

● ETAT DE REFERENCE DE LA RESSOURCE HALIEUTIQUE PROJET EOLIEN EN MER DE DIEPPE – LE TREPORT

PRESENTATION DES RESULTATS DES CAMPAGNES 2022 – 2023

PROJET 04847995

DOCUMENT

Zone	Domaine	Phase	Nature document	Numéro
FR	EMR	Campagnes halieutiques référence	de Note	47995

REVISIONS

Version	Date	Auteurs / Vérificateur	Description
0.1	26/07/2023	LC/EB/LW/SF/GA/YP/BF	Version initiale
0.2	29/08/2023	LC/EB/LW/SF/GA/YP/BF	Version avec prise en compte commentaires

COORDONNEES

Adresse de l'établissement	Directeur
Setec energie environnement	Philippe Bornens
Immeuble Central Seine	Directeur
42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230	Setec in vivo
75 583 Paris cedex 12	ZA la Grande Halte
FRANCE	29 940 La Forêt-Fouesnant
Tél +33 1 82 51 55 55	France
Fax +33 1 82 51 55 56	Tél +33 2 98 51 41 75
info@setec.fr	Philippe.bornens@ setec.fr
www.setec.fr	

Suivi de la ressource halieutique sur la zone du projet éolien

Synthèse des campagnes 2022/2023

Table des matières

Table des matières	2
Liste des figures.....	6
Liste des tables	13
Suivi de la ressource halieutique sur la zone du projet éolien.....	14
Etat de référence / Synthèse des campagnes 2022/2023	14
Introduction.....	14
1. Contexte et objectifs - Rappel	14
2. Présentation du site d'étude	15
3. Compartiments étudiés et métiers associés	16
Chapitre 1. Phytoplancton et Zooplancton	18
1. Matériel et méthodes.....	18
1.1 Stratégie d'échantillonnage.....	18
1.2 Moyens à la mer	19
1.3 Déroulement de la campagne	20
1.4 Traitement des échantillons	21
1.4.1 Traitement des échantillons.....	21
1.4.2 Paramètres mesurés à la sonde multi-paramètres	21
1.5 Analyse des données	21
1.5.1 Analyse des communautés phytoplanctoniques	21
1.5.2 Analyses des communautés zooplanctoniques.....	23
2. Résultats	23
2.1 Profils à la sonde multi-paramètres	23
2.2 Communautés phytoplanctoniques	25
2.2.1 Modèle ECO-MARS-3D	25
2.2.2 Profil de fluorimétrie	26
2.2.3 Diversité spécifique	28
2.2.4 Structure des communautés phytoplanctoniques	29
2.3 Communautés zooplanctoniques.....	33
2.3.1 Structure de la communauté zooplanctonique.....	33

3. Bilan	40
3.1 Hydrologie et communautés planctoniques	40
3.2 Limites du protocole	41
Chapitre 2. Ichtyoplancton	42
1. Matériel et méthodes	42
1.1 Stratégie d'échantillonnage	42
1.2 Moyens à la mer	43
1.3 Déroulement des campagnes	43
1.4 Traitement des résultats	44
1.4.1 Indice de diversité	44
1.4.2 Composition spécifique et abondance	45
2. Résultats	45
2.1 Paramètres physico-chimiques	45
2.2 Richesse et diversité spécifique	47
2.3 Structure et abondance	50
2.3.1 Stade larve	50
2.3.2 Stade œuf	52
2.3.3 Œufs en stade I	54
2.4 Distribution spatiale	55
3. Bilan	56
Chapitre 3. Amande de mer	58
1. Matériel et méthodes	58
1.1 Moyens à la mer	58
1.2 Stratégie d'échantillonnage	58
1.3 Déroulement de la campagne	59
1.4 Analyse des données	60
2. Résultats	60
2.1 Abondance et biomasse	60
2.2 Structure en tailles	62
3. Bilan	64
Chapitre 4. Coquille Saint-Jacques	65
1. Matériel et méthodes	65
1.1 Stratégie d'échantillonnage	65
1.2 Moyens à la mer	66
1.3 Déroulement de la campagne	67
2. Résultats	67

2.1 Synthèse des captures.....	67
2.2 Focus sur la coquille Saint-Jacques <i>Pecten maximus</i>	71
2.3 Structure en classes d'âge et de taille	72
2.4 Comparaison avec l'état initial 2015/2017	75
Chapitre 5. Espèces capturées au chalut à perche.....	76
1. Matériel et méthodes.....	76
1.1 Stratégie d'échantillonnage.....	76
1.2 Moyens à la mer	77
1.3 Déroulement de la campagne	77
1.4 Traitement des données.....	78
1.4.1 Abondance et biomasse	78
1.4.2 Richesse spécifique.....	78
1.4.3 Indices de diversité	78
1.4.4 Analyses multivariées	78
1.4.5 Description spécifique	79
2. Résultats	79
2.1 Synthèse globale des captures	79
2.2 Poissons et céphalopodes	79
2.2.1 Abondance et biomasse	79
2.2.2 Richesse et diversité spécifique	82
2.2.3 Composition des communautés.....	85
2.2.4 Composition globale en espèces	87
2.2.5 Organisation et zonation des peuplements	87
2.2.6 Focus sur quelques espèces de poissons et céphalopodes.....	90
2.3 Invertébrés benthiques	105
2.4 Comparaison avec l'état initial	107
3. Bilan	107
Chapitre 6. Espèces capturées au chalut canadien	109
1. Matériel et méthodes.....	109
1.1 Stratégie d'échantillonnage.....	109
1.2 Moyens à la mer	110
1.3 Déroulement de la campagne	111
1.4 Traitement des données.....	111
1.4.1 Abondance et biomasse (CPUE)	111
1.4.2 Indices de diversité	111
1.4.3 Analyses multivariées	112

1.4.4 Description spécifique	112
2. Résultats	112
2.1 Synthèse globale des captures	112
2.2 Diversité spécifique	114
2.3 Indices d'abondance	116
2.4 Composition des captures	119
2.5 Indices de diversité	122
2.6 Analyse des peuplements	124
2.6.1 A l'automne 2022	124
2.6.2 Au Printemps 2023	125
2.7 Focus sur les espèces de poissons et de céphalopodes les plus abondantes	126
2.8 Invertébrés benthiques	147
2.9 Comparaison avec l'état initial	149
Chapitre 7. Espèces capturées au filet trémail	150
1. Matériel et méthodes	150
1.1 Stratégie d'échantillonnage	150
1.2 Moyens à la mer	151
1.3 Déroulement de la campagne	152
1.4 Traitement de la donnée	152
1.4.1 Abondance et biomasse (CPUE)	152
1.4.2. Richesse spécifique	152
2. Résultats	153
2.1 Synthèse globale des captures	153
2.2 Diversité spécifique	154
2.3 Indices d'abondance	156
2.4 Composition spécifique	158
2.5 Focus sur les cinq espèces principales de poissons	160
2.6 Invertébrés benthiques	171
3. Bilan	171
Conclusion	173
Bibliographie	174

Liste des figures

Figure 1: Localisation du futur parc éolien en mer de Dieppe / Le Tréport (source : EMDT)	16
Figure 2; Distribution spatiale des 5 stations échantillonnées	19
Figure 3. Le Celtic Wind de STO Logistique (source : MESLIN LE BAIL, Marine Traffic)	19
Figure 4. Filet WP2 ; sonde multi-paramètres Wimo mesurant T°C, S‰, O ² et pH ; exemple d'un échantillon de plancton collecté au WP2 (source : NKE Instrumentation et setec énergie environnement).....	21
Figure 5. Profil de température (°C) de la colonne d'eau à chaque station lors de la campagne de juin – en haut - et septembre 2022 – en bas.	24
Figure 6. Profil de salinité (PSU) de la colonne d'eau à chaque station lors de la campagne de juin – en haut - et septembre 2022 – en bas (source : setec énergie environnement, 2023).....	25
Figure 7. Évolution de la chlorophylle a simulée en surface en 2022 à partir du modèle ECO-MARS-3D.	26
Figure 8. Profil de fluorimétrie (ppb) de la colonne d'eau à chaque station lors de la campagne de juin – en haut - et septembre 2022 – en bas.	27
Figure 9. Abondance totale (histogramme en nombre de cellules/l) & richesse spécifique (points) du phytoplancton par station et par campagne (printemps et fin d'été 2022).	28
Figure 10. Indices de diversité de Shannon H' (histogramme) et Piélou E' (points) à chaque station aux campagnes du printemps et de la fin d'été 2022.....	29
Figure 11. Abondance relative des espèces et/groupes d'espèces (Diatomées, Dinoflagellés et Heterokontophytes) constituant le groupe printemps 2022.	30
Figure 12. Abondance relative des espèces et/groupes d'espèces (Diatomées, Dinoflagellés et Heterokontophytes) constituant le groupe automne 2022.	32
Figure 13. Boxplot de l'abondance totale (individus/m ³) lors de la campagne du printemps et de la fin d'été 2022 (source : setec énergie environnement).....	33
Figure 14. Abondance relative (%) du zooplancton holoplanctonique, méroplanctonique et benthique à chaque station lors de la campagne du printemps 2022.	34
Figure 15. Abondance relative (%) du zooplancton holoplanctonique, méroplanctonique et benthique à chaque station lors de la campagne de la fin d'été 2022.....	34
Figure 16. Composition et abondance relative en % du méroplancton à chaque station lors de la campagne du printemps 2022.....	35
Figure 17. Composition et abondance relative en % du méroplancton à chaque station lors de la campagne de la fin d'été 2022.	36
Figure 18. Composition et abondance relative du zooplancton holoplanctonique lors des deux campagnes réalisées en 2022.....	38
Figure 19. Abondance relative (%) des différents taxons composant les Copépodes lors de la campagne du printemps 2022 (source : setec énergie environnement, 2023)	39
Figure 20. Abondance relative (%) des différents taxons composant les Copépodes lors de la campagne de la fin d'été 2022 (source : setec énergie environnement, 2023)	40
Figure 21. Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi ichtyoplancton par champ d'incidence	42
Figure 22. Vue de profil du filet bongo à gauche, débitmètre fixé à l'entrée du filet à droite	43
Figure 23. Profils de température et de salinité par station et par campagne de janvier à août.....	46
Figure 24. Nombre d'espèces rencontrées sur l'ensemble des stations au cours des différentes campagnes de janvier à août.	47

Figure 25. Richesse spécifique (S) et indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Pielou (J) au stade larve pour les 5 stations échantillonnées de janvier à aout 2022. En vert la station située dans le champ proche	49
Figure 26 : Abondance moyenne en larves collectées (nombre par m ³ d'eau de mer) par famille et par campagne.	51
Figure 27: Proportion des différentes espèces en abondance au stade larve par campagne	52
Figure 28: Abondance moyenne en œufs collectés (nombre par m ³) par famille et par campagne	53
Figure 29: Proportion des différentes espèces en abondance au stade oeuf par campagne.....	54
Figure 30: Distribution spatiale des abondances (nombre / m ³) des larves de poissons par campagne	55
Figure 31 : Distribution spatiale des abondances (nombre / m ³) des larves de poissons par campagne	56
Figure 32: à gauche une drague à amande professionnelle utilisée par le navire le Nodi, à droite, affrété pour les campagnes.....	58
Figure 33: Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi drague à amandes de mer par champ d'incidence (DAM_03 ; DAM_04 ; DAM_05 ; DAM_08 ; DAM_09 localisées dans le champ proche et DAM_01 ; DAM_02 ; DAM_06 ; DAM_07 ; DAM_10 ; DAM_11 localisées dans le champ éloigné).....	59
Figure 34 : Indices d'abondance (nombre d'individus capturés par ha) des amandes de mer. Le diamètre des cercles est proportionnel aux abondances observées.....	61
Figure 35: Variabilité des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) de l'amande de mer par champ d'étude. Le trait horizontal correspond à l'abondance médiane.	61
Figure 36 : Indices de biomasse (kg par ha) des amandes de mer. Le diamètre des cercles est proportionnel aux abondances observées.	62
Figure 37: Variabilité des indices de biomasse (CPUE en kg par hectare) de l'amande de mer par champ d'étude. Le trait horizontal correspond à la biomasse médiane.....	62
Figure 38 : Structure en classes de taille (mm) des amandes de mer par station	63
Figure 39 : Structure de taille des individus présent dans le champ proche et dans le champ éloigné.	64
Figure 40 : Localisation des 10 stations d'échantillonnage de coquilles Saint-Jacques.....	65
Figure 41. Schéma type d'une drague anglaise (source IFREMER)	66
Figure 42. Drague anglaise utilisée lors de la campagne.	66
Figure 43. Le navire de pêche professionnel Nodi affrété pour les campagnes	67
Figure 44 : Abondance totale (en nombre d'individus) des espèces observées lors de la campagne d'échantillonnage à la drague à coquille Saint-Jacques.....	68
Figure 45 : Indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus par hectare) des espèces observées lors de la campagne à la drague à coquille Saint-Jacques.....	69
Figure 46 : Indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) des principales espèces capturables et/ou d'intérêt lors de la campagne à la drague à coquille Saint-Jacques par station	70
Figure 47. Indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) de la coquille Saint-Jacques lors de la campagne d'échantillonnage à la drague anglaise	71
Figure 48. Variabilité des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) de la coquille Saint-Jacques par champ d'étude. Le trait horizontal correspond à l'abondance médiane.	72
Figure 49. Carte des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) par station	72
Figure 50 : Structure en classe d'âge (de « 0 » à « 5 et + ») de la coquille Saint-Jacques par station ..	73
Figure 51. Structure en classes d'âge (de « 0 » à « 5 et + ») de la coquille Saint-Jacques par champ d'étude	74

