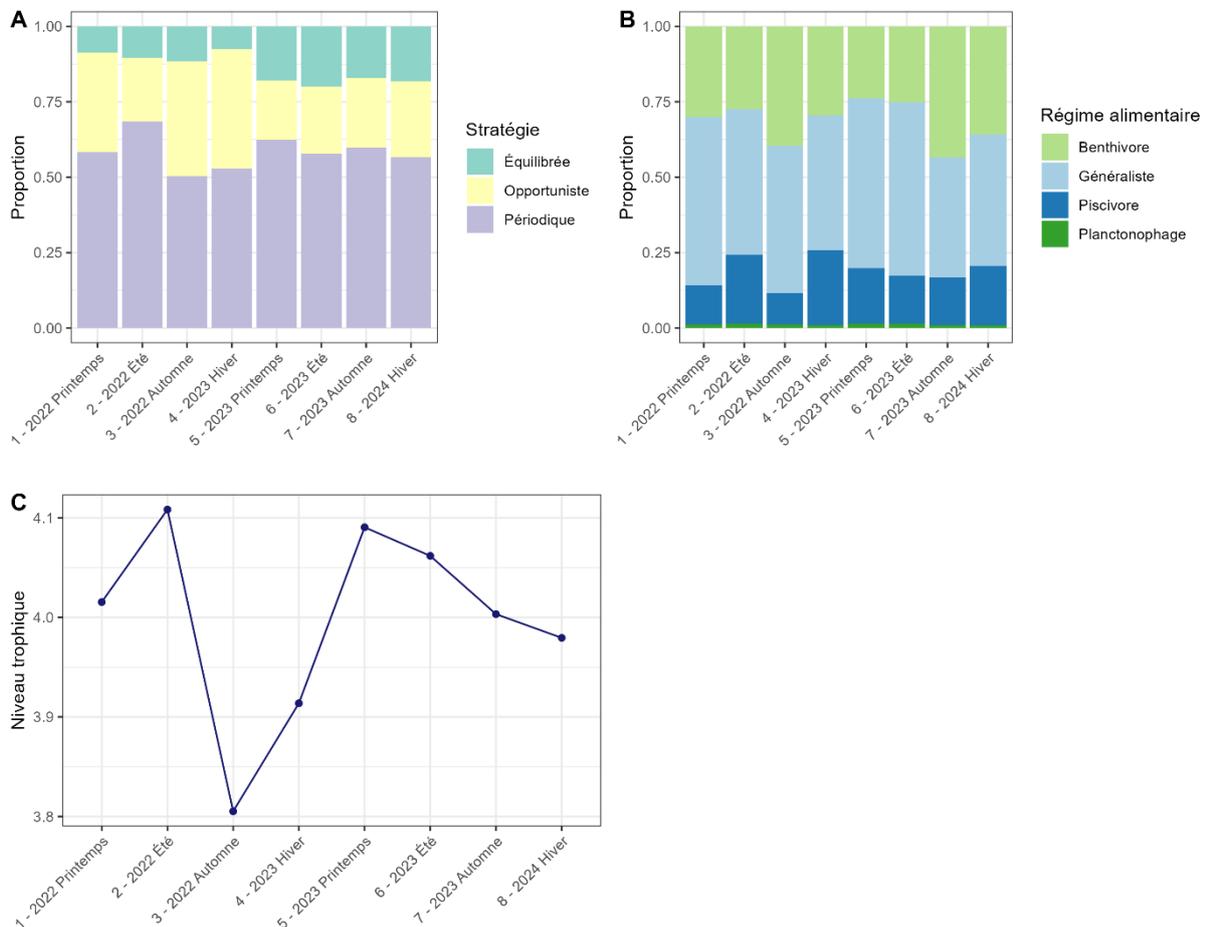


Figure 62 : Représentation des traits fonctionnels moyen de la communauté (CWM) du site d'étude par campagne. A. Régime alimentaire, B. Régime alimentaire, C. Niveau trophique.

La représentation graphique des traits fonctionnels moyen de la communauté (**CWM**) par campagne met en évidence les modalités dominantes et des **variations entre les campagnes**.

La stratégie périodique est la plus représentée dans l'ensemble des campagnes, contribuant systématiquement à au moins 50 % de la biomasse (Figure 62A). Les espèces opportunistes et équilibrées, bien que présentes dans toutes les campagnes, montrent une variabilité temporelle plus marquée. La première année de suivi, allant du printemps 2022 à l'hiver 2023, se caractérise par une forte proportion d'opportunistes en termes de biomasse, tandis que les espèces équilibrées y sont peu représentées. Cette tendance semble s'inverser lors de la seconde année d'échantillonnage (printemps 2023 à hiver 2024), où l'on observe une réduction des opportunistes et une augmentation des espèces équilibrées.

L'analyse des régimes alimentaires (Figure 62B) met en évidence une dominance marquée de la modalité généraliste, qui reste stable d'une campagne à l'autre. Cette catégorie regroupe des espèces exploitant au moins deux sources alimentaires distinctes, leur conférant une plus grande flexibilité trophique face aux variations environnementales.

Les piscivores et les benthivores, qui occupent des niveaux trophiques éloignés, sont également bien représentés dans les communautés. Cet écart trophique s'accompagne fréquemment d'une relation

prédateur-proie, où les piscivores se nourrissent en partie des benthivores. Leur distribution varie toutefois d'une campagne à l'autre : certaines périodes, comme l'automne 2022, se caractérisent par une forte proportion de benthivores et une faible représentation des piscivores, tandis que d'autres, comme l'été 2022, montrent une inversion de cette tendance, avec une dominance des piscivores et un retrait des benthivores. Enfin, les espèces planctonophages sont très minoritaires dans l'écosystème étudiés.

Les valeurs moyennes du niveau trophique varient notablement d'une campagne à l'autre (Figure 62C). En particulier, l'automne 2022 et l'hiver 2023 affichent des niveaux trophiques plus faibles que les autres périodes. Cette diminution semble être associée à une réduction de la présence des piscivores, généralement situés en haut du réseau trophique, et à une augmentation des benthivores, qui occupent des niveaux trophiques plus bas.

3.3.1.5.2 Clustering de la communauté benthodemersale

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur la matrice de CWM met en évidence une structuration sur l'ensemble des échantillonnages selon leurs caractéristiques fonctionnelles.

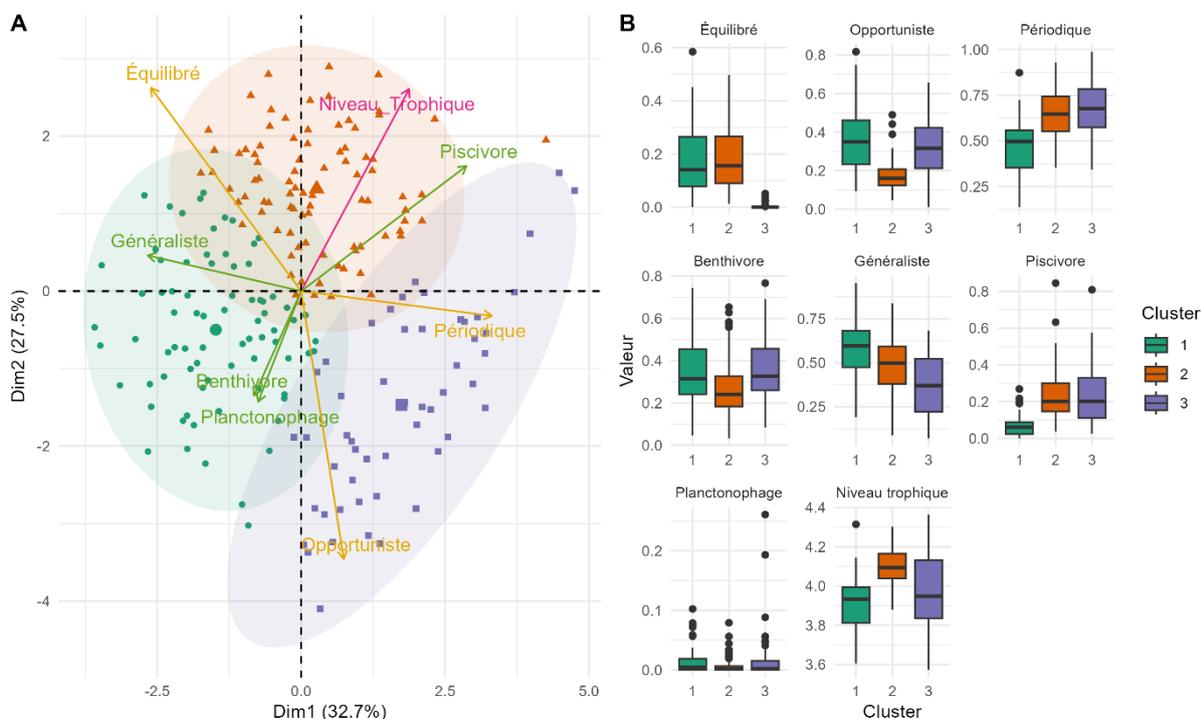


Figure 63 : A. Représentation de l'analyse en composantes principales (ACP) des échantillonnages en fonction des CWM calculés. Les flèches indiquent la contribution des différents traits fonctionnels à la structuration des axes principaux, tandis que la couleur des points correspond aux clusters identifiés. B. Boxplot illustrant la distribution des valeurs des CWM des traits fonctionnels selon les clusters, permettant de visualiser les différences entre les groupes en termes de caractéristiques fonctionnelles des communautés.

Le clustering hiérarchique sur ACP (HCPC) regroupe les échantillonnages en fonction de leurs similarités écologiques. Trois clusters distincts ont été identifiés, chacun correspondant à un profil fonctionnel particulier :

- **Cluster 1** : Communautés dominées par des régimes alimentaires benthivore et généraliste et une absence de piscivores, en lien avec une proportion plus faible d'espèces périodiques. Ce groupe se caractérise par un niveau trophique plus faible que les autres clusters. Exemple : tacauds, callionymes.
- **Cluster 2** : Présente une proportion importante d'espèces périodiques et généralistes, avec une faible représentation des opportunistes. Ce groupe est associé aux niveaux trophiques les plus

élevés avec une dominance des piscivores. Exemples : merlu, baudroies, congre, turbot, poissons plats.

- **Cluster 3** : Fortement marqué par l'absence d'espèces équilibrées et une dominance des périodiques associés à un régime alimentaire piscivore, combiné avec la présence d'espèces opportunistes à alimentation benthivore. Exemples : roussette, raies.

3.3.1.5.3 Cartographie du niveau trophique

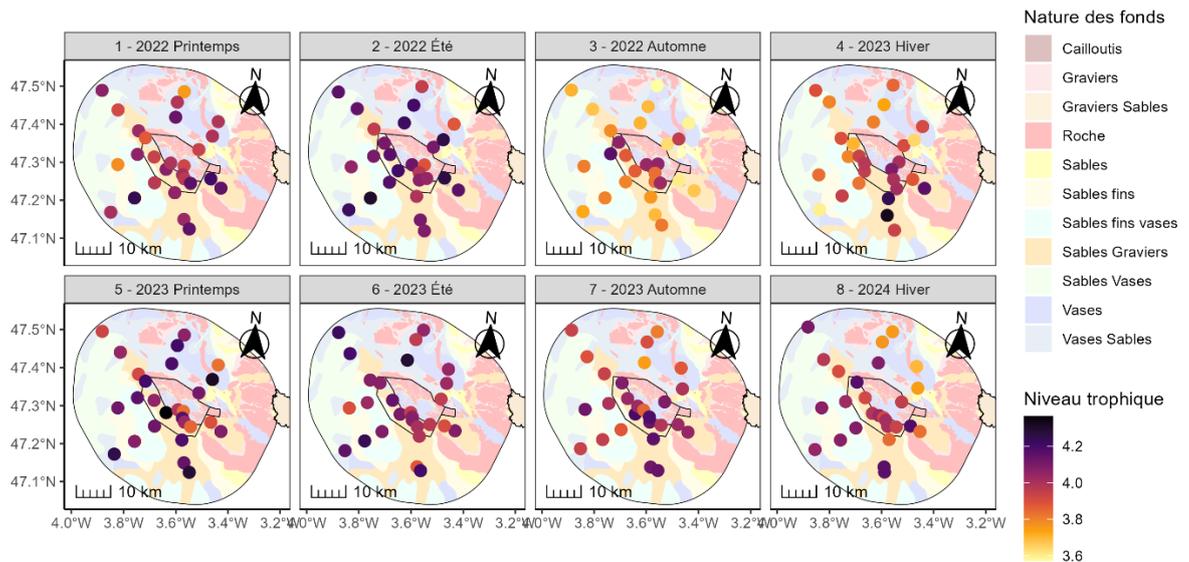


Figure 64 : Distribution spatiale du niveau trophique moyen des communautés (CWM) par campagne.

La distribution spatiale du niveau trophique moyen met en évidence des différences significatives entre les campagnes, en accord avec la diminution du CWM observée (Figure 62C). L'analyse statistique réalisée à l'aide d'un GLMM confirme que ces variations sont statistiquement significatives (p -value < $2.2e-16$), avec des valeurs significativement plus faibles lors des campagnes 3 – *Automne 2022* et 4 – *Hiver 2023* par rapport aux autres périodes. Cette diminution du niveau trophique moyen pourrait traduire une réduction de l'abondance des prédateurs de haut niveau trophique, au profit d'espèces occupant des positions trophiques inférieures dans la chaîne alimentaire.

En revanche, aucun schéma spatial récurrent ne semble se dégager de la zone d'étude. Cette absence de structuration spatiale est confirmée par le test d'autocorrélation spatiale de Moran, dont le résultat n'est pas significatif (p -value = 0.39).

3.3.1.5.4 Cartographie des clusters

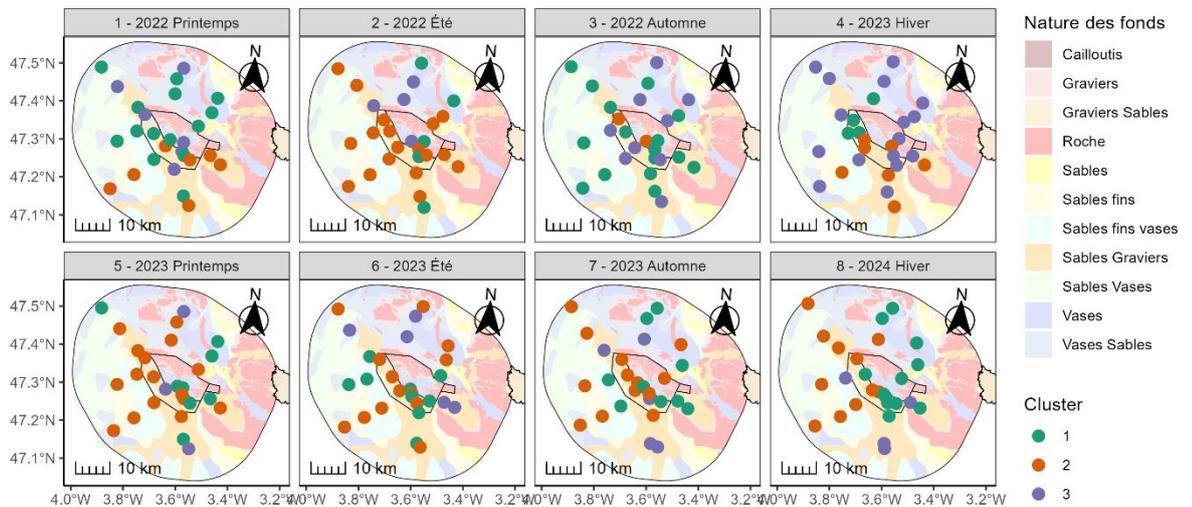


Figure 65 : Distribution spatiale du clustering (HCPC sur ACP) par campagne.

La répartition spatiale des clusters au cours des différentes campagnes ne met pas en évidence de schéma global d'agrégation des groupes fonctionnels (Figure 65). Le test d'autocorrélation spatiale par permutation de Monte Carlo a été réalisé et confirme cette observation. Les résultats indiquent que l'agrégation spatiale des clusters n'est pas significative à l'échelle de l'ensemble des campagnes (p -value = 0.49), suggérant une forte variabilité locale dans la structuration des communautés et l'absence de regroupements cohérents dans l'espace à travers les périodes d'échantillonnage.

Bien qu'aucune saisonnalité marquée ne se dégage, d'importantes variations entre les campagnes sont observées. L'automne 2022 et l'hiver 2023 se distinguent par une forte représentation des clusters 1 et 3, tandis que le cluster 2 est quasi absent. Ces résultats suggèrent une évolution fonctionnelle notable au cours de ces périodes, en cohérence avec la diminution du niveau trophique mise en évidence précédemment.

Cette dynamique se traduit par une baisse de la proportion d'espèces équilibrées, avec l'absence des raies et des roussettes, une diminution des périodiques piscivores (merlu, baudroies, turbot, congre, poissons plats.) et une forte représentation des espèces opportunistes benthivores (tacaud, callionymes, etc.).

A l'inverse, le printemps 2022, période où le niveau trophique moyen est le plus élevé, est majoritairement dominé par le cluster 2, caractérisé par des espèces généralistes et périodiques piscivores. Les opportunistes benthivores y sont nettement moins représentés.

On peut s'interroger sur la réalité de l'évolution fonctionnelle importante (associée à une chute de la biomasse et une baisse du niveau trophique des captures) qui semble caractériser l'automne 2022 et l'hiver 2023. On va voir au chapitre suivant que l'automne 2022 est aussi remarquable par la capture massive d'espèces pélagiques (chinchard et anchois) au chalut de fond. Cette présence importante de petits pélagiques pourrait-elle être à l'origine d'une modification de la localisation ou du comportement de certaines espèces, influant sur leur capturabilité au chalut de fond ?

3.3.1.6 Autres espèces observées dans les captures au chalut de fond

3.3.1.6.1 Espèces de poissons pélagiques

Les espèces pélagiques (chinchard, anchois, maquereau, sardine, sprat, merlan bleu) évoluent dans les eaux intermédiaires et de surface pendant la nuit notamment, mais forment souvent des bancs compacts à proximité du fond pendant la journée. Elles sont de ce fait en partie échantillonnées par le chalut de fond et intègrent les peuplements étudiés. Leur position particulière dans la masse d'eau ainsi que leur forte variabilité saisonnière nous amènent cependant à les analyser de manière séparée.



Figure 66 : Quelques espèces de poissons pélagiques observées au chalut de fond sur la zone d'étude. De gauche à droite : chinchard, anchois, merlan bleu, sardine (échelles différentes, ©Ifremer).

Sur l'ensemble des campagnes, la biomasse cumulée de poissons pélagiques capturée est de 879 kg, soit 18,8% de l'ensemble de la biomasse, tous taxons confondus (poisson pélagiques, poissons benthodémersaux, céphalopodes et macro-crustacés).

Cette biomasse est très différente selon la campagne, elle varie de 8 kg à 222 kg. La proportion de biomasse de poissons pélagiques sur la biomasse cumulée peut monter jusqu'à 38,9% pour la campagne de printemps 2023. De manière générale, les biomasses de poissons pélagiques sont minimales en hiver sur la zone étudiée (cf. Figure 67).

Six espèces de poissons pélagiques ont été observées lors des 8 campagnes.

Par espèce, les biomasses et les abondances observées lors des campagnes sont également très variables : la répartition spatio-temporelle de ces espèces très mobiles est fortement dépendante des caractéristiques environnementales du milieu, de la disponibilité en proies (zooplancton) et de la phénologie propre à chaque espèce (migrations saisonnières et migrations nyctémérales en particulier).

Ainsi, les espèces suivantes ont été observées (cf. Figure 68 et Figure 69) :

- l'anchois, principalement lors de la campagne automnale de la première année ;
- le chinchard commun, lors des campagnes automnales ;
- le maquereau commun, plus abondant la première année de suivi, au printemps et en automne ;
- le merlan bleu, plus abondant au printemps et en été ;
- la sardine, quasi exclusivement lors de la campagne automnale de la première année de suivi ;
- et le sprat, en été et en automne.

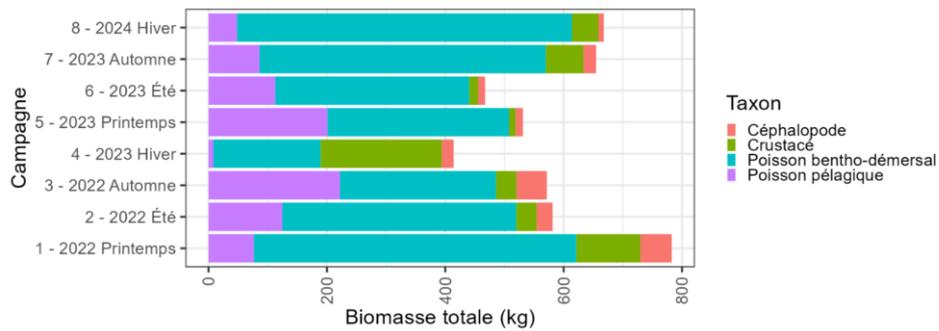


Figure 67 : Biomasses des captures au chalut de fond par taxon et par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

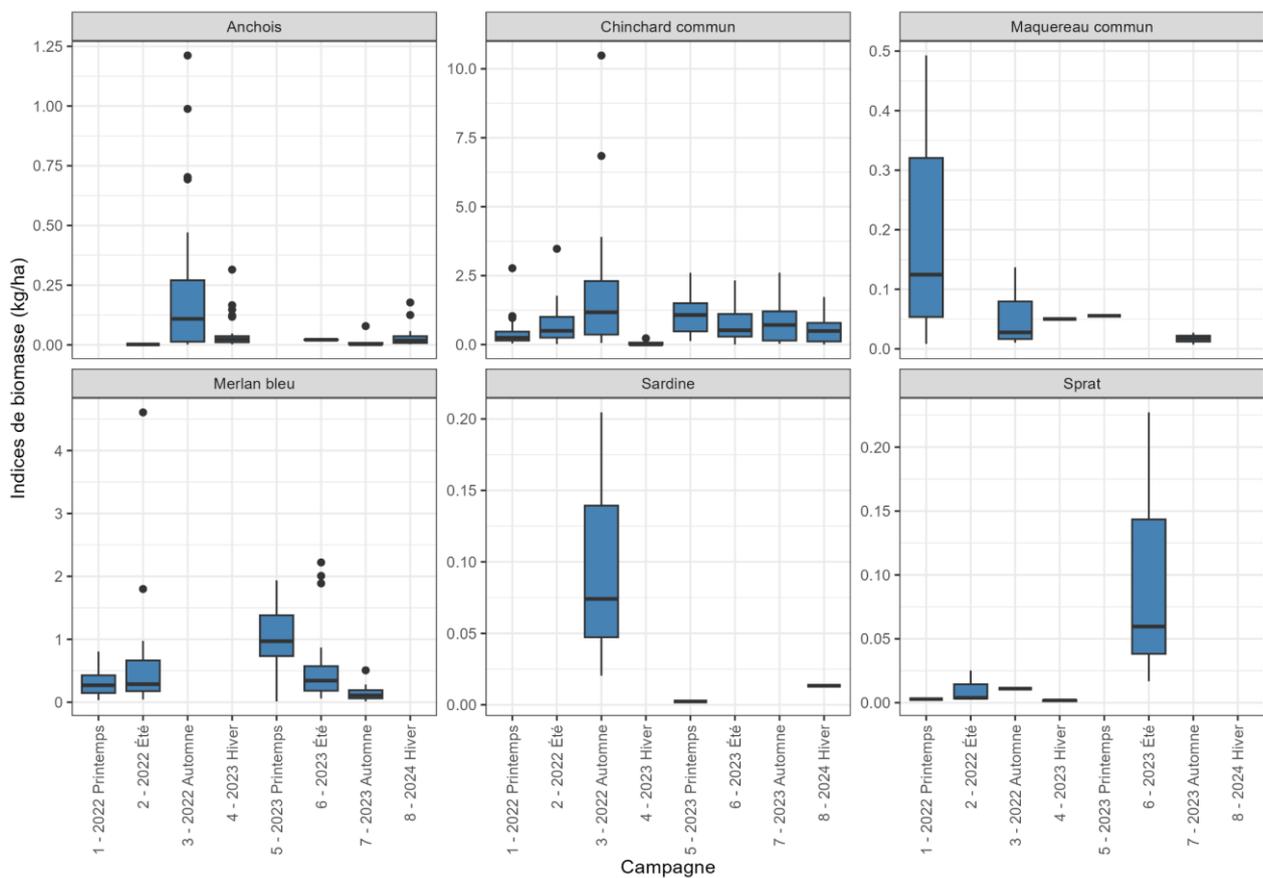


Figure 68 : Evolution des indices de biomasse (en kg par hectare) de poissons pélagiques observés (source : setec énergie environnement, 2024).

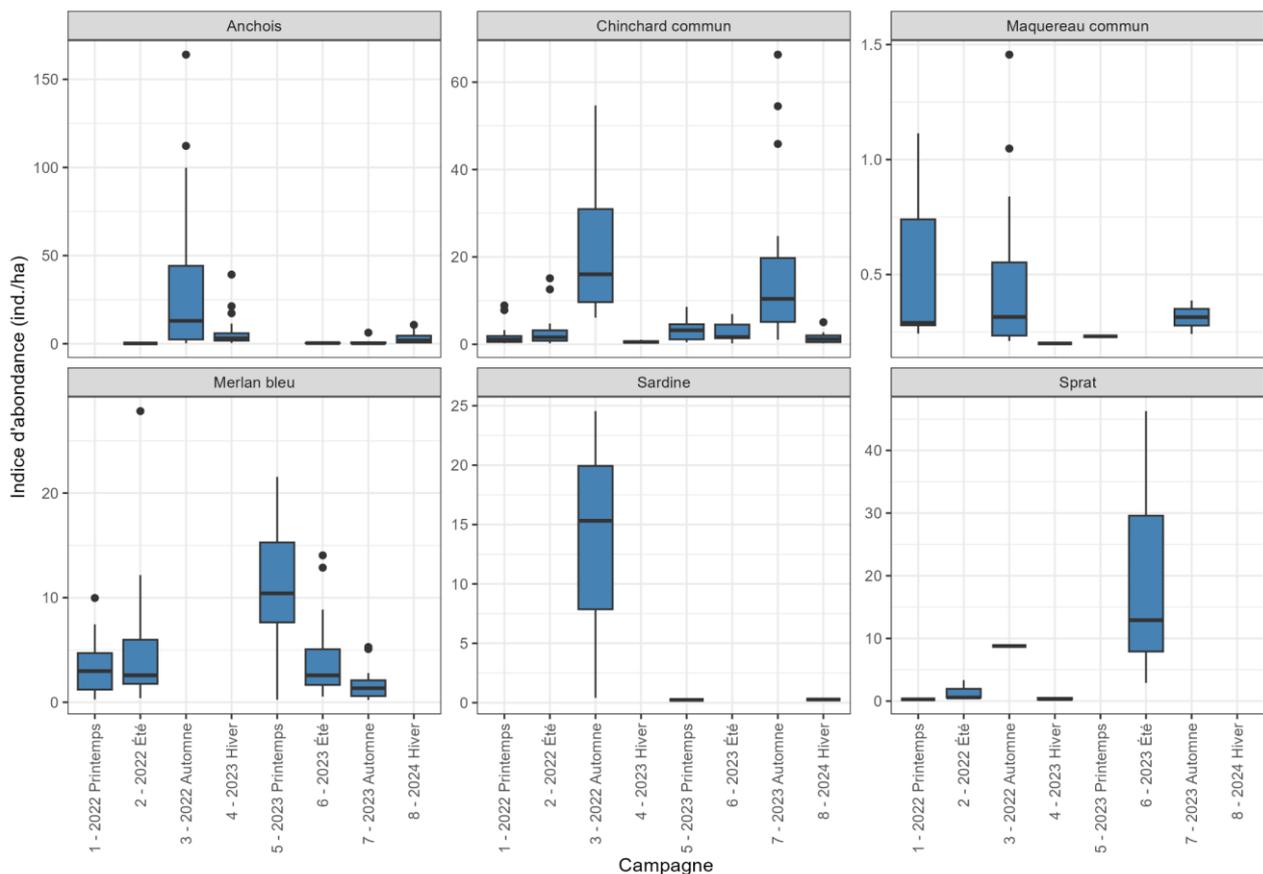


Figure 69 : Evolution des abondances (en nombre d'individus par hectare) de poissons pélagiques observés (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse et d'abondance montre une grande variabilité d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre.

Les biomasses les plus importantes ont été observées durant la campagne d'automne 2022 et sont liées à des fortes concentrations de chinchard, et plus marginalement d'anchois (cf. Figure 70). Durant les campagnes de printemps et d'été, les biomasses ont été plus faibles mais non négligeables, avec des captures de merlan bleu et de chinchard. En hiver, les biomasses de poissons pélagiques étaient les plus faibles observées et principalement constituées de chinchard et plus rarement d'anchois.

En raisonnant en abondance, les constats sont légèrement différents (cf. Figure 71). Les effectifs sont importants pour les campagnes d'automne, en particulier pour la première, et dominés par l'anchois, puis le chinchard. Pour les autres campagnes, les abondances sont nettement plus faibles et dominées par le merlan bleu au printemps et en été, l'anchois en hiver, et plus rarement par le chinchard et le sprat.

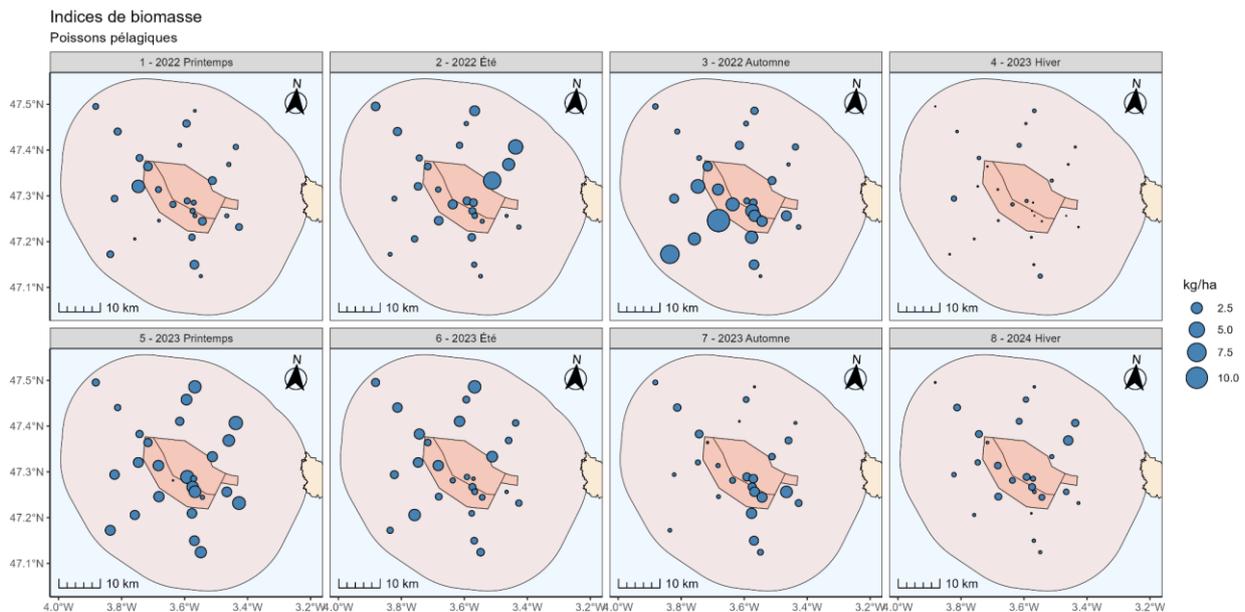


Figure 70 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne des poissons pélagiques capturés au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).

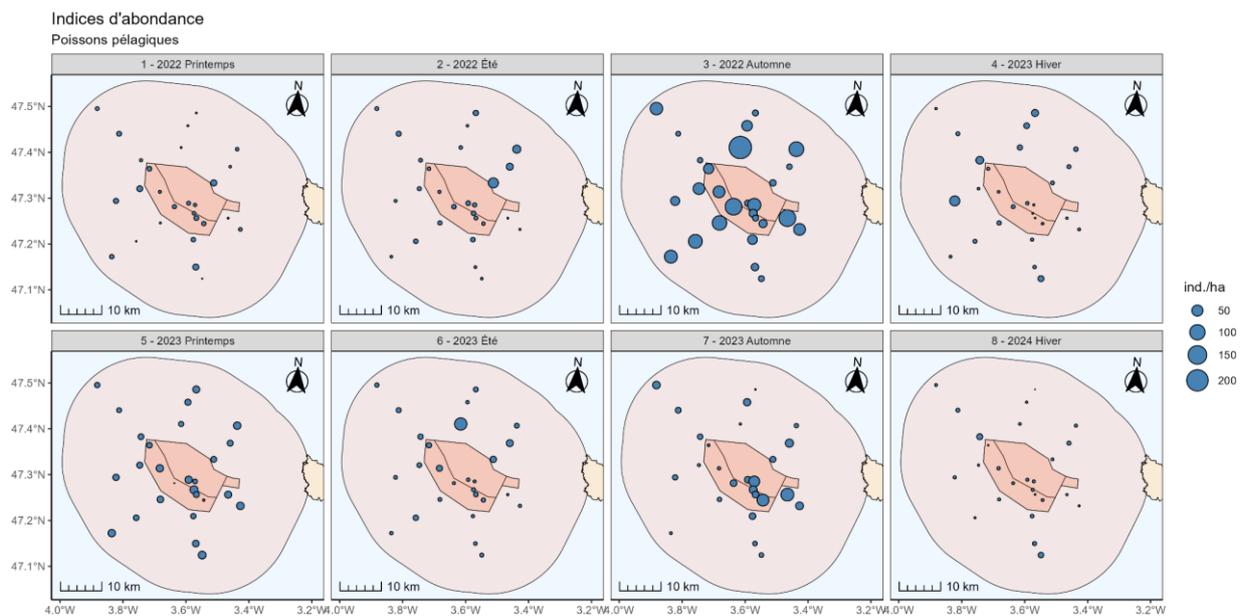


Figure 71 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en ind./ha) par campagne des poissons pélagiques capturés au chalut de fond (source : setec énergie environnement, 2024).

Les concentrations remarquables de poissons pélagiques observées à l'automne 2022 pourraient être liées à une opportunité alimentaire, comme une abondance de zooplancton en relation avec les quantités importantes de phytoplancton comptabilisées sur la zone à cette période (bloom notable avec un pic d'abondance à plus de 200 000 cellules par litre en novembre 2022, cf. partie relative au compartiment « Communautés planctoniques »). On a également observé sur cette période un pic d'abondance de dauphins communs (cf. partie « mégafaune ») et des captures importantes de gros merlus au filet trémail (cf. chapitre dédié), espèces prédatrices de ces petits poissons pélagiques.

Alors que leurs œufs et leurs larves ont été observés en abondance au printemps notamment, les sardines et les anchois sont très peu présents dans les captures au chalut avant l'automne. Le chalut de fond utilisé ne permet en effet d'échantillonner qu'une partie de l'habitat utilisé par les petits pélagiques, la colonne d'eau représentant presque une centaine de mètres sur la zone d'étude.

Pour obtenir des informations fiables sur l'abondance, la biomasse et la répartition des peuplements de poissons pélagiques, des campagnes spécifiques associant (comme les campagnes PELGAS de l'Ifremer) l'acoustique sous-marine (écho-intégration) et le chalutage pélagique ont été réalisées en 2024 sur la zone d'étude. Les résultats de ces campagnes font l'objet d'un rapport dédié.

3.3.1.6.2 Espèces de macro-crustacés

Cinq espèces de macro-crustacés d'intérêt (hors langoustine) ont été capturées au chalut de fond, dans des abondances faibles : l'araignée de mer (*Maja brachydactyla*), le homard européen (*Homarus gammarus*), le tourteau (*Cancer pagurus*), la langouste rouge (*Palinurus elephas*) et la petite cigale de mer (*Scyllarus arctus*).