Figure 52. Structure en classes de taille (hauteur en mm, classes de 20 mm) de la coquille Saint-Jacques par champ d'étude.....	74
Figure 53: Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi chalut à perche par champ d'incidence (stations CHP_01 ; CHP_02 ; CHP_03 ; CHP_04 ; CHP_05 et CHP_09 localisées dans le champ proche et stations CHP_06 ; CHP_07 ; CHP_08 ; CHP_10 et CHP_11 localisées dans le champ éloigné).....	77
Figure 54: chalut à perche à gauche et navire Celtic Warrior de la société STO Logistique affrété pour la réalisation des campagnes	77
Figure 55: Synthèse des 2 campagnes réalisées au chalut à perche (n= abondance et Nb de taxons = richesse taxonomique)	79
Figure 56 : Abondance (nombre d'individus/ha) observée par station lors des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.....	80
Figure 57 : Représentation spatiale des abondances (CPUE en nombre d'individus/ha) observées lors des deux campagnes	80
Figure 58 : Biomasse (kg/ha) observée par station lors des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.....	81
Figure 59 : Représentation spatiale des biomasses (CPUE en kg/ha) observées lors des deux campagnes.....	82
Figure 60 : Représentation graphique du nombre d'espèces observées par station (classée dans le champ proche ou dans le champ éloigné) au cours des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.	83
Figure 61 : Représentation graphique des Indices de Shannon (en haut) et de Pielou (en bas) pour chaque station (classée dans le champ proche ou dans le champ éloigné de la zone d'étude) au cours des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.	84
Figure 62 : Représentation graphique des Indices de Simpson pour chaque station (classée dans le champ proche ou dans le champ éloigné de la zone d'étude) au cours des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.	85
Figure 63 : Liste des espèces de poissons et de céphalopodes observés au chalut à perche lors des 2 campagnes automne 2022 et hiver 2023 classées par catégorie d'occurrence (Constantes, Communes, Occasionnelles, Rares et Accidentelles). La fréquence d'occurrence propre à chaque année de suivi est mentionnée (%). Les stations sont regroupées suivant leur appartenance au champ d'incidence (Proche et lointain).	86
Figure 64 : Abondance (CPUE en nombre d'individus/ha) des principales espèces présentes par campagne	87
Figure 65 : Biomasse (CPUE en kg/ha) des principales espèces présentes par campagne	87
Figure 66 : Dendrogrammes de classification des stations réalisés à partir des données d'abondance (nombre d'individus par ha). Les groupes de stations (couleurs) correspondent à un niveau de dissimilarité de 0.5 en automne et de 0.3 en hiver.....	89
Figure 67: Vue d'ensemble des relations entre stations et espèces (basée sur les ordinations nMDS) pour les campagnes d'automne 2022 (à gauche) et d'hiver 2023 (à droite)	90
Figure 68: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la seiche commune par campagne.	91
Figure 69: Distribution en classes de taille de la seiche commune pour le champ proche et le champ éloigné.	92
Figure 70. Distribution des tailles (LT en mm) pour la seiche commune, par campagne et par station	92
Figure 71: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la plie commune par campagne.	93

Figure 72: Distribution en classes de taille de la plie commune pour le champ proche et le champ éloigné.....	94
Figure 73. Distribution des tailles (LT en mm) pour la plie commune, par campagne et par station...	94
Figure 74: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la petite vive par campagne. ...	95
Figure 75: Distribution en classes de tailles de la petite vive pour le champ proche et le champ éloigné.....	96
Figure 76. Distribution des tailles (LT en mm) pour la petite vive, par campagne et par station.....	96
Figure 77: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la petite sole jaune par campagne.....	97
Figure 78: Distribution en classes de taille de la petite sole jaune pour le champ proche et le champ éloigné.....	98
Figure 79. Distribution des tailles (LT en mm) pour la petite sole jaune, par campagne et par station	98
Figure 80: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la limande par campagne.	99
Figure 81: Distribution en classes de tailles de la limande pour le champ proche et le champ éloigné.	100
Figure 82. Distribution des tailles (LT en mm) pour la limande, par campagne et par station.....	100
Figure 83: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) du dragonnet lyre par campagne.	101
Figure 84: Distribution en classes de taille du dragonnet lyre pour le champ proche et le champ éloigné.....	102
Figure 85. Distribution des tailles (LT en mm) pour le dragonnet lyre, par campagne et par station	102
Figure 86: Représentation spatiale des CPUE abondance de l'arnoglosse lanterne pour chaque campagne.....	103
Figure 87: Distribution en classes de tailles de l'arnoglosse lanterne pour le champ proche et le champ éloigné.....	104
Figure 88. Distribution des tailles (LT en mm) pour l'arnoglosse lanterne, par campagne et par station.....	104
Figure 89: Proportion (en nombre d'individus) des invertébrés benthiques et des poissons et céphalopodes dans les prélèvements réalisés au chalut à perche lors des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.	105
Figure 90. Liste des espèces benthiques observées au chalut à perche lors des 2 campagnes automne 2022 et hiver 2023 classées par catégorie d'occurrence. La fréquence d'occurrence propre à chaque campagne est mentionnée (%). Les stations sont regroupées suivant leur appartenance au champ d'incidence (proche ou éloigné).....	106
Figure 91 : Représentation du site d'étude et localisation des stations au chalut canadien (source : setec énergie environnement)	109
Figure 92. Navire le « Fée des mers » utilisé pour les campagnes au chalut canadien	110
Figure 93 : Synthèse des captures effectuées par groupe d'espèces lors des 2 campagnes au chalut canadien (n = abondance, W = biomasse).....	113
Figure 94. Biomasse totale capturée par station et par campagne d'échantillonnage	114
Figure 95 : Indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes par station et par campagne d'échantillonnage.....	117
Figure 96 : Carte des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes	117
Figure 97 : Indices d'abondance (CPUE en kg par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes par station et par campagne d'échantillonnage.....	118
Figure 98 : Carte des indices d'abondance (CPUE en kg par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes	119

Figure 99 : Proportion (%) en abondance des 12 espèces les fréquentes (>1% de l'abondance totale) par campagne d'échantillonnage.....	120
Figure 100 : Indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) des 12 principales espèces de poissons et de céphalopodes capturées par campagne d'échantillonnage	121
Figure 101 : Indices d'abondance (CPUE en kg par hectare) des 12 principales espèces de poissons et de céphalopodes capturées par campagne d'échantillonnage.....	121
Figure 102 : Richesse spécifique, indices de diversité de Shannon et de Simpson, indice d'équitabilité de Piélou par station et par campagne d'échantillonnage pour les poissons et céphalopodes.....	123
Figure 103 : Dendrogramme de classification des stations réalisé à partir des indices d'abondance de la campagne d'automne.....	125
Figure 104 : Dendrogramme de classification des stations réalisé à partir des indices d'abondance de la campagne de printemps.....	126
Figure 105. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le chinchard commun ...	127
Figure 106. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) du chinchard commun par champ d'étude	128
Figure 107. Distribution des tailles (LT en mm) pour le chinchard commun, par campagne et par station.....	128
Figure 108. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le dragonnet lyre.....	129
Figure 109. Distribution du dragonnet lyre en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	130
Figure 110. Distribution des tailles (LT en mm) pour le dragonnet lyre, par campagne et par station.	130
Figure 111. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour l'encornet commun.....	131
Figure 112. Distribution de l'encornet commun en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	132
Figure 113. Distribution des tailles (LT en mm) pour l'encornet commun, par campagne et par station.	132
Figure 114. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la limande.....	133
Figure 115. Distribution de la limande en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) en fonction du champ d'étude.	134
Figure 116. Distribution des tailles (LT en mm) pour la limande, par campagne et par station.....	134
Figure 117. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le maquereau commun.	135
Figure 118. Distribution du maquereau commun en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	136
Figure 119. Distribution des tailles (LT en mm) pour le maquereau commun, par campagne et par station.....	136
Figure 120. Carte des CPUE de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le merlan.....	137
Figure 121. Distribution du merlan en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) en fonction du champ d'étude.	138
Figure 122. Distribution des tailles (LT en mm) pour le merlan, par campagne et par station.	138
Figure 123. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la plie commune.	139
Figure 124. Distribution de la plie commune en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	140
Figure 125. Distribution des tailles (LT en mm) pour la plie commune, par campagne et par station.	140
Figure 126. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le rouget barbet.	141
Figure 127. Distribution du rouget barbet en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	142

Figure 128. Distribution des tailles (LT en mm) pour le rouget barbet, par campagne et par station.

.....	142
Figure 129. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la sardine.....	143
Figure 130. Distribution de la sardine en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	144
Figure 131. Distribution des tailles (LT en mm) pour la sardine, par campagne et par station.....	144
Figure 132. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la seiche commune.	145
Figure 133. Distribution de la seiche commune en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.	146
Figure 134. Distribution des tailles (LT en mm) pour la seiche commune, par campagne et par station.	146
Figure 135 : Fréquence d'occurrence des invertébrés benthiques par station et par campagne au chalut canadien	148
Figure 136. Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi au filet trémail par champ d'incidence.	150
Figure 137. Illustration d'un filet trémail. Celui-ci est caractérisé par trois nappes superposées avec différents maillages tendus par des flotteurs en haut et une corde lestée en bas (source : CESTMED).	151
Figure 138. Le Gauthier Lucile, au port de Dieppe (source : littoral-manche-atlantique)	152
Figure 139 : Nombre d'individus capturés par station et par campagne d'échantillonnage.....	153
Figure 140. Biomasse capturée par station et par campagne d'échantillonnage.....	154
Figure 141 : Nombre de taxons capturés par station et par campagne d'échantillonnage.....	155
Figure 142 : Indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus / h) des poissons par station et par campagne d'échantillonnage	156
Figure 143 : Indices d'abondance (CPUE en kg / h) des poissons par station et par campagne d'échantillonnage.....	157
Figure 144 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg / h, en haut) et d'abondance (en nombre d'individus / h, en bas) des poissons capturés par campagne	158
Figure 145 : Fréquence d'abondance des espèces de poissons sur l'ensemble des campagnes.	159
Figure 146 : Indices d'abondance (en nombre d'individus par heure en haut) et de biomasse (en kg par heure en bas) des poissons par campagne	160
Figure 147. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour le flet commun	161
Figure 148. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) du flet commun par champ d'étude	162
Figure 149. Distribution des tailles (LT en mm) pour le flet commun, par campagne et par station .	162
Figure 150. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la limande sole.....	163
Figure 151. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la limande sole par champ d'étude	164
Figure 152. Distribution des tailles (LT en mm) pour la limande sole, par campagne et par station .	164
Figure 153. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la petite roussette ...	165
Figure 154. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la petite roussette par champ d'étude	166
Figure 155. Distribution des tailles (LT en mm) pour la petite roussette, par campagne et par station	166
Figure 156. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la plie commune	167
Figure 157. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la plie commune par champ d'étude	168
Figure 158. Distribution des tailles (LT en mm) pour la plie commune, par campagne et par station	168

Figure 159. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la sole commune	169
Figure 160. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la sole commune par champ d'étude	170
Figure 161. Distribution des tailles (LT en mm) pour la sole commune, par campagne et par station	170

Liste des tables

Tableau 1: Synthèse du calendrier d'acquisition de données sur les ressources halieutiques au large de Dieppe / Le Tréport. Pour chaque métier sont figurés les plages temporelles visées (surbrillance bleue) et les périodes effectives d'acquisition des données (croix noire).....	17
Tableau 2. Classification taxonomique des organismes composant le méroplancton lors des deux campagnes réalisées en 2022 (source : setec énergie environnement)	37
Tableau 3. Liste des taxons (espèces ou genres) identifiés au stade œuf ou larve. Les noms des espèces d'intérêt commercial sont soulignés.	48
Tableau 4. Proportion d'œufs au stade I par espèce d'intérêt commercial sur l'ensemble des campagnes.....	54
Tableau 5 : Indices d'abondance (nombre d'individus/ha) et de biomasse (kg/ha) des amandes de mer par station.	60
Tableau 6 : Liste des espèces observées lors de la campagne d'échantillonnage à la drague à coquille Saint-Jacques, classées par fréquence d'occurrence	68
Tableau 7: Liste des taxons capturés au chalut à perche lors des deux campagnes réalisées en octobre 2022 et mars 2023 (x = présence, ind. = indéterminée).....	83
Tableau 8 : Liste des espèces de poissons et de céphalopodes observées au chalut canadien lors de la campagne d'échantillonnage de septembre 2022, classées par fréquence d'occurrence	115
Tableau 9. Liste des espèces de poissons observées au filet trémail lors des campagnes d'échantillonnage de septembre 2022 et février 2023, classées par ordre et catégorie d'occurrence.	156
Tableau 10. : Fréquence d'occurrence des invertébrés benthiques lors des deux campagnes d'échantillonnage.....	171

Suivi de la ressource halieutique sur la zone du projet éolien

Etat de référence / Synthèse des campagnes 2022/2023

Introduction

L'objectif de ce document est de restituer le bilan des données collectées au cours de l'année d'échantillonnage 2022/2023 de la ressource halieutique au large de Dieppe / Le Tréport contribuant à la définition de l'état de référence du site avant travaux. Celui-ci intègre toutes les campagnes qui ont été réalisées sur la période janvier 2022 - avril 2023.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS - RAPPEL

La société Eoliennes en mer Dieppe – Le Tréport (EMDT) a en charge l'installation du parc éolien offshore au large de Dieppe et du Tréport. Dans le cadre de ce projet, un état de référence de la ressource halieutique doit être réalisé avant le début de la phase de construction dans le but d'évaluer par la suite les incidences des travaux et du fonctionnement du parc sur cette ressource. Cet état de référence débuté en janvier 2022 s'est achevé en avril 2023. Les protocoles sur lesquels celui-ci s'appuie sont construits à partir d'éléments réglementaires, des connaissances acquises dans le cadre d'études antérieures et de l'état de l'art de la discipline concernée. Ils font l'objet de plusieurs évaluations au travers notamment de l'expertise menée par le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Eolien en Mer.

Ces suivis et protocoles associés ont pour objectif principal de décrire qualitativement et quantitativement les peuplements locaux (diversité, répartition spatiale, évolution saisonnière, etc.). *In fine*, il s'agit d'être en mesure de vérifier et de mesurer l'impact sur la ressource halieutique locale des infrastructures futures, dont l'installation doit débuter en 2024. A ce titre, tous les protocoles mis en place répondent à des exigences fortes. En effet, pour pouvoir faire la démonstration claire que le projet éolien a ou n'a pas de répercussions sur les ressources au droit du site d'implantation et/ou dans un périmètre proche, il est indispensable de pouvoir comparer les patrons d'évolution observés à la fois spatialement et temporellement. Ainsi, tous les protocoles ont été construits de sorte à pouvoir suivre plusieurs stations, situées d'une part à distance du secteur d'implantation et localisées dans le champ éloigné et d'autre part, situées au sein du périmètre d'implantation du futur parc et localisées dans le champ proche (cf. Matériels et Méthodes), ceci de manière répétée dans le temps, avant et après la perturbation/modification. L'état de référence produit servira ensuite de base à l'évaluation des effets et des impacts du projet de parc éolien en mer sur la ressource halieutique.

Ce rapport de synthèse est séquencé par engin utilisé pour l'échantillonnage (filets à plancton, chaluts, dragues et filets à poissons) en associant chacun à un chapitre à part entière. Un rappel des matériels et méthodes appliqués et suivis y est fait, ainsi qu'une présentation des conditions rencontrées lors de la réalisation des campagnes. Les données collectées y sont ensuite clairement présentées, montrant les résultats de la série temporelle amorcée en janvier 2022. Des représentations cartographiques apportent une dimension spatiale des indices produits et indiquent la distribution géographique des espèces observées au sein du périmètre d'étude.

2. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

Le futur parc éolien en mer de Dieppe - Le Tréport se situe dans le département de la Seine-Maritime (76), à la limite du département de la Somme (80) (Figure 1). Il se situera sur des fonds marins compris entre 14 et 24 mètres de profondeur par rapport aux Plus-Basses-Mers Astronomiques (PBMA).

Cette zone, d'une superficie de 110 km², est située à une distance minimale de :

- 15.5 km du Tréport ;
- 17 km de Dieppe ;
- 34.5 km de Berck ;
- 35 km de Saint Valéry en Caux.

Le projet éolien en mer repose sur l'installation et la mise en fonctionnement de 62 éoliennes d'une puissance individuelle de 8 MW, soit une puissance totale installée de près de 500 MW. Celles-ci seront agencées au sein du périmètre d'implantation en rangées, en respectant une distance de 1300 mètres entre les rangées et une distance de 1100 à 1300 mètres entre les éoliennes. Les fondations seront de type « Jacket » avec une hauteur d'environ 70 mètres.

Deux champs d'étude ont été définis sur la base des incidences potentielles de projet mises en lumière dans l'étude d'impact :

- **Le champ proche** correspond à l'emprise du projet, espace dans lequel l'impact théorique des travaux et de l'exploitation est maximal ;
- **Le champ éloigné** correspond à un espace où l'impact décroît au fur et à mesure de l'éloignement au champ proche, pour être théoriquement nul ou non mesurable à sa frontière la plus extérieure. Les conditions du milieu sont toutefois considérées comme comparables à celles du champ proche.

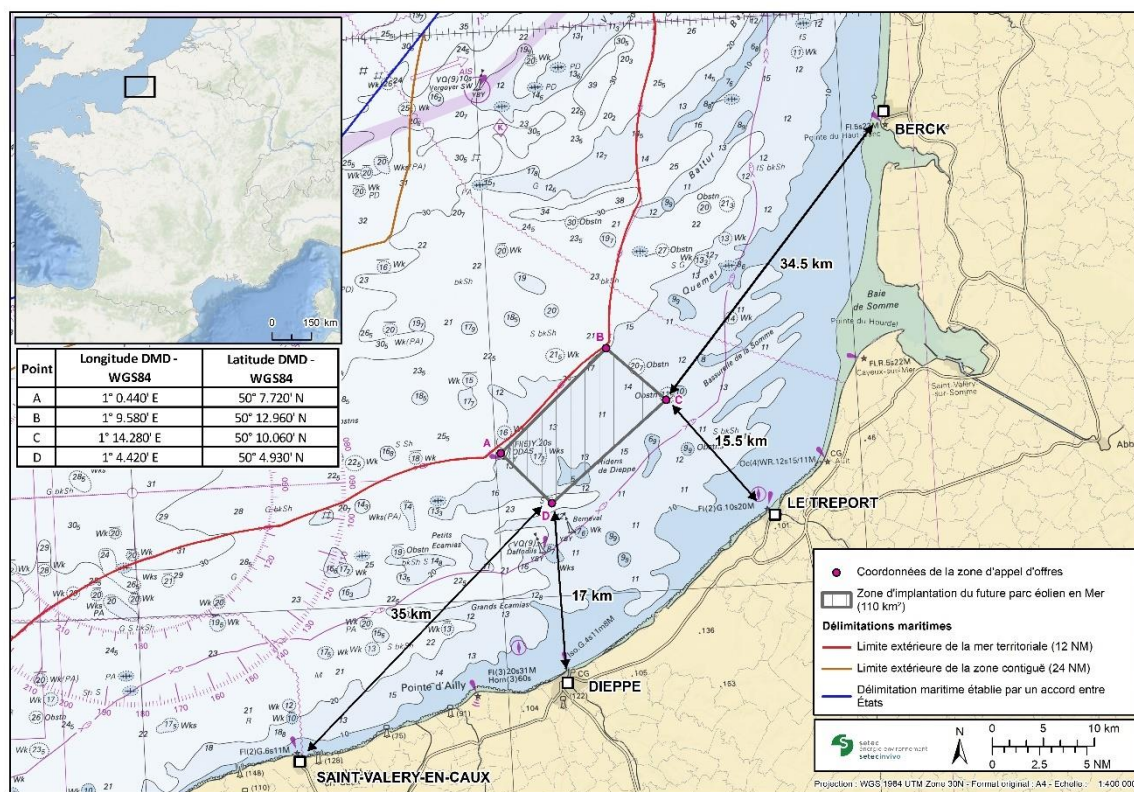


Figure 1. Localisation du futur parc éolien en mer de Dieppe / Le Tréport

Le protocole est construit en suivant la méthode BACI (Before and After Control Impact) qui consiste à suivre deux groupes de sites (contrôle et impact), avant et après la phase de construction du parc éolien. La stratégie d'échantillonnage couvre alors des stations placées à l'intérieur du périmètre d'implantation (Impact / dites stations de surveillance au sein du champ proche) et des stations placées entre 1 à 5 miles nautiques à l'extérieur (Contrôle / dites stations témoins au sein du champ éloigné).

3. COMPARTIMENTS ETUDIÉS ET MÉTIERS ASSOCIÉS

Toutes les espèces ou groupes d'espèces qui avaient été suivis lors de l'état initial le sont également pour la définition de l'état de référence. Les protocoles décrits dans les chapitres suivants ont été établis de sorte à suivre spécifiquement :

- Le phytoplancton et le zooplancton (cf. Chapitre 1. Phytoplancton et Zooplancton et zooplancton) prélevés à la bouteille Niskin et au filet WP2,
- L'ichtyoplancton (cf. Chapitre 2. Ichtyoplancton) prélevé au filet Bongo,
- L'amande de mer (cf. Chapitre 3. Amande de mer) prélevée à la drague à bivalves
- La coquille Saint-Jacques (cf. Chapitre 4. Coquille Saint-Jacques) prélevée à la drague à roulettes
- Les espèces benthodémersales, échantillonnées au :
 - Chalut à perche (cf. Chapitre 5. Espèces capturées au chalut à perche),
 - Chalut canadien (cf. Chapitre 6. Espèces capturées au chalut canadien),
 - Filet trémail (cf. Chapitre 7. Espèces capturées au filet trémail).

L'effort d'échantillonnage défini dans les fiches protocoles est propre à chaque métier (cf. Tableau 1). Il est représenté sur une année par une ou plusieurs campagnes suivant l'espèce ou le groupe

d'espèces ciblées. Ce cadencement théorique est suivi dans le calendrier d'exécution des missions et constitue en lui-même un élément de planification amont des campagnes. Néanmoins, cette planification reste dépendante des conditions météo-océaniques favorables et/ou de la disponibilité du couple bateau/équipage. Le calendrier théorique d'exécution des missions est fixé, par métier, comme suivant (voir aussi Tableau 1) :

- **1 échantillonnage bisannuel** (hiver et fin été / début automne) aux chaluts canadiens et à perche :
- **1 échantillonnage bisannuel** (hiver et fin été / début automne) aux filets trémails :
- **1 échantillonnage annuel** (fin été / début automne) à la drague à Coquille Saint Jacques :
- **1 échantillonnage annuel** (fin été / début automne) à la drague à Amande de Mer :
- **8 échantillonnages mensuels** de janvier à août au filet Bongo.
- **2 échantillonnages annuels** (Printemps et fin été/début automne) au filet WP2 et à la bouteille Niskin

Tableau 1: Synthèse du calendrier d'acquisition de données sur les ressources halieutiques au large de Dieppe - Le Tréport. Pour chaque métier sont figurés les plages temporelles visées (surbrillance bleue) et les périodes effectives d'acquisition des données (croix noire).

	2021	2022												2023			
	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
Plancton - Filet WP2 / Niskin							x			x							
Ichtyoplancton - Filet Bongo		x	x	x	x	x	x	x	x								
Amande - Drague à bivalves																x	
CSJ - Drague anglaise											x						
Poisson - Chalut à perche										x						x	
Poisson - Chalut canadien										x							x
Poisson - Filet trémail										x					x		

Un volume total de 18 campagnes expérimentales était programmé entre décembre 2021 et avril 2023 tous métiers confondus. L'ensemble des 18 campagnes a été réalisé, en respectant pour la majorité le calendrier théorique qui avait été fixé préalablement. Les détails de programmation et de réalisation de chacune des campagnes sont explicités au sein des chapitres dédiés à chaque métier.

Les campagnes d'acquisition de données ont été organisées en collaboration avec les professionnels du secteur et le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins Normandie (CRPMEM Normandie) par le biais d'affrètements de navires.

Chapitre 1. Phytoplancton et Zooplancton

Le suivi des communautés phytoplanctoniques et zooplanctoniques de la colonne d'eau consiste à connaître l'évolution du plancton, zoo- comme phyto-, afin de mieux appréhender celle du réseau trophique dans son ensemble. Cette mesure complète le suivi E9 dont l'objectif est de suivre l'évolution des ressources halieutiques et des autres peuplements marins lors des phases de construction et d'exploitation. Ce suivi des communautés planctoniques est lui-même complété par une démarche R&D proposé par le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Eolien en Mer, portant sur l'utilisation d'outils moléculaires pour la description des communautés zooplanctoniques.

Ce chapitre vise à présenter a) le protocole appliqué dans cette étude ainsi que les deux campagnes réalisées et b) l'analyse des données acquises dans le but de décrire les communautés planctoniques des deux campagnes.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Stratégie d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage a reposé sur deux campagnes annuelles, au printemps (12/06/22) puis en fin d'été (18/09/22) dans des conditions de marées de mortes-eaux et faibles vents (inférieur à 8 nœuds en rafale). L'effort de prélèvement a visé 5 stations, réparties le long d'un gradient côte/large, dont 1 au sein du champ proche (PLA_02) et 4 dans le champ éloigné (PLA_01, PLA_03, PLA_04 et PLA_05) de la zone d'implantation du parc éolien.

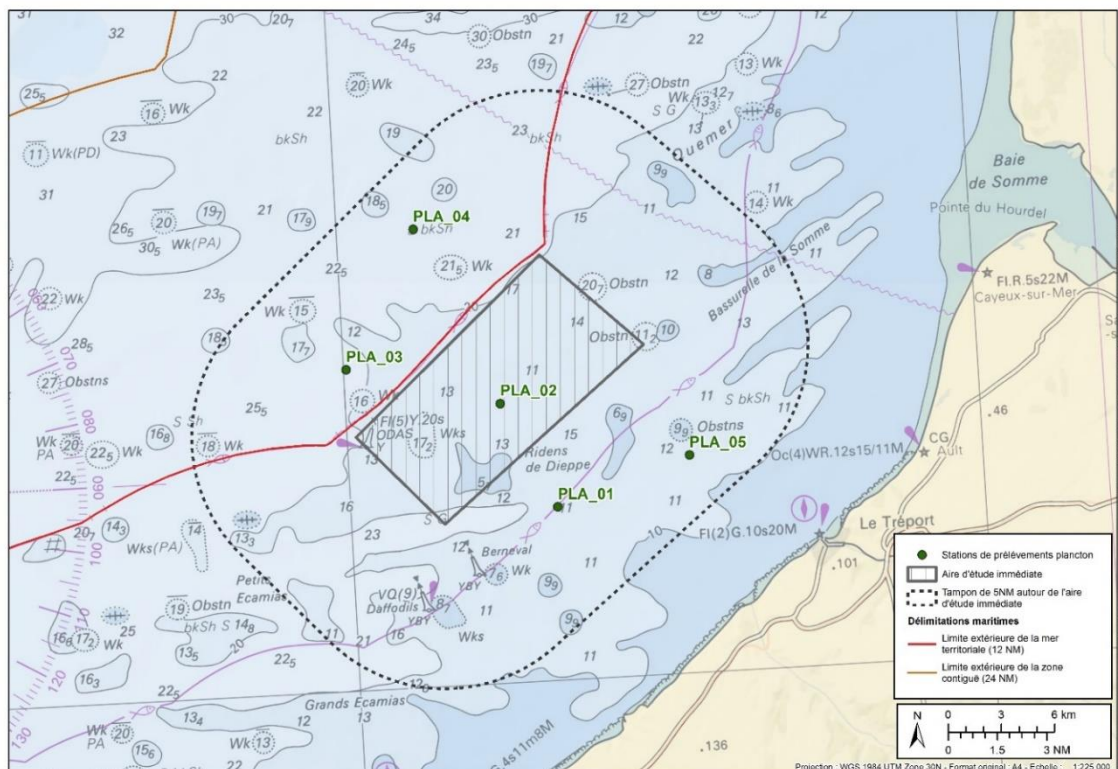


Figure 2. Distribution spatiale des 5 stations échantillonnées

1.2 Moyens à la mer

L'échantillonnage est réalisé par l'affrètement d'un navire de la société STO Logistique, le Celtic Wind.



Figure 3. Le Celtic Wind de STO Logistique (source : MESLIN LE BAIL, Marine Traffic)

1.3 Déroulement de la campagne

Les campagnes sont réalisées autant que possible lors des plus faibles coefficients de marée de morte-eau (<90) et dans des conditions de marée équivalentes. De plus, afin d'établir des variations spatiales de manière significative, les échantillons sont prélevés aussi près que possible des moments où le mouvement dû à la marée est supposé minimum, c'est-à-dire au moment des étales de haute mer ou de basse mer. La campagne du printemps a été mutualisée avec celle pour l'ichtyoplancton (mesure de suivi SE6) et a donc été réalisée de nuit pour respecter le protocole relatif à l'ichtyoplancton. La campagne de fin d'été a également été réalisée en condition nocturne.

Deux moyens de prélèvements pour chaque compartiment ont été mis en œuvre pendant ces deux campagnes :

- Phytoplancton : Une bouteille de prélèvement d'eau de type Niskin téflonnée (5L), déployée en subsurface (1 à 3 m sous la surface). Les échantillons d'eau sont stockés dans un flacon étiqueté de 250ml et fixés avec une solution de lugol (1% du volume de l'échantillon) jusqu'à livraison à l'expert taxonomique en charge des analyses.
- Zooplancton : Un filet WP2 de maille 200 μ m, *via* un échantillonnage vertical fond-surface de la masse d'eau au droit du point de suivi. Les échantillons collectés sont fixés dans une solution de formol à 4% pour une concentration finale à 2% jusqu'à livraison à l'expert taxonomique en charge des analyses. Le filet est équipé d'un débitmètre qui permet *in fine* de calculer le volume filtré.

Remarque : La manipulation de formol s'accompagne du respect de précautions élémentaires : port d'un masque à cartouches, de gants et de lunettes de sécurité

Pour chacune des stations, une fiche passerelle est remplie pour consigner l'ensemble des opérations de pêche et diverses métadonnées comme :

- La profondeur moyenne de la station ;
- Les heures et positions GPS de filage et de virage pour le filet, c'est-à-dire depuis le début de mise à l'eau jusqu'à sa sortie en surface et de prélèvement pour la bouteille Niskin ;
- Les conditions météorologiques et de mer le jour du prélèvement et les jours précédents (vent, t°C, ...) ;
- Les valeurs de débitmètre lors du filage et du virage du filet ;
- Le navire de pêche (type, caractéristiques, nom, ...) ;
- Le nom de la personne réalisant les embarquements et
- Les évènements particuliers.