Toutes espèces confondues, 56 individus ont été capturés. L'araignée de mer est la plus abondante, en particulier en hiver. Les autres espèces, le homard européen, la langouste rouge, la petite cigale de mer et le tourteau ont été observés plus sporadiquement, avec 1 à 2 individus maximum par campagne selon l'espèce (cf. Figure 72). Étant donné son abondance bien plus importante et les spécificités liées à sa capture, la langoustine (*Nephrops norvegicus*) est considérée à part, au point 3.3.4.1.

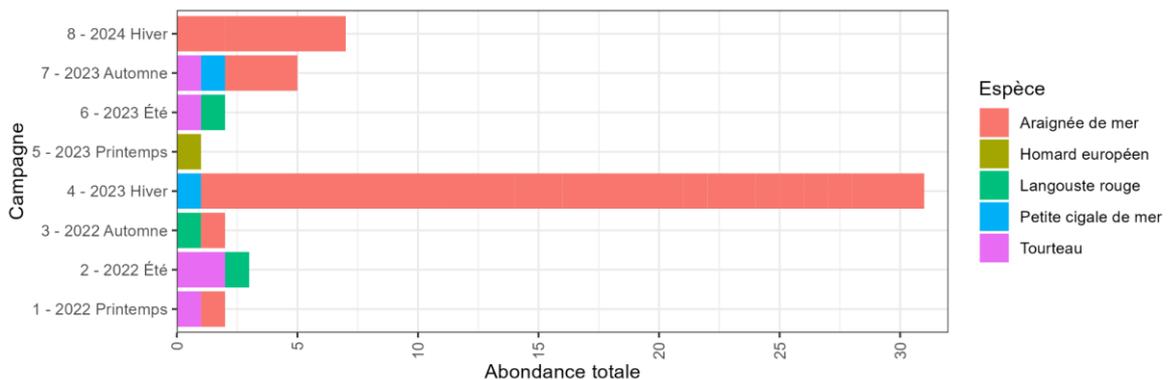


Figure 72 : Nombre d'individus de macro-crustacés (hors langoustine) capturés au sein au chalut de fond à panneaux, par espèce et par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La capturabilité de ces macro-crustacés au chalut de fond est négligeable (cf. Figure 73). L'étude spécifique de ces populations, présentes dans la zone d'étude et d'intérêt économique notable, nécessite un échantillonnage avec d'autres engins de pêche plus adaptés (casier, filet trémail), dans des habitats plus propices (substrats rocheux). L'échantillonnage au filet trémail fait l'objet de la partie suivante, et l'échantillonnage aux casiers fera l'objet d'un rapport dédié à l'issue des campagnes d'acquisition de données.

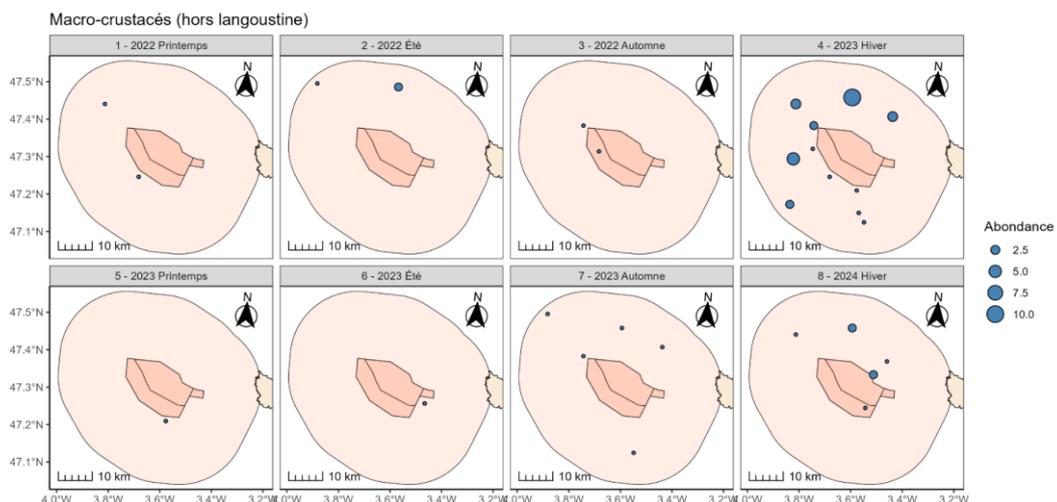


Figure 73 : Distribution spatiale des macro-crustacés (hors langoustine) capturés au chalut de fond par campagne, toutes espèces confondues (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.2 Filet trémail

Les 8 campagnes prévues au filet trémail ont été réalisées en mai, juillet, novembre/décembre 2022, janvier, mai, juillet, novembre 2023, et avril 2024. Pour les 4 premières campagnes, 22 poses et relevages de filets ont été effectués, soit environ 6,6 km de longueur de filet déployée pendant 24 h par campagne. Pour les 4 autres campagnes, 24 poses et relevages de filets ont été effectués, soit environ 7,2 km de longueur de filet par campagne.

3.3.2.1 Abondance, biomasse

L'abondance totale (nombre d'individus collectés) varie de 296 à près de 490 individus selon les campagnes (cf. Figure 74, en haut). Les abondances maximales sont observées pour la campagne d'automne 2022, la campagne d'été 2022 et la campagne d'été 2023, avec respectivement 490, 450 et 362 individus. Les abondances des 5 autres campagnes sont proches avec 296 à 306 individus capturés.

Concernant la biomasse, elle varie de 293 à 629 kg (cf. Figure 74, au milieu). La biomasse maximale est observée pour la campagne d'automne 2022, comme pour l'abondance, puis pour les campagnes d'automne 2023 et d'hiver 2024, avec 496 et 521 kg respectivement. Ces deux campagnes ne se démarquaient pas par leur abondance, ce qui traduit des poids moyens des individus capturés plus importants.

Les poissons représentent la majorité des captures, avec 63 à 88% des abondances et 82 à 94% des biomasses. Les crustacés composent le reste des captures. Les abondances et biomasses de céphalopodes sont négligeables.

Le nombre de taxons observés varie de 22 à 36, tous groupes taxonomiques confondus (cf. Figure 74, en bas). Les maximums sont observés pour les deux campagnes d'automne, avec 36 pour la campagne de 2022 et 35 pour celle de 2023. Les poissons représentent l'essentiel de la diversité spécifique observée.

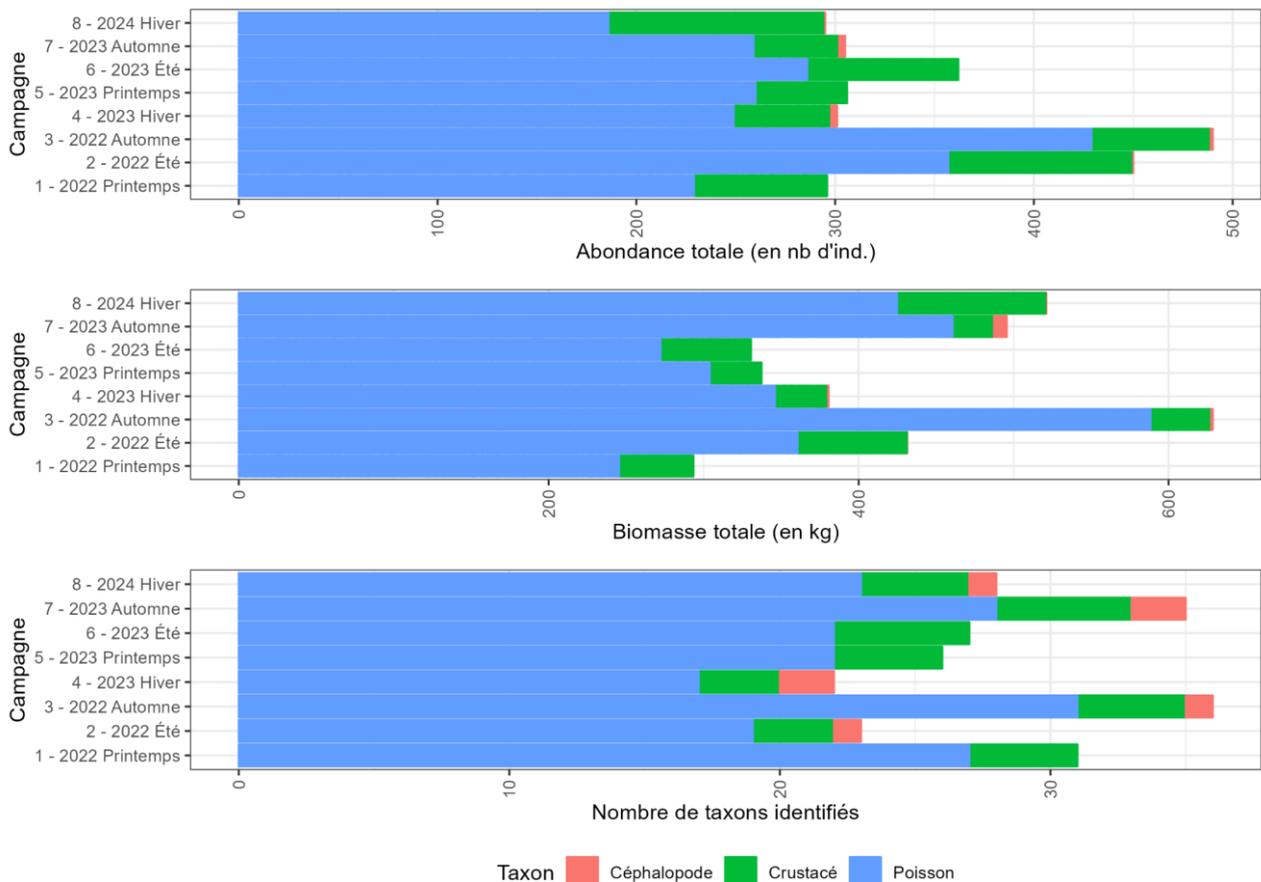


Figure 74 : Eléments de synthèse des captures au filet trémail de poissons, crustacés et céphalopodes : abondance (en nombre d'individus, en haut) et nombre de taxons observés (en bas) (source : setec énergie environnement, 2024)

Les graphiques ci-dessous présentent les données d'abondance et de biomasse normalisées, transformées en CPUE : indices de biomasse en kg de capture pour 24 heures de temps de trempage et 300 de filet, et en indices d'abondance en nombre d'individus capturés pour 24 heures de temps de trempage et 300 de filet.

Les indices d'abondance apparaissent plus importants en automne et été 2022, avec des valeurs médianes supérieures à 20 individus pour 24 heures et 300 mètres de filet, ce qui est cohérent avec les données d'abondance absolue présentée ci-avant. Les indices de biomasses suivent les mêmes tendances que les données de biomasses absolues, le maximum est observé pour la campagne d'automne 2022 avec une valeur médiane de 30 kg pour 24 heures et 300 mètres de filet (cf. Figure 75).

On peut remarquer que ce pic automnal d'abondance et de biomasse lors de la première année de suivi, correspond au pic d'abondance de petits poissons pélagiques observé au chalut de fond. Ces espèces peuvent constituer une opportunité alimentaire pour les poissons prédateurs de plus grande taille, lesquels ont d'ailleurs été plus largement observés au filet (notamment le merlu) à la même saison.

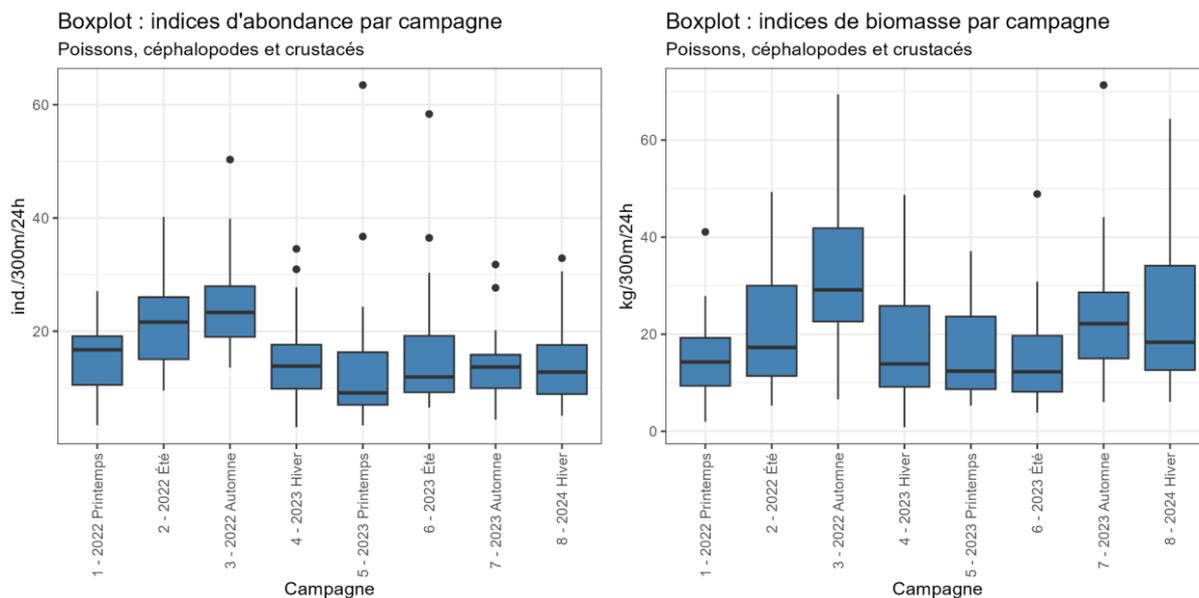


Figure 75 : Evolution des indices d'abondance (à gauche, en nombre d'individus pour 300m de filet et pour 24h) et des indices de biomasse (à droite, en kg pour 300m de filet et pour 24h) de poissons, de céphalopodes et de crustacés capturés (source : setec énergie environnement, 2024).

On peut également remarquer que l'évolution globale de ces indices suit une tendance proche de celle observée au chalut (valeurs élevées en 2022, minimales en début 2023, plus élevées fin 2023/début 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse et d'abondance montre une grande variabilité d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre (cf. Figure 76 et Figure 77).

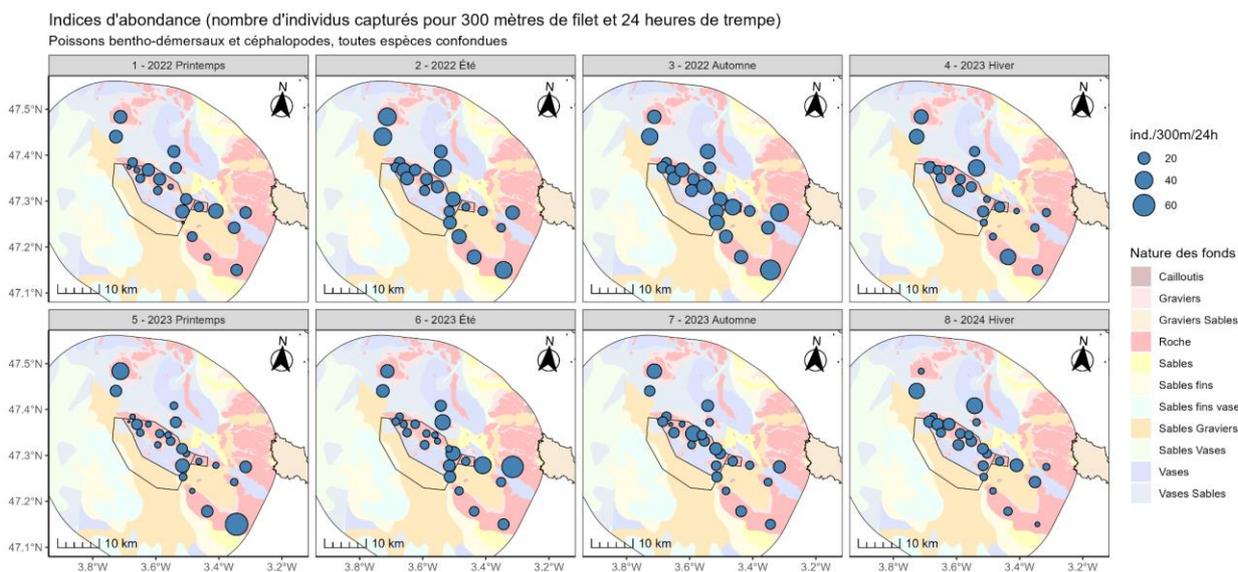


Figure 76 : Distribution spatiale des indices d'abondances (en nombre d'individus pour 300m de filet et pour 24h) des poissons, céphalopodes et crustacés capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

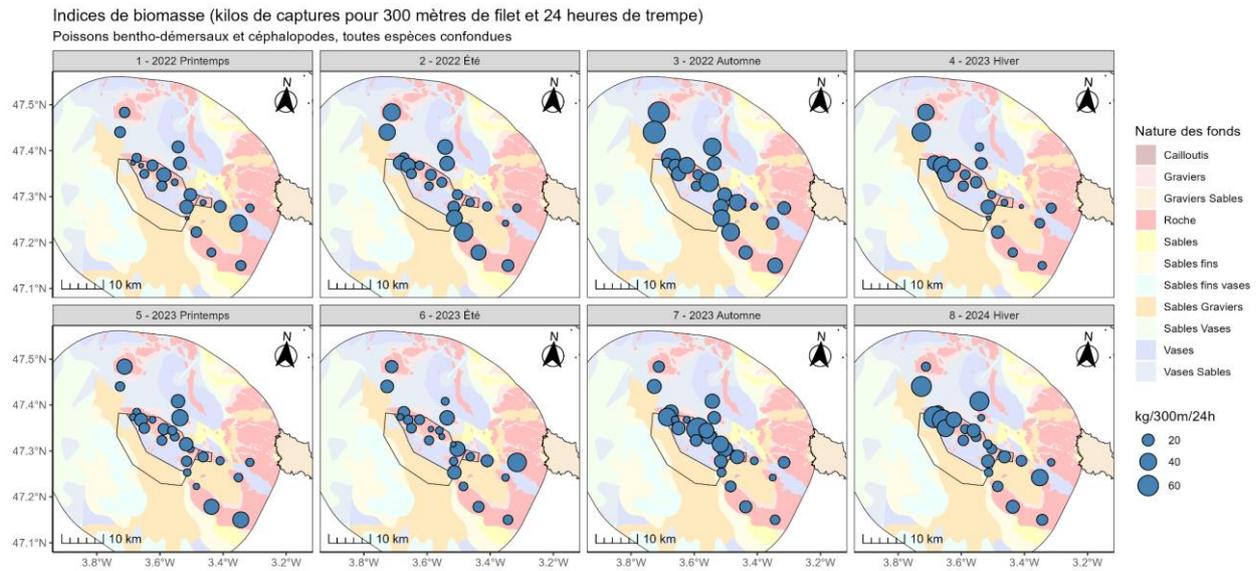


Figure 77 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg pour 300m de filet et pour 24h) des poissons, céphalopodes et crustacés capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.2.1 Richesse et diversité spécifique

La richesse spécifique par station est plutôt faible, avec des valeurs médianes comprises entre 5 et 8 espèces par station. Cette faible richesse peut s'expliquer par la sélectivité de l'engin, qui ne capture que des espèces et individus de taille relativement grande, à l'inverse du chalut de fond, peu sélectif qui capture toutes les classes de tailles.

La richesse spécifique semble très légèrement supérieure dans les stations situées dans la zone d'étude rapprochée que celles situées dans la zone d'étude immédiate (cf. Figure 78).

Les indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou ne sont pas considérés pour le filet trémail. A l'inverse du chalut de fond, peu sélectif, le filet trémail est trop sélectif pour refléter la diversité réelle des peuplements benthodémersaux sur les zones d'échantillonnage. La diversité observée au filet trémail est logiquement plus faible qu'au chalut de fond.

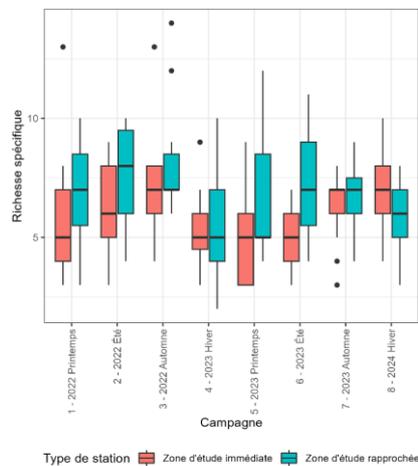


Figure 78 : Synthèse par boxplot de la richesse spécifique par campagne et par type de station pour le filet trémail (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale et temporelle de la richesse spécifique varie également d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre, sans schéma récurrent (cf. Figure 79 et Figure 80).

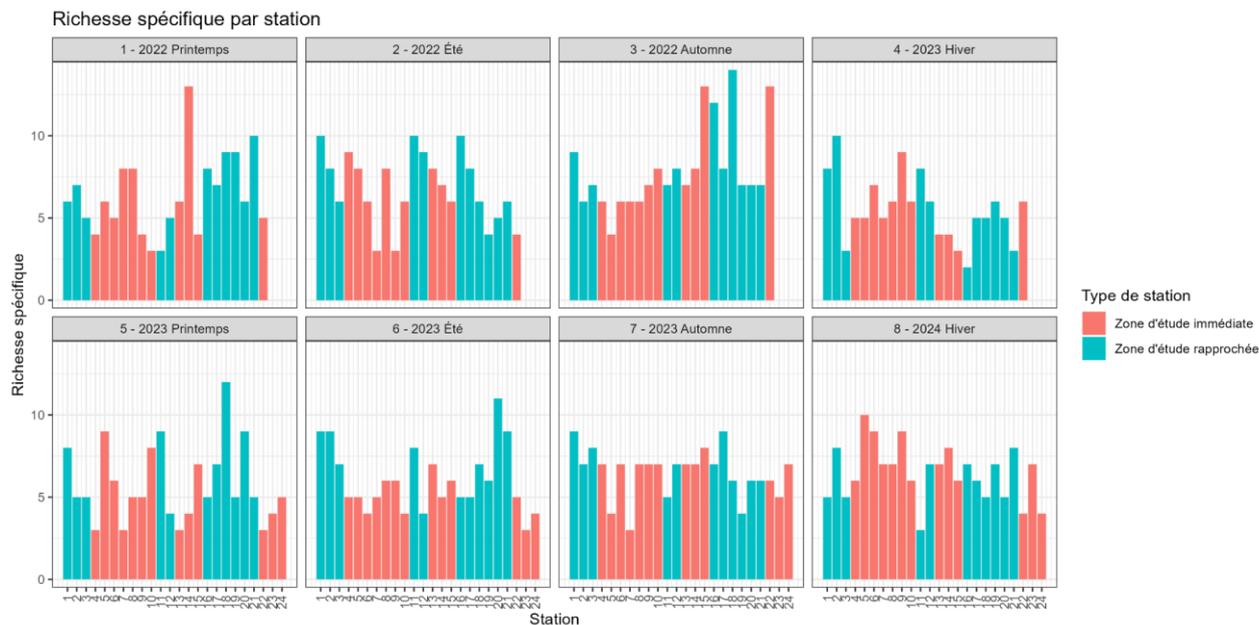


Figure 79 : Evolution des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au filet trémail (source : setec énergie environnement, 2024).

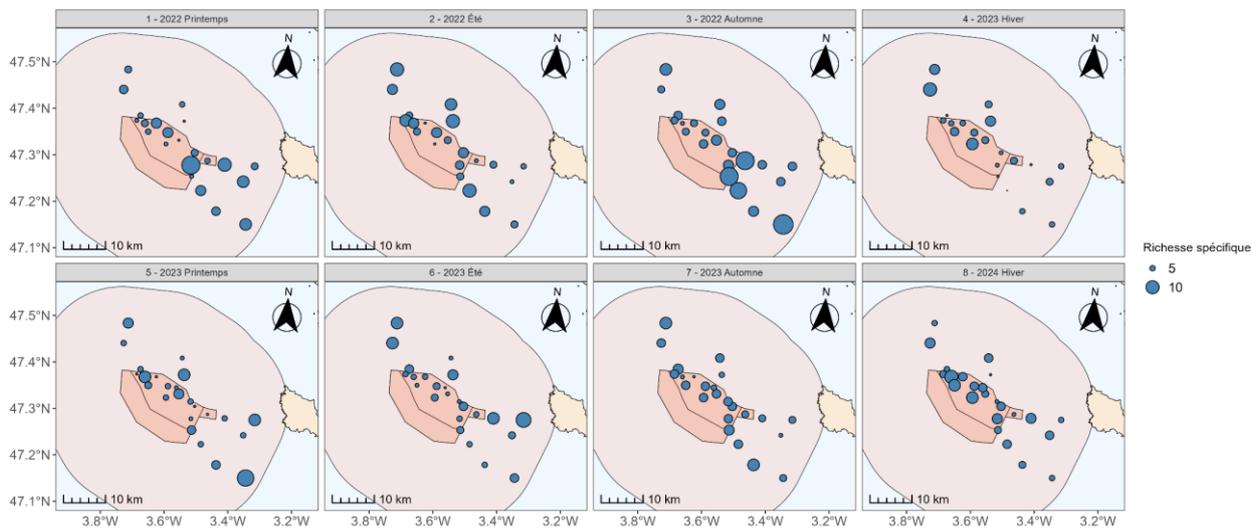


Figure 80 : Cartographie des indices de richesse spécifique des stations échantillonnées au filet trémail (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.2.2 Composition des communautés

3.3.2.2.1 Fréquence d'occurrence

L'analyse descriptive des données brutes au travers des fréquences d'occurrence apporte une information relative à la structure des peuplements observés sur le site d'étude. Les résultats produits structurent la liste des espèces capturées en associant chacune à une classe d'occurrence, depuis les espèces dites « constantes » ($f > 75\%$) jusqu'aux espèces dites « très rares » ($f < 10\%$).

Une espèce est considérée comme constante, le tacaud commun. La petite roussette et la langouste rouge *Palinurus elephas* sont considérées comme communes. Puis, le tourteau *Cancer pagurus*, la lingue franche *Molva molva*, le merlu, le congre commun *Conger conger*, la baudroie commune *Lophius piscatorius* et le lieu jaune *Pollachius pollachius* sont considérés comme occasionnels (cf. Tableau 10).

Certaines espèces, comme le tacaud commun, la langouste rouge, la lingue franche et le congre commun sont présentes tout au long de l'année sur la zone d'étude. Leur fréquence d'observation dans les captures au filet trémail est donc stable selon les campagnes.

A contrario, des variations saisonnières sont bien marquées pour certaines espèces. C'est le cas notamment pour la petite roussette et le tourteau, plus fréquents en printemps et été, le merlu, plus fréquent en été et en automne, ou encore le lieu jaune, plus fréquent en automne.

Tableau 10 : Liste des espèces de poissons, de céphalopodes et de crustacés capturées au filet trémail, classées par catégorie d'occurrence (Constantes : présentes dans plus de 75% des 184 stations, Communes : entre 50% et 75%, Occasionnelles : entre 25% et 50%, Rares : entre 10% et 25% ; et Très rares : moins de 10%) en fonction de leur fréquence d'occurrence (en %) (source : setec énergie environnement, 2024).

Espèce		1 2022 Printemps	2 2022 Été	3 2022 Automne	4 2023 Hiver	5 2023 Printemps	6 2023 Été	7 2023 Automne	8 2024 Hiver	Total (/184)	Fréq. occ. (en %)
Constantes	Tacaud commun	20	18	22	22	12	20	22	15	151	82.1%
	Petite roussette	17	20	9	8	20	21	9	16	120	65.2%
Communes	Langouste rouge	12	14	15	17	11	14	15	16	114	62.0%
	Tourteau	13	16	4	2	11	16	5	16	83	45.1%
Occasionnelles	Lingue franche	6	11	10	9	7	11	10	14	78	42.4%
	Mertu	7	10	18	7	2	7	13	3	67	36.4%
	Congre commun	10	8	5	2	8	5	12	10	60	32.6%
	Baudroie commune		3	8	7	10	6	13	6	53	28.8%
	Lieu Jaune	5	5	15	7	3	3	9		47	25.5%
	Emissole tachetée	6		3	3	13			17	42	22.8%
Rares	Petit Tacaud	1	6	9	9		3	1	1	30	16.3%
	Grondin Rouge	5	5	3	4	4	3	2	2	28	15.2%
	Cardine franche	1	6	7	1	4	2	3	1	25	13.6%
	Sole commune	1		6	6	2	4	3	1	23	12.5%
	Emissole lisse	2				11		1	8	22	12.0%
	Merlan Bleu	2	5			2	7	3	2	21	11.4%
	Araignée de mer	1		1	3	2	1	2	10	20	10.9%
	Coquette	4	6	1		3	3	1	1	19	10.3%
	Chincharde commun	1	4	4	3	2	3		1	18	9.8%
	Homard Européen	3	1	4		1	1	1	4	15	8.2%
Très rares	Raie torpille			7				7	1	15	8.2%
	Saint-Pierre	2	2	2	3	1	3	1	1	15	8.2%
	Rascasse Rouge	2		1	2	3	2	1	1	12	6.5%
	Merlan commun	4	1	2			1			8	4.3%
	Poulpe commun		1		3			2	1	7	3.8%
	Raie bouclée	1	3				3			7	3.8%
	Vieille	1		3			1	1	1	7	3.8%
	Dorade royale							6		6	3.3%
	Maquereau commun		1	1		2	2			6	3.3%
	Pagre commun			5					1	6	3.3%
	Limande sole	2		1		1	1			5	2.7%
	Phycis de fond		2			2		1		5	2.7%
	Requin-hâ							1	4	5	2.7%
	Rouget barbet de roche	5								5	2.7%
	Bar commun			1				2		3	1.6%
	Grondin camard	2		1						3	1.6%
	Requin peau bleue		2	1						3	1.6%
	Seiche commune			1	1			1		3	1.6%
	Dorade rose			1	1					2	1.1%
	Langoustine						1	1		2	1.1%
	Mostelle/Phycis de roche	2								2	1.1%
	Raie douce					1		1		2	1.1%
	Raie fleurie			1			1			2	1.1%
	Raie pastenague							2		2	1.1%
	Rascasse Garde-écueil							1	1	2	1.1%
	Aiguillat commun							1		1	0.5%
	Anchois			1						1	0.5%
	Barbue			1						1	0.5%
	Cabillaud							1		1	0.5%
	Dorade grise			1						1	0.5%
	Grondin gris					1				1	0.5%
	Grondin morrude				1					1	0.5%
Raie brunette			1						1	0.5%	
Raie torpille marbrée								1	1	0.5%	
Rascasse scorpine							1		1	0.5%	
Rouquié	1								1	0.5%	
Sardine	1								1	0.5%	
Turbot	1								1	0.5%	

3.3.2.2.2 Composition globale en espèces

En abondance, toutes campagnes confondues, l'espèce la plus présente est le tacaud commun, suivie de la petite roussette et de la langouste rouge (cf. Figure 81), ces trois espèces cumulent 1 434 individus capturés, soit plus de la moitié des effectifs (51%).

Au total, ce sont 21 espèces avec des abondances supérieures à 20 individus qui ont été observées, 17 de poissons et 4 de crustacés. Ces 21 espèces représentent 94% des effectifs observés.

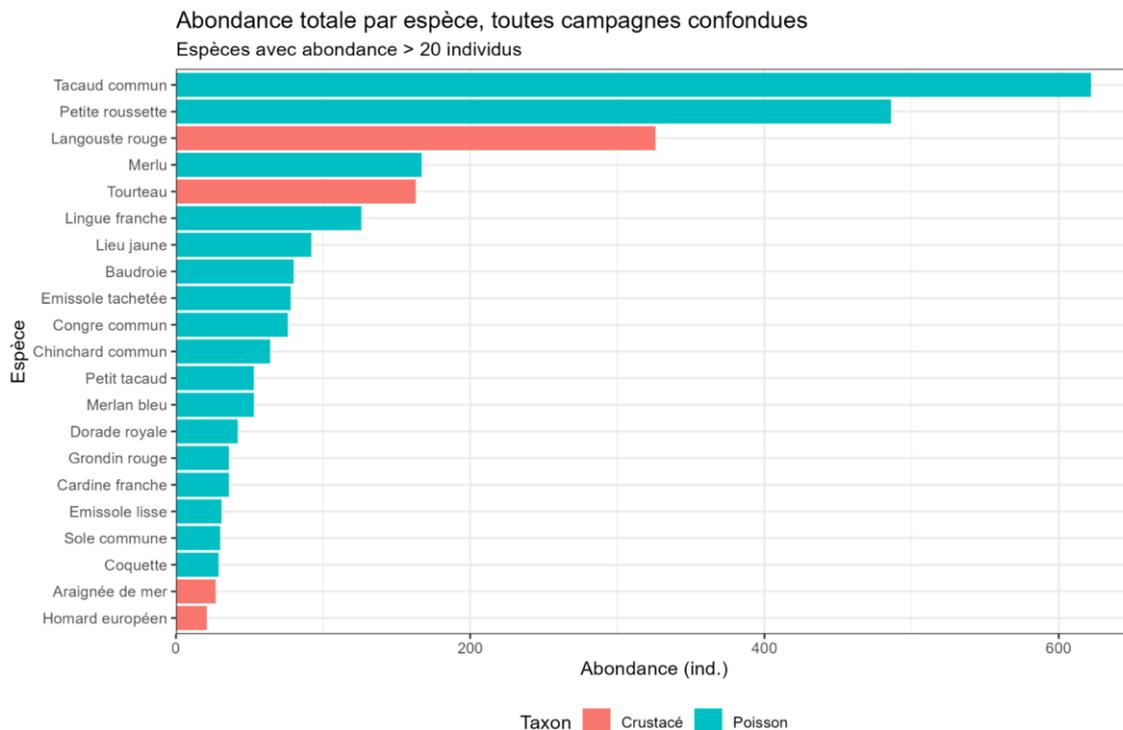


Figure 81: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées (abondance totale > 20 individus) au filet trémail sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).

Au-delà de la fréquence d'observation des espèces (présence/absence) présentée ci-avant, un effet saisonnier est également observé pour les abondances par campagne (cf. Figure 82). Par exemple, les abondances de petite roussette sont importantes au printemps, et encore plus en été. Pour le tacaud commun et le merlu, les abondances maximales sont observées en automne. A l'inverse, les abondances de langouste rouge et de lingue franche varient peu d'une campagne à l'autre, ce qui est possiblement lié à un caractère plus sédentaire de ces espèces.

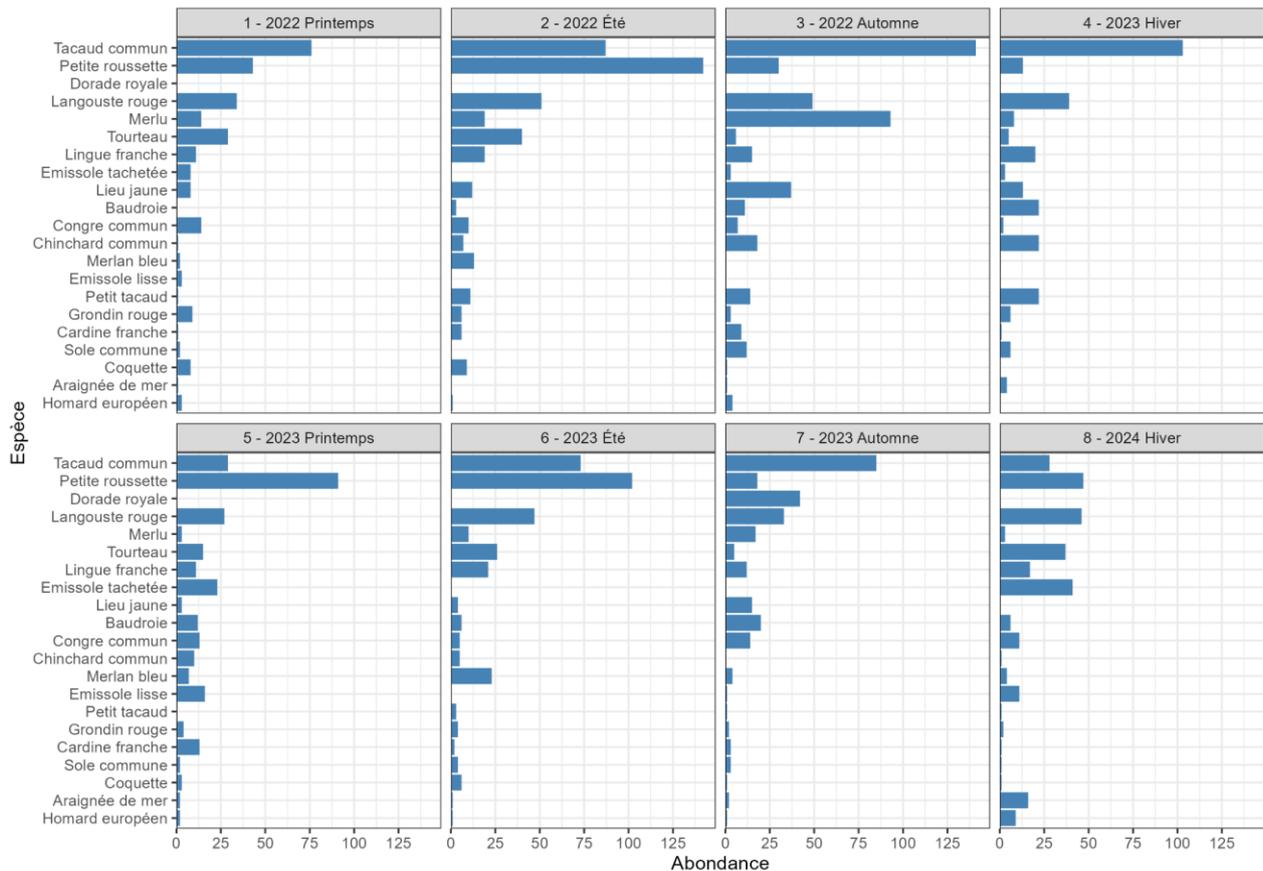


Figure 82: Abondance (nombre d'individus) des principales espèces capturées (abondance totale > 20 individus) au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

En biomasse cumulée toutes campagnes confondues, 13 espèces sont caractérisées par des biomasses supérieures à 50 kg, 11 de poissons et 2 de crustacés, pour 89,5% des effectifs représentés. Les 5 espèces qui dominent les captures, avec plus de 300 kg de biomasse, sont le congre commun, la baudroie, la lingue franche, la petite roussette et le merlu, pour près de 54% de la biomasse totale capturée (cf. Figure 83).

Il est intéressant de noter que des espèces peu abondantes, tels le congre commun ($n = 76$) et la baudroie ($n = 81$) représentent une part non négligeable des biomasses. Cela s'explique par le poids individuel moyen bien plus importants que d'autres espèces, tel le tacaud commun ($n = 622$ pour « seulement » 164 kg).

On observe également un effet saisonnier important, avec de fortes quantités de baudroie en automne et en hiver ou de lieu jaune en automne par exemple (cf. Figure 84).

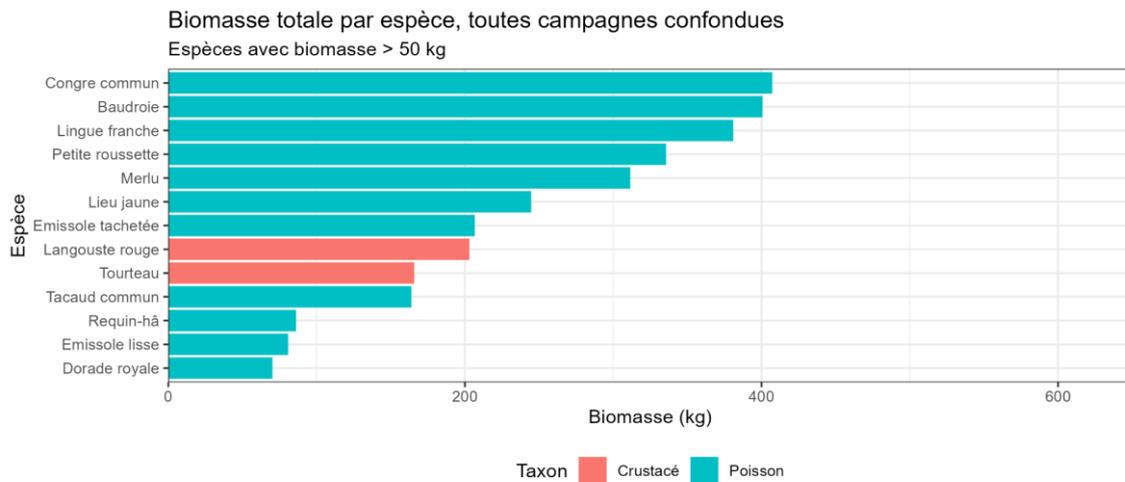


Figure 83: Biomasse (kg) des principales espèces capturées (biomasse totale > 50 individus) au filet trémail sur l'ensemble des campagnes (source : setec énergie environnement, 2024).

On peut remarquer les biomasses importantes de merlu à l'automne 2022 et de baudroie en hiver 2023.

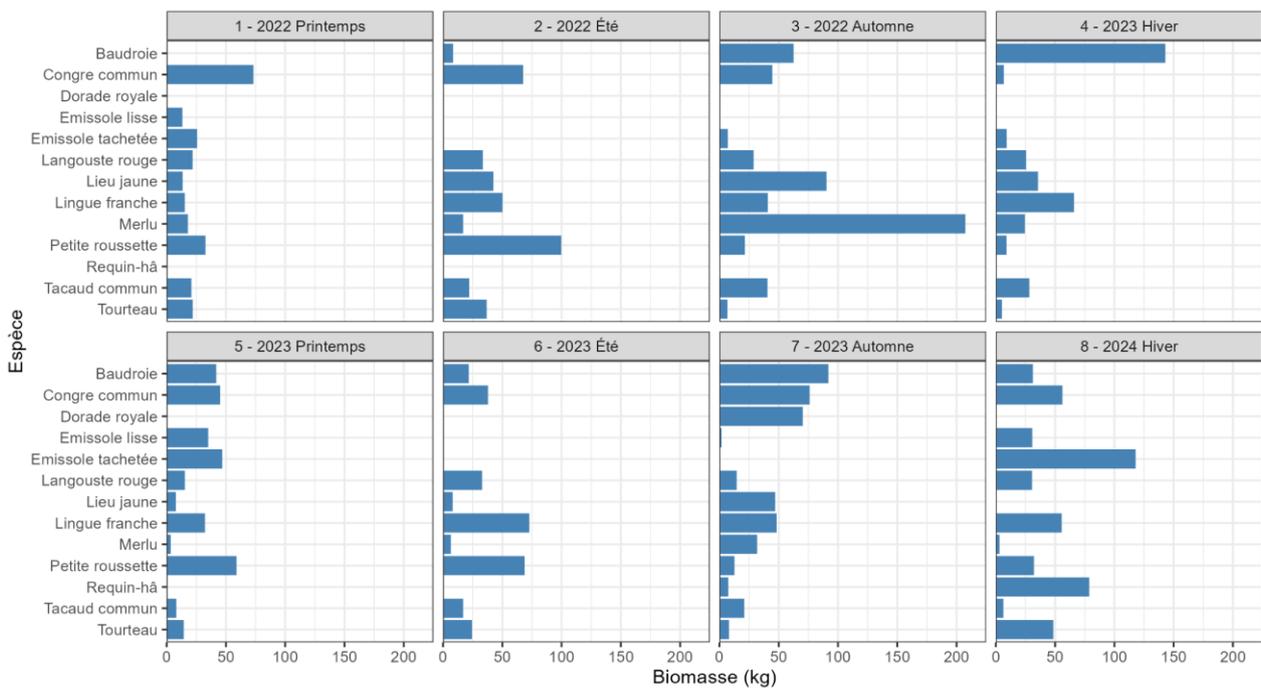


Figure 84: Biomasse (kg) des principales espèces capturées (biomasse totale > 50 individus) au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3 Focus sur quelques espèces benthodémersales de poissons et de céphalopodes

3.3.3.1 Merlu



Le **merlu** (*Merluccius merluccius*) apparaît, selon nos moyens d'observation (chalut de fond et filet trémail), comme l'un des poissons les plus abondants de la zone étudiée, toutes espèces confondues. Cette espèce démersale représente de plus un enjeu halieutique important dans le golfe de Gascogne, en particulier pour le port de Lorient situé à proximité immédiate de la zone. Le merlu constitue en effet la première espèce en tonnage (17 %) et la deuxième en valeur (13 %) parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le Morbihan (quartiers maritimes de Lorient, Auray et Vannes).

Sur les fonds meubles échantillonnés au chalut, il représente à lui seul 21,5 % du nombre total et 16 % de la biomasse totale de poissons benthodémersaux et de céphalopodes. Sur les fonds rocheux échantillonnés au filet trémail, le merlu représente 6 % des captures en nombre et 9 % en biomasse.

Le merlu est présent toute la saison sur la zone, mais les plus fortes abondances et biomasses sont observées au printemps et été au chalut de fond, et en automne 2022 au filet trémail (cf. Figure 85), en relation probable avec une forte abondance d'anchois et petits chinchards, proies des gros merlus.

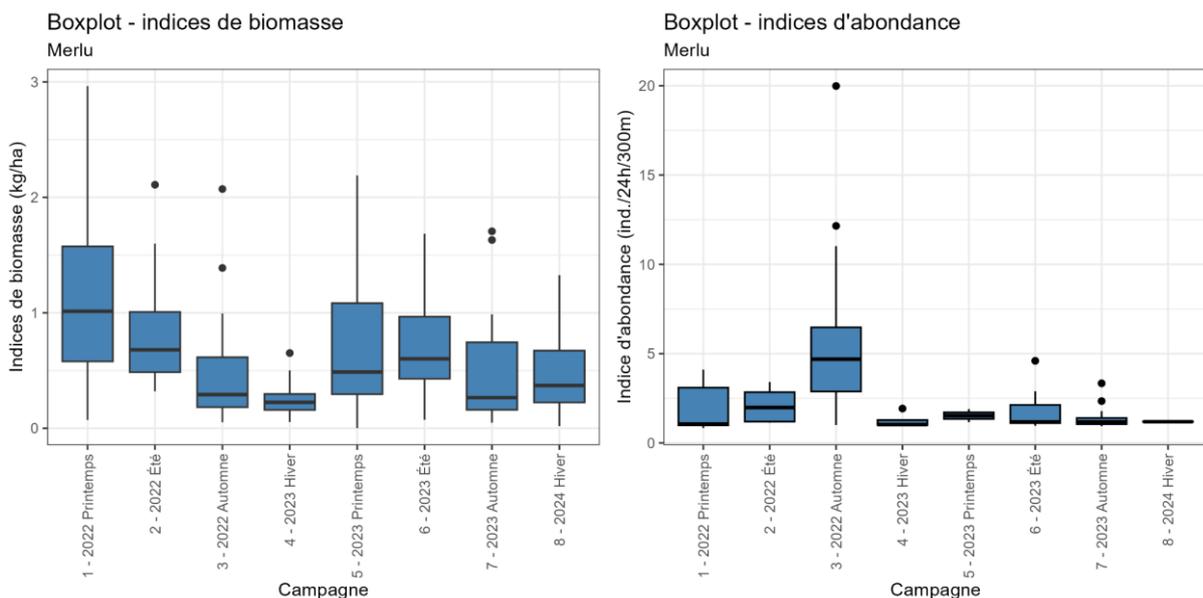


Figure 85 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlus capturés au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempe et 300 mètres de filet) de merlus capturés au filet trémail (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse et d'abondance obtenus au chalut montre une grande variabilité d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre, avec cependant en moyenne des valeurs plus faibles dans le nord et nord-ouest et plus fortes dans le centre de la zone d'étude (cf. Figure 86).

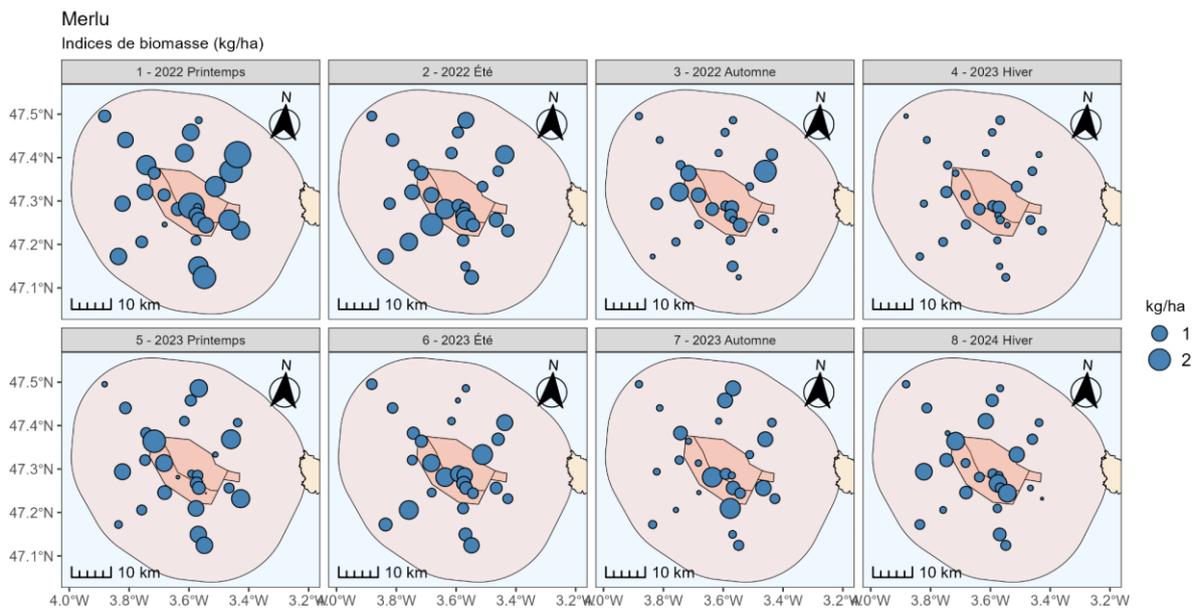


Figure 86 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlus capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Au filet trémail, en moyenne sur l'année, les biomasses les plus élevées ont été observées au nord-ouest de la zone et les plus faibles au sud-est (cf. Figure 87).

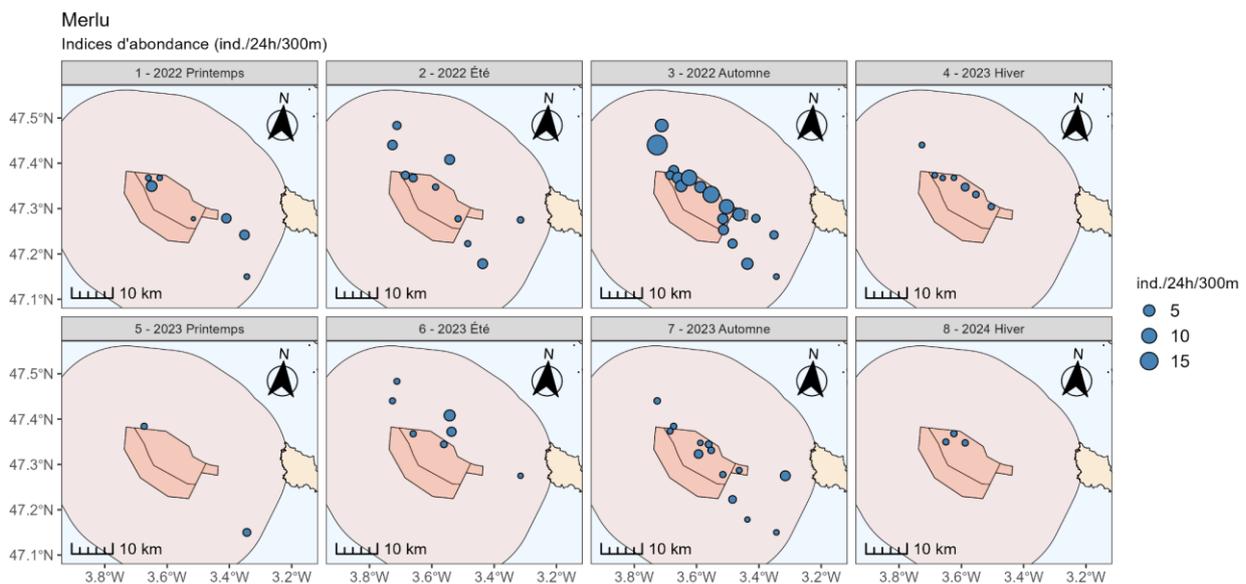


Figure 87 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempe et 300 mètres de filet) des merlus capturés au filet trémail. (source : setec énergie environnement, 2024).

L'analyse de la structure en tailles des captures au chalut (cf. Figure 88, à gauche) révèle la présence sur la zone de merlus essentiellement juvéniles (moins de 40 cm) et immatures : la maturité sexuelle est atteinte à une taille d'environ 50 cm, matérialisée en bleu sur les figures. Il s'agit d'individus âgés de 1 à 2 ans, l'espèce est à croissance rapide, de l'ordre de 15 à 20 cm par an les 3-4 premières années.

Il est intéressant de noter que deux modes sont observables au printemps et en été (cf. Figure 89), ce qui correspond à deux cohortes d'individus différents :

- Au printemps, la première cohorte est composée d'individus de 4 à 10 cm et la seconde d'individus de 15 à 25 cm ;
- En été, la première cohorte est composée d'individus de 6 à 14 cm et la seconde d'individus de 18 à 30 cm.

Il s'agit probablement des mêmes cohortes que l'on retrouve sur les deux saisons avec un décalage de taille correspondant à la croissance entre les deux campagnes. Ces deux cohortes correspondent à des recrues de l'année, la taille à 1 an étant de l'ordre de 25 à 30 cm. La reproduction du merlu se déroule principalement le long des accores du plateau continental, du nord du golfe de Gascogne à l'Irlande. Elle se déroule à partir de l'hiver et la période de reproduction peut être longue avec plusieurs pontes dans la période (Murua, 2010). Ainsi, les données de biométrie du chalut de fond laissent penser que des œufs et larves pourraient dériver au gré des courants et se fixer dans la zone d'étude, et ce plusieurs fois dans l'année (Alvarez et al, 2001). La zone d'étude fait partie des principales nourriceries de merlus, c'est-à-dire une large zone de fonds vaseux et sablo-vaseux du golfe de Gascogne de profondeur comprise entre 75 et 120 m.

En automne et en hiver, cette distribution bimodale ne se retrouve pas, avec un seul mode d'individus de taille comprise entre 10 et 30 cm, ce qui pourrait signifier que les écarts de croissance entre les recrues de l'année se lissent.

Au filet trémail, plusieurs observations sont à noter (cf. Figure 88 à droite et Figure 90) :

- La capture d'individus adultes matures, de taille supérieure à 50 cm, contrairement au chalut de fond, où ces individus étaient très rares ;
- La quasi-totalité des individus capturés au filet trémail excède la taille commerciale minimum, ou « maille », qui est de 27 cm (matérialisée par la ligne rouge en pointillés sur les figures). C'est encore une fois très différent du chalut de fond où une minorité d'individus étaient de taille commerciale ;
- Une distribution bimodale des individus, avec un groupe de taille comprise entre 25 et 45 cm (âgés de 2 ans environ), et un second groupe de taille comprise entre 65 et 85 cm (âgés de 4-5 ans environ). La faible représentation d'individus de taille intermédiaire (entre 45 et 65 cm) pourrait être liée aux variations interannuelles du recrutement, en relation avec les conditions océanographiques.

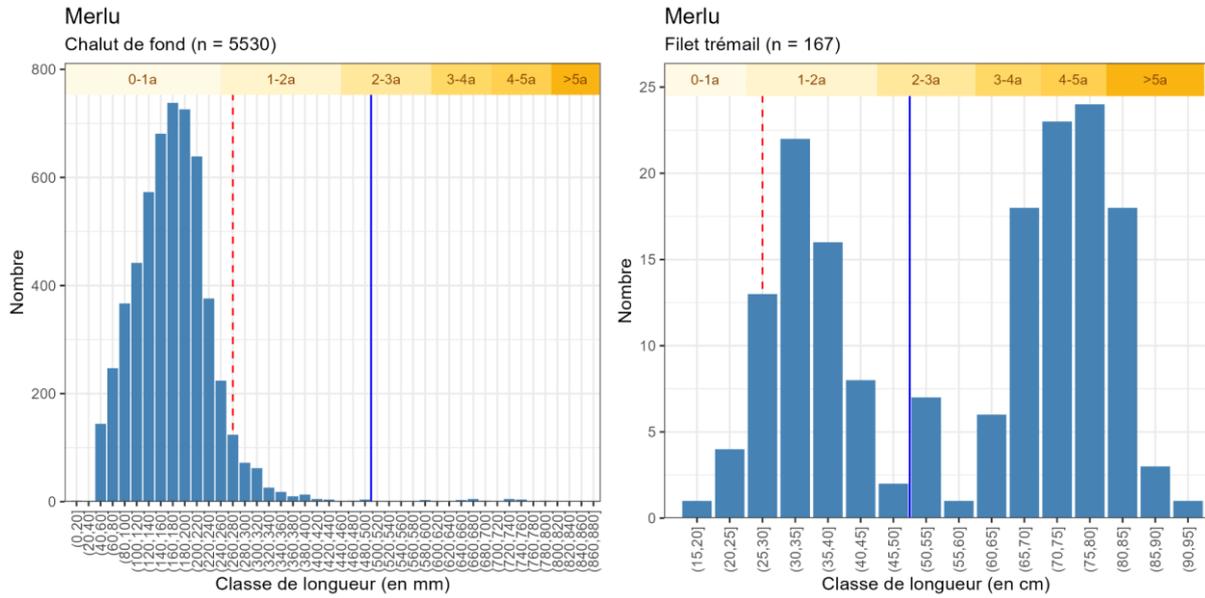


Figure 88 : Distribution en fréquences de tailles des merlus capturés toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

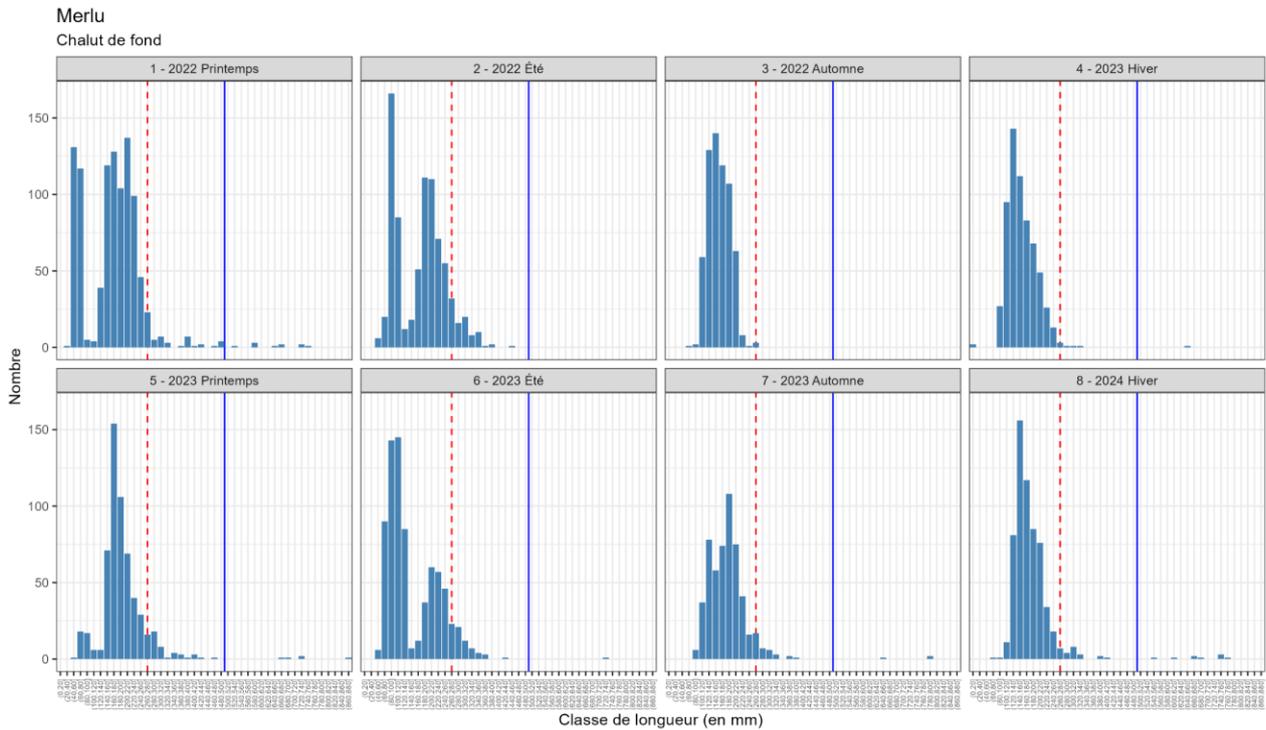


Figure 89 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des merlus capturés au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

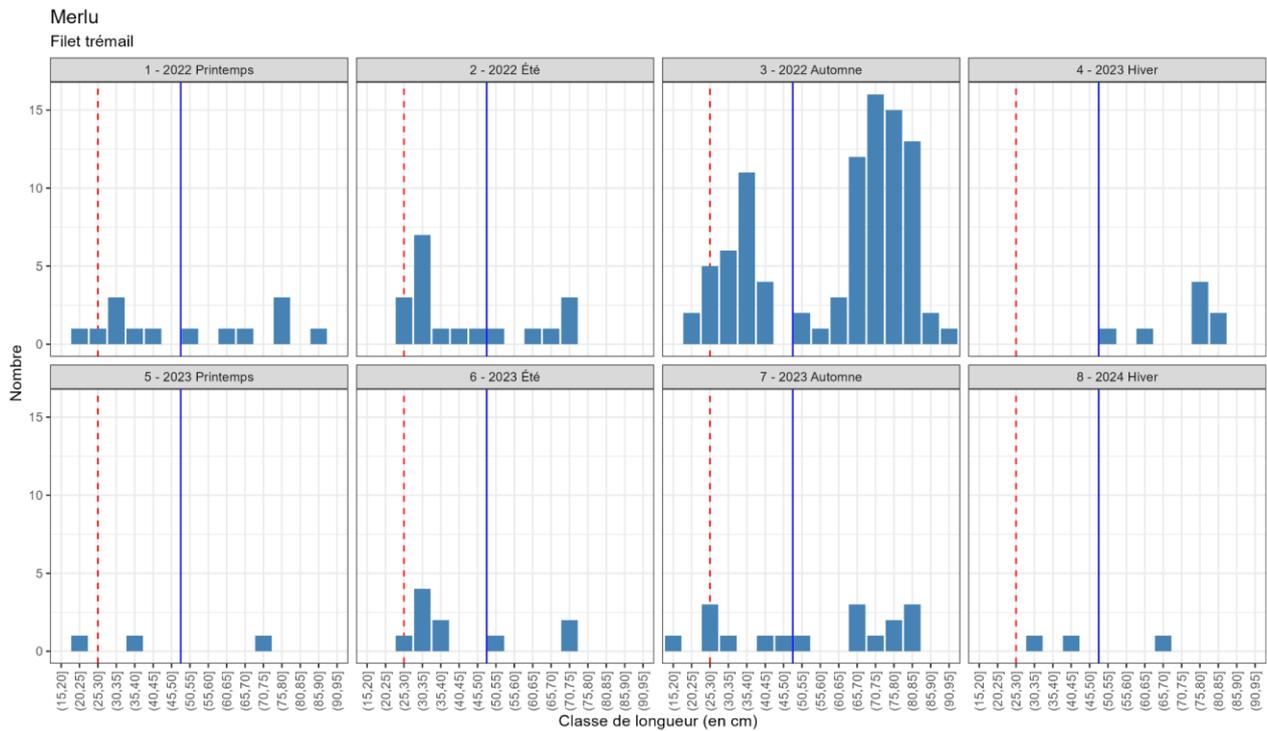


Figure 90 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des merlus capturés au filet trémail par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.2 Baudroies



Deux espèces de **baudroies**, appelées également lottes, sont observées sur la zone d'étude : la baudroie commune *Lophius piscatorius* et la baudroie rousse *Lophius budegassa*. Ces deux espèces seront ici traitées ensemble, car les fortes variations dans les proportions relatives des deux espèces dans nos données font apparaître un biais important lié aux observateurs. Ce sont des espèces benthiques qui présentent un intérêt halieutique fort dans le golfe de Gascogne. Elles constituent la première « espèce » en valeur (19 %) et la deuxième en tonnage (11 %) parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le Morbihan (quartiers maritimes de Lorient, Auray et Vannes).

Bien que ne présentant pas des abondances très élevées (< 3% pour les deux engins), les baudroies représentent une part importante des biomasses capturées : environ 12% au chalut de fond et au filet trémail.

Les baudroies sont présentes toute la saison sur la zone. Au chalut de fond, les biomasses ont été les plus importantes au printemps et en été pour la première année de suivi, et ont été assez semblables pour la seconde année. Au filet trémail, les abondances ont été maximales lors de la campagne d'hiver 2023 (cf. Figure 91).

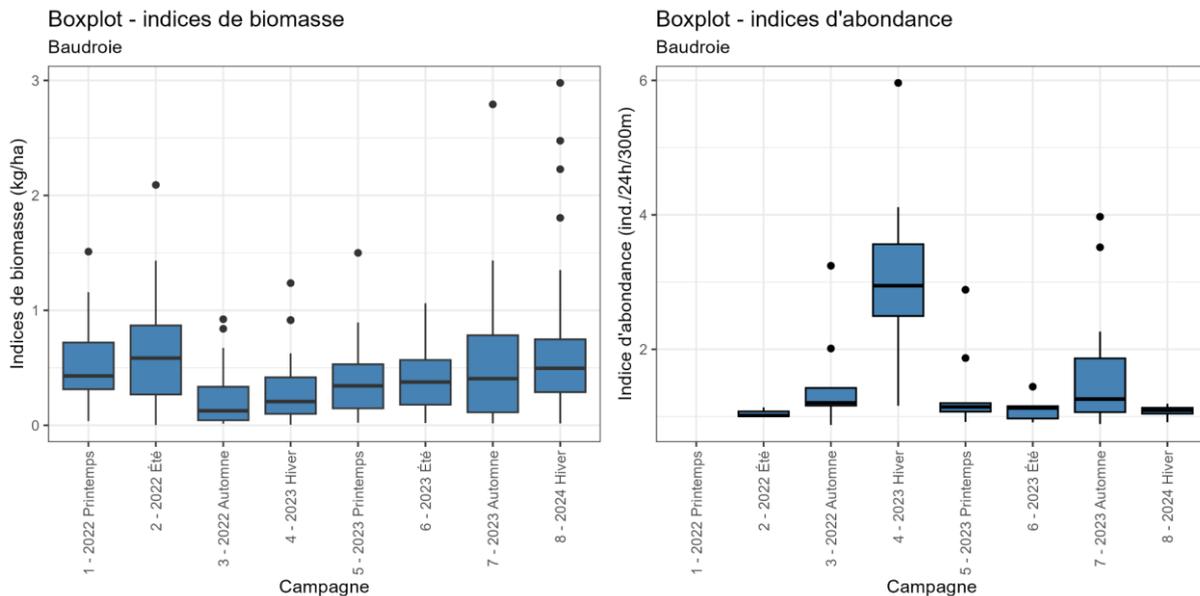


Figure 91 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de baudroies capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de baudroies capturées au filet trémail (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse et d'abondance obtenus au chalut montre une grande variabilité d'une campagne à l'autre, avec cependant en moyenne des valeurs plus faibles dans le nord/nord-ouest de la zone d'étude (cf. Figure 92 et Figure 93).

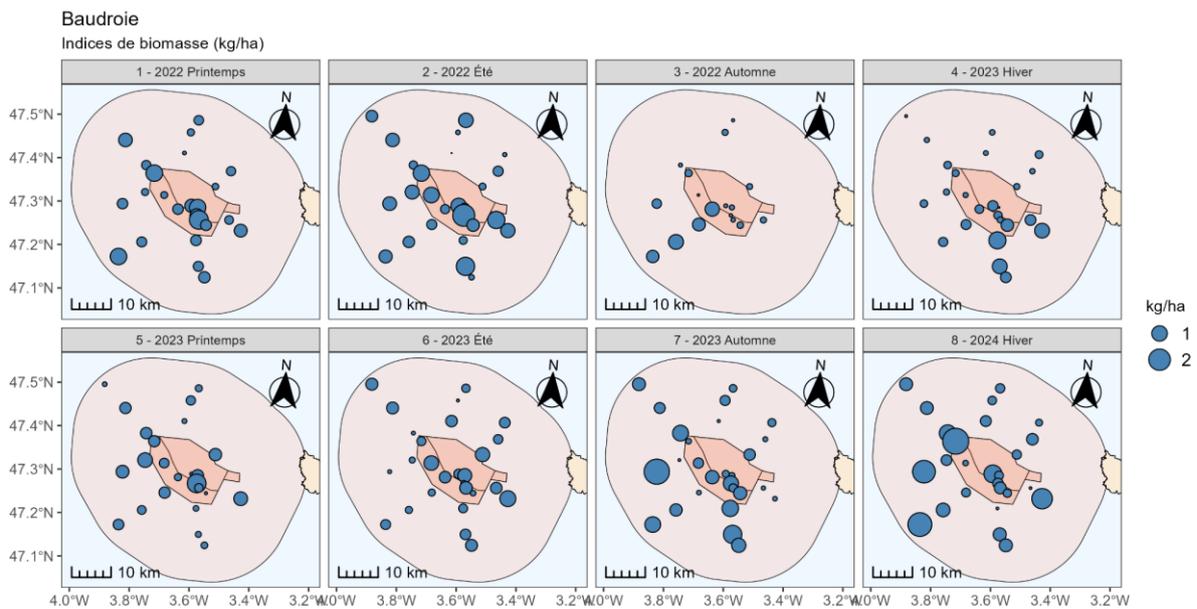


Figure 92 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de baudroies capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

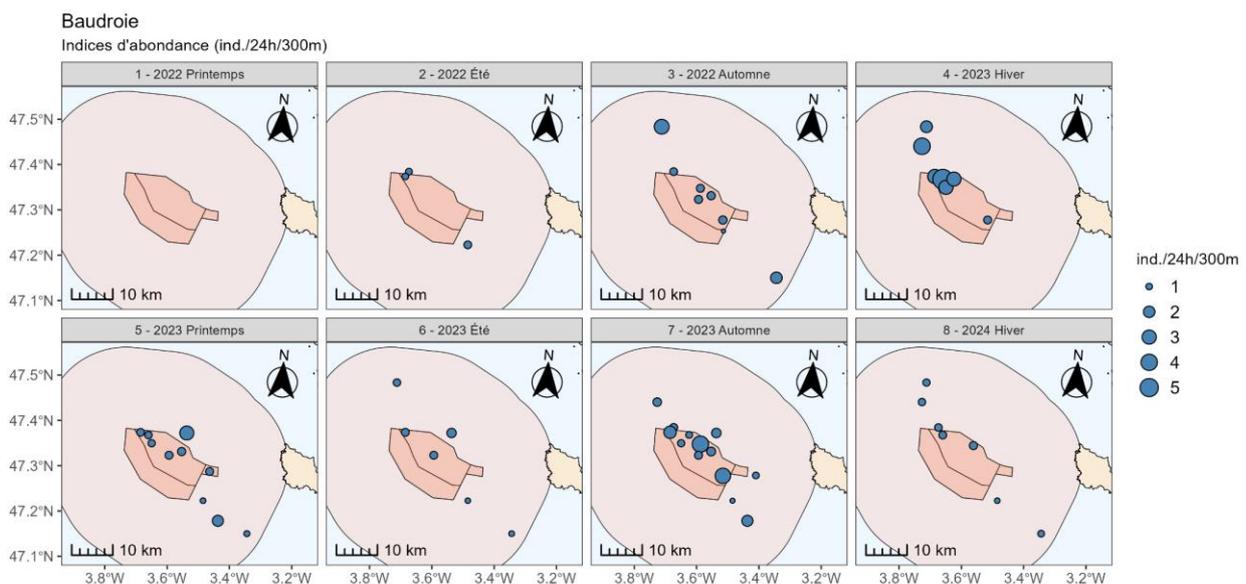


Figure 93 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des baudroies capturées au filet trémail. (source : setec énergie environnement, 2024).