Figure 4. Filet WP2 ; sonde multi-paramètres Wimo mesurant T°C, S‰, O² et pH ; exemple d'un échantillon de plancton collecté au WP2 (source : NKE Instrumentation et setec énergie environnement)

1.4 Traitement des échantillons

1.4.1 Traitement des échantillons

Une fois collectés, les échantillons de plancton ont été envoyés à des experts taxonomiques (MNHN de Concarneau) pour analyse taxonomique et comptage. Ces étapes consistent dans l'examen de l'échantillon ou d'une partie de l'échantillon sous loupe binoculaire pour identifier les catégories taxonomiques (les espèces si cela est possible dans chaque catégorie). Toutes les données (composition élémentaire et spécifique) sont exprimées par unité de volume : en nombre de cellules par litre pour le phytoplancton et en nombre d'individus par m³ pour le zooplancton (après division par le volume filtré par le filet).

1.4.2 Paramètres mesurés à la sonde multi-paramètres

Le profil de chaque paramètre mesuré (température, salinité et fluorimétrie) a été réalisé pour chacune des stations. Ces profils font l'objet d'une analyse spatiale et temporelle.

1.5 Analyse des données

1.5.1 Analyse des communautés phytoplanctoniques

ECO-MARS-3D

Les sorties du modèle numérique ECO-MARS 3D d'Ifremer ont été bancarisées. À partir de ces données, des courbes présentant l'évolution des concentrations simulées en surface en chlorophylle *a* ont été produites pour l'année 2022 [Janvier – Décembre 2022]. Ces courbes offrent ainsi un moyen de visualiser la dynamique spatio-temporelle à l'échelle du parc de la chlorophylle *a*, proxy de la biomasse totale du phytoplancton (Belin et al., 2012).

Les indices de diversité

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-Weaver ;
- L'indice de diversité de Piélou ;
- L'indice de diversité de Simpson.

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

La richesse spécifique (R_s), 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-Weaver (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 Piélou (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.

L'indice de Simpson (λ) permet d'obtenir la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent au même groupe. Cet indice donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares.

$$\lambda = \sum_{i=1}^S (p_i)^2$$

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 de l'espèce de rang i dans l'échantillon ; N le nombre total d'individus

Plus cet indice est proche de 1 et plus le peuplement est homogène (Calu, 2020).

Le calcul de ces trois indices a été effectué au niveau du genre phytoplanctonique car certaines identifications n'ont pas été réalisées jusqu'à l'espèce. Le calcul a été réalisé avec le logiciel R, via le package vegan (Oksanen et al., 2018).

Composition de la communauté phytoplanctonique à chaque campagne

Les variations spatio-temporelles de la communauté phytoplanctonique ont été évaluées en calculant l'abondance relative de chaque espèce ou groupes d'espèces. Des graphiques ont été réalisés pour voir l'évolution de cette abondance relative à chaque station.

1.5.2 Analyses des communautés zooplanctoniques

La taxonomie des organismes zooplanctoniques n'allant pas à un niveau spécifique comme les organismes phytoplanctoniques, les indices de diversité n'ont pas été calculés.

Le nombre d'individus identifiés a été rapporté au volume filtré par le filet à chaque station lors des deux campagnes afin d'obtenir une abondance par m^3 et de pouvoir estimer l'abondance totale et relative.

Certains niveaux taxonomiques identifiés ont été regroupés afin de faciliter l'analyse de la communauté zooplanctonique. Ces groupes sont présentés dans la suite du rapport dans la partie Résultats.

2. RESULTATS

2.1 Profils à la sonde multi-paramètres

La figure ci-dessous (Figure 5) présente les profils de température (°C) réalisés à la sonde multi-paramètres à chaque station lors de la campagne de juin 2022 et de septembre 2022.

Au printemps, la température est comprise environ entre 15.4 et 16.1°C. La température semble suivre un gradient croissant côte-large : la température est la plus basse aux stations côtières PLA_01 et PLA_05, est plus importante à la station centrale PLA_02 et la plus importante aux stations plus au large PLA_03 et PLA_04. À la fin de l'été 2022, la température est plus importante qu'au printemps, entre 19.4 et 19.7°C. Une température quasi-similaire est mesurée à chaque station, à l'exception de la station la plus au large PLA_04 pour laquelle est enregistrée une température autour de 19.5°C. Pour les deux campagnes, les 5 stations présentent un profil de température homogène sur toute la colonne d'eau.

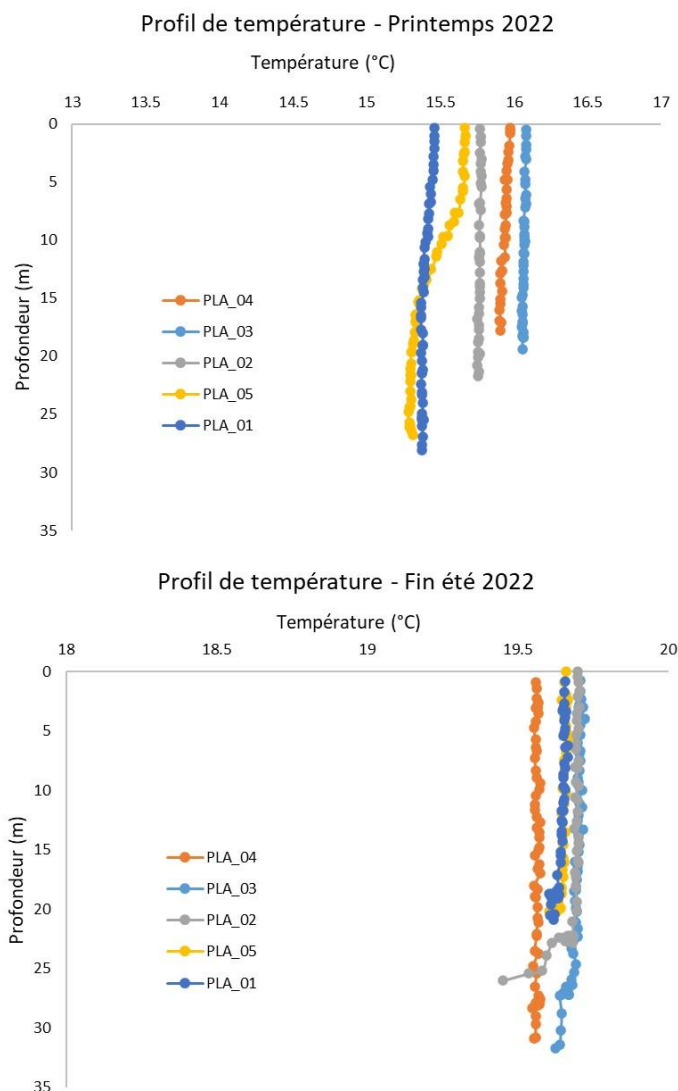


Figure 5. Profil de température (°C) de la colonne d'eau à chaque station lors de la campagne de juin – en haut - et septembre 2022 – en bas.

La figure ci-dessous (Figure 6) présente les profils de salinité (PSU) réalisés à la sonde multi-paramètres à chaque station lors de la campagne de juin 2022 et de septembre 2022. Au printemps, la salinité varie entre 33.5 et 34.4 PSU. La salinité semble suivre un gradient décroissant côte-large. La salinité est la plus faible pour les stations les plus au large PLA_04 et PLA_03 (33.5-33.6 PSU), est plus importante au centre de l'aire d'étude immédiate et la plus importante aux stations les plus côtières PLA_05 et PLA_01. À la fin de l'été, la salinité est plus importante qu'au printemps. De plus, les différences sont moins marquées entre les stations, la salinité étant comprise entre 34.2 et 34.5 PSU. La station la plus côtière PLA_05 présente une salinité plus basse que les autres stations. Comme pour la température, les 5 stations aux deux campagnes présentent un profil de salinité homogène sur toute la colonne d'eau.

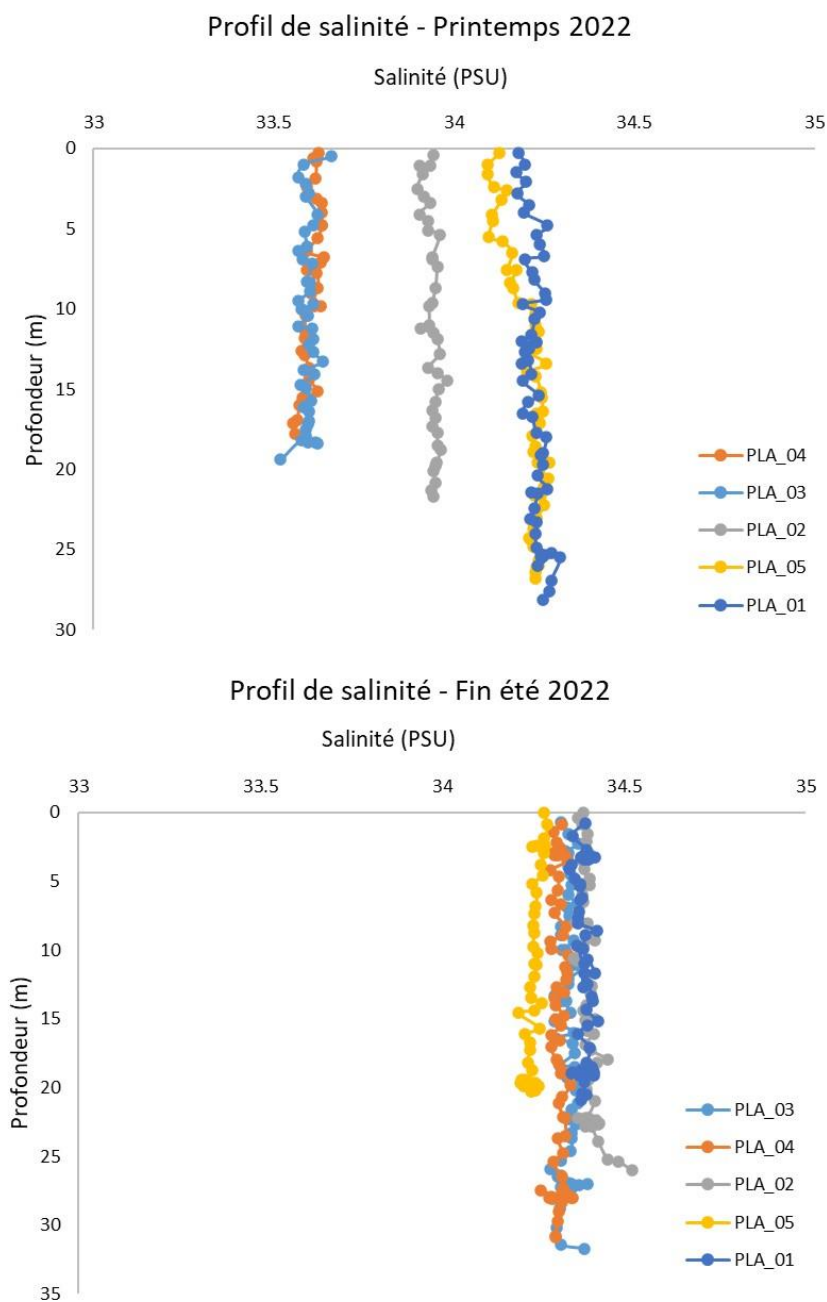


Figure 6. Profil de salinité (PSU) de la colonne d'eau à chaque station lors de la campagne de juin – en haut - et septembre 2022 – en bas (source : setec énergie environnement, 2023).

2.2 Communautés phytoplanctoniques

2.2.1 Modèle ECO-MARS-3D

Les données issues du modèle ECO-MARS 3D permettent d'étudier la dynamique saisonnière de la chlorophylle *a*, proxy de la biomasse phytoplanctonique, à l'échelle de la zone d'étude élargie. La figure ci-dessous (Figure 7) montre l'évolution de la chlorophylle *a* simulée en surface tout au long de l'année 2022, à trois stations :

- La station la plus côtière, PLA_05 ;

- La station située dans le champ proche, PLA_02 ;
- Et la station la plus éloignée de la côte, PLA_04.

De manière générale, la concentration simulée en surface en chlorophylle *a* évolue de la même manière pour les 3 stations et ne dépasse pas les 5 µg/l. Elle est la plus importante entre la mi-mars et la mi-mai. La campagne de juin 2022 a donc été réalisée après le pic le plus important de production primaire. La teneur en chlorophylle *a* augmente progressivement de janvier à la mi-mars puis augmente de façon importante jusqu'à fin avril. La concentration diminue à nouveau entre la fin du mois d'avril et la mi-août. De mi-août à fin septembre, la concentration augmente puis diminue jusqu'au 31 décembre. Les pics printaniers de chlorophylle *a* simulée sont plus importants à la station la plus côtière, PLA_05 (entre 3.5 et 4.5 µg/l entre fin mars et fin avril) que pour la station la plus au large, PLA_04 (entre 2.5 et 3.6 µg/l pour la même période). La station PLA_02 présente un profil intermédiaire entre les 2 stations. Les concentrations simulées montrent un pic secondaire léger à la fin de l'été (2^{ème} quinzaine d'août).

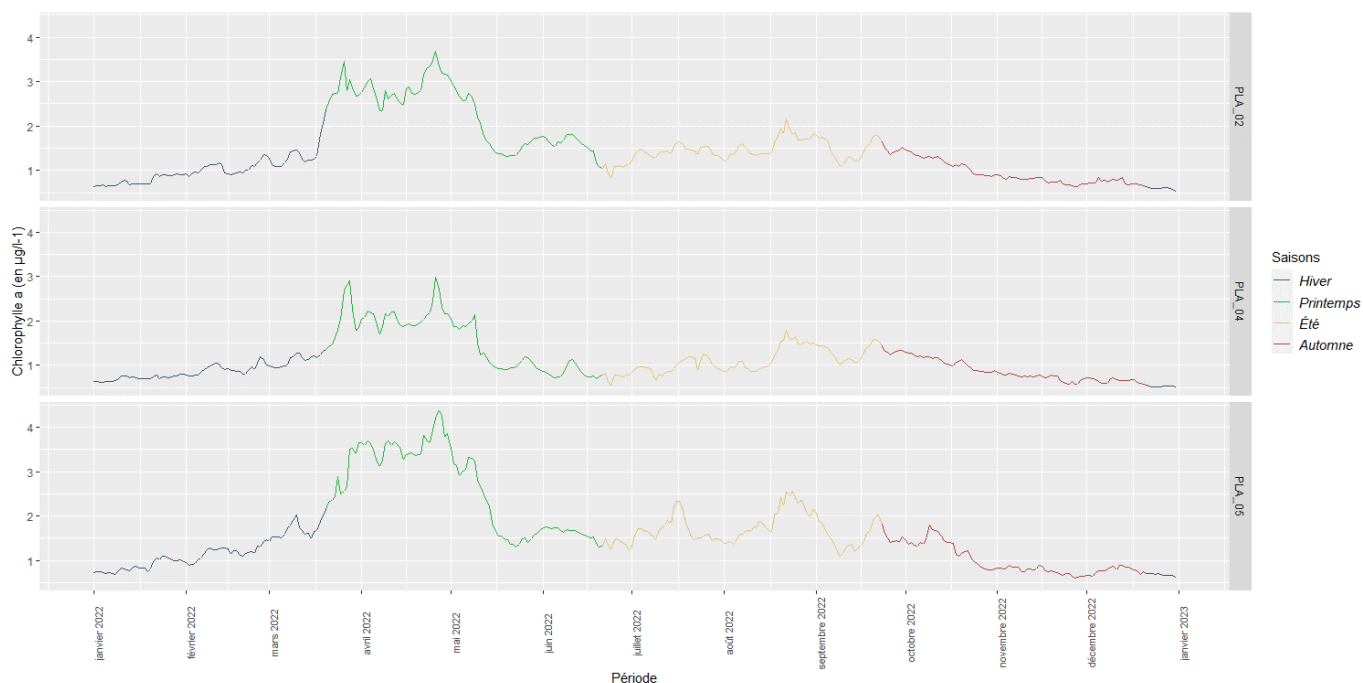


Figure 7. Évolution de la chlorophylle *a* simulée en surface en 2022 à partir du modèle ECO-MARS-3D.