L'analyse de la structure en tailles des captures au chalut (cf. Figure 94, à gauche) révèle la présence quasi exclusive de poissons juvéniles de taille inférieure à 40 cm (ce qui correspond à des individus de moins de 3 ans), pour une maturité sexuelle atteinte à minimum 50 cm (ce qui correspond également à la taille commerciale minimum).

A l'automne et au printemps, les baudroies capturées au chalut de fond apparaissent plus petites, avec un pic d'individus de 15 cm environ (cf. Figure 95). Cette taille correspond à des recrues âgées d'un an. Cette période pourrait correspondre à l'arrivée sur le fond des recrues de la précédente reproduction. En effet, la

période de ponte démarre en fin d'hiver, avec un stade planctonique pour les chapelets d'œufs puis les larves, avant qu'elles ne rejoignent le fond quelques mois plus tard.

Au filet trémail (cf. Figure 94 à droite, et Figure 96), les individus observés sont au contraire essentiellement des individus adultes et matures, parfois de taille importante, avec un pic d'abondance pour les classes de taille 70-75 et 75-80 cm. Ces classes de taille sont peu, voir jamais observées au chalut de fond.

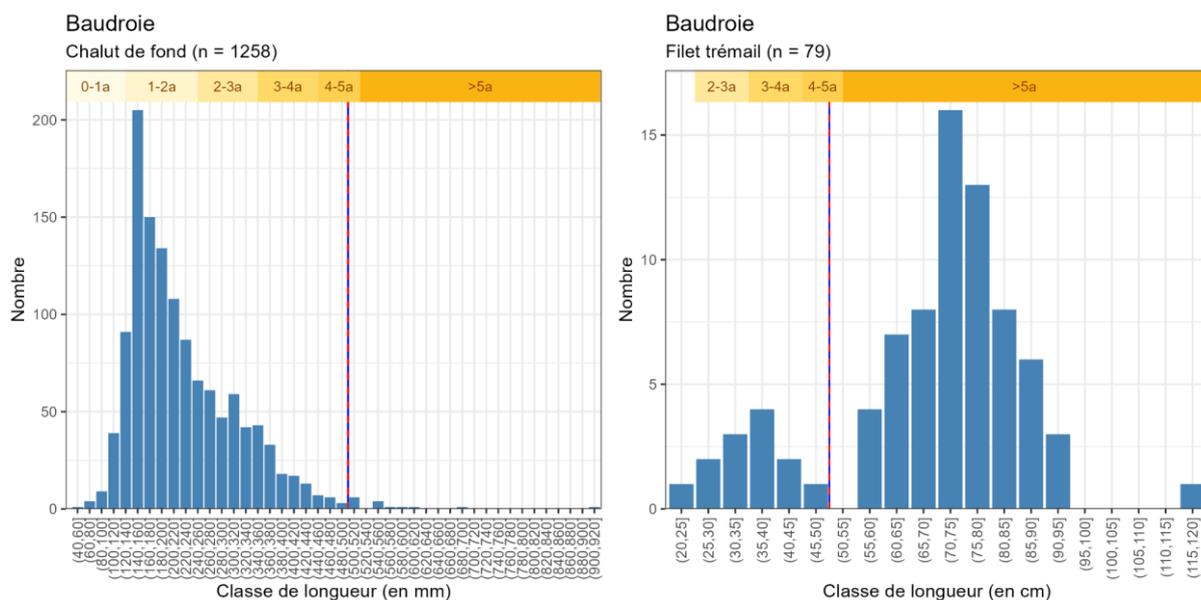


Figure 94 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des baudroies capturées toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical violet correspond à la taille commerciale et à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

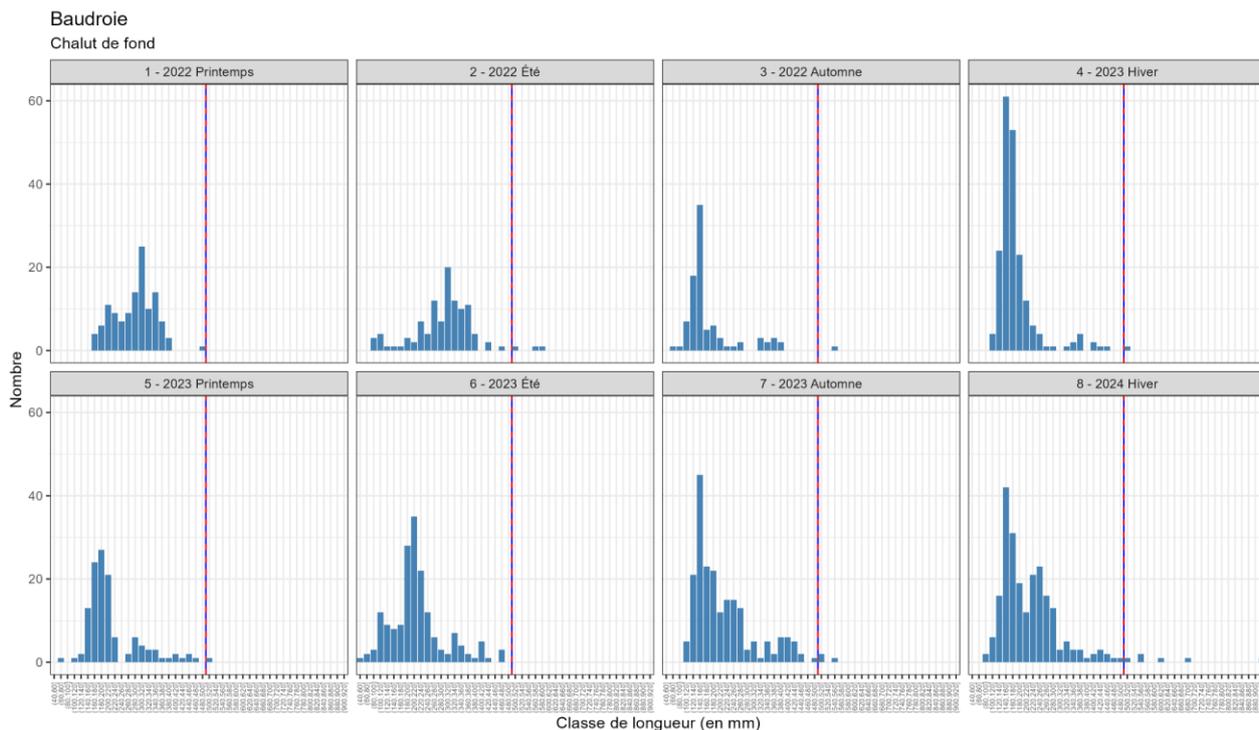


Figure 95 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des baudroies capturées au chalut de fond par campagne). Le trait vertical violet correspond à la taille commerciale et à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

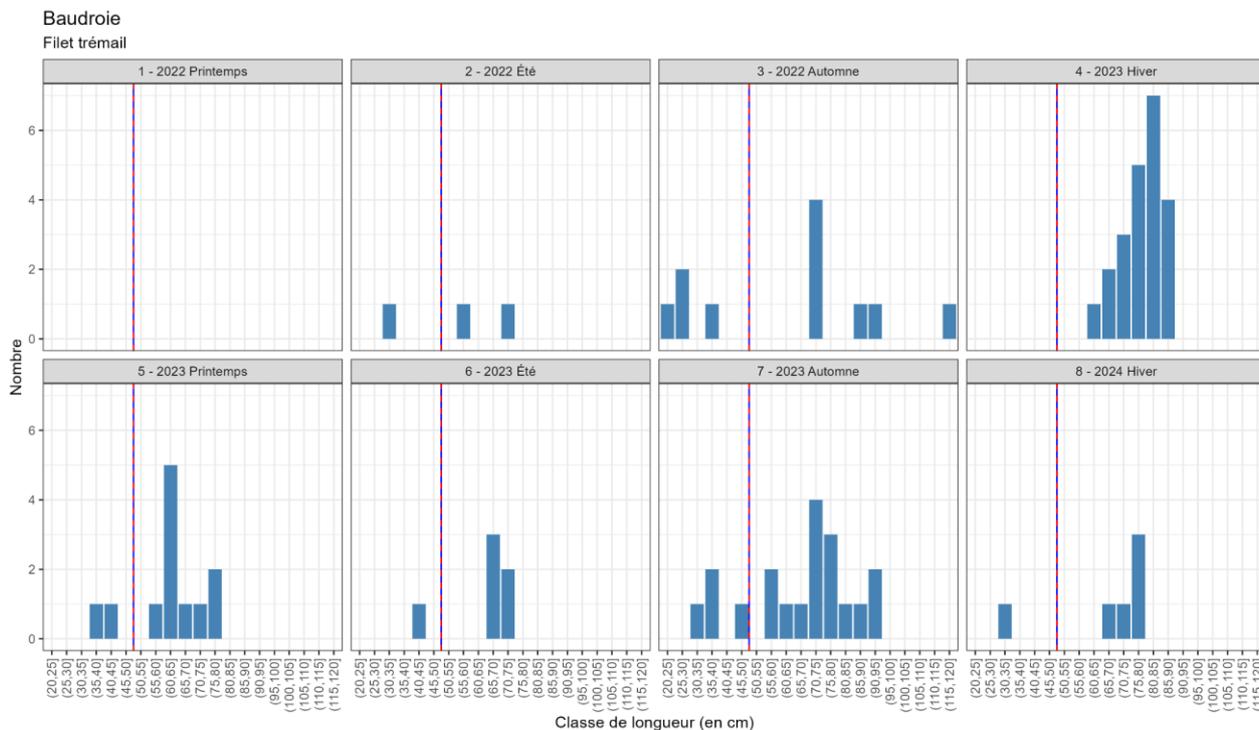


Figure 96 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des baudroies capturées au filet trémail par campagne. Le trait vertical violet correspond à la taille commerciale et à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.3 Sole commune



La **sole commune** (*Solea solea*) est une espèce benthique de poisson plat. Elle représente une faible part des captures mais est traitée ici du fait de son importance halieutique. Il s'agit de la 4^{ème} espèce en valeur (6 %) parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le Morbihan (quartiers maritimes de Lorient, Auray et Vannes).

En période automnale, les plus fortes biomasses au chalut de fond et abondances au filet trémail ont été observées (cf. Figure 97). Cette période correspond à la période de retour des adultes sur les frayères.

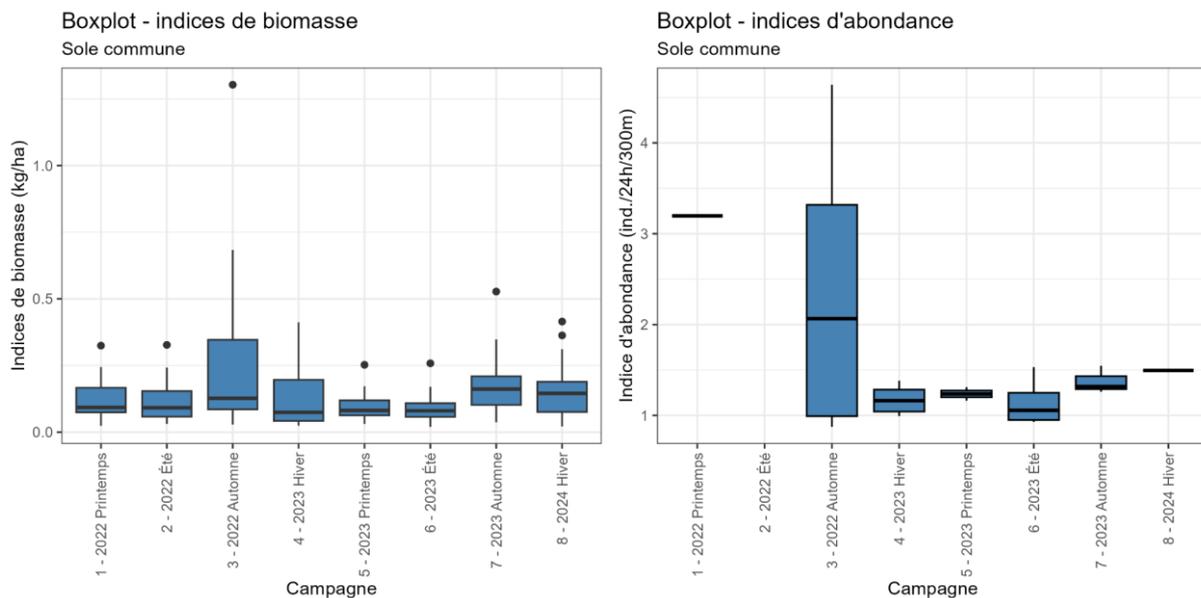


Figure 97 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de soles communes capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de soles communes capturées au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse et d'abondance est variable (cf. Figure 98). La sole commune semble être en présence plus importante dans le nord et nord-est de la zone, ce qui correspond à une zone de sédiments vaseux très fins, plus propice à l'espèce, zone qui plus est plus proche de la côte et des zones de frayères.

Au filet trémail (cf. Figure 99), les captures de soles communes, plus rares, concernent également le nord et l'est de la zone.

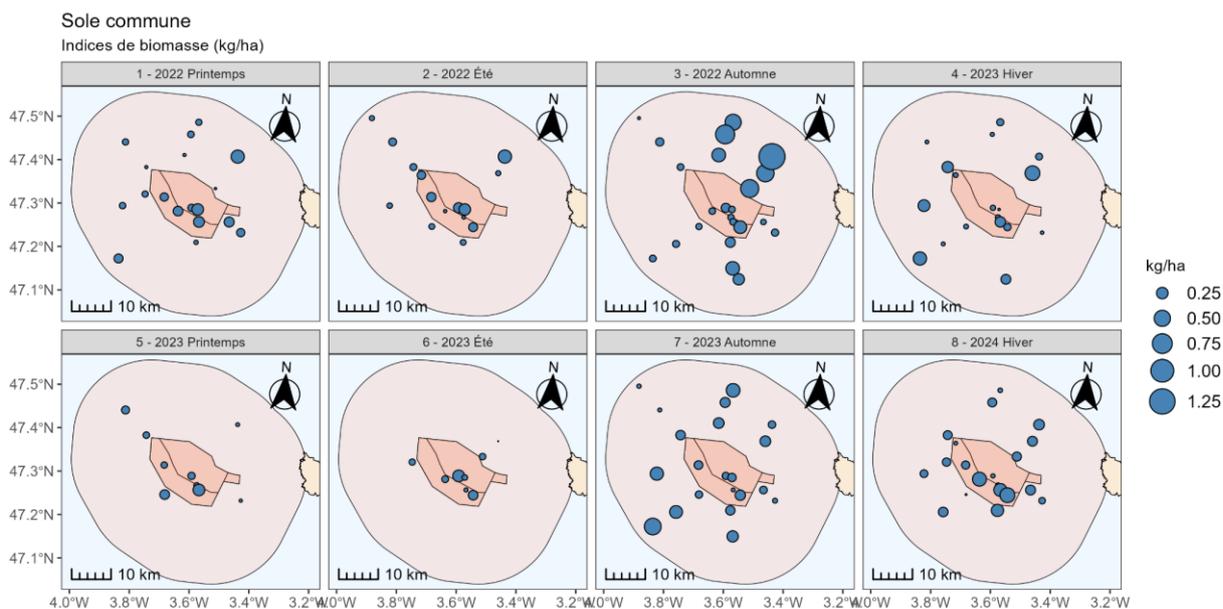


Figure 98 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de soles communes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

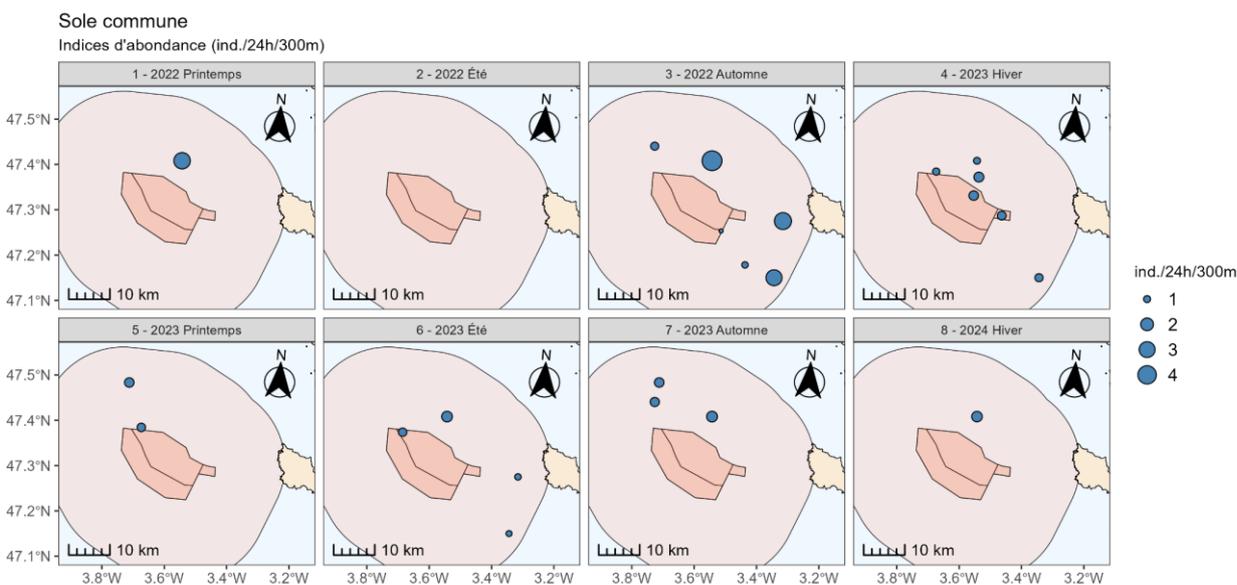


Figure 99 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des soles communes capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

L'analyse de la structure en tailles des captures au chalut de fond révèle la présence de poissons de taille assez diverses, comprises entre 10 et 45 cm (cf. Figure 100 à gauche). Le pic d'abondance est observé pour des poissons de 25 cm environ, ce qui correspond à la taille à maturité sexuelle. La majorité des soles communes ont une taille comprise entre 20 et 30 cm, ce qui correspond à des poissons âgés de 2 à 4 ans.

Au filet trémail, la totalité des individus capturés est mature et de taille supérieure à la commerciale, soit des individus de 4 ans ou plus (cf. Figure 100 à droite).

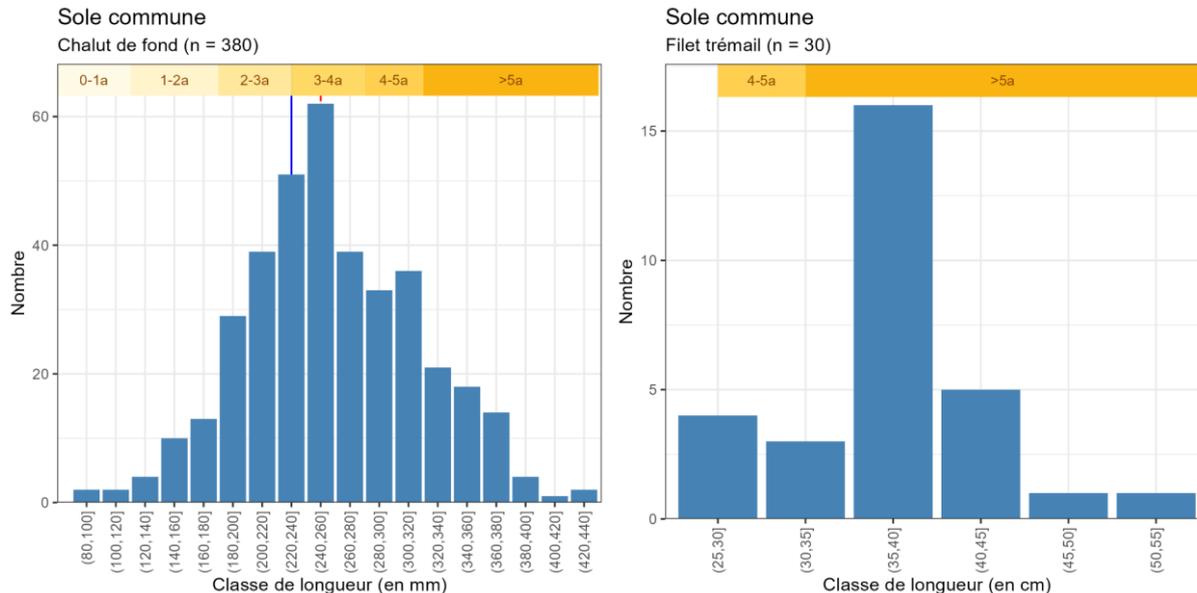


Figure 100 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des soles communes capturées toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu (pointillés) correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

La distribution en classes de taille évolue peu en fonction de la campagne d'échantillonnage pour les deux engins (cf. Figure 101 et Figure 102).

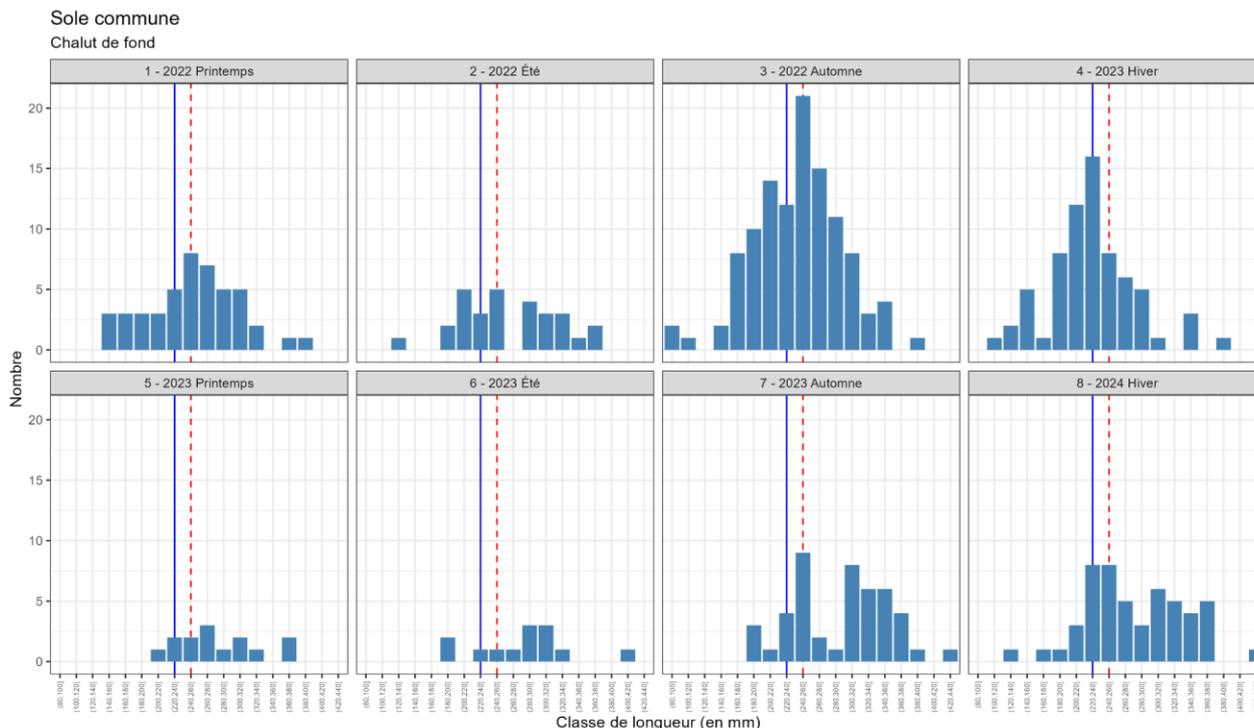


Figure 101 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des soles communes capturées au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

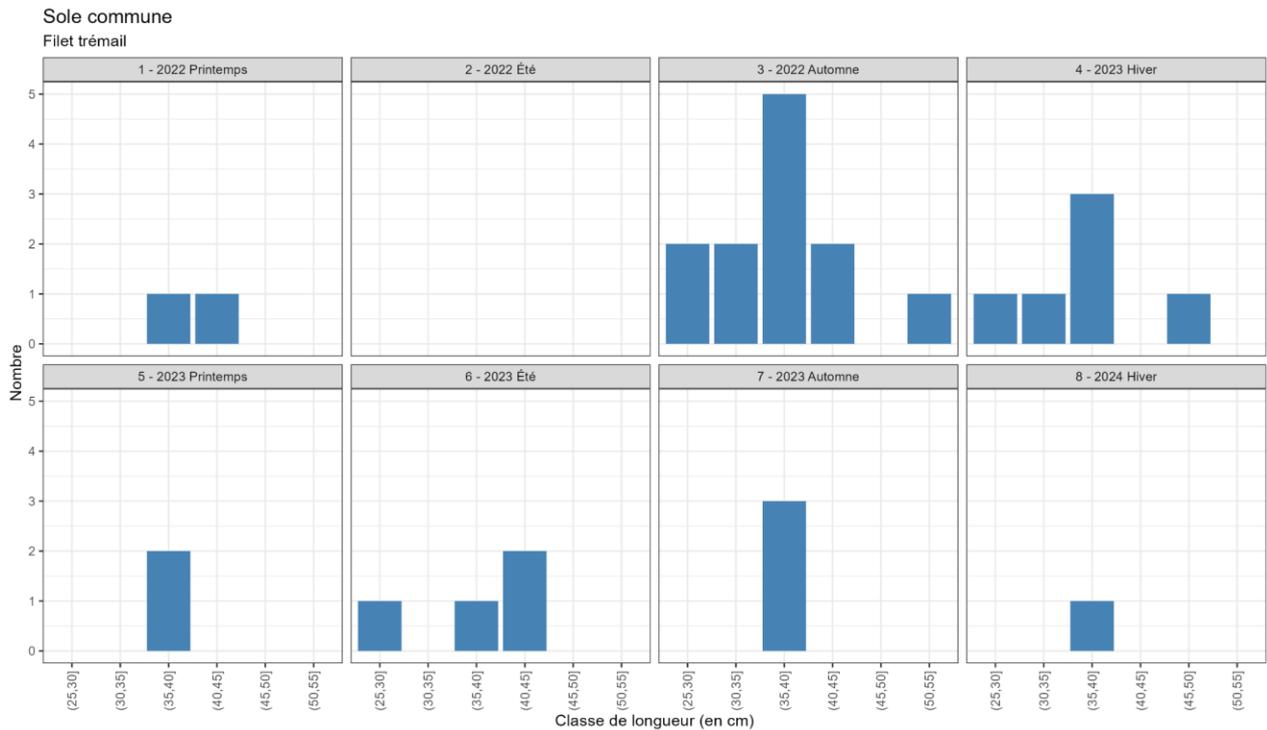


Figure 102 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des soles communes capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.4 Tacaud commun



Le **tacaud commun** (*Trisopterus luscus*) est une espèce démersale grégaire des fonds sableux et rocheux, très commune dans la zone. Elle représente plus de 9% des biomasses capturées au chalut et près de 22% des effectifs des captures au filet trémail, étant de fait l'espèce la plus pêchée avec cet engin.

Au chalut de fond, les plus fortes biomasses ont été observées lors de la première et dernière campagne, soit les campagnes de printemps 2022 et hiver 2024 (cf. Figure 103 à gauche). Au filet trémail, pour chaque année de suivi, les plus fortes abondances ont été observées lors des campagnes d'automne (cf. Figure 103 à droite). Néanmoins, aucune tendance significative n'est visible dans la variation des abondances et biomasses entre les campagnes, ce qui corrobore la présence tout au long de l'année de l'espèce.

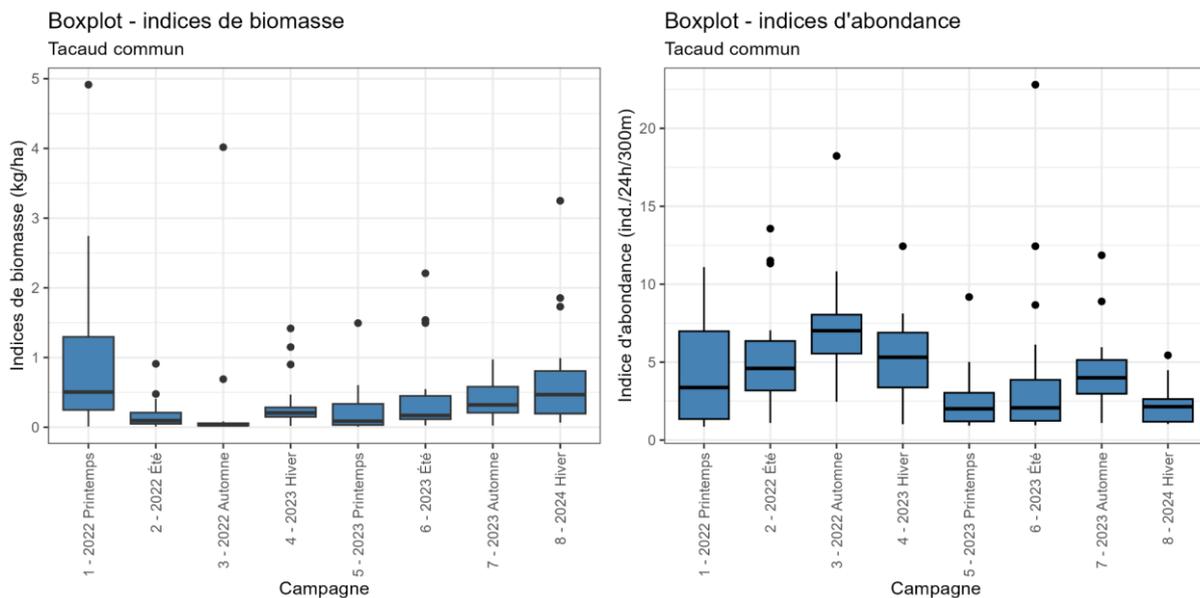


Figure 103 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de tacauds communs capturés au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

Au chalut de fond, la répartition spatiale des indices de biomasse varie sensiblement d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre (cf. Figure 104). Les biomasses semblent plus importantes au cœur de la zone, dans la zone d'étude immédiate, à proximité des zones de roche auxquelles l'espèce est également largement inféodée.

En ce qui concerne le filet trémail, les indices d'abondance sont plus homogènes entre stations (cf. Figure 105).

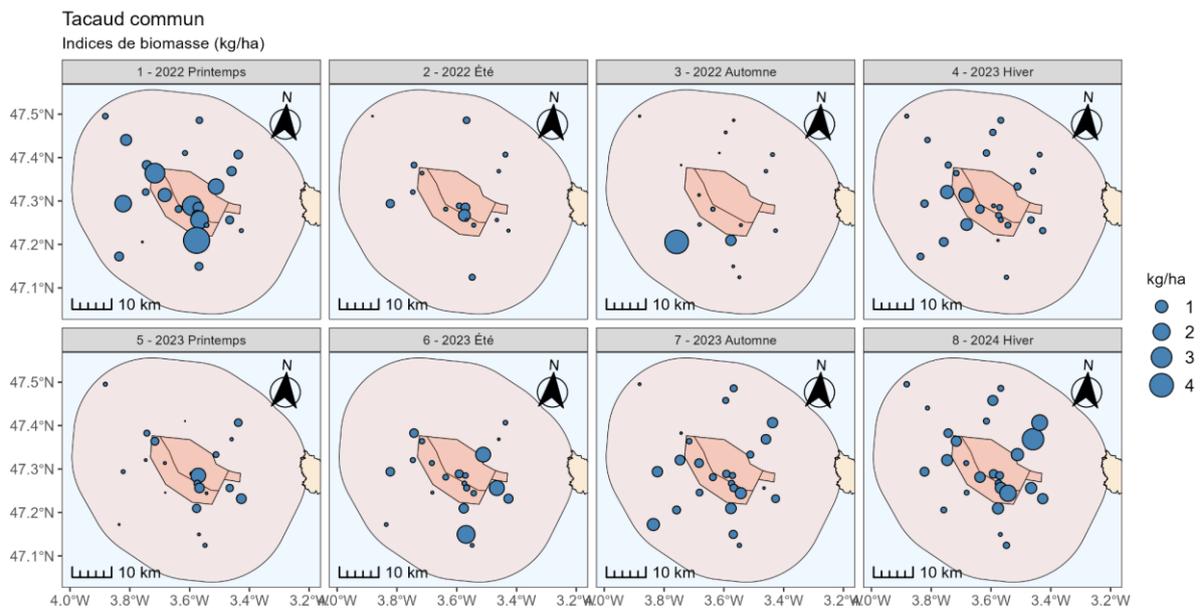


Figure 104 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

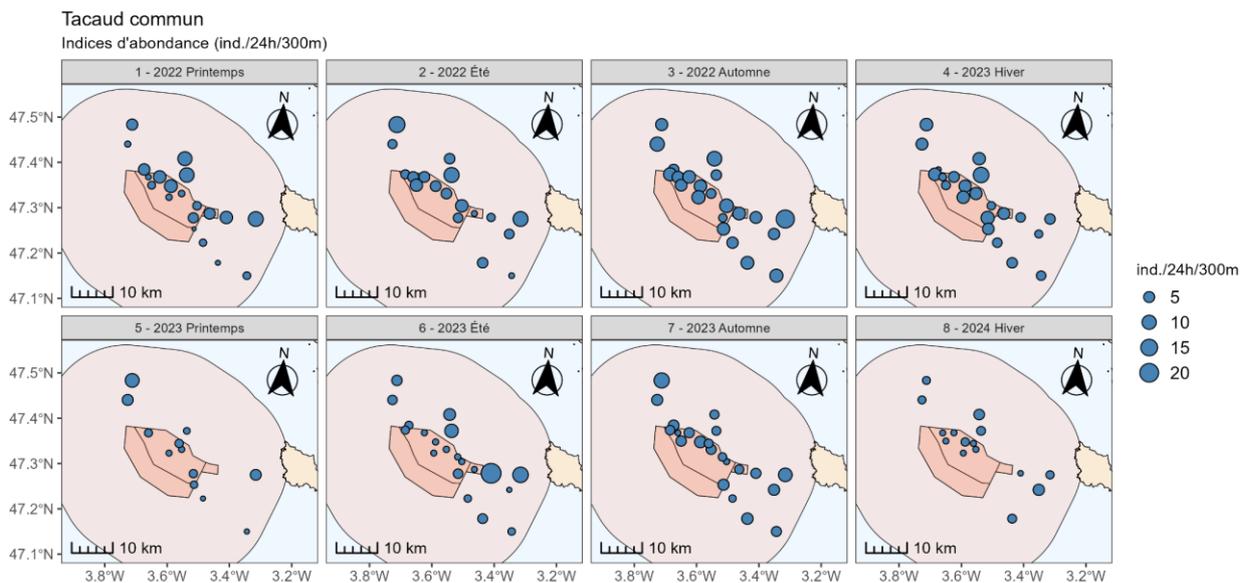


Figure 105 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trepasse et 300 mètres de filet) des tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Au chalut de fond, la distribution en classe de tailles des individus montre une distribution normale, avec un pic d'abondance pour les poissons de 18 cm (cf. Figure 106 à gauche). La majorité des poissons sont d'une taille comprise entre 15 et 25 cm, soit des individus âgés de 1 à 2 ans, ce qui correspond à l'âge de la première maturité (pour une taille de 18 cm).

Au filet trémail, les tacauds communs capturés sont de tailles plus importantes, la quasi-totalité étant des individus matures de taille supérieur à 20 cm (cf. Figure 106 à gauche).

Pour les deux engins, la distribution en classes de taille des individus ne semble pas significativement différente d'une campagne à l'autre (cf. Figure 107 et Figure 108).

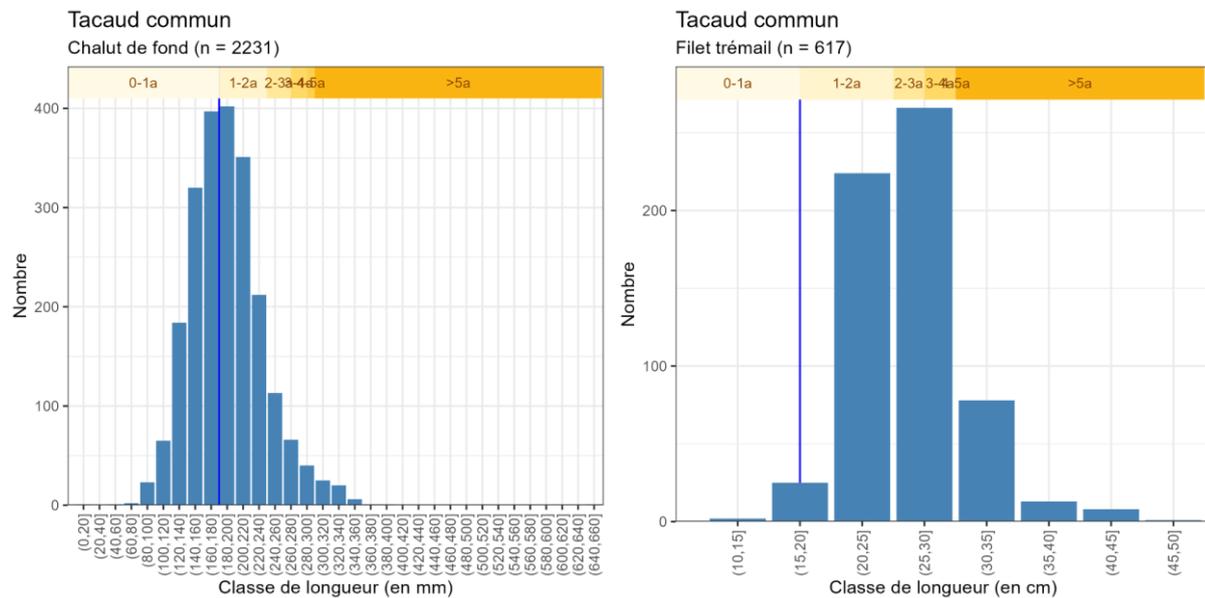


Figure 106 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des tacauds communs capturés toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

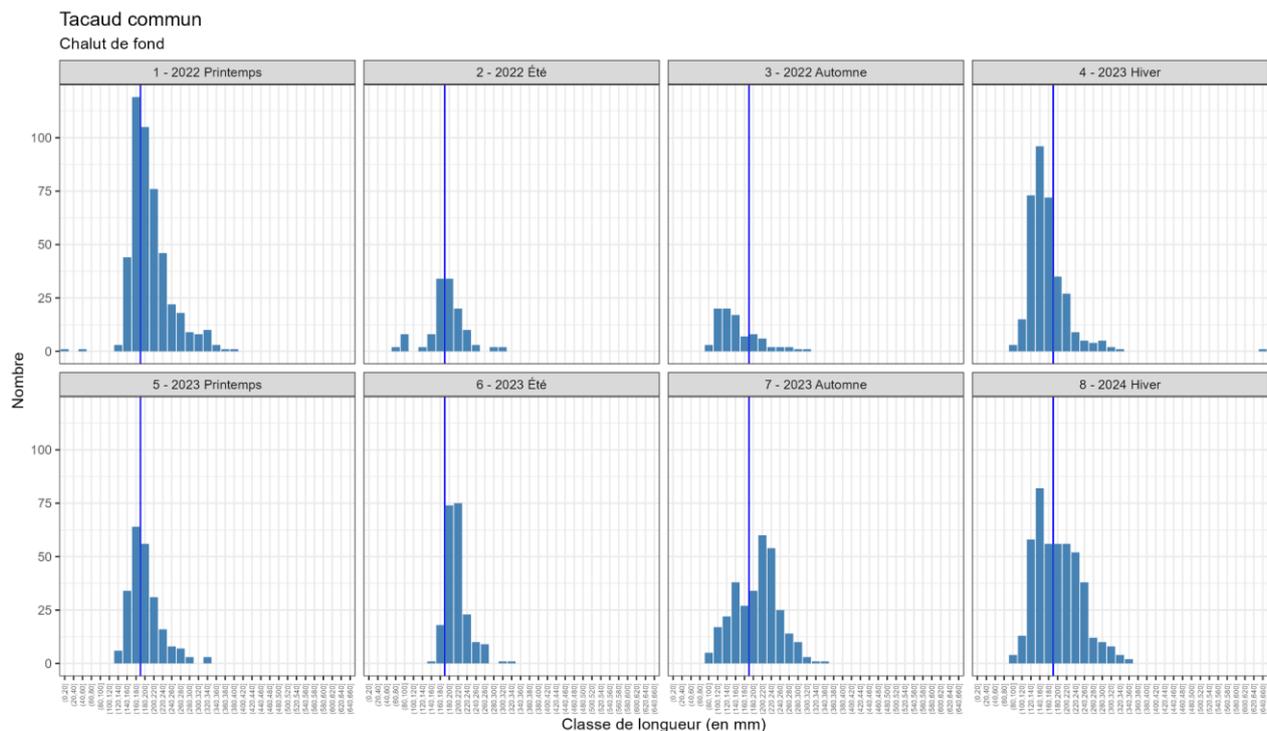


Figure 107 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des tacauds communs capturés au chalut de fond par campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

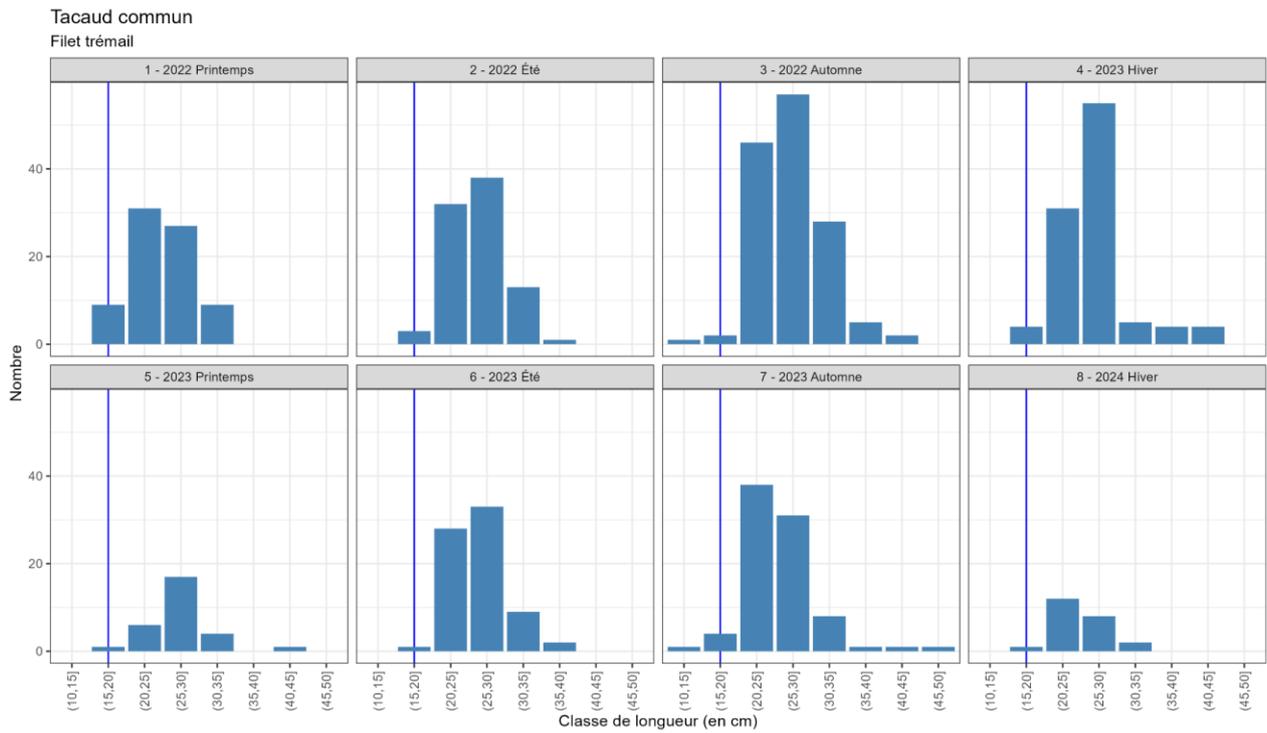


Figure 108 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des tacauds communs capturés au filet trémail campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.5 Cardine franche



A l'instar de la sole commune, la **cardine franche** (*Lepidorhombus whiffiagonis*) est une espèce de poisson plat benthique d'intérêt halieutique. Elle constitue la 11^{ème} espèce en valeur parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le quartier maritimes de Lorient.

Elle représente 15,6 % des biomasses capturées au chalut de fond (pour 15,7% des individus capturés). Au filet trémail, les captures sont plus rares, avec seulement 36 individus, soit 1,3% des effectifs.

Lors de la première année de suivi au chalut de fond, les plus fortes biomasses ont été observées au printemps et en été, à l'inverse de la seconde année où les maximales ont été observées en automne et en hiver (cf. Figure 109, à gauche).

Au sein de son aire de répartition, une stratification bathymétrique des cardines franches est observée en fonction du sexe (le sex-ratio est déséquilibré avec plus de mâles en profondeur, et plutôt des femelles à faible profondeur) et de l'âge (les adultes occupent le plateau et les juvéniles sur les pentes). Hormis cette stratification et les déplacements vers des plus faibles profondeurs en grandissant, l'espèce se déplace peu et est susceptible d'être observée toute l'année sur la zone d'étude.

Au filet, les captures sont faibles (n = 36), les zones rocheuses ne constituent pas un habitat de prédilection pour l'espèce (cf. Figure 109, à droite).

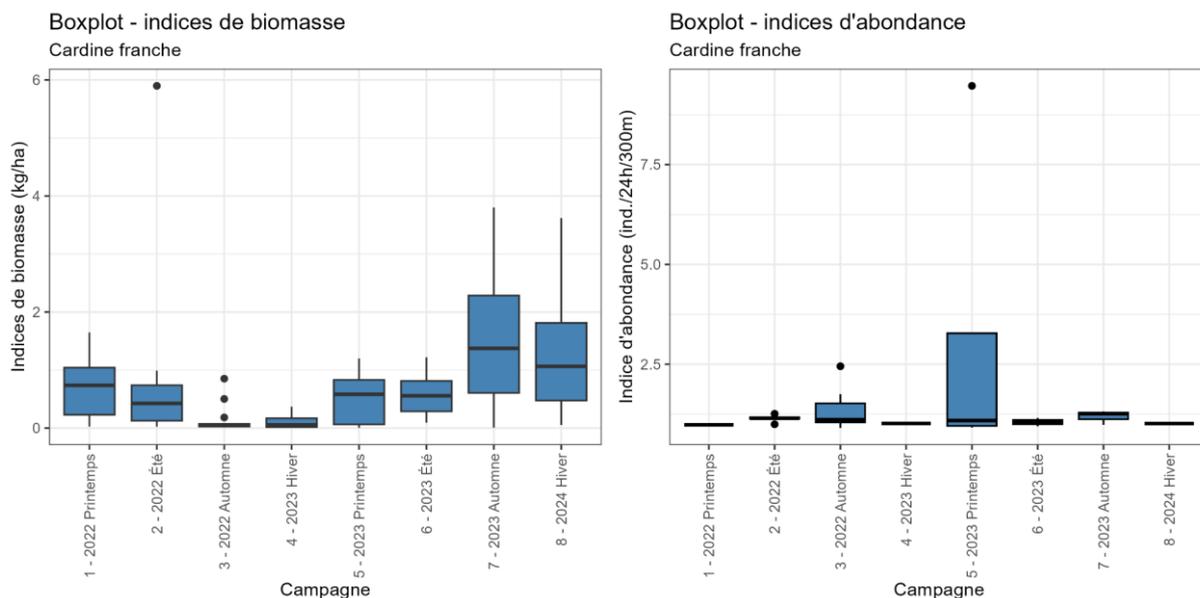


Figure 109 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de cardines franches capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) de merlus capturés au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse au chalut de fond varie sensiblement d'une campagne à l'autre, avec en moyenne des valeurs plus faibles dans le nord de la zone d'étude, et des valeurs plus fortes au sud et au cœur de la zone (cf. Figure 110). Il est probable que le nord de la zone constitue la limite bathymétrique supérieure de répartition de l'espèce, considérée comme étant 50 à 100 mètres.

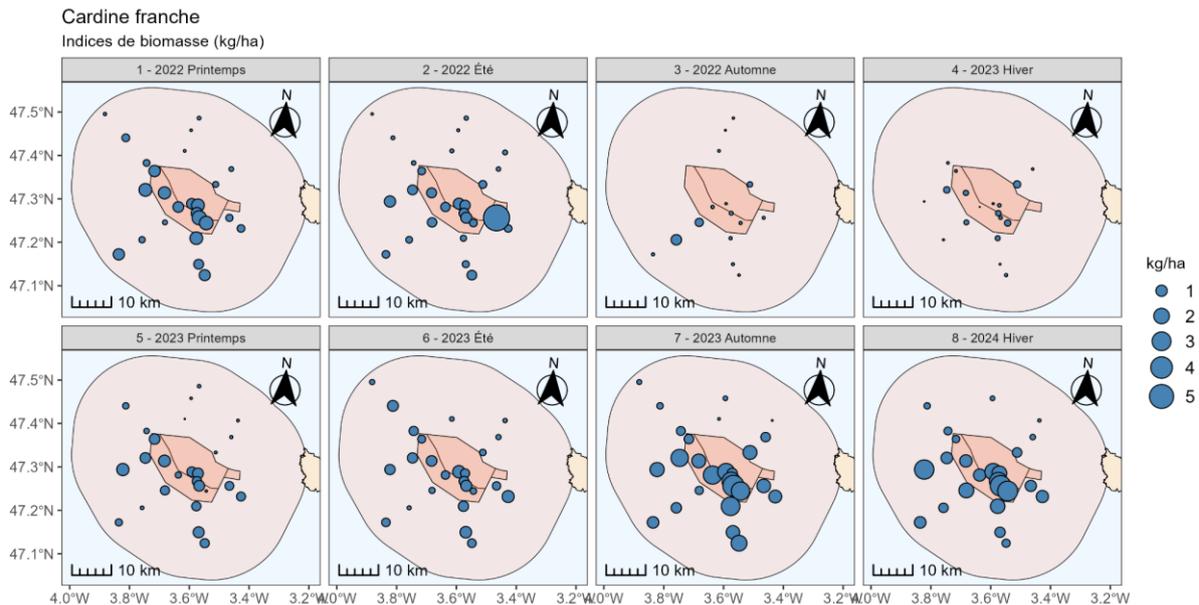


Figure 110 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de cardines franches capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Les individus capturés au chalut de fond sont en majorité des poissons de taille comprise entre 10 et 25 cm (cf. Figure 111, à gauche), soit des individus immatures âgés de 1 à 3 ans, la majorité sexuelle étant atteinte à 25 cm minimum, voire plus pour les femelles, soit à 4 ans environ. 66% des individus mesurés étaient de taille supérieure à la taille commerciale minimum de 20 cm.

Au printemps et en été, les petites classes de taille semblent mieux représentées qu'en hiver et en automne (cf. Figure 112).

Au filet trémail, les individus capturés de plus grande taille (jusqu'à près de 50 cm), tous ou presque matures (cf. Figure 111, à droite).

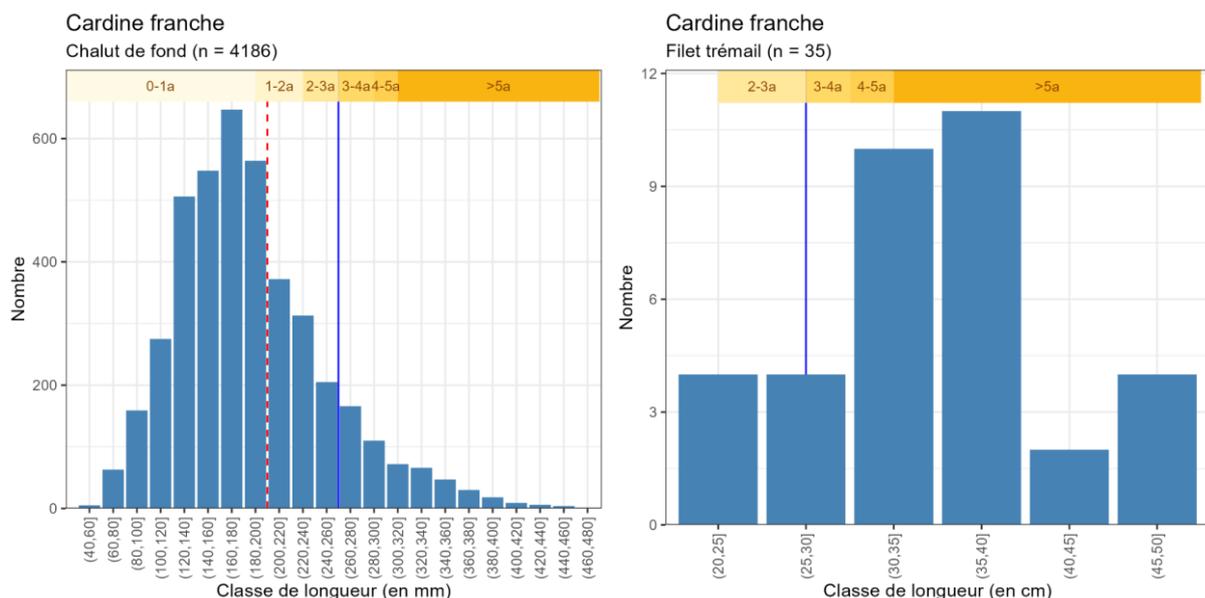


Figure 111 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des cardines franches capturées au chalut de fond (à droite), et au filet trémail (à gauche), toutes campagnes confondues. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

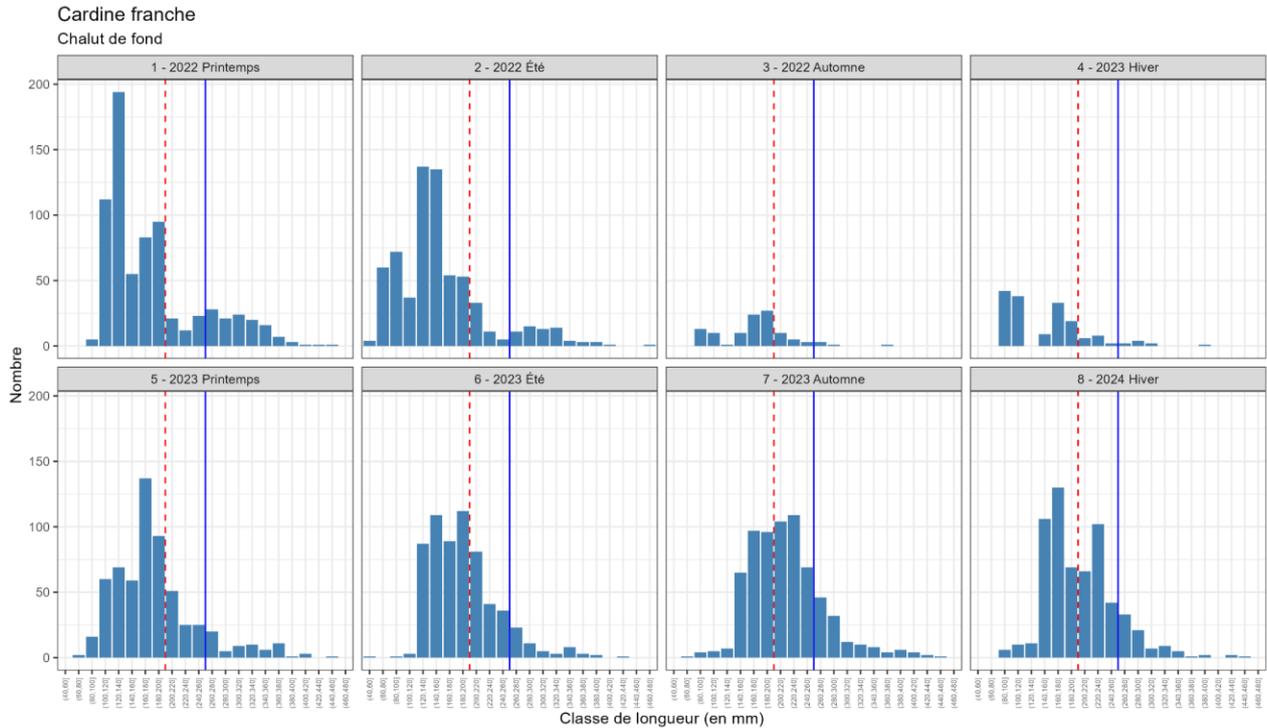


Figure 112 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des cardines franches capturées au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.6 Petite roussette



La **petite roussette** (*Scyliorhinus canicula*) est une espèce de requin benthique de petite taille abondante sur les fonds meubles du Golfe de Gascogne. Cette espèce peut faire l'objet d'une valorisation commerciale sous le nom de « saumonette », bien qu'elle ne soit pas ciblée directement.

Lors des deux années de suivi, au chalut de fond comme au filet trémail, les plus fortes abondances ont été observées pendant les campagnes d'été (cf. Figure 113), période de l'année où la roussette est la plus active : les proies sont plus nombreuses et les individus se déplacent plus pour se nourrir.

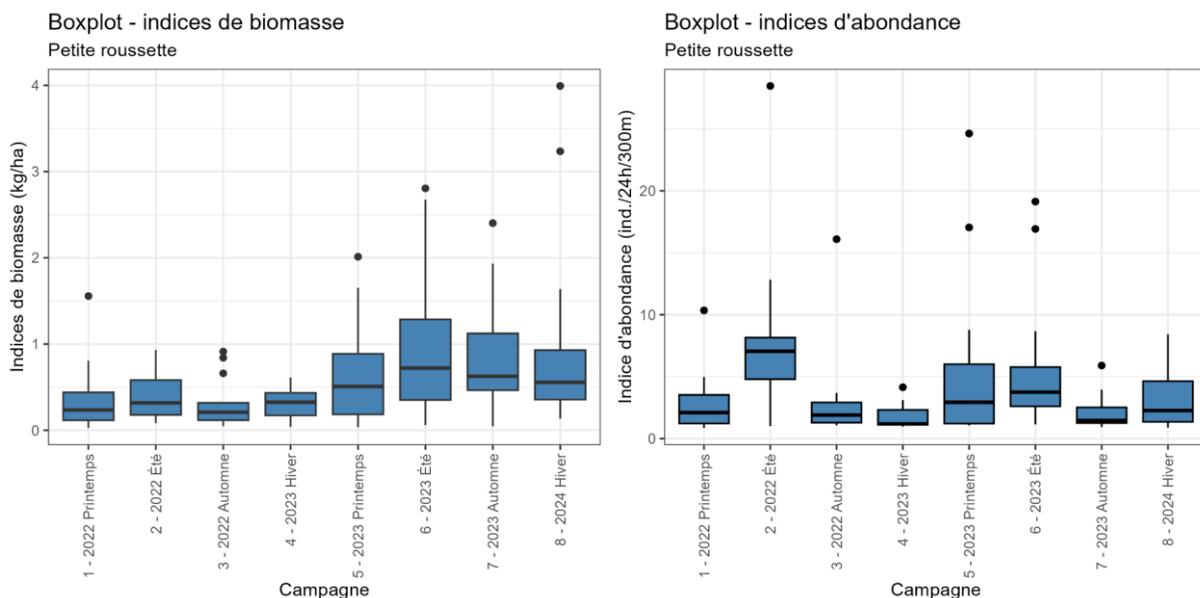


Figure 113 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de petites roussettes capturées au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempe et 300 mètres de filet) de petites roussettes capturées au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse au chalut de fond et d'abondance au filet trémail est très variable selon les stations et les campagnes (cf. Figure 114 et Figure 115). Il ne semble pas y avoir de pattern récurrent dans cette répartition, signe d'une occupation homogène de l'espace, sur tout type d'habitat.

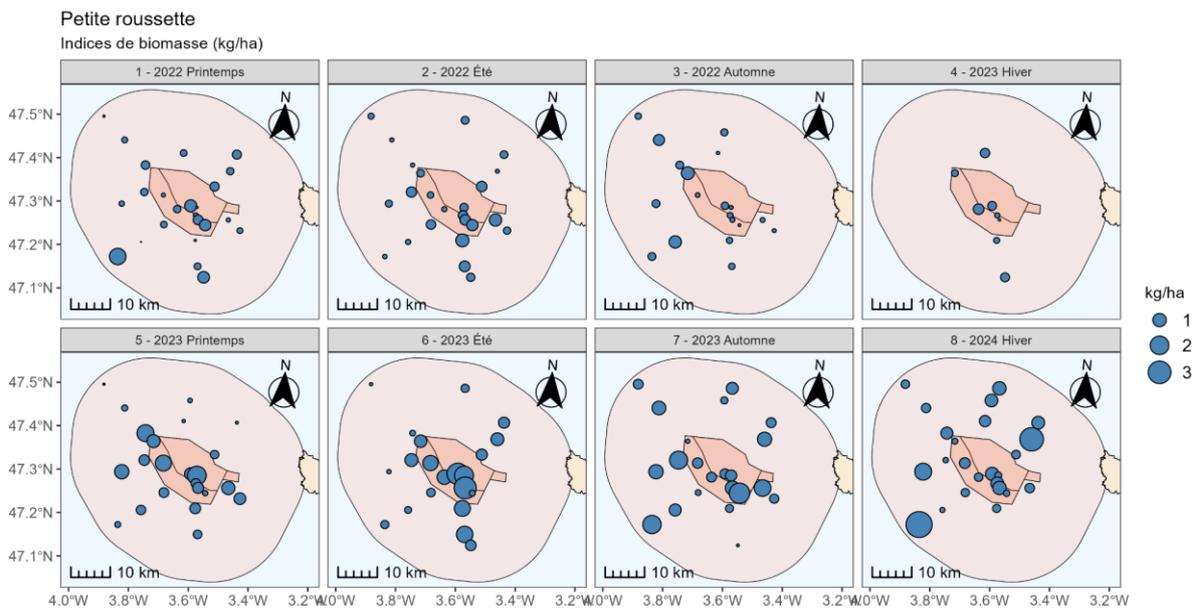


Figure 114 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de petites roussettes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

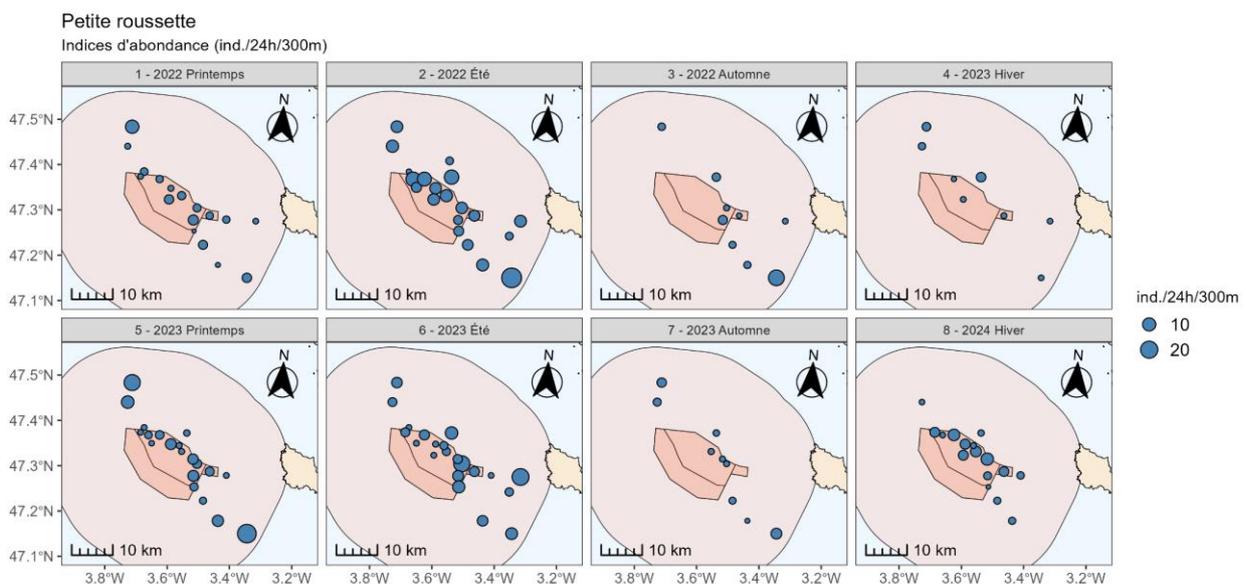


Figure 115 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des petites roussettes capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La distribution en tailles des captures au chalut de fond montre une large gamme de taille d'individus, de 20 cm à plus de 70 cm (cf. Figure 116, à gauche). La majorité des individus sont d'une taille comprise entre 30 et 60 cm, soit des individus âgés de 2 à 6 ans, pour une maturité sexuelle atteinte à une taille de 55 cm environ.

Au filet trémail, les captures concernent en majorité des poissons plus gros (55-65 cm) ayant atteint la maturité sexuelle (cf. Figure 116, à droite).

Au chalut de fond comme au filet trémail, les distributions en classes de taille ne semblent pas varier selon la campagne d'échantillonnage (cf. Figure 117 et Figure 118).

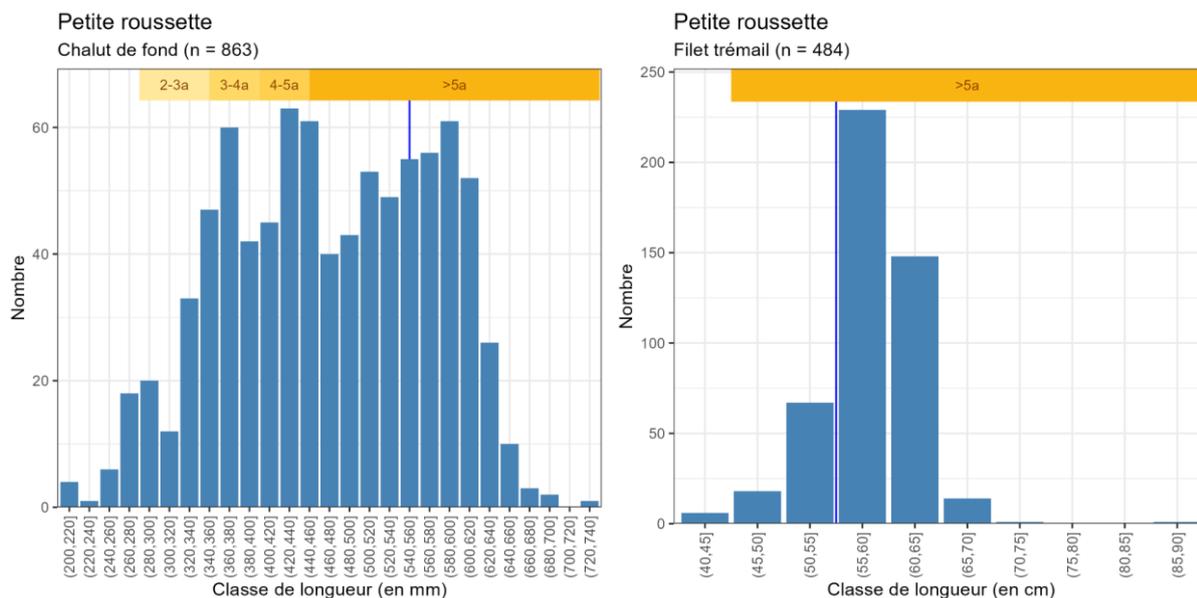


Figure 116 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des petites roussettes capturées toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

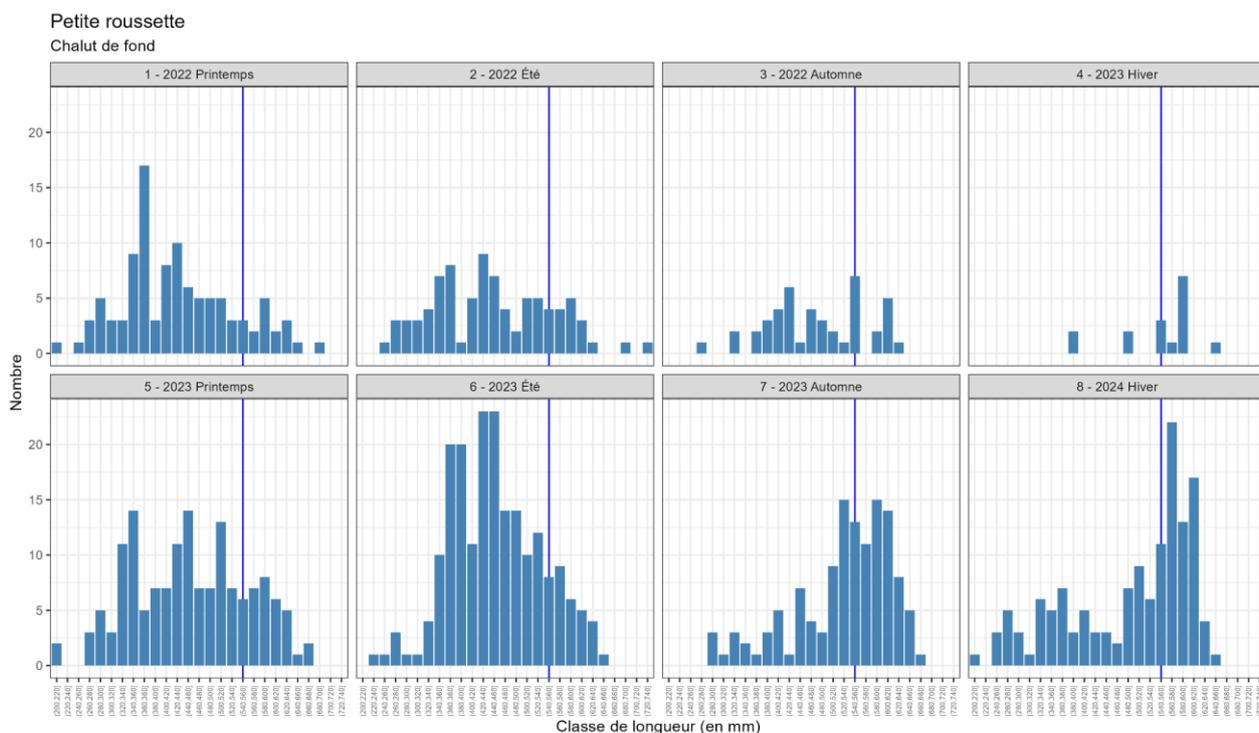


Figure 117 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des petites roussettes capturées au chalut de fond par campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

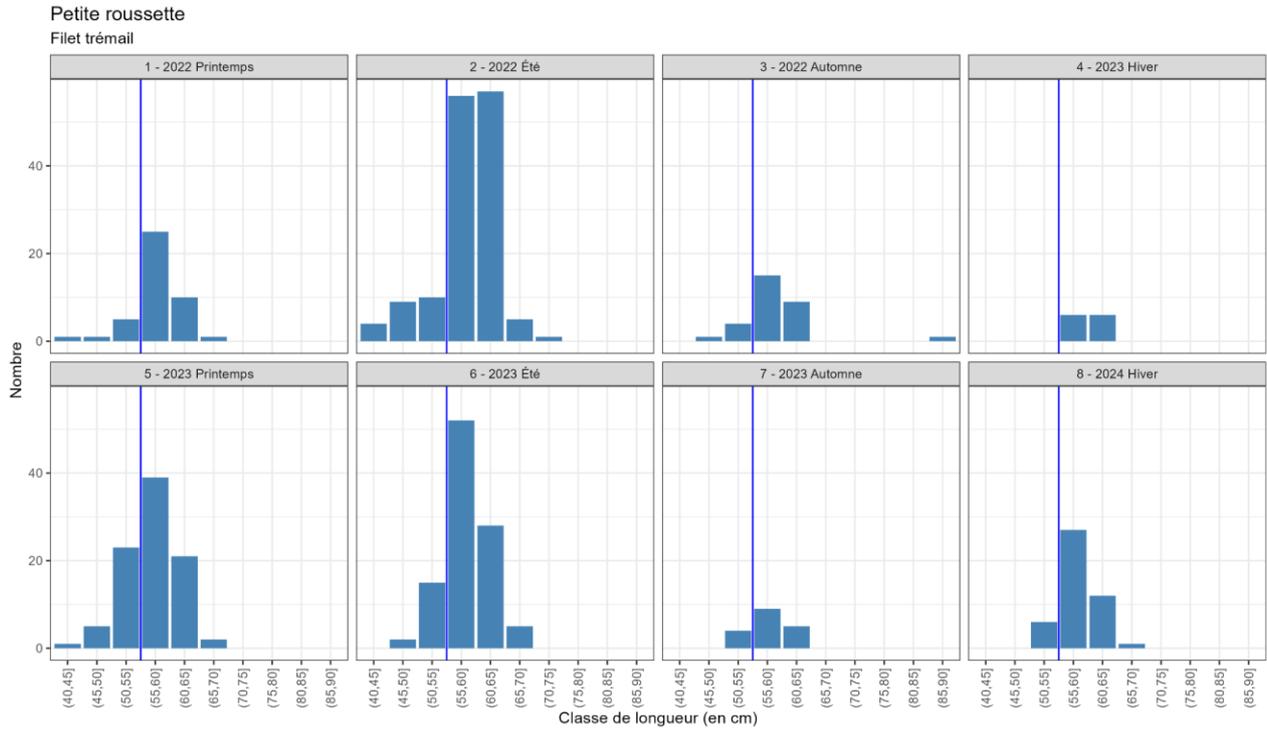


Figure 118 : Distribution en fréquences de tailles (cm) des petites roussettes capturées au filet trémail par campagne). Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.7 Congre commun



Le **congre** (*Conger conger*) est une espèce benthique prédatrice, d'intérêt halieutique notamment dans le Mor Braz. Elle constitue la 8ème espèce en valeur parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le Morbihan (quartiers maritimes de Lorient, Auray et Vannes). L'espèce est sédentaire, hormis pour la reproduction, encore assez peu connue, qui a lieu en zone abyssale.