2.2.2 Profil de fluorimétrie

L'emploi de la sonde multi-paramètres permet également de rendre compte de la quantité de chlorophylle *a* via la fluorimétrie (ppb) dans la colonne d'eau. La fluorimétrie permet de mesurer de manière qualitative la production primaire : de fortes valeurs de fluorimétrie témoignent d'une activité phytoplanctonique importante.

La figure ci-dessous (Figure 8) montre qu'au printemps, la fluorimétrie varie entre les stations et semble suivre un gradient croissant côte-large. Les stations les plus côtières présentent les valeurs les plus faibles (22.2 et 51.8 ppb) et les stations les plus éloignées de la côte présentent des valeurs plus importantes : entre 75.8 et 93.7 ppb pour PLA_02, entre 88.3 et 111 ppb pour PLA_04 et entre 101.7 et 126.6 ppb pour PLA_03. La courbe des stations PLA_05 et PLA_02 montre que le pic de fluorimétrie,

indicateur d'un maximum de production primaire, était situé autour de 11 mètres de profondeur lors de la campagne de juin 2022. Pour la station PLA_04, ce pic était situé vers 7 mètres et pour la station PLA_03. Pour les stations PLA_01 et PLA_03, il n'y a pas de pic marqué.

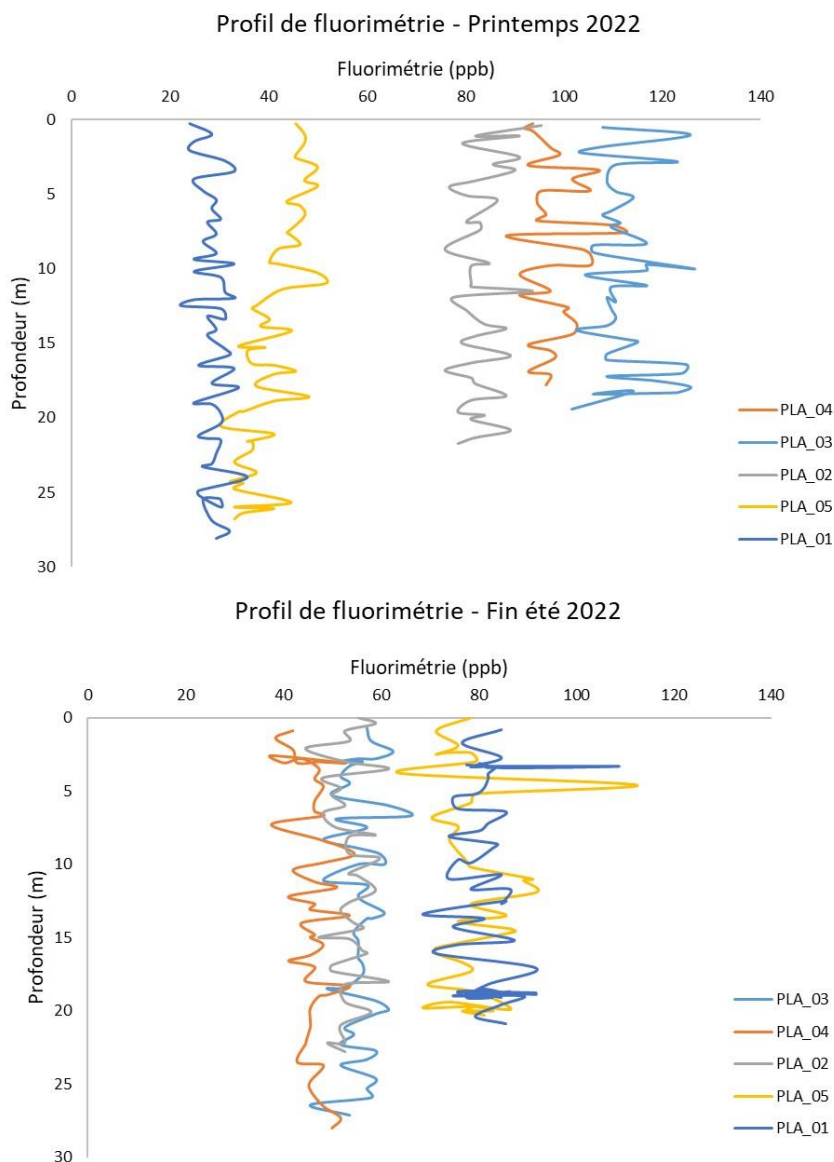


Figure 8. Profil de fluorimétrie (ppb) de la colonne d'eau à chaque station lors de la campagne de juin – en haut - et septembre 2022 – en bas.

À la fin de l'été, la fluorimétrie varie de façon moins marquée entre les stations en oscillant entre 37.5 et 112.4 ppb. La fluorimétrie varie de façon contraire au printemps. En effet, les stations les plus au large sont celles présentant les valeurs les plus faibles (entre 37.5 et 66 ppb) et les stations côtières sont celles présentant les valeurs de fluorimétrie les plus fortes (entre 64.2 et 112.4 ppb). Le pic de fluorimétrie est bien visible pour les stations côtières : un pic de 108.8 ppb autour de 3 m de profondeur pour la station PLA_01 et un pic de 112.4 ppb autour de 5 m pour la station PLA_01. Parmi les stations plus éloignées de la côte, seule la station PLA_03 semble présenter un pic de fluorimétrie autour de 6.7 m.

2.2.3 Diversité spécifique

Pour les deux campagnes réalisées au printemps et à la fin de l'été 2022, un total de **97 espèces/groupes d'espèces** a été identifié, répartis en **58 genres** et **4 classes**.

La figure ci-dessous (Figure 9) présente l'abondance totale (nombre de cellules par litre) et la richesse spécifique du phytoplancton à chaque station lors de la campagne du printemps et de la fin d'été 2022. L'abondance totale est la plus importante au printemps qu'à la fin de l'été (entre 300 000 et quasiment 1 200 000 cellules par litres contre 50 000 à 1 110 000). À l'inverse, la richesse spécifique est plus importante à la fin de l'été, entre 31 et 38 espèces ou groupes d'espèces contre 22 à 27 lors de la campagne du printemps. À la fin de l'été, l'abondance totale semble décroître selon un gradient côte-large : l'abondance est la plus élevée à la station PLA_05, PLA_01, PLA_02, PLA_03 et est minimale à la station PLA_04. La richesse spécifique suit la même tendance, à l'exception de la station côtière qui présente la richesse spécifique la plus faible. Pour les deux campagnes, la station la plus côtière, PLA_05, présente l'abondance totale la plus forte (plus de 1 000 000 cellules par litre) & la station la plus éloignée, PLA_04, présente l'abondance totale la plus faible.

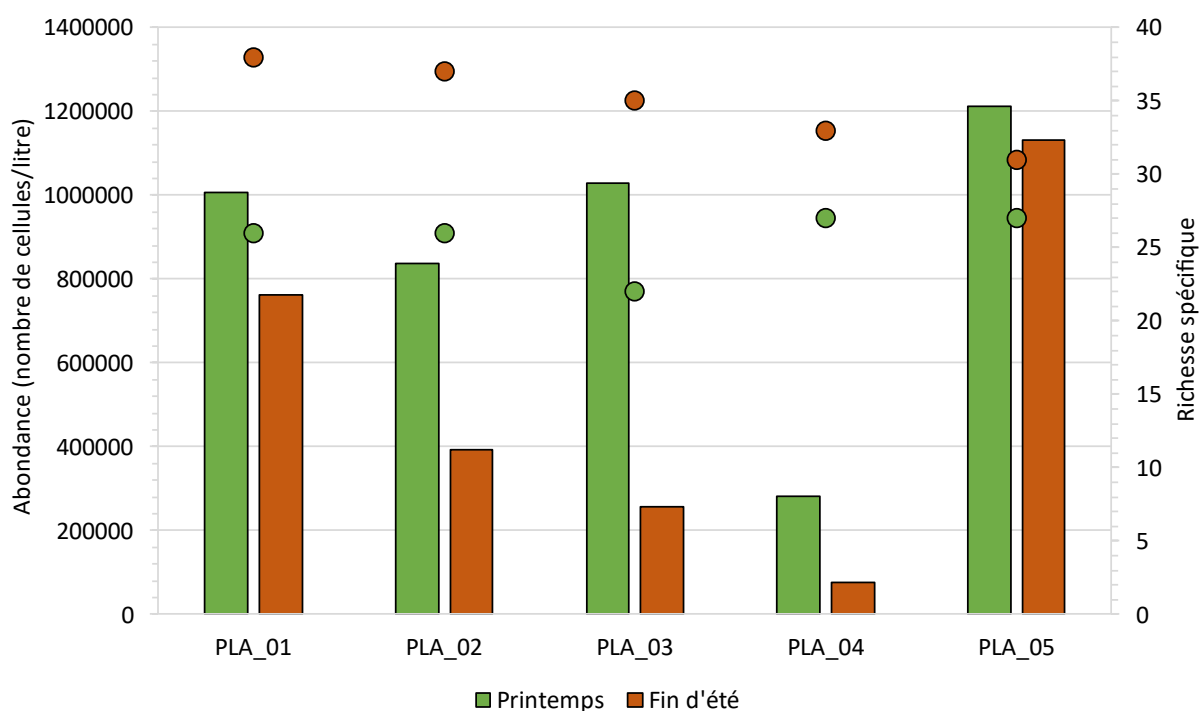


Figure 9. Abondance totale (histogramme en nombre de cellules/l) & richesse spécifique (points) du phytoplancton par station et par campagne (printemps et fin d'été 2022).

La figure ci-dessous (Figure 10) présente les indices de diversité de Shannon H' & de Piéluou E' à chaque station lors de la campagne du printemps et de la fin d'été 2022. L'indice de Shannon H' varie entre 0.94 et 1.18 au printemps 2022 et entre 1 et 2.6 à la fin de l'été. L'indice est le plus faible à la côte (0.94 - station PLA_01) au printemps et le plus élevé au large (2.58 - station PLA_04) à la fin de l'été. Cette valeur automnale montre que la diversité est forte à cette station. De la même façon, l'indice de Piéluou est le plus faible à la station PLA_01 au printemps (0.29) et le plus élevé à la station PLA_04 à la fin de l'été, ce qui montre une plus forte équirépartition entre les individus à cette station à la fin de l'été

2022. L'indice de Pielou est inférieur à 0.5 pour les autres stations. À la fin de l'été, cet indice suit un gradient croissant côte-large.

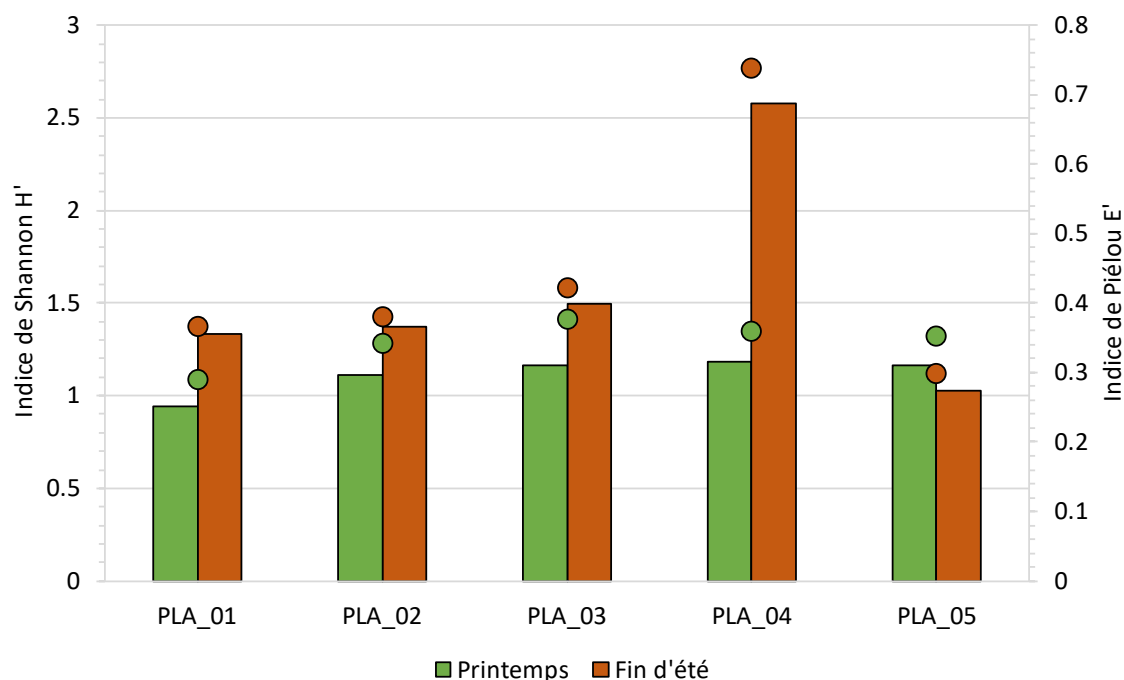


Figure 10. Indices de diversité de Shannon H' (histogramme) et Pielou E' (points) à chaque station aux campagnes du printemps et de la fin d'été 2022.

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus tirés au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à la même espèce (plus de poids aux espèces abondantes). Les résultats (non présentés) suivent la même tendance et la même gamme de valeurs que l'indice de Pielou. L'indice de Simpson est plus important au large qu'à la côte à la fin d'été 2022, ce qui pourrait traduire qu'au large les espèces codominent davantage par rapport à la côte.