Le congre représente 4,7 % des biomasses capturées au chalut de fond et 11,9 % au filet trémail (pour seulement 0,5 et 2,7% des effectifs respectivement).

Les abondances et biomasses moyennes sont semblables selon les campagnes, avec des valeurs extrêmes observées de manière aléatoire selon les captures de gros individus (cf. Figure 119).

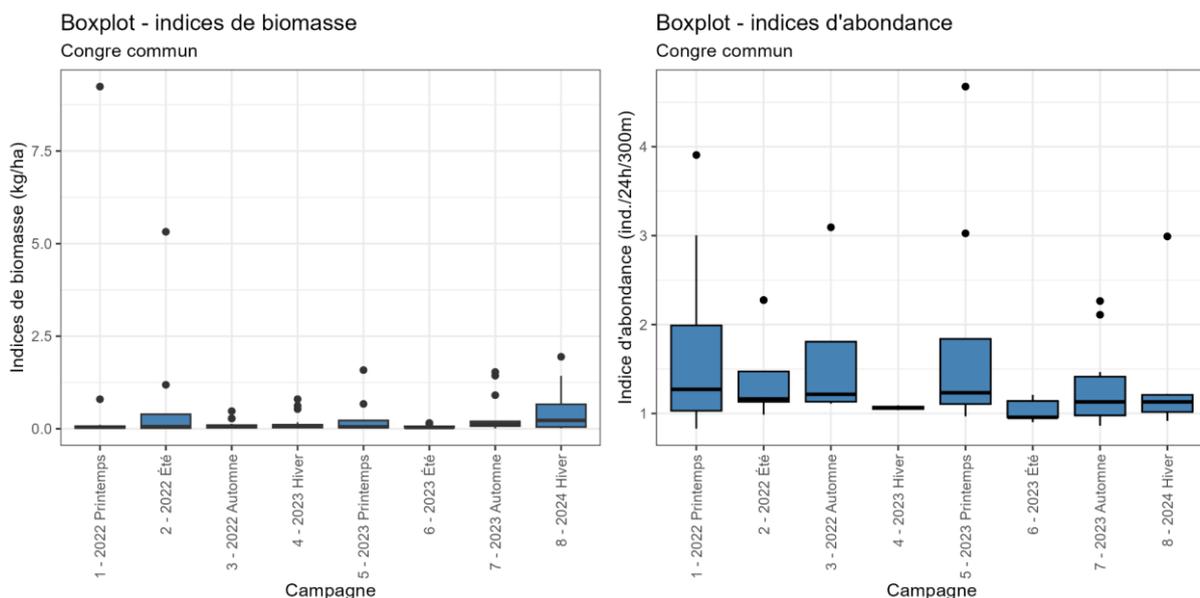


Figure 119 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de congres communs capturés au chalut de fond par campagne (à gauche) et des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempe et 300 mètres de filet) de congres communs capturés au filet trémail par campagne (à droite) (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse au chalut de fond et d'abondance au filet trémail est très variable selon les stations et les campagnes, et les valeurs fortes sont plutôt liées à la capture d'individus de grande taille (cf. Figure 120 et Figure 121). Les individus matures ne migrent qu'une fois dans leur vie pour rejoindre les zones de frai éloignées, y pondre, puis y mourir.

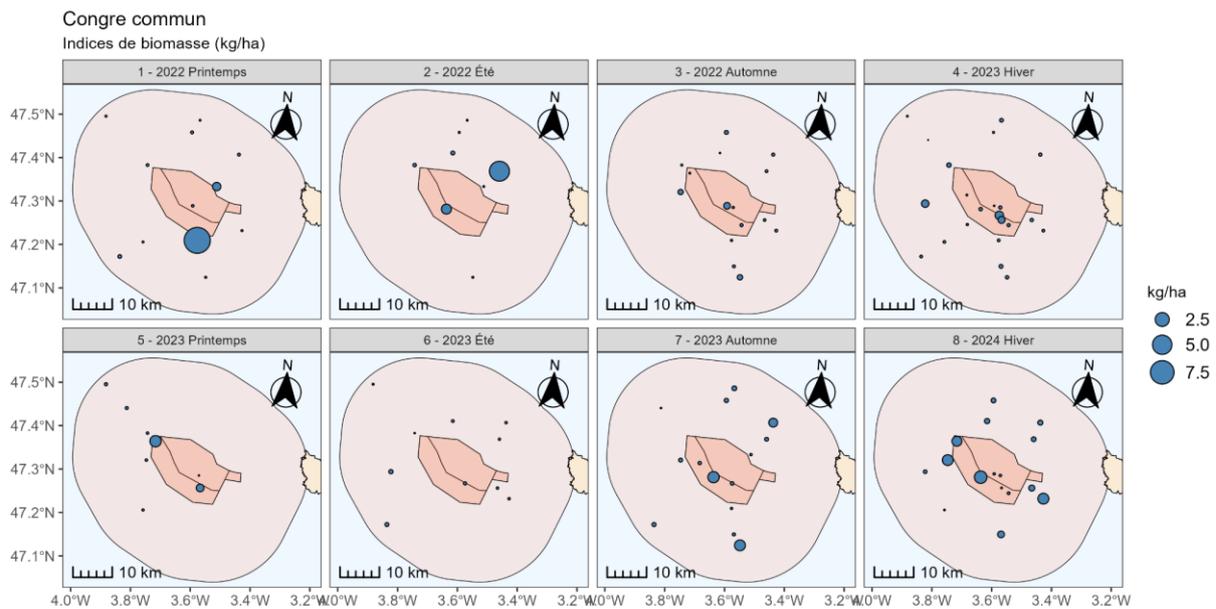


Figure 120 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de congres communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

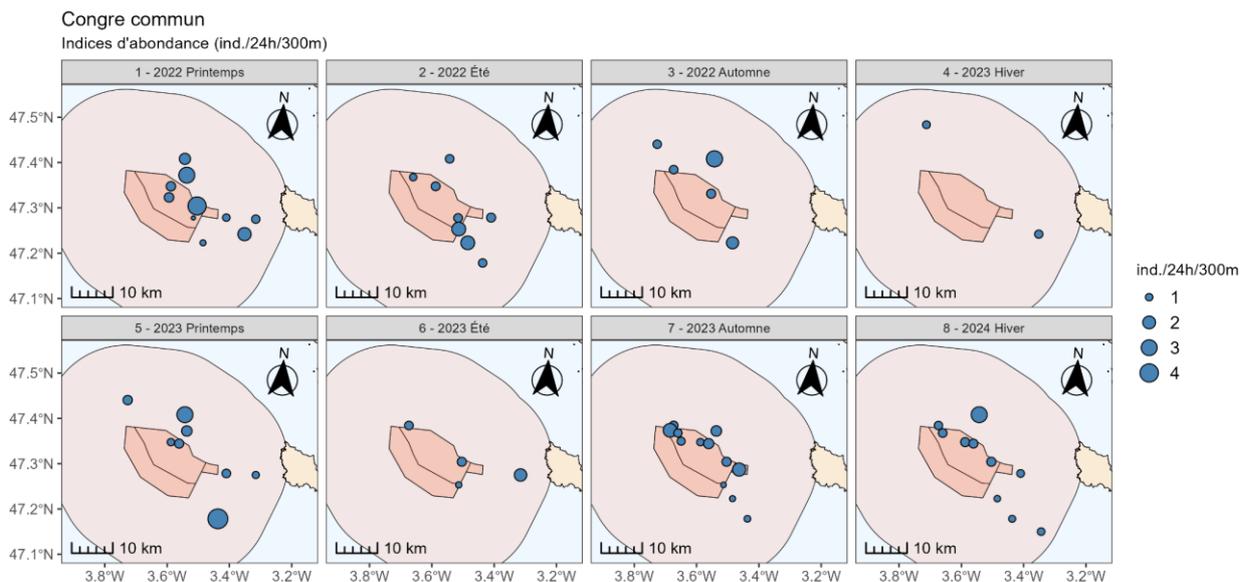


Figure 121 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 24 heures de trempé et 300 mètres de filet) des congres communs capturés au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La structure en tailles illustre la différence de sélectivité des engins de pêche : des individus de petite taille (20-50 cm) sont fréquemment observés au chalut de fond en proportion importante, mais sont absents des captures au filet trémail pour lequel seuls des individus matures de grande taille (>.75 cm) ont été observés (cf. Figure 122).

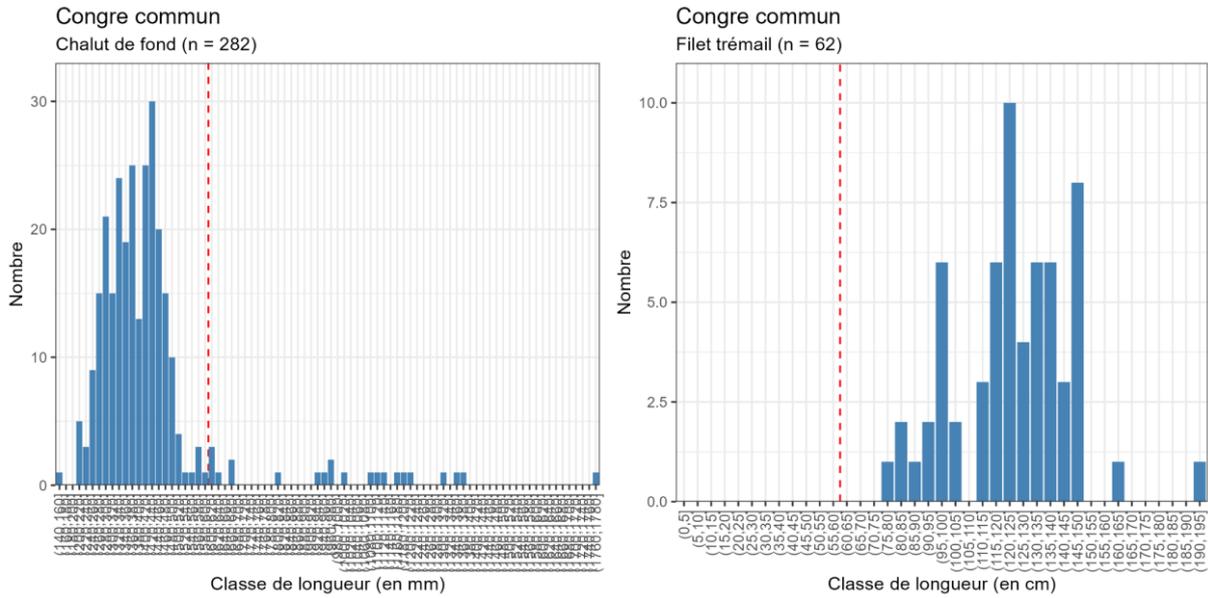


Figure 122 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des congres communs capturés au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite), toutes campagnes confondues). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.3.8 Seiche commune



La seiche commune (*Sepia officinalis*) est un céphalopode démersal commun sur le plateau continental et abondant en automne et en hiver. Au printemps et en été, les individus se déplacent vers les eaux côtières peu profondes pour frayer. De forte importance commerciale, il s'agit d'une espèce couramment ciblée par les navires de pêche professionnelle, en particulier les chalutiers de fond en automne/hiver. Elle constitue la 15^{ème} espèce en valeur parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le Morbihan (quartiers maritimes de Lorient, Auray et Vannes).

C'est donc naturellement en automne et en hiver que les biomasses les plus importantes sont observées lors de l'échantillonnage réalisé au chalut de fond sur la zone d'étude (cf. Figure 123). Au filet trémail, sur substrats durs, les captures sont anecdotiques.

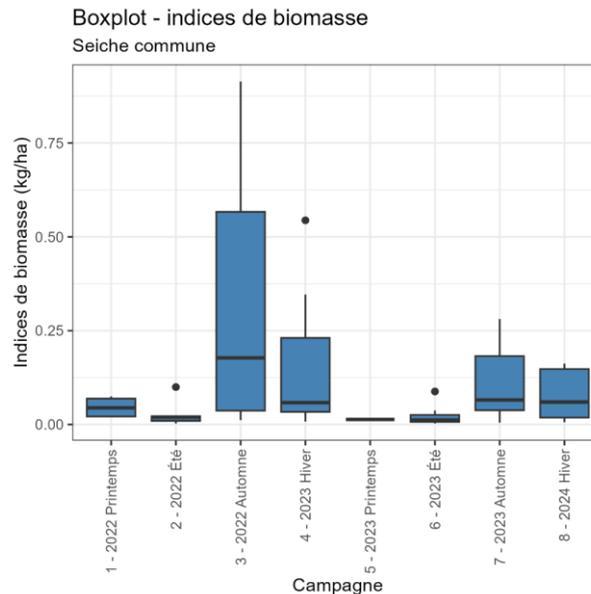


Figure 123 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de seiches communes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des indices de biomasse au chalut de fond est variable selon la campagne (c'est-à-dire la saison, pour les raisons évoquées ci-dessus) et la station, sans qu'un pattern ne se dessine (cf. Figure 124). En automne, les stations au nord de la zone d'étude semblent présenter des indices de biomasse plus importants. Cela peut être liée à la plus forte proximité de la zone nord avec les eaux côtières et les frayères desquelles les recrues arrivent après leur éclosion en été (les adultes meurent après la reproduction).

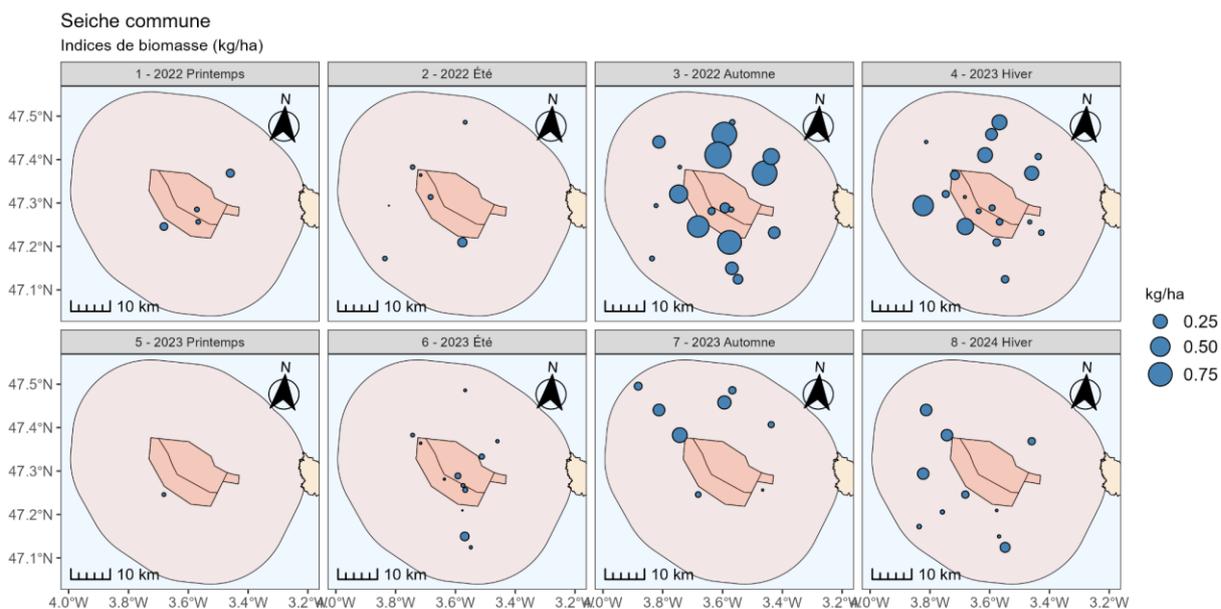


Figure 124 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de seiches communes capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La majorité des individus capturés au chalut de fond sont des juvéniles de petite taille et des immatures (cf. Figure 125 et Figure 126), la taille à maturité sexuelle étant d'environ 15 cm de longueur de manteau.

Ces individus correspondent aux recrues issues de la dernière reproduction et ne sont pas âgés de plus de quelques mois : la croissance est très rapide chez cette espèce et la maturité sexuelle peut être atteinte dès la première année (2 ans au maximum).

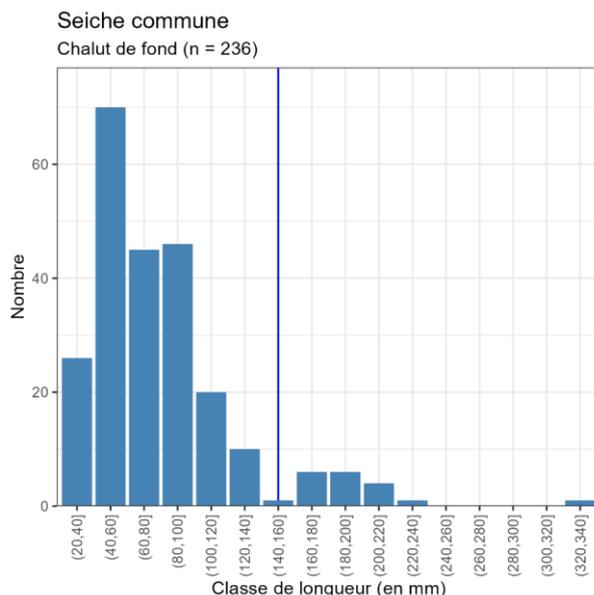


Figure 125 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des seiches communes capturées au chalut de fond, toutes campagnes confondues. Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

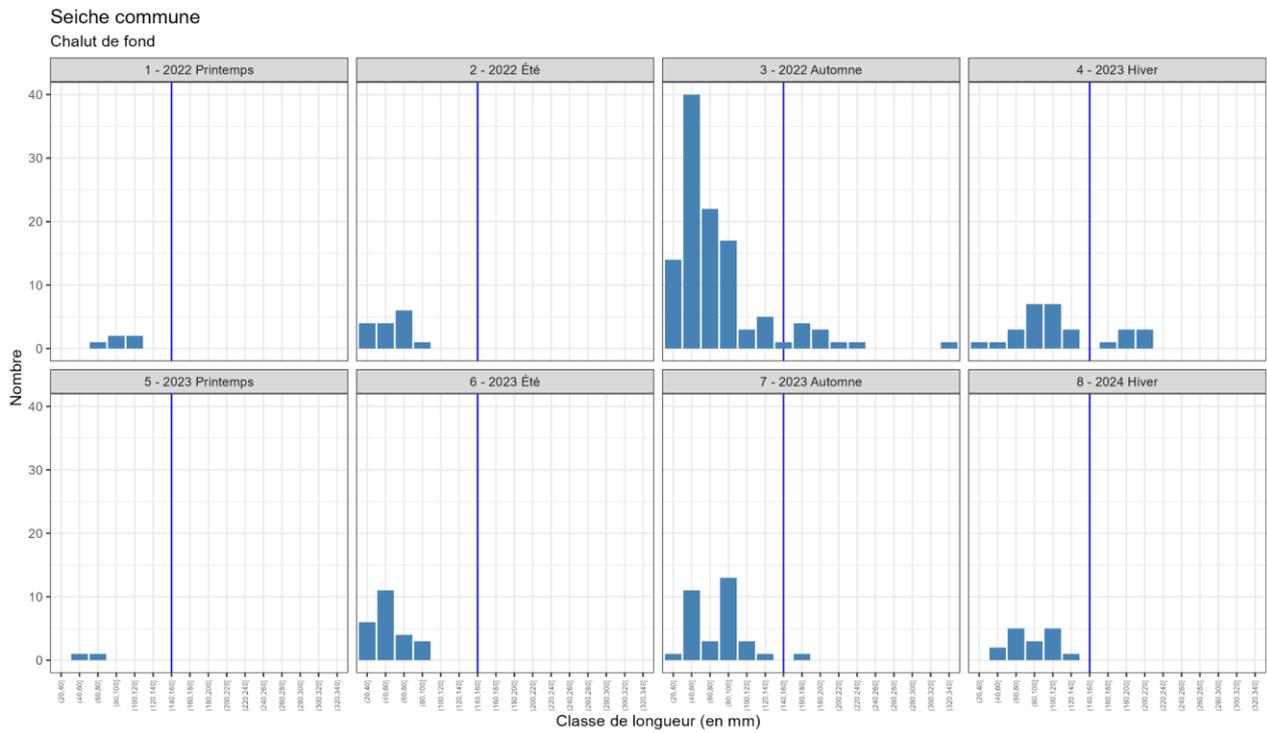


Figure 126 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des seiches communes capturées au chalut de fond par campagne. Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.4 Focus sur quelques espèces de crustacés

Les observations de crustacés concernent en très grande majorité la langoustine au chalut de fond, et la langouste rouge et le tourteau au filet trémail.

3.3.4.1 Langoustine



La **langoustine** (*Nephrops norvegicus*) représente de loin la principale espèce de crustacés observée au cours des campagnes au chalut de fond, en nombre comme en biomasse. Elle constitue un enjeu halieutique majeur, notamment pour les ports bretons à proximité de la zone d'étude (ex : Lorient et Le Guilvinec) : elle est ciblée et exploitée sur l'ensemble de son aire de distribution dans le Golfe de Gascogne, sur les fonds vaseux de la zone communément appelée « La Grande Vasière ». Elle représente la 3^{ème} espèce en valeur (11 %) parmi les espèces exploitées par la pêche (Ifremer, 2024) dans le Morbihan (quartiers maritimes de Lorient, Auray et Vannes).

Il s'agit d'une espèce fréquente au sein des captures échantillonnées. Elle est présente dans 44% à 100% des stations selon les campagnes (cf. Figure 127).

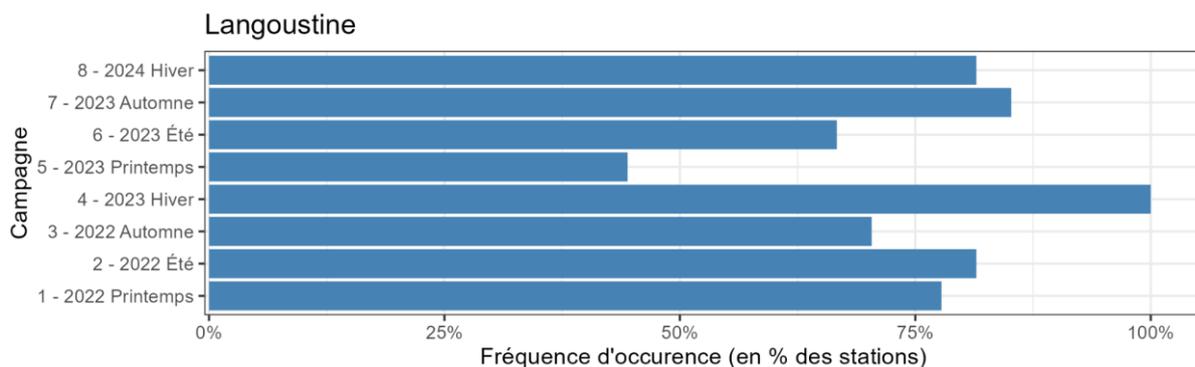


Figure 127 : Fréquence d'occurrence de la langoustine capturées par campagne au chalut de fond à panneaux, en pourcentage de stations avec présence (source : setec énergie environnement, 2024).

Les indices d'abondance et de biomasse les plus importants ont été observés lors de la campagne de printemps 2022 et d'hiver 2023 (cf. Figure 128 et Figure 129).

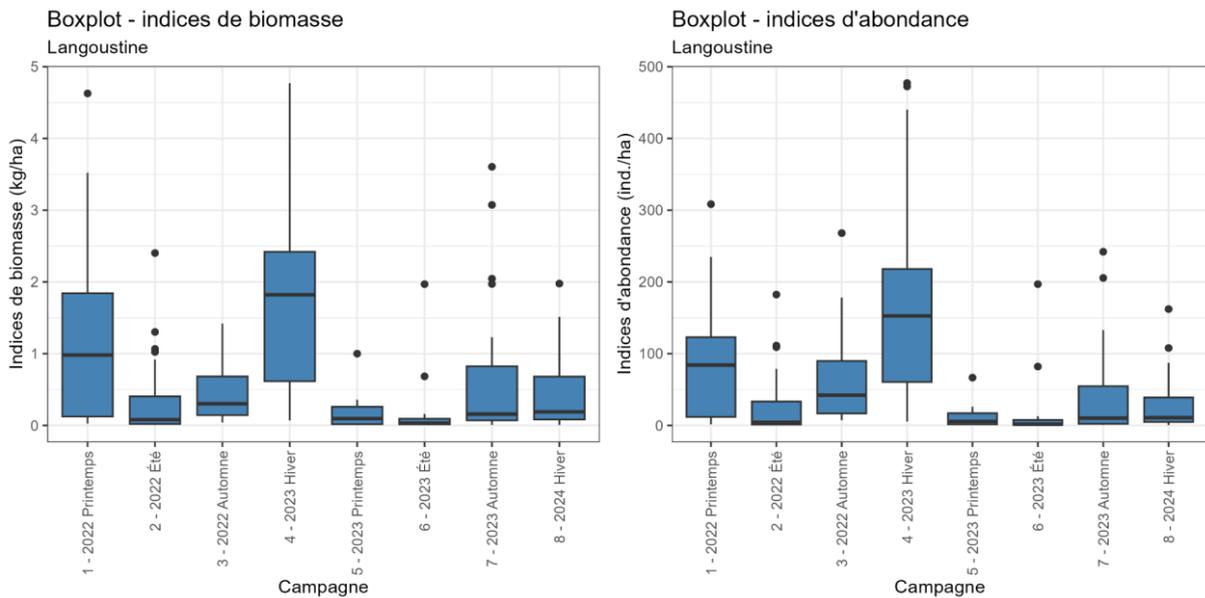


Figure 128 : Evolution des indices de biomasse (à gauche, en kg/ha) et des indices d'abondance (à droite, en nombre d'individus par ha) des langoustines capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

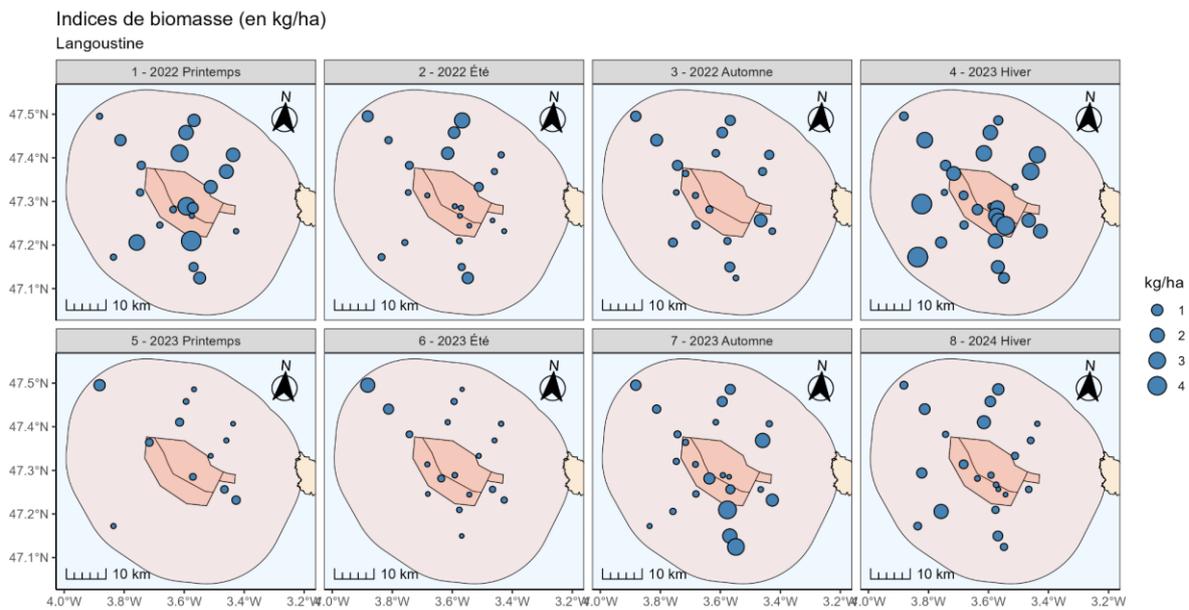


Figure 129 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg/ha) des langoustines capturées au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Néanmoins, ces données sont à considérer avec précaution. En effet, la capturabilité des langoustines au chalut de fond est fortement dépendante de l'écologie de l'espèce et donc indirectement de l'heure de traîne du chalut. Ainsi, il est observé une forte variation du nombre d'individus capturés en fonction de l'heure de la journée à laquelle le trait de chalut est réalisé (cf. Figure 130). Les captures importantes ont lieu à l'aube ou au crépuscule : cette variabilité est bien connue de la profession qui exploite la langoustine pendant ces périodes (Trenkel et al, 2008).

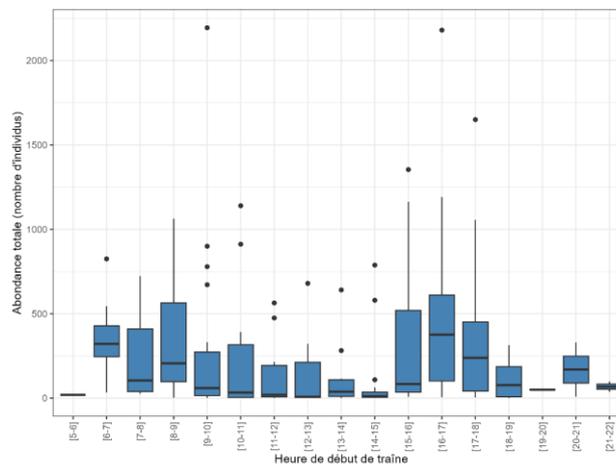


Figure 130 : Variation des indices d'abondance des langoustines capturées au sein des campagnes réalisées à l'aide d'un chalut de fond à panneaux suivant l'heure de réalisation du trait (source : setec énergie environnement, 2024).

Ces variations s'expliquent par la biologie et l'écologie de la langoustine, il s'agit d'une espèce fousseuse, bioturbatrice et constructrice de terriers dans le sédiment. Au crépuscule et à l'aube, elle sort de son terrier se déplace pour s'alimenter. En journée, elle se s'y réfugie, ce qui la rend inaccessible pour le chalut de fond. De ce fait, l'évaluation des densités de langoustine par chalutage est fortement biaisée et sous-estimée et d'autres moyens d'investigation apparaissent nécessaires pour les évaluer l'abondance des populations.

Ainsi, le suivi des peuplements de langoustine fait l'objet d'un échantillonnage par vidéo sous-marine, selon un protocole standardisé de comptage de leurs terriers, mis en œuvre sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce (et notamment par l'Ifremer dans le cadre des campagnes LANGOLF).

Un protocole proche a été mis en œuvre en 2023 et 2024 pour réaliser des campagnes de vidéo sous-marine sur 25 transects répartis sur l'ensemble de la zone d'étude, afin d'évaluer les densités de langoustines mais aussi des autres espèces bioturbatrices et de l'épifaune des fonds meubles. Ces campagnes sont l'objet d'un rapport séparé.

La distribution en classes de tailles affiche une loi normale (cf. Figure 131), avec un pic d'abondance pour des individus de longueur céphalothoracique de 22 à 24 mm, ce qui correspond à la taille à maturité sexuelle (environ 23 mm) et à la taille commerciale minimum (9 cm de longueur totale, soit environ 25 mm de LC).

La taille moyenne des individus capturés semble diminuer légèrement en automne et en hiver, en particulier pour les femelles. Le sex-ratio est équilibré au printemps et été, alors qu'en automne et en hiver, il est sensiblement déséquilibré, avec plus de mâles capturés.

Ces deux observations peuvent être liées au comportement de reproduction de l'espèce. L'accouplement a lieu juste après la mue des femelles, en fin de printemps/début d'été. Ensuite, une fois les œufs fécondés et collés sous l'abdomen des femelles, la période de ponte s'étale d'août à octobre, période à partir de laquelle les langoustines grainées passent la plus grande partie de leur temps dans leur terrier avec une durée d'incubation de 8 mois.

Par conséquent, durant cette période d'incubation, les femelles reproductrices ne peuvent pas être capturées. Seule une partie des femelles, les immatures, de plus petite taille, ou les éventuelles adultes non reproductrices, sont capturables, ce qui peut entraîner une baisse de la taille moyenne des femelles capturées et une baisse du nombre de femelles capturées (à l'inverse des mâles, dont la capturabilité ne varie pas).