2.2.4 Structure des communautés phytoplanctoniques

Les espèces ou groupes d'espèces appartenant à la classe des **Diatomées** dominent les communautés phytoplanctoniques du printemps à plus de 97% et de la fin d'été 2022 à plus de 85%. Sont également présents les **Dinoflagellés**, les **Heterokontophytes** et exclusivement à la fin de l'été 2022, les **Euglenophytes**.

La figure ci-dessous (Figure 11) présente l'abondance relative de chaque genre phytoplanctonique à chaque station lors de la campagne du printemps 2022. À cette campagne, 3 espèces de Diatomées dominent les communautés phytoplanctoniques : ***Cerataulina pelagica***, ***Dactyliosolen fragillissimus*** & ***Leptocylindrus complexe danicus*** - groupe des larges. Pour les stations les plus côtières (PLA_05, PLA_01 et PLA_02), la communauté phytoplanctonique est dominée par *C. pelagica*, puis par *D. fragillissimus* et dans une moindre mesure par *L. complexe danicus* groupe des larges. La communauté phytoplanctonique à la station PLA_03 est dominée par cette dernière espèce, puis par *C. pelagica* dont la proportion est nettement plus faible qu'aux stations côtières. Au large, les deux espèces les plus importantes sont *D. fragillissimus* puis *L. complexe danicus* groupe des larges. Il semble donc exister un gradient côte-large dans la composition des communautés phytoplanctoniques lors de la campagne du printemps 2022.

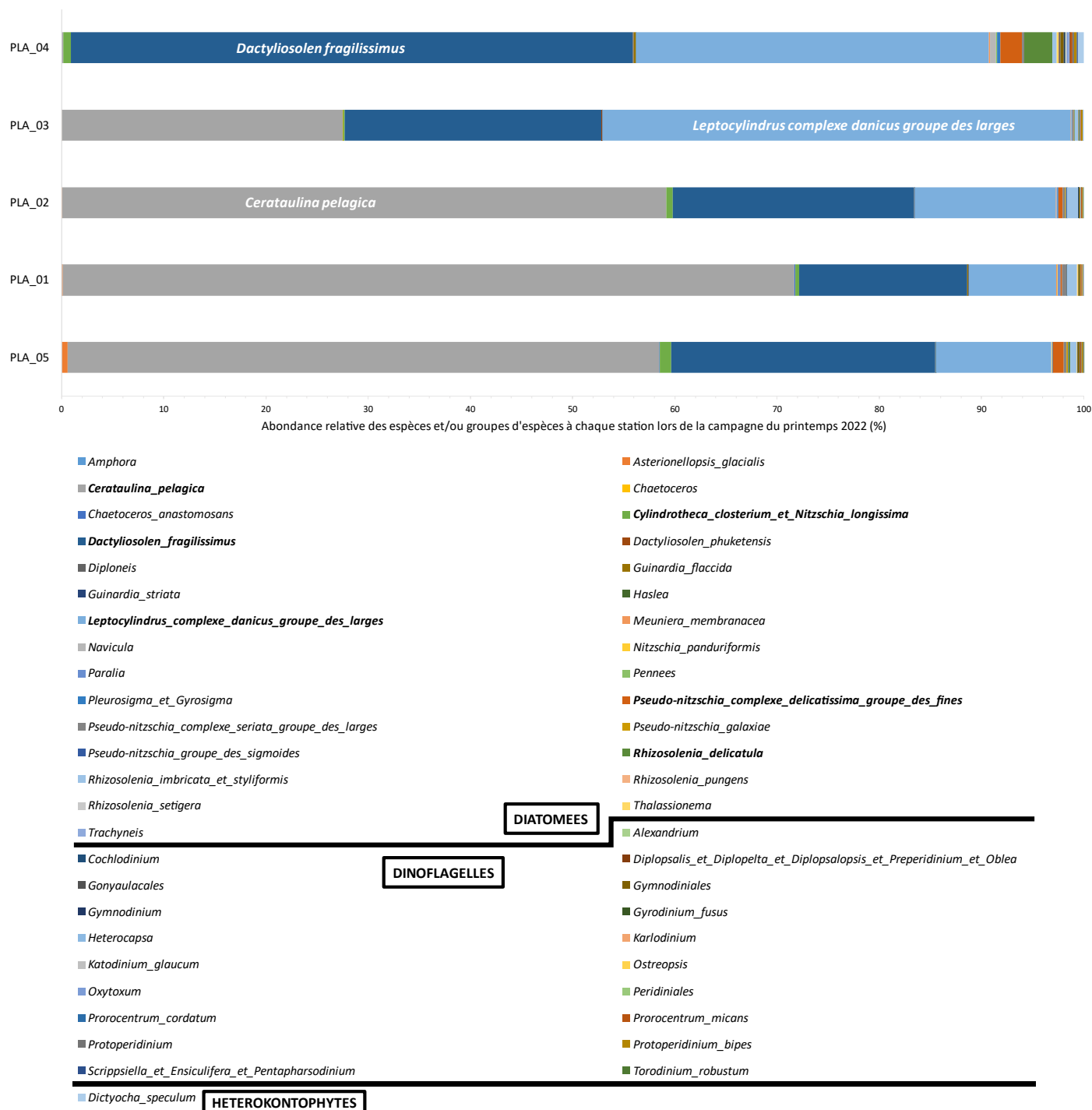


Figure 11. Abondance relative des espèces et/groupes d'espèces (Diatomées, Dinoflagellés et Heterokontophytes) constituant le groupe printemps 2022.

À la fin de l'été 2022, la communauté phytoplanctonique apparaît plus diversifiée qu'au printemps (Figure 12). C'est d'ailleurs le constant réalisé par l'analyse de la richesse spécifique et des indices de diversité. Comme pour le printemps, la composition de la communauté évolue selon un gradient côte-large. La communauté phytoplanctonique est dominée par le genre *Cyclotella* (suivi par l'espèce *Thalassiosira subtilis*) aux stations les plus côtières : plus de 70% pour PLA_05, environ 65% pour PLA_01 et environ 55% pour PLA_02. La station PLA_02 présente une situation intermédiaire aux

stations côtières et du large, avec notamment 20% de *Leptocylindrus* complexe *minimus* groupe des fines. À la station PLA_03, la communauté est dominée par *Cyclotella* & *Thalassiosira subtilis*. Pour la station la plus au large PLA_04, il n'y a pas de forte dominance d'un genre phytoplanctonique, comme le montrait les indices de Pielou et de Simpson. Il y a un assemblage majoritaire des espèces et groupes d'espèces suivants :

- *Skeletonema costatum* ;
- *Thalassiosira subtilis* ;
- *Cylindrotheca closterium*/*Nitzschia longissima* ;
- *Cyclotella* ;
- *Chaetoceros socialis*.

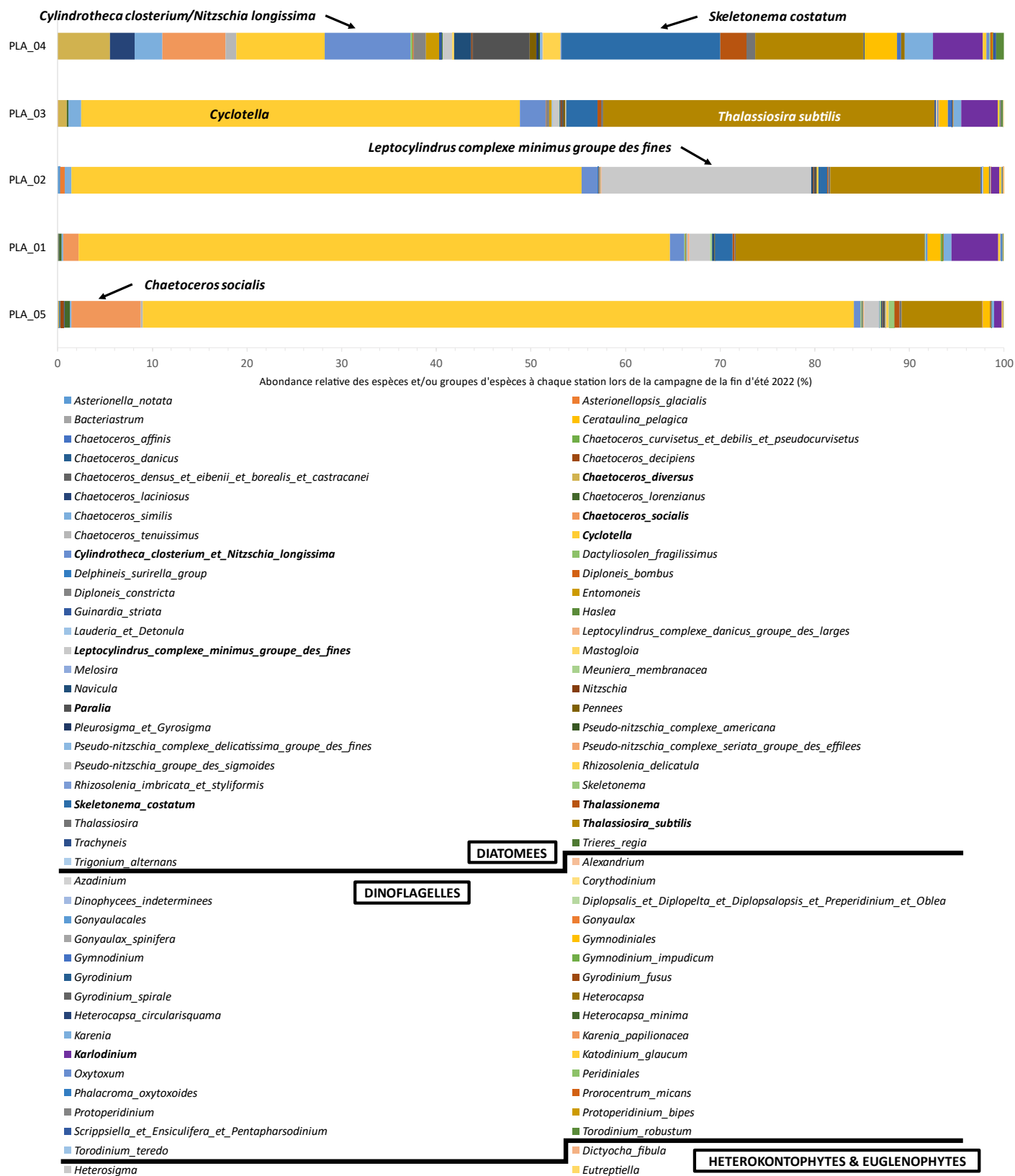


Figure 12. Abondance relative des espèces et/groupes d'espèces (Diatomées, Dinoflagellés et Heterokontophytes) constituant le groupe automne 2022.

2.3 Communautés zooplanctoniques

2.3.1 Structure de la communauté zooplanctonique

Abondance totale

La figure ci-dessous (Figure 13) présente l'abondance totale en nombre d'individu par m^3 lors de la campagne du printemps et celle de la fin d'été 2022. La médiane est similaire entre les deux campagnes, légèrement plus faible pour la campagne de septembre 2022 (environ 3 450 individus/ m^3 vs 3 650 individus/ m^3). L'étendue des valeurs est plus importante pour la campagne printanière (environ 1 900 à 5 900 individus/ m^3 que celle de la fin d'été (un peu plus de 2 000 à environ 4 900 individus/ m^3).

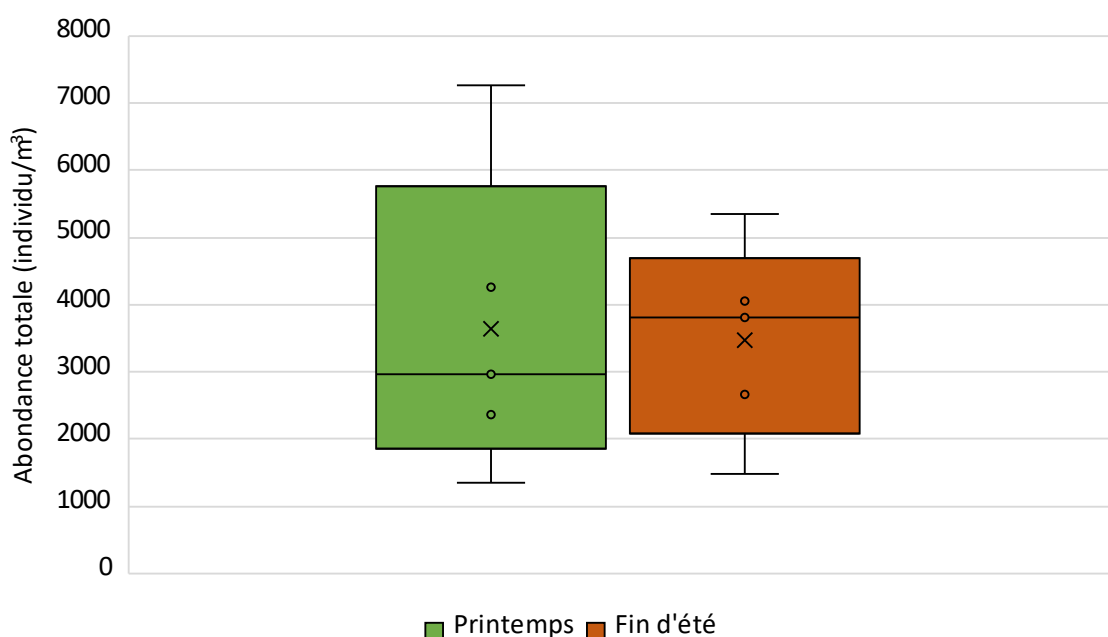


Figure 13. Boxplot de l'abondance totale (individus/ m^3) lors de la campagne du printemps et de la fin d'été 2022 (source : setec énergie environnement)

Abondance par catégorie de taille

Le zooplancton regroupe des organismes très diversifiés en termes de classification, de taille ou encore de cycle de vie. Les organismes zooplanctoniques pélagiques qui passent leur vie entière dans la colonne d'eau sont appelés **holoplancton**. Ils se distinguent des organismes zooplanctoniques benthiques & nectoniques qui passent seulement une partie de leur cycle de vie - habituellement au stade larvaire - dans la colonne d'eau, nommés **méroplancton** (Not et al., 2015).

La figure ci-dessous (Figure 14) présente l'abondance relative (%) du zooplancton holoplanctonique, méroplanctonique et benthique à chaque station lors de la campagne du printemps 2022. Lors de cette campagne, l'holoplancton domine la communauté zooplanctonique à quasiment chaque station, et est suivi par le méroplancton. À la station PLA_02, l'holoplancton et le méroplancton codominent.

Concernant le zooplancton benthique, il est présent à plus de 10% pour les deux stations les plus côtières. Cette proportion diminue avec l'éloignement à la côte.