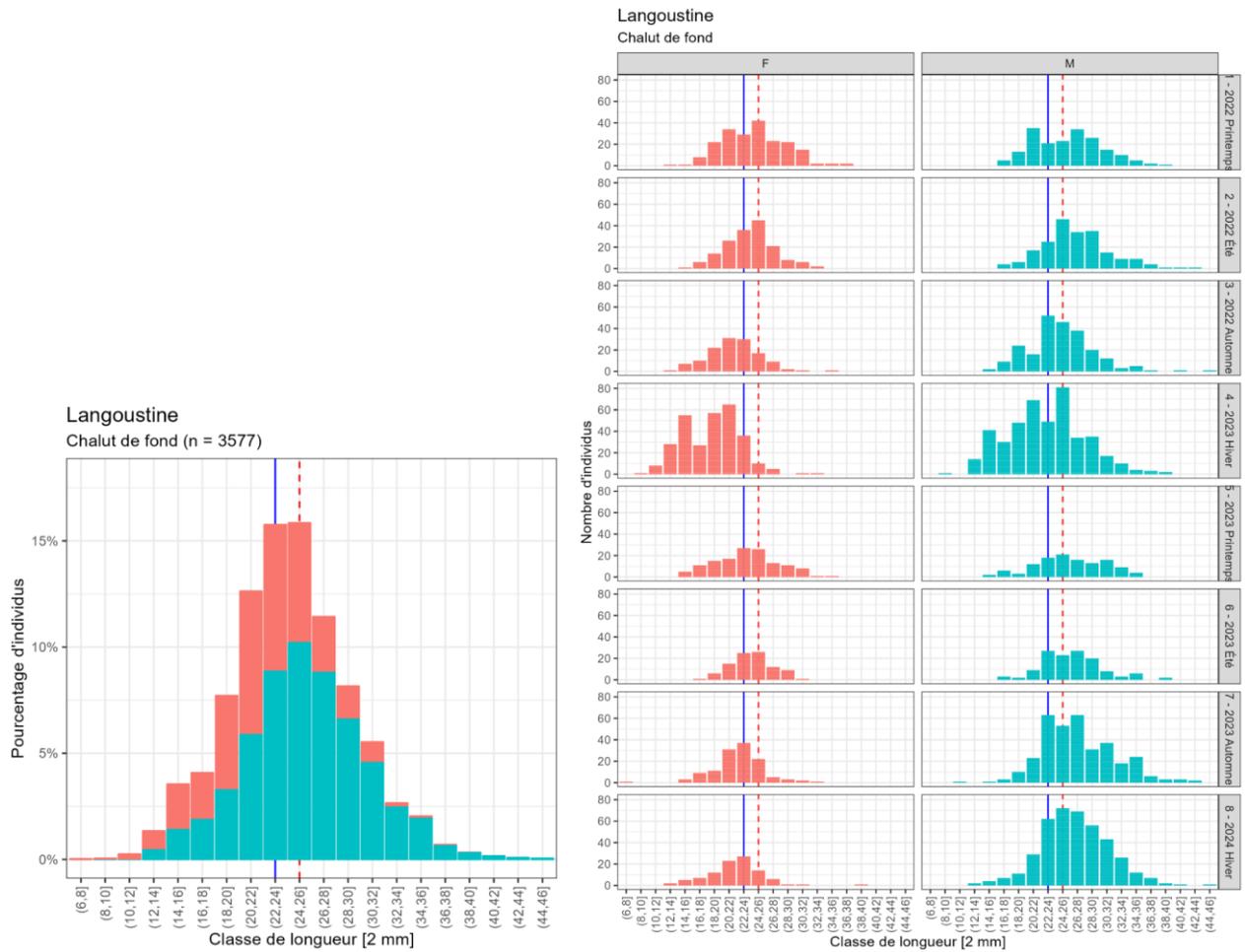


Figure 131 : Distribution en classes de tailles (LC = longueur céphalothoracique en mm) des langoustines capturées par sexe au chalut de fond, toutes campagnes confondues (à gauche) et par campagne (à droite) . Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.4.2 Langouste rouge



La **langouste rouge** (*Palinurus elephas*), dont la population est en augmentation en Bretagne, représente, avec le tourteau, l'essentiel des captures de crustacés au filet trémail, en nombre comme en biomasse : elle représente 60,4% des effectifs de macro-crustacés avec 326 individus (et 11,6% des effectifs de tous les groupes taxonomiques confondus), ainsi que 50,3% de la biomasse de crustacés.

Les indices d'abondance (pour 300 m de filet et 24 heures de trempage) montrent que la langouste rouge est présente toute l'année avec un léger pic d'observations en été (cf. Figure 132).

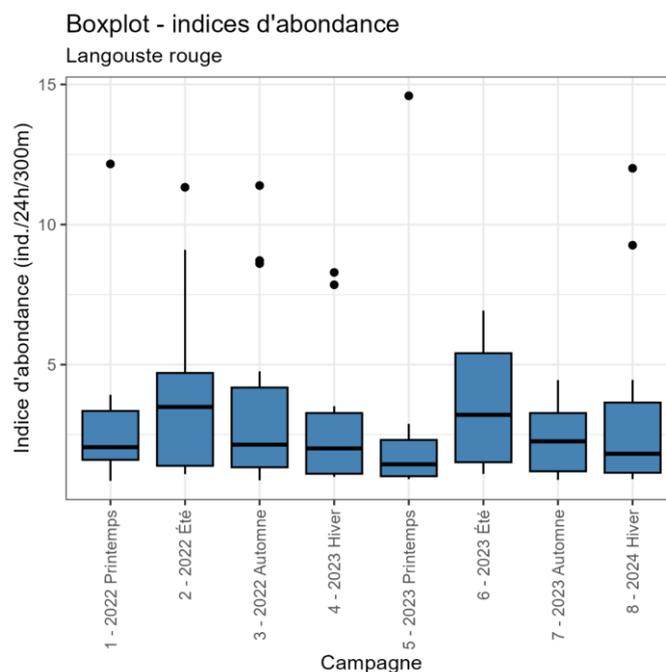


Figure 132 : Evolution des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de trempage) de langoustes rouges capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La répartition spatiale des abondances observées (en nombre d'individus par heure) montre une grande variabilité d'une station et campagne à l'autre. Il ne semble cependant pas y avoir de tendance significative (cf. Figure 133).

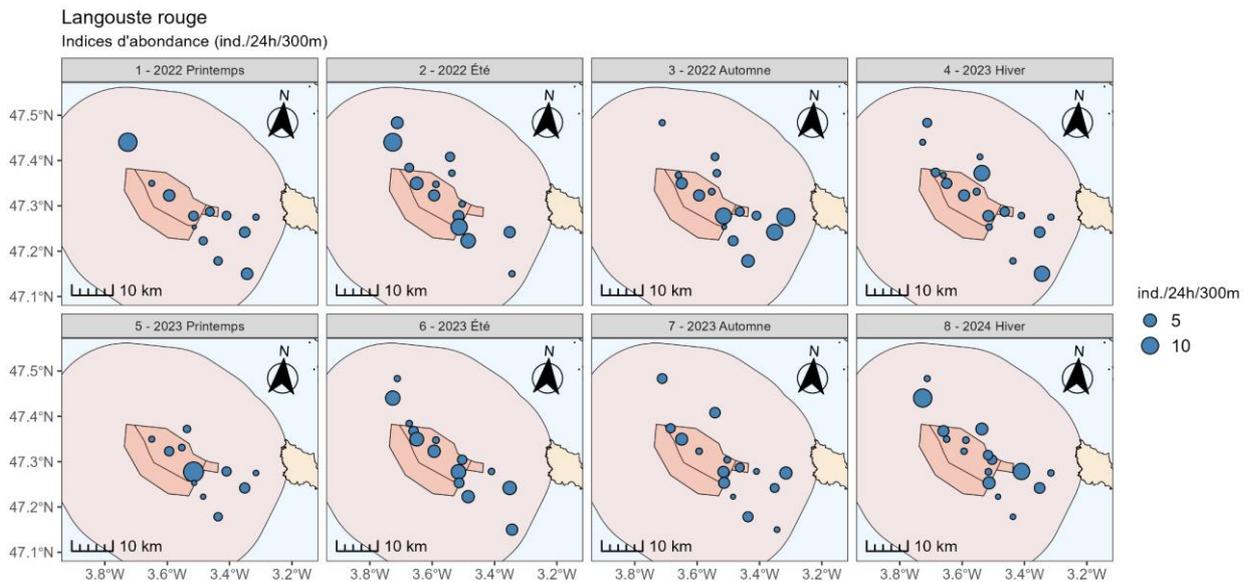


Figure 133 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de temps) des langoustes rouges capturées au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Parmi les langoustes capturées au filet trémail, les mâles sont légèrement plus abondants en toute saison à l'exception de la dernière campagne d'hiver 2024 (cf. Figure 134). De plus, les mâles présentent généralement des tailles légèrement plus importantes (cf. Figure 135), ceci pouvant être lié à une croissance plus rapide.

La majorité des individus capturés mesurent entre 70 et 110 mm de longueur céphalothoracique, c'est-à-dire proche de la taille à maturité sexuelle qui est d'environ 90 mm de LC. En revanche, peu d'individus, 41 en l'occurrence, sont de taille supérieure à la taille commerciale minimum qui est de 110 mm de LC.

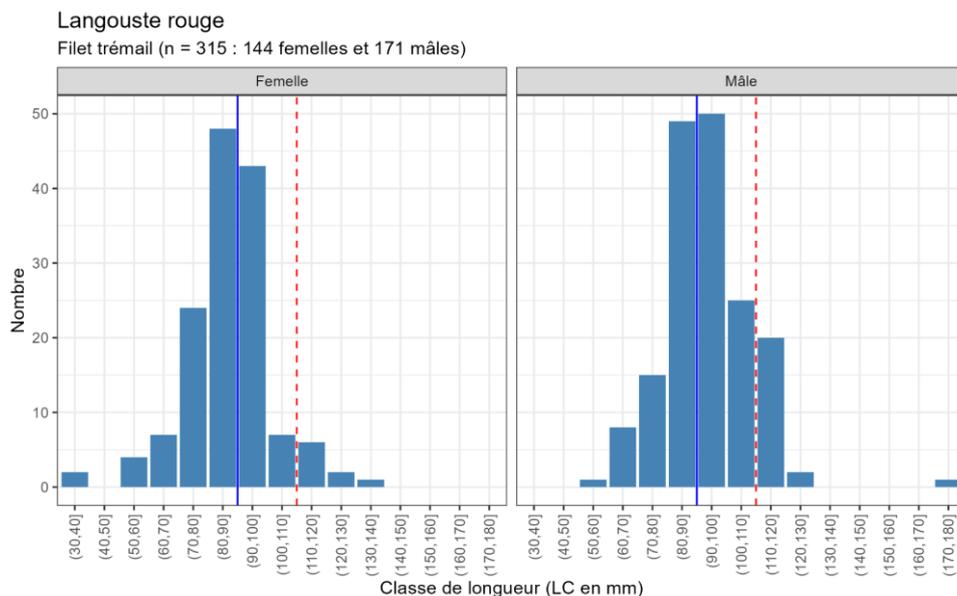


Figure 134 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des langoustes rouges capturées au filet trémail, toutes campagnes confondues, par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

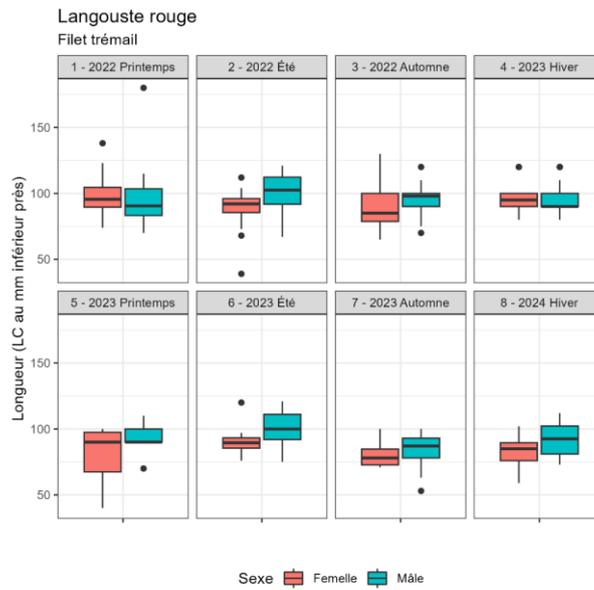


Figure 135 : Boxplot de la taille (LC en mm) des langoustes rouges capturées au filet trémail par sexe et par campagne. (source : setec énergie environnement, 2024).

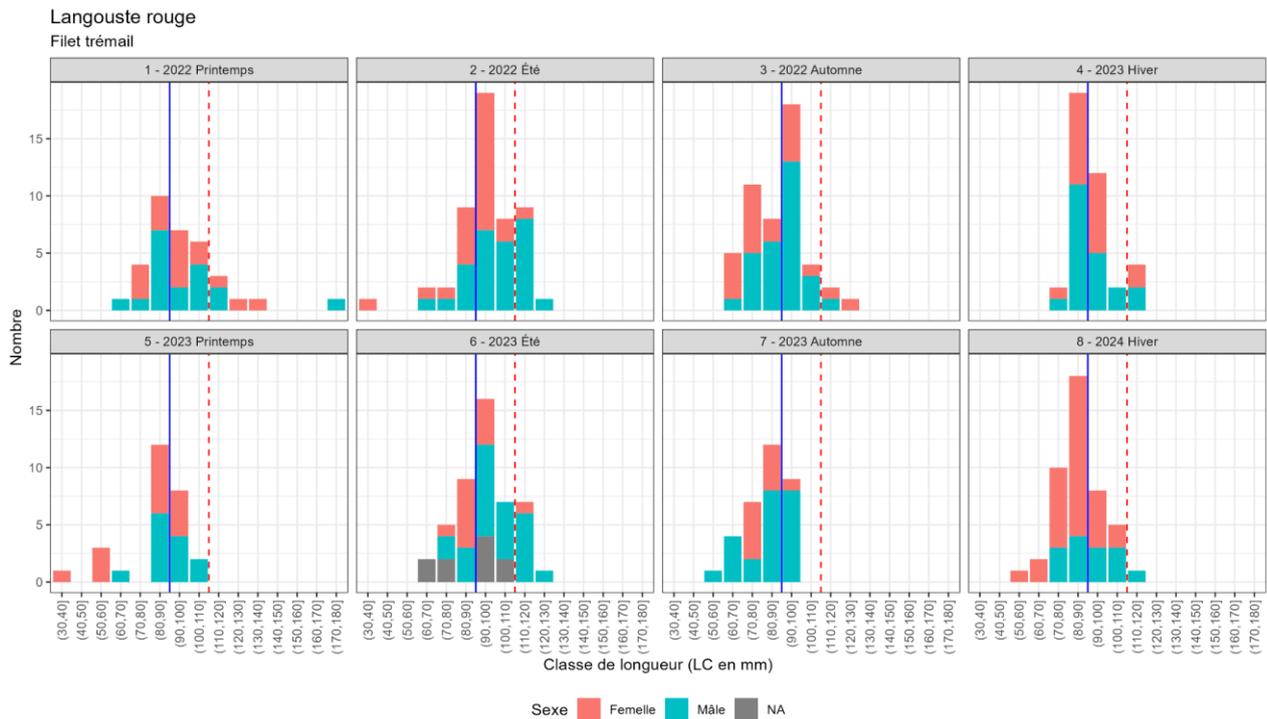


Figure 136 : Distribution en fréquence de tailles des langoustes rouges capturées au filet trémail par campagne et par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.4.3 Tourteau



Le **tourteau** (*Cancer pagurus*) représente, avec la langouste rouge, l'essentiel des captures de crustacés au filet, en nombre comme en biomasse, sur les fonds rocheux : 30,2% des effectifs de macro-crustacés et 41,1% des biomasses.

Par conséquent, avec la langouste rouge, ils représentent 90% des effectifs de macro-crustacés et 91% de la biomasse.

Les indices d'abondance (pour 300 m de filet et 24 heures de trempage) varient en fonction de la campagne : les captures de tourteaux sont très faibles en automne (cf. Figure 137), période à laquelle ils migrent vers les fonds meubles pour s'y reproduire. Les captures de tourteaux sont également variables en fonction de la station, sans qu'une tendance nette ne se dégage (cf. Figure 138).

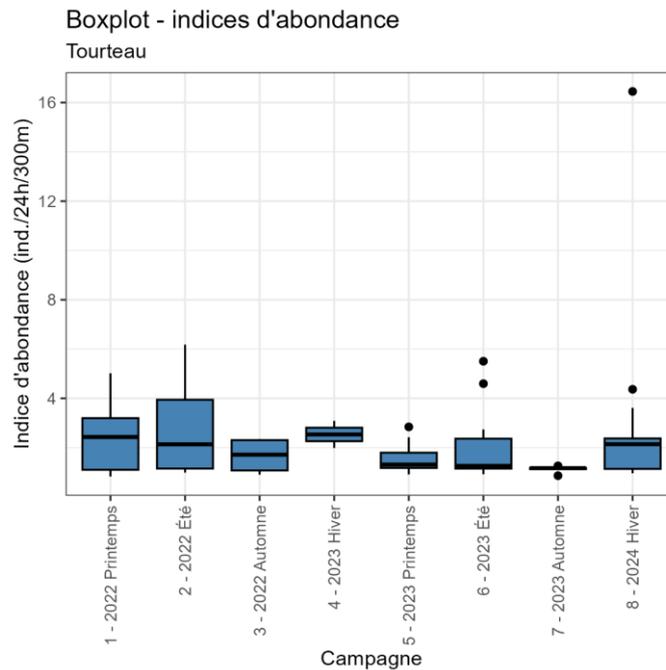


Figure 137 : Evolution des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de trempage) de tourteaux capturés au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

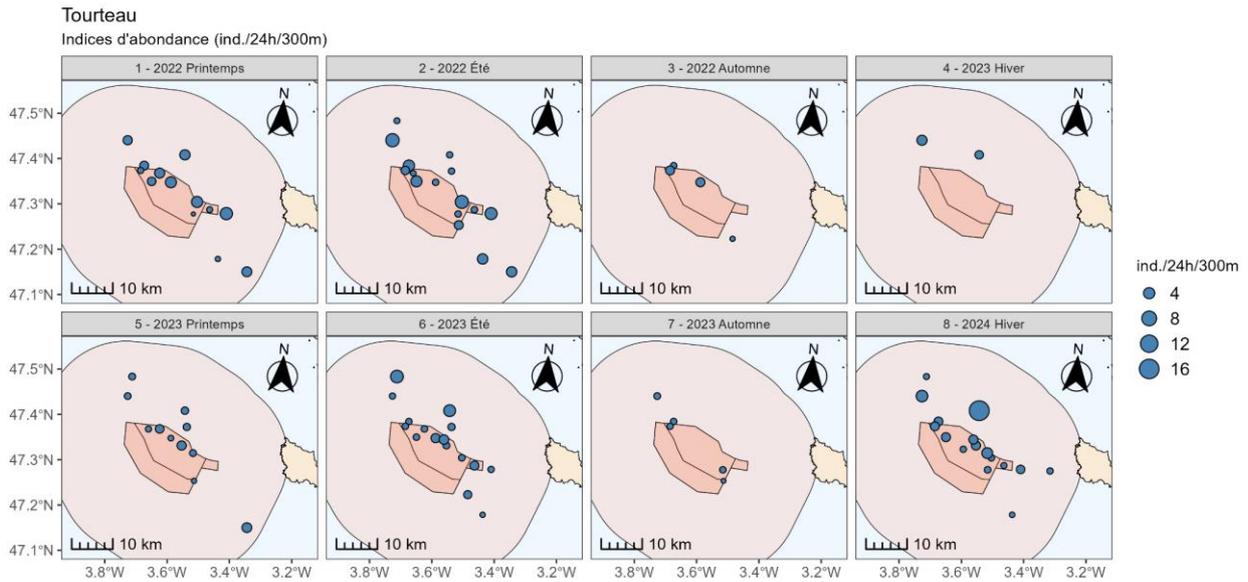


Figure 138 : Distribution spatiale des indices d'abondance (en nombre d'individus pour 300 m de filet et 24 heures de temps) des tourteaux capturés au filet trémail par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La très grande majorité des individus capturés sont des individus matures (largeur à maturité sexuelle de 14 cm) et de taille commerciale (largeur minimum de 13 cm). Les mâles sont légèrement moins nombreux, et présentent une proportion plus importante d'individus immatures, bien que faible (cf. Figure 139).

Il n'y a pas de variation significative de la largeur en fonction de la campagne (cf. Figure 140).

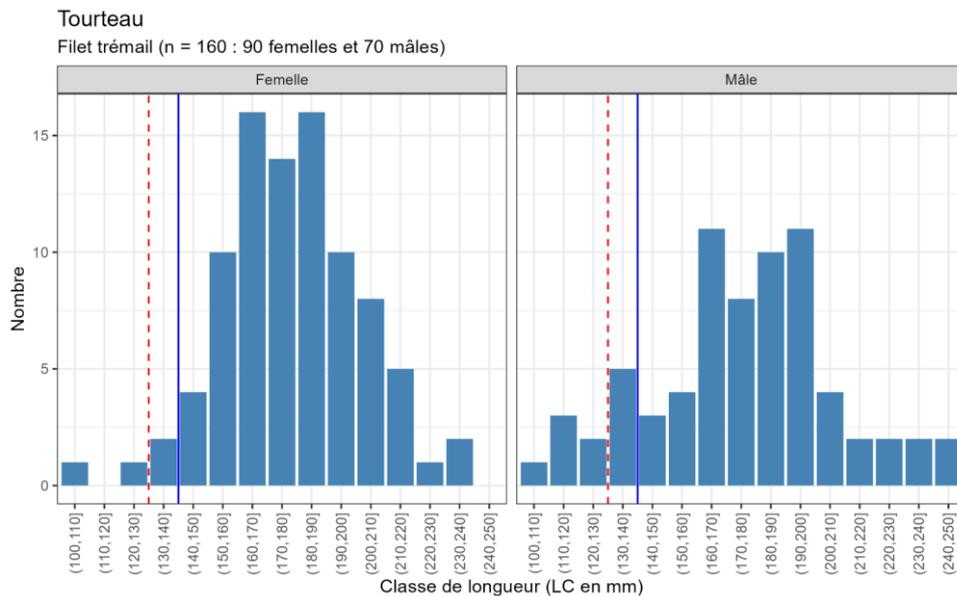


Figure 139 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des tourteaux capturés au filet trémail, toutes campagnes confondues, par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

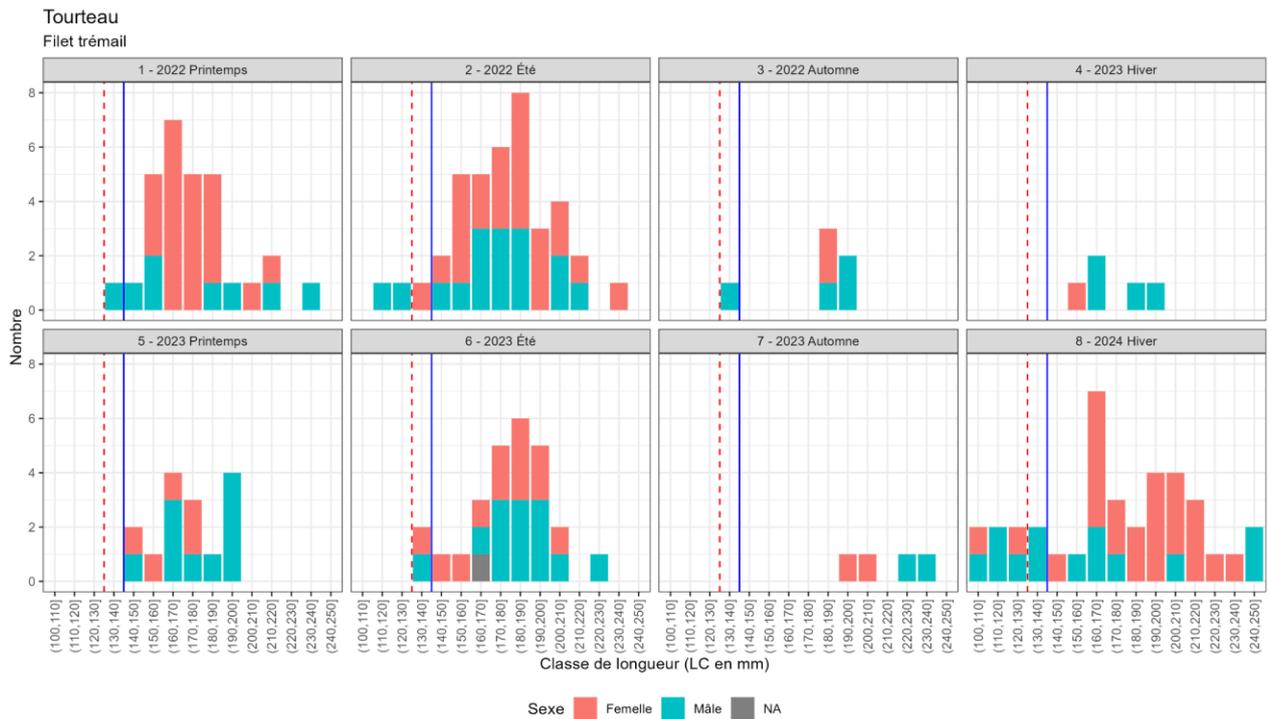


Figure 140 : Distribution en fréquence de taille des tourteaux capturés au filet trémail, par campagne et par sexe. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.5 Focus sur quelques espèces de poissons pélagiques

3.3.5.1 Chinchard commun



Le **chinchard** (*Trachurus trachurus*) est l'espèce de poisson pélagique la plus abondamment capturée sur la zone avec les engins utilisés (chalut de fond et filet trémail).

Avec 582 kg, le chinchard représente 12,5% de la biomasse totale des captures au chalut de fond tous taxons confondus, et 66 % de la biomasse des seuls poissons pélagiques. Le chinchard est présent tout au long de l'année : la campagne d'automne 2022 se démarque avec des indices de biomasse très élevés, probablement liées à une forte abondance de proies, alors que les indices de biomasse ne sont pas significativement différents en automne 2023 (cf. Figure 141).

Au filet trémail, les captures sont négligeables.

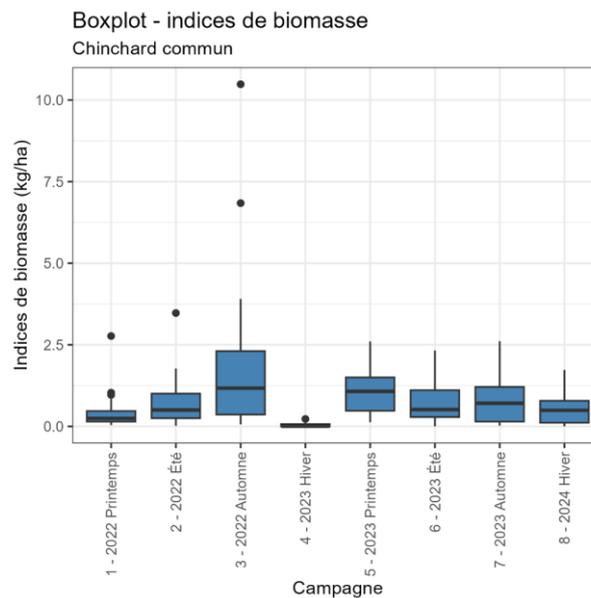


Figure 141 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de chinchards communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Les indices de biomasse sont très variables d'une campagne et d'une station à l'autre. Les stations centrales et du sud-ouest de la zone semblent présenter les indices de biomasse les plus importants (cf. Figure 142).

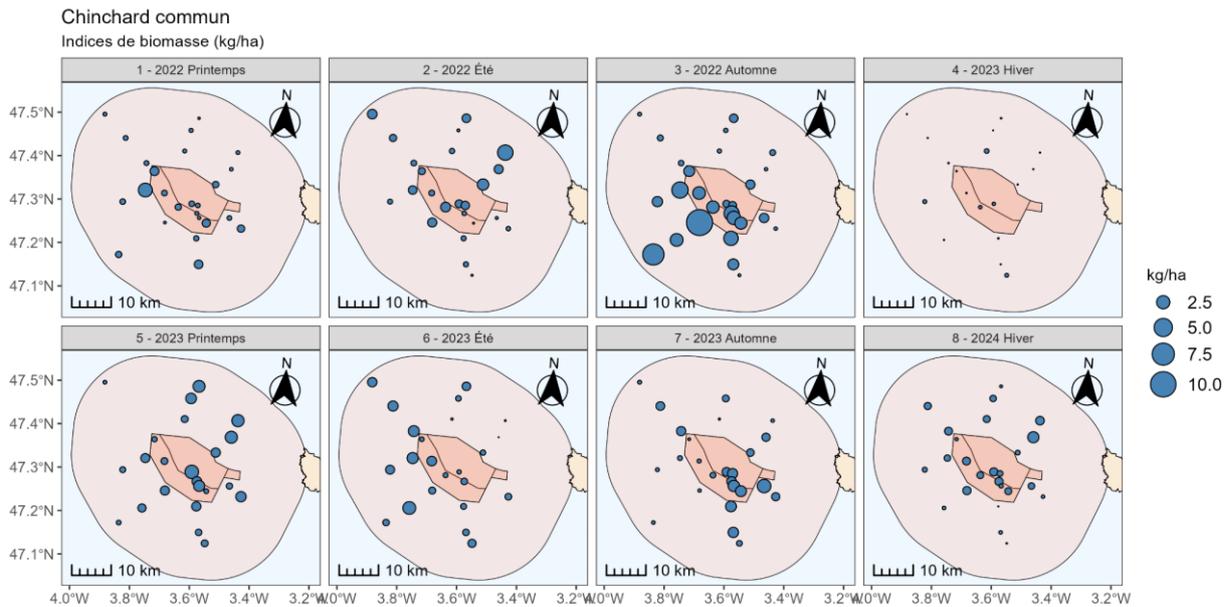


Figure 142 : Distribution spatiale des biomasses (en kg/ha) de chinchards communs capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La distribution en classes de taille des chinchards capturés au chalut de fond est très variable selon la campagne (cf. Figure 144). Lors des campagnes de printemps, été et hiver, la distribution en classes de taille affiche un seul mode, avec des individus en majorité matures, c'est-à-dire âgés de plus de 3-4 ans et de taille supérieure à 25 cm (et supérieure également à la taille commerciale minimale 15 cm).

A l'inverse, en hiver, la distribution en classes de taille est bimodale avec une minorité d'individus matures, et une large majorité d'individus immatures entre 8 et 18 cm, soit des juvéniles de moins de 3 ans, dont la présence abondante est sans doute liée à des opportunités alimentaires (présence de proies).

Au filet trémail, les chinchards capturés sont quasiment que des individus de taille supérieure à 25 cm, soit des individus matures (cf. Figure 143).

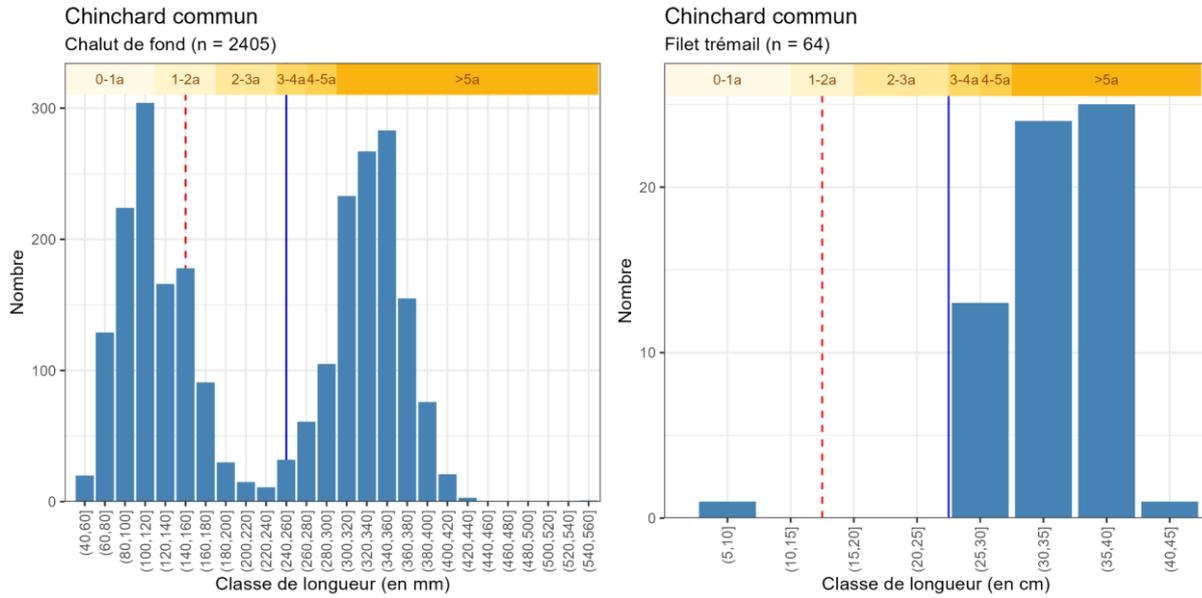


Figure 143 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des chinchards communs capturés, toutes campagnes confondues, au chalut de fond (à gauche) et au filet trémail (à droite). Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

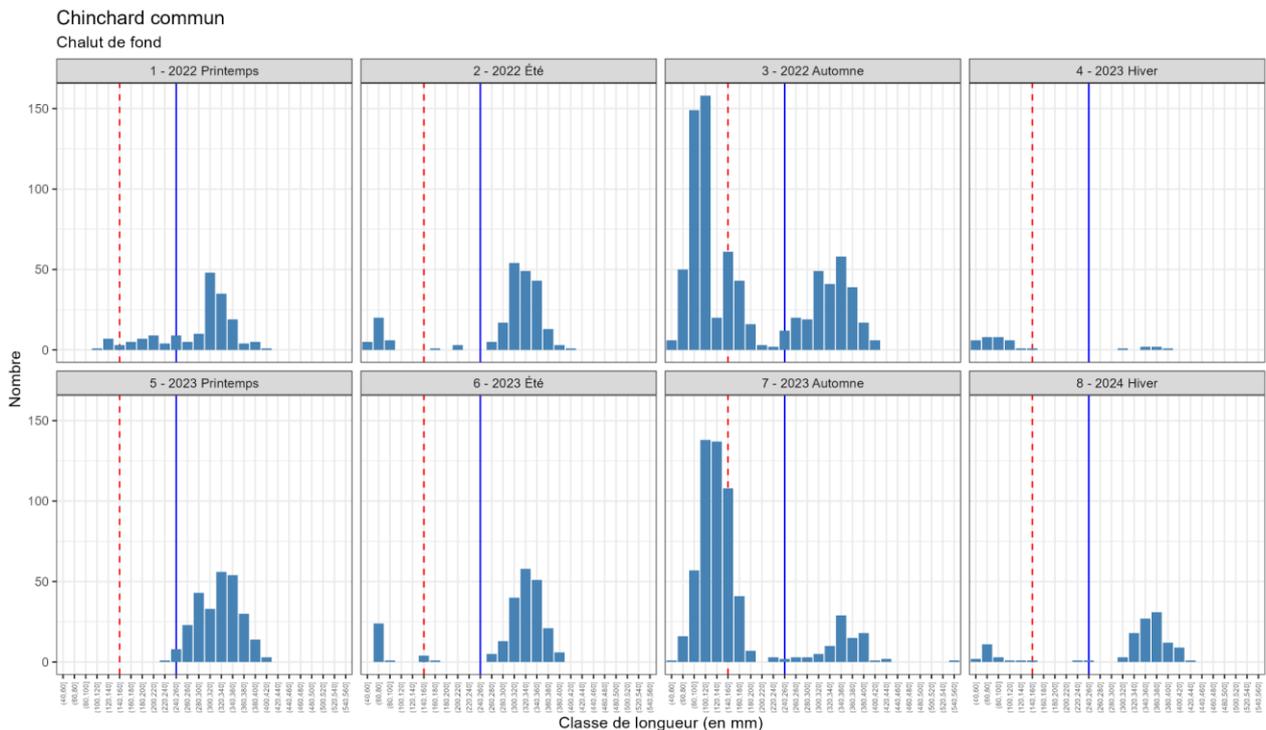


Figure 144 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des chinchards communs capturés au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.5.2 Anchois



L'**anchois** (*Engraulis encrasicolus*) est une espèce de petit poisson pélagique abondante et largement répandue dans l'Atlantique oriental et la Méditerranée. Cette espèce est la proie de nombreuses espèces prédatrices au sein des réseaux trophiques (poissons, oiseaux et mammifères marins) et fait également l'objet d'une exploitation halieutique dans le sud du golfe de Gascogne.

Dans la zone d'étude, les biomasses les plus importantes ont été observées en automne et en hiver, en particulier durant l'automne 2022 où elles ont été très élevées (cf. Figure 145), probablement liées à une forte abondance de proies (plancton). De petite taille, l'espèce n'est pas capturée au filet trémail.

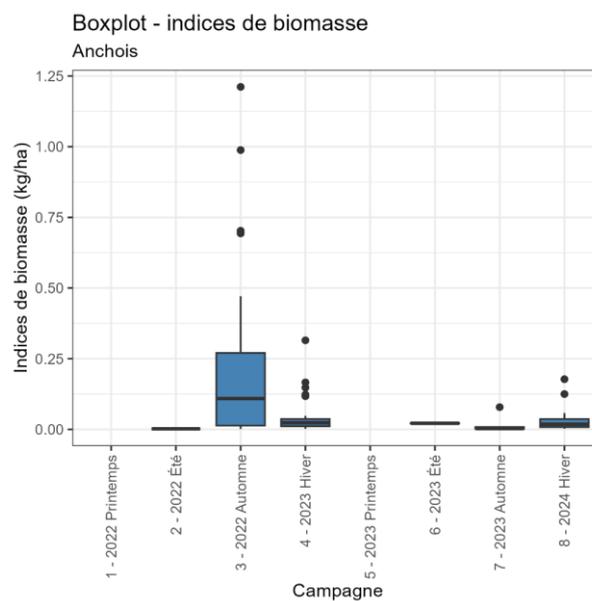


Figure 145 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) des anchois capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Les biomasses capturées sont également très variables selon les stations mais ne suivent pas de pattern particulier (cf. Figure 146). Comme beaucoup d'espèces pélagiques, l'anchois est très mobile et largement réparti et sa capturabilité au chalut de fond est assez aléatoire.