Catégorie du zooplancton - Printemps 2022

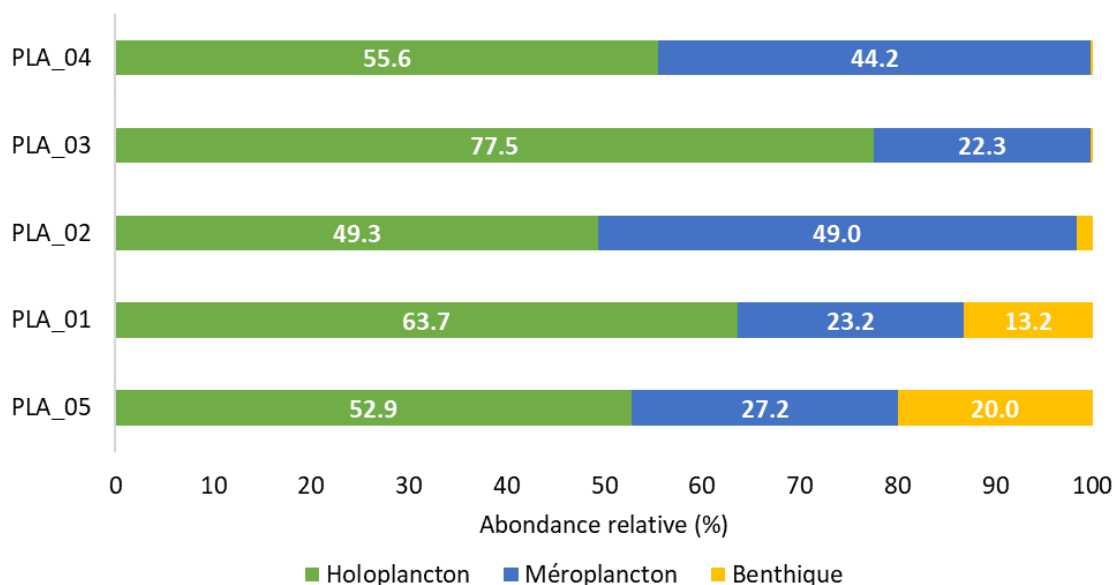


Figure 14. Abondance relative (%) du zooplancton holoplanctonique, méroplanctonique et benthique à chaque station lors de la campagne du printemps 2022.

Lors de la campagne de la fin d'été 2022 (figure ci-dessous – Figure 15), la communauté zooplanctonique est largement dominée par l'holoplancton à plus de 83.8%. La proportion du méroplancton est plus faible qu'au printemps (suit un gradient côte-large décroissant) alors que celle de l'holoplancton est plus importante.

Catégorie du zooplancton - Fin d'été 2022

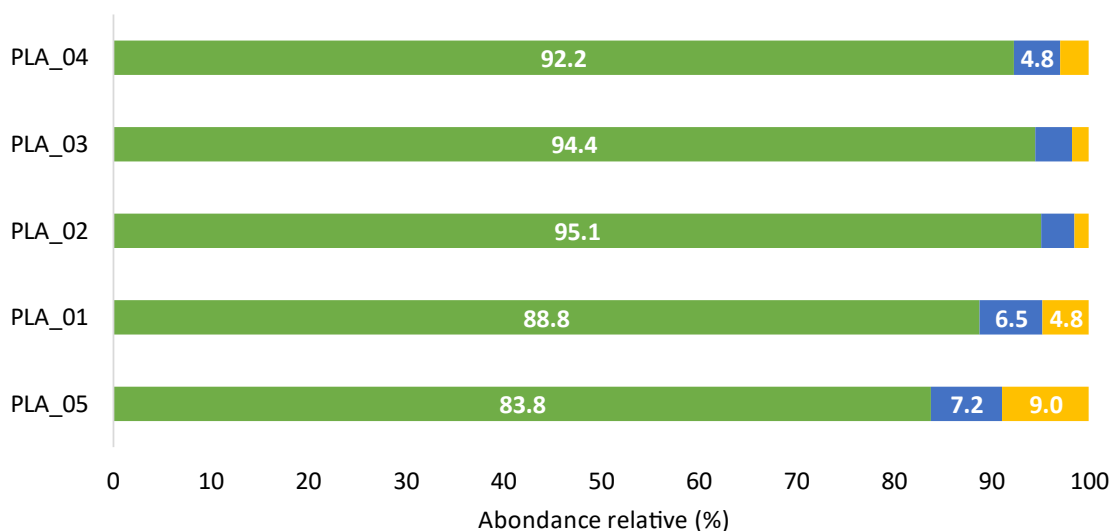


Figure 15. Abondance relative (%) du zooplancton holoplanctonique, méroplanctonique et benthique à chaque station lors de la campagne de la fin d'été 2022.

Composition du méroplancton et du zooplancton benthique

Au printemps (figure ci-dessous – Figure 16), le méroplancton se compose majoritairement – à plus de 80% - de larves d’Échinodermes aux deux stations les plus côtières ainsi qu’à la station PLA_03. Pour la station centrale, les larves d’Échinodermes (qui comprennent des larves d’Ophiures - larves Ophiopluteus et dernier stade planctonique d’Ophiuroidea) sont également dominantes dans le méroplancton, suivies de près par les larves de Mollusques. La station PLA_04 présente une composition méroplanctonique plus diversifiée avec, par proportion décroissante, les larves de Mollusques, de Décapodes, les Isopodes parasites (larves & adultes) ainsi que les juvéniles d’Hydroméduses.

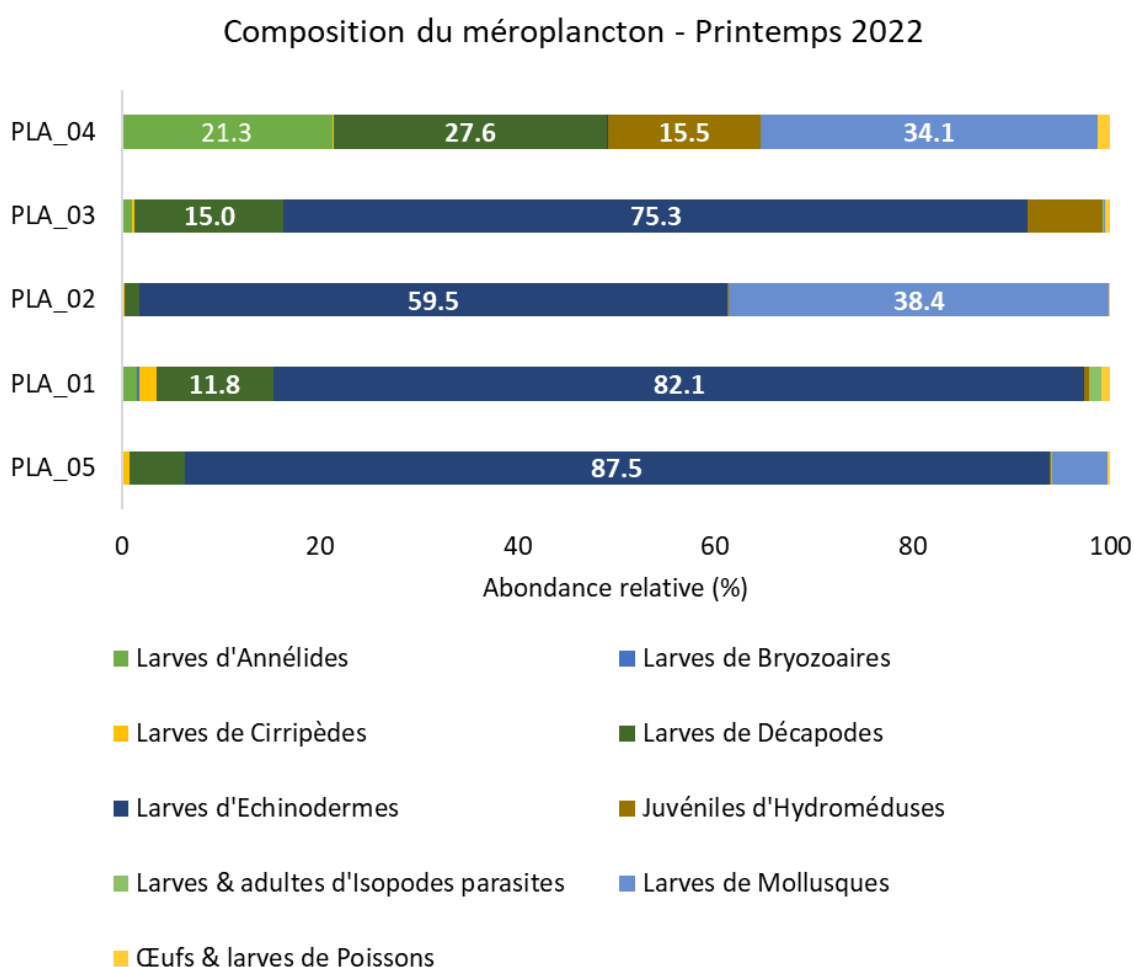


Figure 16. Composition et abondance relative en % du méroplancton à chaque station lors de la campagne du printemps 2022.

Lors de la campagne de fin d’été (figure ci-dessous – Figure 17), les larves d’Échinodermes (d’Ophiures, Oursins et Étoiles de mer) sont beaucoup moins abondantes. Pour les stations les plus au large, le méroplancton est composé majoritairement de larves de Décapodes. Pour la station centrale PLA_02, le méroplancton est représenté à presque 50% par des juvéniles d’Hydroméduses, puis par des larves de Décapodes en proportion moins importante que pour les stations PLA_03 et PLA_04. À la côte, les larves de Mollusques dominent les autres taxons du méroplancton, à 74% pour la station PLA_01 et à

46.6% pour la station PLA_05. À cette station, la plus côtière, le méroplancton comporte une large proportion de larves d'Annélides.

Composition du méroplancton - Fin d'été 2022

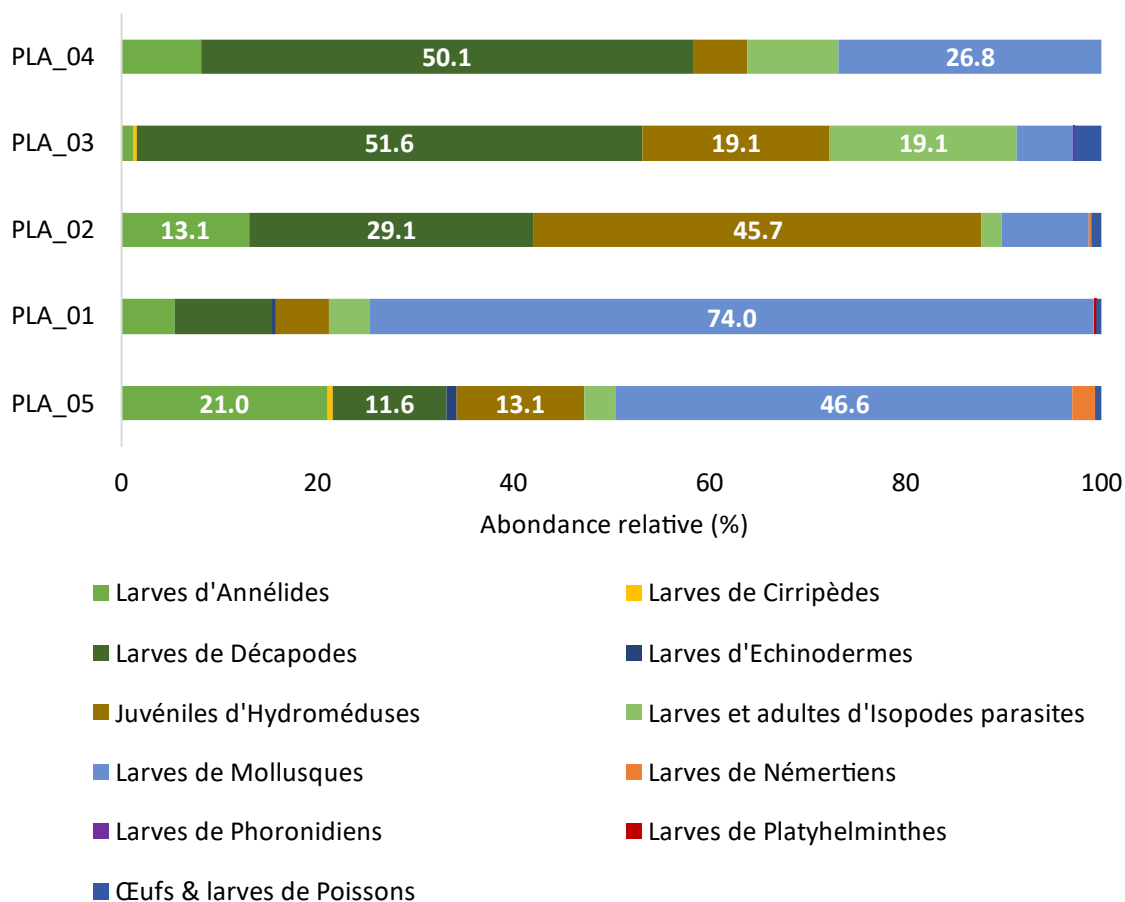


Figure 17. Composition et abondance relative en % du méroplancton à chaque station lors de la campagne de la fin d'été 2022.

Le tableau ci-dessous (Tableau 2) présente la classification taxonomique des organismes appartenant au méroplancton pour les deux campagnes, avec en remplissage marron le plus bas niveau taxonomique. Ce tableau montre que, à l'exception de la majorité des juvéniles d'Hydroméduses, des larves d'Anomoures et des adultes d'Isopodes parasites, l'analyse taxonomique sur critères morphologiques des organismes méroplanctoniques se limite à la famille, voire à l'ordre et à la classe. Elle ne permet pas d'obtenir une information spécifique.