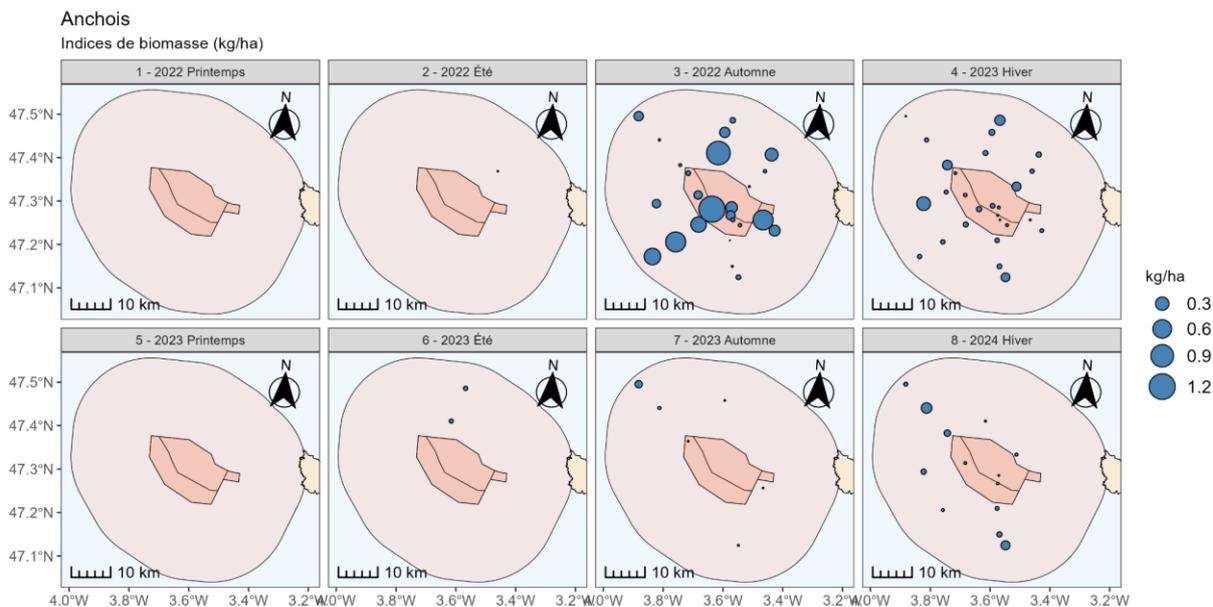


Figure 146 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) des anchois capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La majorité des anchois capturés au chalut de fond sont de tailles comprises entre 8 et 12 cm (cf. Figure 147), donc d'individus âgés de moins de 2 ans plus ou moins matures (la taille à maturité sexuelle est d'environ 10 cm) et de taille non commercialisable (minimum de 12 cm).

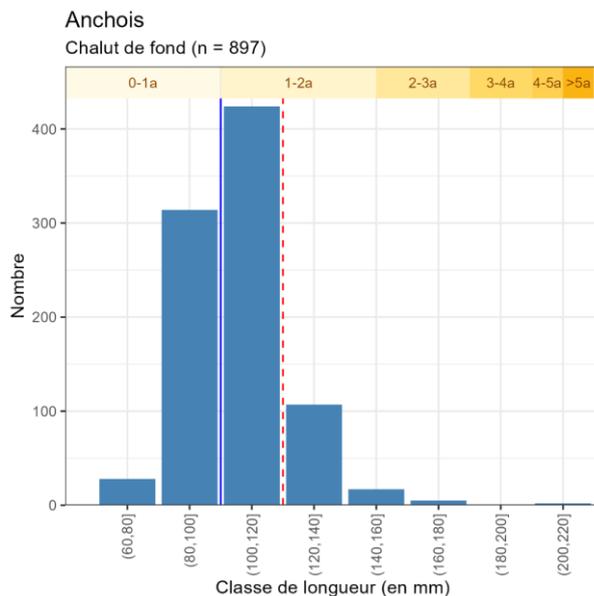


Figure 147 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des anchois capturés au chalut de fond, toutes campagnes confondues. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

3.3.5.3 Merlan bleu



Le **merlan bleu** (*Micromesistius poutassou*) est un poisson pélagique commun de l'Atlantique nord, dont l'exploitation halieutique a fortement augmenté lors des dernières décennies, principalement pour alimenter les marchés de produits transformés (surimi, etc.).

Sur la zone d'étude, au chalut de fond, il a été observé lors des campagnes de printemps et d'été (cf. Figure 148). En automne et en hiver, il est absent à l'exception de rares captures durant l'automne 2023.

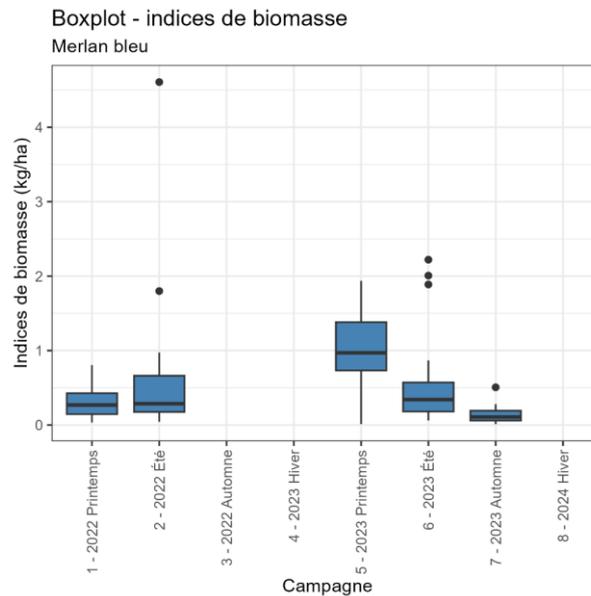


Figure 148 : Boxplot des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlans bleus capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

Les indices de biomasse sont très variables selon les stations (cf. Figure 149). Au printemps, ils semblent relativement uniformes selon les stations, alors qu'en été, ils semblent plus importants au nord de la zone d'étude.

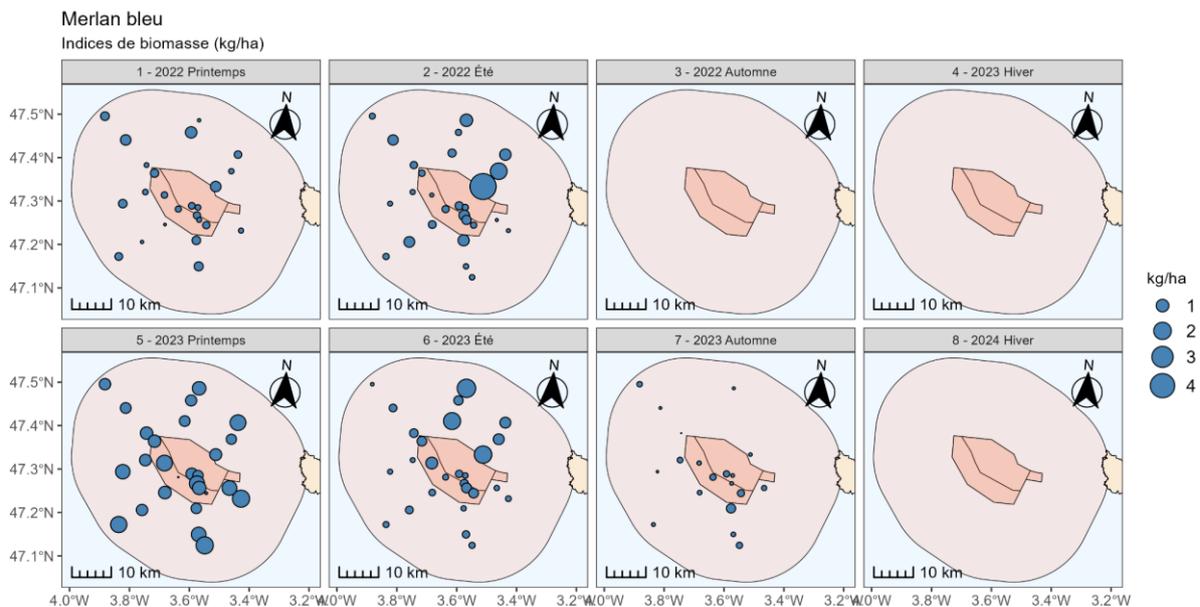


Figure 149 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg par hectare) de merlans bleus capturés au chalut de fond par campagne (source : setec énergie environnement, 2024).

La très grande majorité des individus capturés sont de taille supérieure à 20 cm (cf. figure 119 et figure 120) : il s'agit d'individus matures (taille à maturité d'environ 20cm).

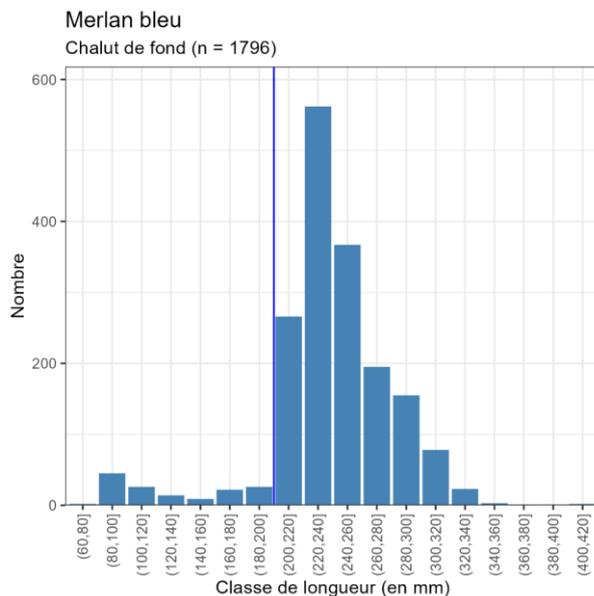


Figure 150 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des merlans bleus capturés au chalut de fond, toutes campagnes confondues. Le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

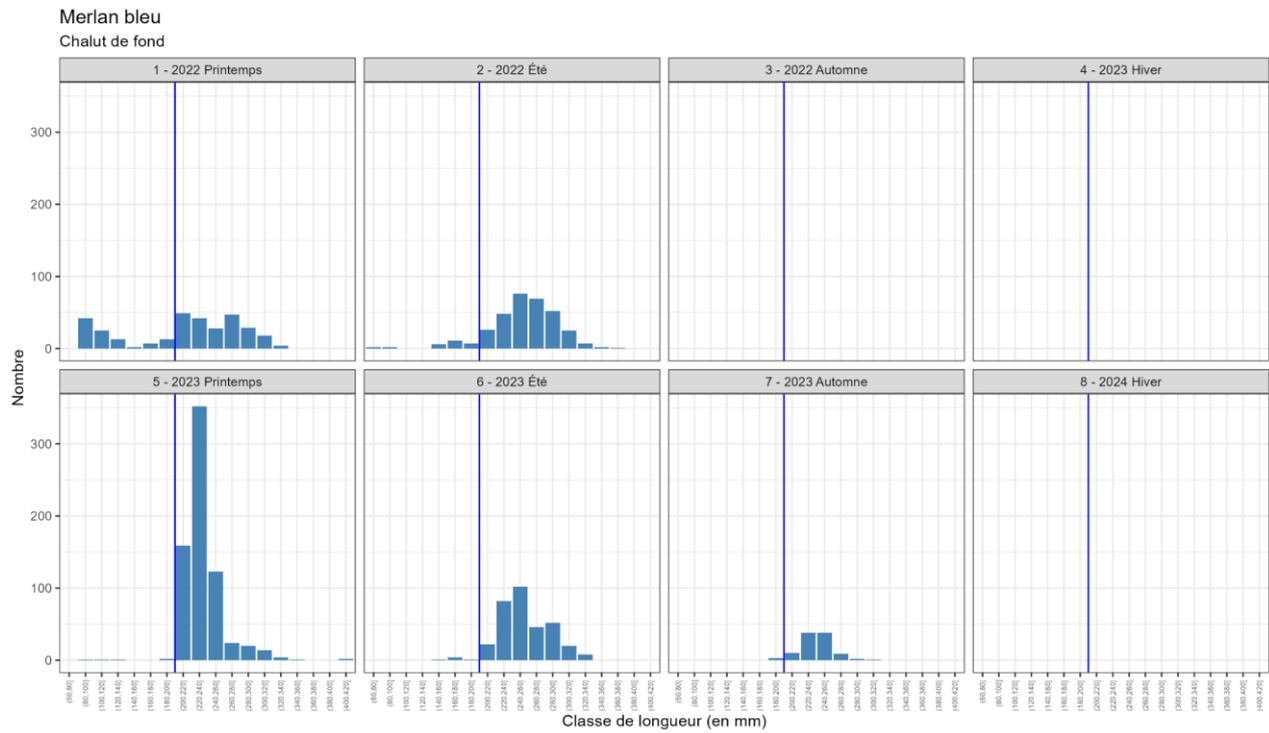


Figure 151 : Distribution en fréquences de tailles (mm) des merlans bleus capturés au chalut de fond par campagne. Le trait vertical rouge (pointillés) correspond à la taille commerciale et le trait vertical bleu correspond à la taille de maturité sexuelle (source : setec énergie environnement, 2024).

4. DISCUSSION ET LIEN ENTRE LES COMPARTIMENTS

4.1 PRINCIPALES TENDANCES DE L'ICHTYOPLANCTON

L'analyse spatio-temporelle pour tester l'effet de la zone (immédiate vs rapprochée) et du mois sur l'abondance totale et la structure de la communauté des œufs et des larves indique qu'il y a peu de différences entre les zones (uniquement pour l'abondance totale des larves sur un mois). Les différences sont au contraire marquées entre les saisons, en lien avec phénologie de la reproduction des différentes espèces de poissons.

Bien que des stades d'espèces inféodées à l'un des étagements marins suivants – pélagiques ; démersaux ; benthiques - aient été collectés, ce sont les petits poissons pélagiques qui dominent en abondance dans l'ichtyoplancton prélevé dans la tranche moyenne 0-40 m. Les trois espèces majoritaires sont en effet **l'anchois commun**, le **chinchard commun** et la **sardine commune**. Selon la littérature (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024), le golfe de Gascogne semble être une zone de reproduction importante pour ces trois espèces. Bien que le site d'étude ne semble pas appartenir à leurs principales zones de frayère dans le golfe de Gascogne (principalement dans la zone sud pour l'anchois et la sardine, et au large pour le chinchard, (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024), la présence d'œufs (particulièrement au stade I) et de larves pourrait indiquer que le site d'étude est situé, du moins, à proximité de leurs zones de frayère.

Après les espèces pélagiques, ce sont les **espèces démersales** qui ont été collectées, en abondance 10 fois inférieure à celles des espèces pélagiques. L'échantillonnage au filet Bongo a notamment permis de collecter des œufs et larves de **tacaud commun** et de **merlu commun**. Les deux espèces se reproduisent dans le golfe de Gascogne (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024). Cependant, le site d'étude semble être particulièrement proche de la principale zone de frayère du tacaud commun, ce qui est en accord avec la présence d'œufs et de larves de cette espèce dans notre étude.

Enfin, quelques **espèces benthiques** ont également été collectées, notamment la **sole commune** dont les œufs et les larves ont été retrouvés en hiver 2023 et 2024. Ces résultats étaient attendus, car le site d'étude est situé à proximité des principales zones de frayère des espèces, c'est-à-dire dans les zones côtières entre Belle-Ile-en-Mer et l'Île-d'Yeu (Casemajor, Alglave and Woillez, 2024).

Les 2 années de suivi du compartiment ichtyoplancton dont fait l'objet ce rapport ont permis de mettre en évidence différentes périodes de reproduction, caractérisées par des différences de température et de salinité. Pour la plupart des espèces, nos résultats sont en accord avec les saisons de reproduction rapportées dans la littérature :

- **Printemps/été** : principalement anchois, chinchard, sardine, maquereau, vieille, aurin atlantique, vieille, rouquié, motelle à quatre barbillons
- **Été** : pagre, grondin gris
- **Hiver** : sprat, lieu jaune, lieu noir, petit tacaud, sole commune

À noter que certains taxons ne peuvent pas être échantillonnés au filet Bongo, en raison de leur mode de reproduction. Par exemple, pour de nombreuses espèces de Gobiidae, les femelles pondent leurs œufs sur le substrat benthique et les mâles en assurent la garde (Bouchereau and Guelorget, 1998). Les œufs de ces espèces sont donc rarement trouvés dans l'environnement pélagique.

Dans l'ensemble, les campagnes d'ichtyoplancton ont fourni des indices importants sur la saison et la distribution spatiale des événements de frai de certaines espèces de poissons. Cela est particulièrement important pour certaines espèces exploitées commercialement, telles que l'anchois, la sardine, le tacaud commun, le merlu, le bar commun ou la sole commune. Cependant, les résultats ne couvrent que deux années et sur une zone spatiale très réduite. Compte tenu des caractéristiques planctoniques des œufs et des larves de ces espèces, ils sont fortement influencés par l'hydrographie locale du site d'étude, qui détermine en grande partie leur présence dans le temps et l'espace. La variabilité interannuelle du moment

de la reproduction et des conditions hydrographiques ainsi que la caractéristique benthique des œufs de certaines espèces pourraient donc sous-estimer l'importance du site en tant que zone de reproduction pour de nombreuses espèces de poissons. Cela pourrait être le cas pour certaines espèces fréquemment collectées à l'état adulte dans la zone, telles que le callionyme, le petit tacaud, la sole perdrix ou l'arnoglosse lanterne.

4.2 ESPECES BENTHO-DEMERSALES AUX STADES ADULTES ET JUVENILES

On observe une importante variabilité dans les assemblages des espèces benthodémersales de poissons aux stades adultes et juvéniles échantillonnées à l'aide des campagnes de pêche dédiées, que ce soit en termes de biomasse, d'abondance, de diversité ou de composition spécifique. Les deux années de suivi, qui ont fait l'objet de quatre campagnes différentes par engin pour chaque saison, ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative entre zone d'étude immédiate et zone d'étude rapprochée, ni de tendance saisonnière nettement marquée.

Ainsi, parmi les campagnes d'échantillonnage au chalut de fond, la première, du printemps 2022, et la dernière, de l'hiver 2024, se démarquent par leur biomasse plus importante. La campagne d'automne 2022 se distingue au contraire par une biomasse plus faible, une composition des captures différente (révélée par classification hiérarchique ascendante) et un niveau trophique moins élevé. Au niveau fonctionnel, on observe pendant cette campagne une baisse de la proportion d'espèces équilibrées, avec l'absence des raies et des roussettes, une diminution des périodiques piscivores (merlu, baudroies, turbot, congre, poissons plats.) et une forte représentation des espèces opportunistes benthivores (tacaud, callionymes, etc.).

Cette variabilité non saisonnière observée au cours de cette étude peut être liée à plusieurs facteurs :

- Des conditions physico-chimiques et biologiques variables. Les deux années étudiées se sont révélées très différentes en termes de production primaire (cf. rapport relatif au phytoplancton) avec des teneurs en chlorophylle bien plus élevées d'avril à novembre en 2022 qu'en 2023 (cf. données ECO MARS 3D ou mesures à la sonde multiparamètres) en particulier en automne, ce qui peut être mis en relation avec les biomasses observées au chalut de fond (espèces pélagiques notamment).
- Les espèces de poissons benthodémersales et de céphalopodes sont mobiles et la zone étudiée ne couvre qu'une petite partie de leur aire de répartition, influencée par l'abondance et les mouvements de leurs proies (zooplancton, petits poissons et céphalopodes pélagiques, etc.) ainsi que par les conditions océanographiques (maturation et ponte, dérive larvaire, regroupement des juvéniles).
- La capturabilité de ces espèces au chalut de fond pourrait-elle constituer un facteur de variation ? L'engin et le protocole mis en œuvre sont restés inchangés sur toute la durée de l'étude. La campagne qui se distingue (automne 2022) est également caractérisée par la présence massive de petits pélagiques (chinchard et anchois) dans les captures. On peut se demander si ce facteur pourrait influencer le comportement et la capturabilité de certaines espèces benthodémersales.

Les données récoltées fournissent des éléments descriptifs des peuplements benthodémersaux de la zone étudiée au cours de l'année. Certaines espèces sont caractéristiques de la zone d'étude. C'est le cas du tacaud commun, abondant et omniprésent, avec une présence en toute saison, malgré des variations notables d'une campagne à l'autre. Le constat est similaire pour le merlu, la baudroie, la petite roussette ou la cardine franche, à l'exception de la partie nord de la zone d'étude où cette dernière est beaucoup plus discrète (ce qui peut être lié à la limite bathymétrique de la distribution de l'espèce).

Pour d'autres espèces, la répartition spatio-temporelle peut varier selon :

- le type de substrat et la sédimentologie des substrats meubles.
 - o Pour certaines espèces, cette préférence écologique est très marquée : la langouste rouge est une espèce commune de l'échantillonnage réalisé au filet trémail mais est absente du chalut de fond, l'espèce étant inféodée presque exclusivement aux fonds rocheux. C'est le cas également pour la lingue franche ou le lieu jaune, absents ou presque au chalut de fond.
 - o Pour la sole commune, la biomasse et l'abondance apparaissent relativement stables d'une campagne à l'autre, avec des valeurs plus fortes dans le nord et le nord-est de la zone d'étude. Cette structuration met en évidence l'habitat préférentiel de l'espèce, le nord de la zone d'étude se caractérisant par des fonds plus vaseux, plus propices à l'espèce (et également plus proches des zones de reproductions côtières).
- la saison d'échantillonnage. Au filet trémail, c'est le cas pour le tourteau, rare en automne, période où il quitte les zones rocheuses pour rejoindre les zones de reproduction. C'est le cas également pour la seiche qui est une espèce caractéristique des périodes d'automne et d'hiver sur la zone d'étude.

Par ailleurs, si l'on considère l'ensemble des espèces benthodémersales, on observe qu'en moyenne, les stations les plus au nord présentent des abondances et des biomasses plus faibles. Ces stations correspondent aux stations décrites comme les plus vaseuses dans les analyses sédimentaires et présentent les plus faibles richesses spécifiques et abondances dans le compartiment de la macrofaune benthique, dont ces espèces sont plus ou moins directement dépendantes pour leur alimentation.

Les relations entre la distribution et l'abondance des invertébrés benthiques et celles des poissons benthodémersaux ont rarement été étudiées (Johnson *et al.* 2013), hormis quelques travaux portant sur les nourriceries côtières (Tableau *et al.* 2016, Saulnier *et al.* 2020).

Pour étudier la relation (sous l'hypothèse d'un lien trophique) entre invertébrés benthiques et poissons benthodémersaux collectés au chalut de fond sur la zone étudiée, nous avons sélectionné 13 traits de chalut situés à proximité de stations de prélèvement du benthos (cette proximité spatiale représentait un objectif dès la définition du plan d'échantillonnage initial). Les modèles de régression linéaire testés ne nous ont pas permis de mettre en évidence de relation significative entre les indices d'abondance (CPUE en ind./ha) ou de biomasse (CPUE en kg/ha) de poissons et céphalopodes benthodémersaux et l'abondance de la macrofaune benthique (en nombre d'individus / 0,5 m²). Des recherches plus sélectives, appliquées à certaines espèces de poissons benthodémersaux et de benthos liées par des relations trophiques avérées, pourraient permettre de progresser dans l'étude des relations entre ces deux compartiments à partir des jeux de données collectées.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Badts, V. and Bertrand, J. (2012) *Guide de la mensuration des espèces en halieutique, poissons, mollusques, crustacés, reptiles marins, mammifères marins*. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00001/6237/>
- Abaunza, P. *et al.* (2008) 'Stock identity of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea: Integrating the results from different stock identification approaches', *Fisheries Research*, 89(2), pp. 196–209. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.09.022>.
- Alonso-Fernández, A. and Saborido-Rey, F. (2012) 'Relationship between energy allocation and reproductive strategy in *Trisopterus luscus*', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 416–417, pp. 8–16. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.02.001>.
- Alvarez, P. and Chifflet, M. (2012) 'The fate of eggs and larvae of three pelagic species, mackerel (*Scomber scombrus*), horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in relation to prevailing currents in the Bay of Biscay: Could they affect larval survival?', *Scientia Marina*, 76(3), pp. 573–586. Available at: <https://doi.org/10.3989/scimar.03298.07H>.
- Alvarez-Fernandez, S., Lindeboom, H. and Meesters, E. (2012) 'Temporal changes in plankton of the North Sea: community shifts and environmental drivers', *Marine Ecology Progress Series*, 462, pp. 21–38. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps09817>.
- Amara, R. *et al.* (1998) 'Comparison between the life cycles of two Soleidae, the common sole, *Solea solea*, and the thickback sole, *Microchirus variegatus*, in the Bay of Biscay (France)', *Environmental Biology of Fishes* 53: 193-209 [Preprint]. Available at: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48606995/Comparison_between_the_life_cycle_of_two20160906-22940-yvxp8f-libre.pdf?1473149755=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DComparison_between_the_life_cycles_of_tw.pdf&Expires=1707487354&Signature=cfCxcGUXTfybMkKjpPh8ukGIhN8DzI0nJ1oxpX6L7KR6zaNDhCWULel3LYIldJ22rWwTFWQCJP-PKRJfA~pLUMoByQODoXRXIRNw7DLd5UTgnKgg4VrsCZBv1H-np4tiah~7QDIUjr9wZWLpqqsqSyT6sxEk-kbLyAxZ1g6vBxfR-rvUT9zDy6X6wnsNA7VTbZiYPGhC65vLicQGT1j-EKnbQnOs8Y~Y~tMKViDCi~bNRle67Tv1g2U1QoqgsDOpznAEg~DSm9rSw1HUrbxh3Yfg641w6YrM8n1SLPBKzz6e1AUIFMHQgwWf1MPvDtiq-7f0n92pg9P6CFHD03K9OA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA (Accessed: 9 February 2024).
- Anderson, M.J. (2001) 'A new method for non-parametric multivariate analysis of variance'.
- Bailey, R.S. (1980) 'Sprat factsheet', in *ICES FishMap* [Preprint].
- Baumann, H. *et al.* (2006a) 'Recruitment variability in Baltic Sea sprat (*Sprattus sprattus*) is tightly coupled to temperature and transport patterns affecting the larval and early juvenile stages', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63(10), pp. 2191–2201. Available at: <https://doi.org/10.1139/f06-112>.
- Baumann, H. *et al.* (2006b) 'Recruitment variability in Baltic Sea sprat (*Sprattus sprattus*) is tightly coupled to temperature and transport patterns affecting the larval and early juvenile stages', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63(10), pp. 2191–2201. Available at: <https://doi.org/10.1139/f06-112>.
- Baumann, H. *et al.* (2009) 'The German Bight (North Sea) is a nursery area for both locally and externally produced sprat juveniles', *Journal of Sea Research*, 61(4), pp. 234–243. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2009.01.004>.
- Bellier, E., Planque, B. and Petitgas, P. (2007a) 'Historical fluctuations in spawning location of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in the Bay of Biscay during 1967/73 and 2000/2004', *Fisheries Oceanography*, 16(1), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00410.x>.

- Bellier, E., Planque, B. and Petitgas, P. (2007b) 'Historical fluctuations in spawning location of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in the Bay of Biscay during 1967–73 and 2000–2004', *Fisheries Oceanography*, 16(1), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00410.x>.
- Bernal, M. *et al.* (2007) 'Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of and spatio-temporal variability in spawning habitat', *Progress in Oceanography*, 74(2), pp. 210–227. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.04.018>.
- Bolar, K. (2019) 'STAT: Interactive Document for Working with Basic Statistical Analysis'. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/STAT/index.html> (Accessed: 19 February 2025).
- Bouchereau, J.-L. and Guelorget, O. (1998) 'Comparison of three Gobiidæ (Teleostei) life history strategies over their geographical range', *Oceanologica Acta*, 21(3), pp. 503–517. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0399-1784\(98\)80034-0](https://doi.org/10.1016/S0399-1784(98)80034-0).
- Brunel, T. *et al.* (2018) 'Quantifying the influence of geography and environment on the northeast Atlantic mackerel spawning distribution', *Fisheries Oceanography*, 27(2), pp. 159–173. Available at: <https://doi.org/10.1111/fog.12242>.
- Casemajor, J., Alglave, B. and Woillez, M. (2024) *Rapport scientifique Cartographie des frayères des espèces halieutiques en France métropolitaine*. Ifremer, p. 198.
- Casini, M., Cardinale, M. and Arrhenius, F. (2004) 'Feeding preferences of herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the southern Baltic Sea', *ICES Journal of Marine Science*, 61(8), pp. 1267–1277. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2003.12.011>.
- Dambrine, C. *et al.* (2021) 'Characterising Essential Fish Habitat using spatio-temporal analysis of fishery data: A case study of the European seabass spawning areas', *Fisheries Oceanography*, 30(4), pp. 413–428. Available at: <https://doi.org/10.1111/fog.12527>.
- Danancher, D. and Garcia-Vazquez, E. (2009) 'Population differentiation in megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) and four spotted megrim (*Lepidorhombus boscii*) across Atlantic and Mediterranean waters and implications for wild stock management', *Marine Biology*, 156(9), pp. 1869–1880. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1219-9>.
- De Pontual, H. and Drogou, M. (2018) 'Fiche espèce Bar commun. 2 p. AcclimaTerra, Le Treut, H. (dir). Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires', *Webcomplément* [Preprint].
- Field, J.G., Clarke, K.R. and Warwick, R.M. (1982) 'A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns', *Marine Ecology Progress Series*, 8, pp. 37–52. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps008037>.
- Froese, R. and Pauly, D. (2024) *Ctenolabrus rupestris*, *FishBase*. Available at: <https://www.fishbase.us/summary/Ctenolabrus-rupestris.html> (Accessed: 22 January 2025).
- Gotelli, N.J. and Colwell, R.K. (2001) 'Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness', *Ecology Letters*, 4(4), pp. 379–391. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>.
- Grosjean, P. and Engels, G. (2021) *8.2 Indices de biodiversité | Science des données biologiques 2*. Available at: <http://biodatascience-course.sciviews.org/sdd-umons2-2019/indices-de-biodiversite.html> (Accessed: 21 February 2023).
- Huret, M. *et al.* (2018) 'Survey timing vs. ecosystem scheduling: Degree-days to underpin observed interannual variability in marine ecosystems', *Progress in Oceanography*, 166, pp. 30–40. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.07.007>.

ICES (2022) *Benchmark Workshop on Sprat (WKSPRAT 2018)*. ICES Expert Group reports (until 2018), p. 1808397 Bytes. Available at: <https://doi.org/10.17895/ICES.PUB.19291145>.

ICES (2024a) *Working group on mackerel and horse mackerel egg surveys (WGMEGS)* [PDF]. ICES Scientific Reports, p. 18256649 Bytes. Available at: <https://doi.org/10.17895/ICES.PUB.23790201>.

ICES (2024b) *Working Group on Southern Horse Mackerel, Anchovy and Sardine (WGHANSA)* [PDF]. Volume 6 , Issue 46. ICES Scientific Reports, p. 69314850 Bytes, 738. Available at: <https://doi.org/10.17895/ICES.PUB.26003356>.

Ifremer (2022a) 'Fiche Biologie Anchois commun *Engraulis encrasicolus*'. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/34647/file/anchois.pdf> (Accessed: 27 February 2023).

Ifremer (2022b) 'Fiche Biologie Chinchard commun *Trachurus trachurus*'. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/42197/file/ChinchardBio.pdf> (Accessed: 27 February 2023).

IFREMER (2022a) *Fiche Biologie Le bar commun (*Dicentrarchus labrax*)*. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/38102/file/BarBio.pdf> (Accessed: 17 May 2024).

Ifremer (2022c) *Fiche Biologie Maquereau commun (*Scomber scombrus*)*. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/41383/file/maquereau.pdf> (Accessed: 19 February 2025).

IFREMER (2022b) *Fiche Biologie Sardine (*Sardina pilchardus*)*. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/38116/file/SardineBio.pdf> (Accessed: 17 May 2024).

Ifremer (no date a) 'Fiche Biologie Bar commun *Dicentrarchus labrax*'. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/38102/file/BarBio.pdf> (Accessed: 8 February 2024).

Ifremer (no date b) 'Fiche Biologie Cardine Franche *Lepidorhombus whiffiagonis*'. Available at: <https://peche.ifremer.fr/content/download/38104/file/cardine.pdf> (Accessed: 9 February 2024).

Ifremer. Système d'Informations Halieutiques (2024). Département Morbihan. 2023. Activité des navires de pêche. Ref. Navires dans les lieux d'immatriculation de Lorient, Auray et Vannes.. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00912/102393/>

Kay, M. *et al.* (2021) 'ARTool: Aligned Rank Transform'. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/ARTool/index.html> (Accessed: 19 February 2025).

Lazure, P. and Desmare, S. (2012) 'Caractéristiques et état écologique - Golfe de Gascogne - ETAT PHYSIQUE ET CHIMIQUE - Caractéristiques physiques: Courantologie', *Ifremer & SHOM* [Preprint]. Available at: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00329/44003/43575.pdf> (Accessed: 8 November 2023).

Merayo, C.R. (1996) 'Reproduction and fecundity of the bib *Trisopterus luscus* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Gadidae) in the central region of the Cantabrian Sea (northern Spain)', *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 12(1), pp. 17–29.

Munk, P. (1993) 'Differential growth of larval sprat *Sprattus sprattus* across a tidal front in the eastern North Sea', *Marine Ecology Progress Series*, 99, pp. 17–27. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps099017>.

Munk, P. and Nielsen, J.G. (2005) *Eggs and larvae of North Sea fishes*. Frederiksberg: Biofolia.

Oksanen, J. *et al.* (2022) 'vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-4'. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf> (Accessed: 23 February 2023).

Peck, M.A. *et al.* (2012) 'Reprint of: The ecophysiology of *Sprattus sprattus* in the Baltic and North Seas', *Progress in Oceanography*, 107, pp. 31–46. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2012.10.009>.

- Petitgas, P. (1997) 'Sole egg distributions in space and time characterised by a geostatistical model and its estimation variance'.
- Pinheiro, J., Bates, D. and R Core Team (2024) 'nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models'. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- Puillat, I. *et al.* (2004) 'Hydrographical variability on the French continental shelf in the Bay of Biscay, during the 1990s', *Continental Shelf Research*, 24(10), pp. 1143–1163. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.02.008>.
- Solberg, I., Røstad, A. and Kaartvedt, S. (2015a) 'Ecology of overwintering sprat (*Sprattus sprattus*)', *Progress in Oceanography*, 138, pp. 116–135. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.08.003>.
- Solberg, I., Røstad, A. and Kaartvedt, S. (2015b) 'Ecology of overwintering sprat (*Sprattus sprattus*)', *Progress in Oceanography*, 138, pp. 116–135. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.08.003>.
- Trimoreau, E. *et al.* (2013) 'A quantitative estimate of the function of soft-bottom sheltered coastal areas as essential flatfish nursery habitat', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 133, pp. 193–205. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.08.027>.
- Whittaker, R.H. (1960) 'Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California', *Ecological Monographs*, (30), pp. 279–338. Available at: <https://doi.org/10.2307/1943563>.
- Wobbrock, J.O. *et al.* (2011) 'The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures', in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (CHI '11), pp. 143–146. Available at: <https://doi.org/10.1145/1978942.1978963>.
- Zuur, A.F. *et al.* (2009) *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. New York, NY: Springer (Statistics for Biology and Health). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>.