Tableau 2. Classification taxonomique des organismes composant le méroplancton lors des deux campagnes réalisées en 2022 (source : setec énergie environnement)

Groupe pour graphique	Embranchement	Sous-embranchement	Gigaclasse	Classe	Sous classe	Ordre	Sous ordre	Infra ordre	Famille	Espèce
« Larves d'Annélides »	Annelida									
« Larves de Bryozoaires »	Bryozoa									
« Larves de Cirripèdes »	Arthropoda	Crustacea	-	Thecostraca	Cirripedia					
« Larves de Décapodes »	Arthropoda	Crustacea	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Decapoda	Pleocyemata	Anomura	Paguridae	
	Arthropoda	Crustacea	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Decapoda	Pleocyemata	Anomura	Porcellanidae	
	Arthropoda	Crustacea	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Decapoda	Pleocyemata	Brachyura		
	Arthropoda	Crustacea	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Decapoda	Pleocyemata	Caridea		
« Larves d'Echinodermes »	Echinodermata	Asterozoa	-	Ophiuroidea						
	Echinodermata	Asterozoa	-	Echinoidea						
	Echinodermata	Asterozoa	-	Asteroidea						
« Juvéniles d'Hydroméduses »	Cnidaria	-	-	Hydrozoa						
	Cnidaria	-	-	Hydrozoa	Hydroidolina	Anthoathecata	Filifera	-	Pandeidae	Amphinema sp.
	Cnidaria	-	-	Hydrozoa	Hydroidolina	Leptothecata	-	-	Lovenellidae	Eucoilota sp.
	Cnidaria	-	-	Hydrozoa	Hydroidolina	Anthoathecata	Aplanulata	-	Tubulariidae	Hybocodon sp.
	Cnidaria	-	-	Hydrozoa	Hydroidolina	Anthoathecata	Filifera	-	Rathkeidae	Lizzia sp.
	Cnidaria	-	-	Hydrozoa	Hydroidolina	Leptothecata	-	-	Campanulariidae	Obelia sp.
	Cnidaria	-	-	Hydrozoa	Hydroidolina	Leptothecata	-	-	Phialellidae	Phialella sp.
« Larves & adultes d'Isopodes parasites »	Arthropoda	Crustacea	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Isopoda	Cymothoida	-	Gnathiidae	
	Arthropoda	Crustacea	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Isopoda	Epicaridea			
« Larves de Mollusques »	Mollusca	-	-	Bivalvia						
	Mollusca	-	-	Gastropoda						
« Larves de Némertiens »	Nemertea									
« Larves de Phoronidiens »	Phoronida									
« Larves de Platyhelminthes »	Platyhelminthes	Rhabditophora	-	-	-	Polycladida				
« Œufs & larves de Poissons »	Chordata	Vertebrata	Actinopterygii							

Le zooplancton benthique comprend des individus indéterminés appartenant à l'ordre des Amphipodes, des Cumacés & des Isopodes (sous ordre des Epicaridea), des individus adultes de l'ordre des Mysidacés et des individus indéterminés de copépodes benthiques appartenant aux ordres des Cyclopoïdes, des Harpacticoïdes et des Poecilostomatoïdes (nom aujourd'hui accepté : Ergasilida). Comme pour le méroplancton, l'analyse taxonomique sur critères morphologiques du zooplancton benthique ne permet pas d'aller jusqu'à l'espèce et se limite au niveau taxonomique de l'ordre.

Composition de l'holoplancton

La figure suivante (Figure 18) présente la composition de l'holoplancton et la proportion de chaque taxon qui en fait partie lors de la campagne du printemps et de la fin d'été 2022. L'holoplancton se compose de 4 taxons en juin et 5 en septembre. Pour les deux campagnes, l'holoplancton est très majoritairement composé de Copépodes. La proportion de Copépodes est la plus faible à la station la plus éloignée de la côte PLA_04. Au printemps, les Cladocères constituent le deuxième taxon holoplanctonique le plus abondant à la station PLA_04 et à la fin de l'été, ce sont les Chaetognathes. Les Cladocères et les Appendiculaires sont plus abondants au printemps qu'à la fin d'été 2022 (notamment au large). À la fin d'été, les Chaetognathes sont plus abondants qu'au printemps.

Au printemps, les Cladocères regroupent les deux espèces suivantes : *Podon sp.* & *Evadne nordmanni*. À la fin de l'été 2022, seul *Podon sp.* a été collecté. Concernant les Chaetognathes, ce sont des individus appartenant à l'ordre des Aphragmophora pour les deux campagnes. Pour les Appendiculaires, deux espèces sont recensées au printemps : *Oikopleura sp.* et *Fritillaria sp.*, alors qu'en septembre, seul *Oikopleura sp.* a été collecté. Enfin, les Cténophores, représentés uniquement par l'espèce *Pleurobrachia pileus* ne sont présents qu'à la campagne de septembre.

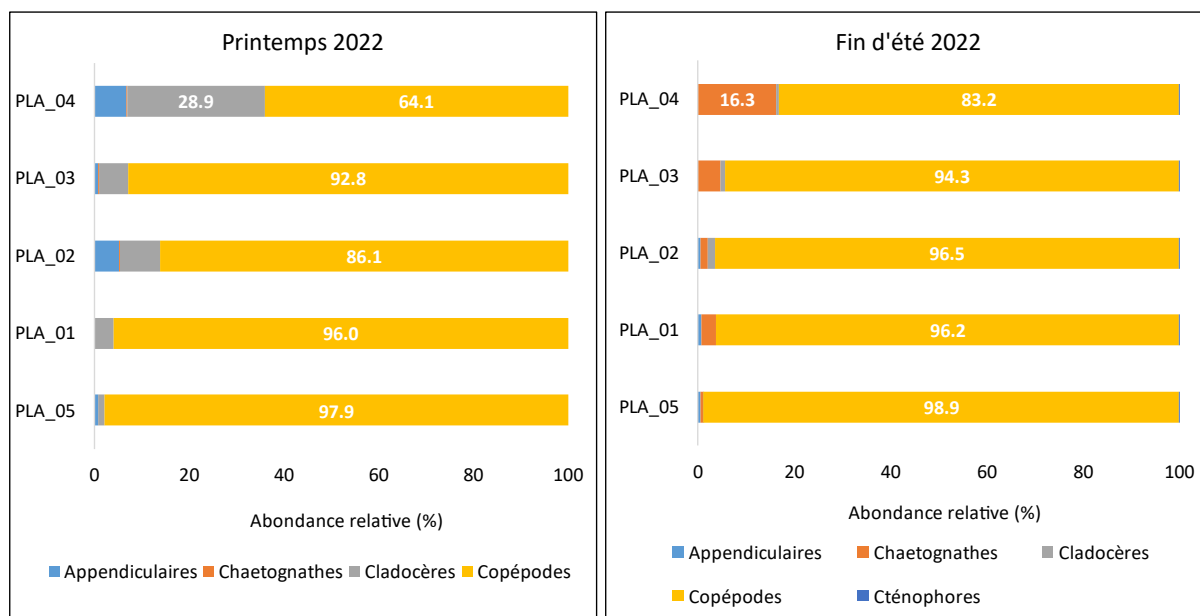


Figure 18. Composition et abondance relative du zooplancton holoplanctonique lors des deux campagnes réalisées en 2022.

La forte proportion de Copépodes au printemps et à l'automne était attendue car ils constituent le taxon avec le plus grand nombre d'espèces parmi les Crustacés et composent la grande majorité de l'abondance du zooplancton à travers le monde. À la diversité d'espèces associées aux Copépodes s'ajoute une grande diversité de formes de vie : copépodes parasites, copépodes associés à d'autres espèces, copépodes benthiques comme vu précédemment, copépodes en vie libre, ect. Les copépodes planctoniques en vie libre ont une taille comprise entre 0.5 et 5mm. Les individus appartenant à l'ordre des Calanoïdes sont plus nombreux que tous les autres taxons animaux dans le zooplancton marin (au moins 70%). L'ordre des Calanoïdes se compose de 43 familles. Pour les deux campagnes réalisées, 9 familles sur 43 sont recensées et représentent l'abondance relative la plus importante.

Abondance et composition en Copépodes

Au printemps, la composition des Copépodes est similaire entre les stations avec une majorité d'individus appartenant à la famille des Acartiidae et, dans une moindre mesure, d'individus appartenant à la famille des Temoridae, à l'exception de la station PLA_01 (Figure 19). En effet, à cette station, il y a une plus forte proportion de Temoridae que d'Acartiidae. La famille des Acartiidae est représentée uniquement par des copépodites d'*Acartia sp.* (stade larvaire entre le nauplius et le chalimus, qui précède le stade pré-adulte) et l'espèce *Acartia clausi*. La famille des Temoridae est représentée uniquement par des copépodites de *Temora sp.* et *Temora longicornis*.

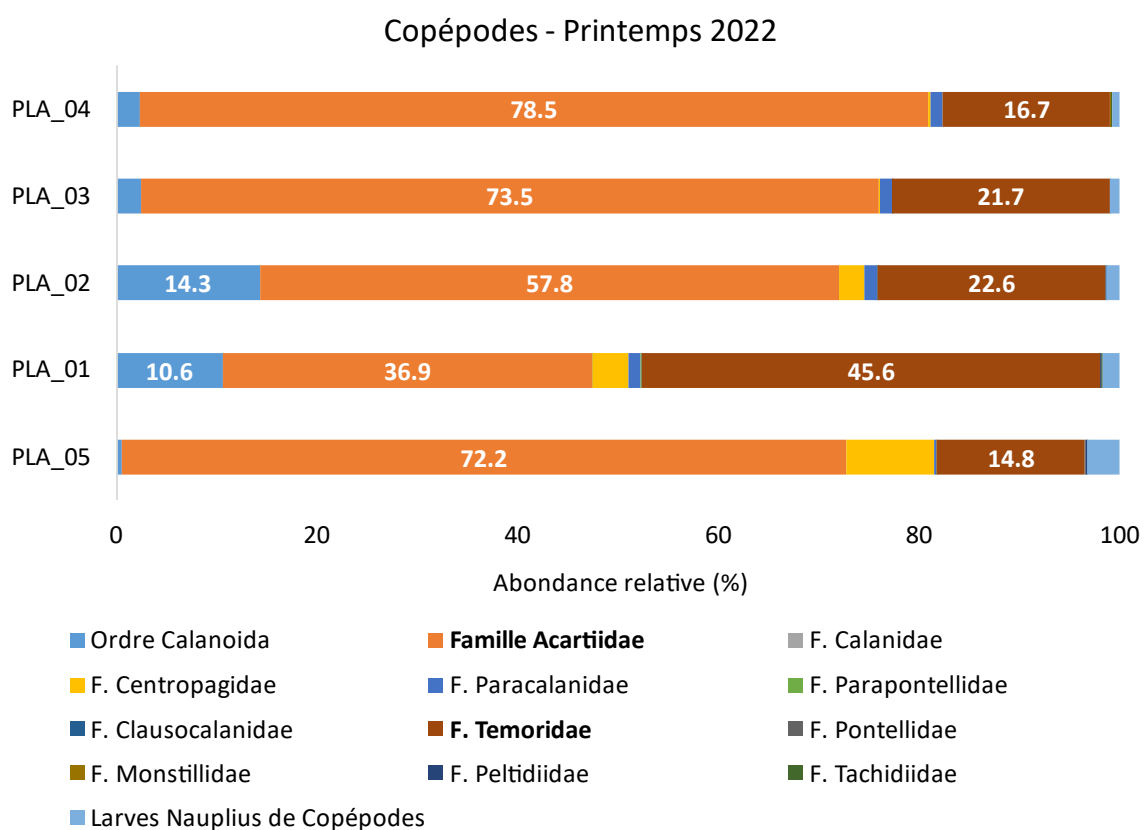


Figure 19. Abondance relative (%) des différents taxons composant les Copépodes lors de la campagne du printemps 2022 (source : setec énergie environnement, 2023)

Lors de la campagne de la fin d'été 2022, la composition des Copépodes est similaire entre les stations avec un assemblage composé d'individus de la famille des Acartiidae, des Corycaeidae, des Tachidiidae et de l'ordre des Calanoïdes (Figure 20). La famille des Corycaeidae est représentée uniquement par

des copépodites de *Ditrichocorycaeus sp.* et l'espèce *Ditrichocorycaeus anglicus*. La famille des Tachidiidae est représentée des copépodites et individus femelles d'*Euterpina acutifrons*. Contrairement à ce qui a été observé lors de la campagne de juin 2022, la famille des Temoridae représente une très faible proportion des Copépodes constituant la communauté zooplanctonique de la campagne de septembre 2022. La proportion d'individus de l'ordre de Calanoïdes semble décroître avec l'éloignement à la côte.

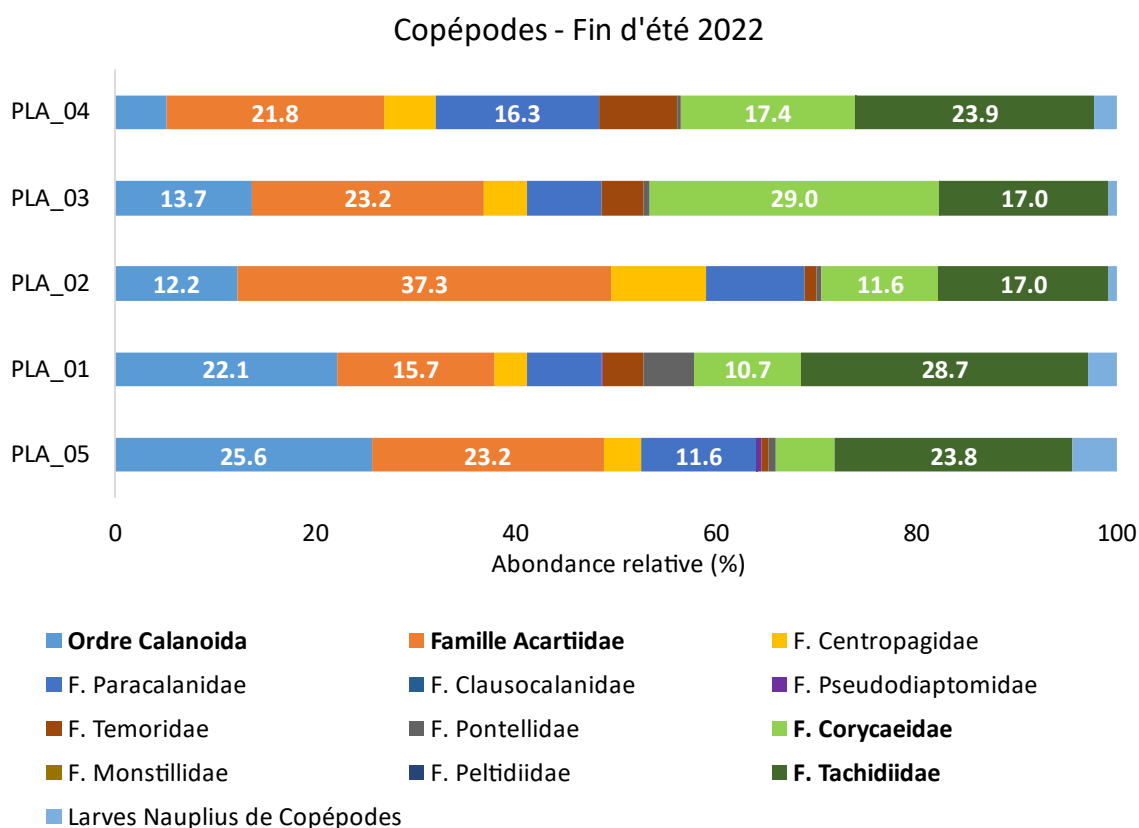


Figure 20. Abondance relative (%) des différents taxons composant les Copépodes lors de la campagne de la fin d'été 2022 (source : setec énergie environnement, 2023)

3. BILAN

3.1 Hydrologie et communautés planctoniques

L'analyse des communautés planctonique a permis de montrer des différences de composition phyto et zooplanctoniques entre la campagne du printemps, réalisée le 12 juin 2022, celle de la fin d'été 2022, réalisée le 18 septembre 2022.

Les communautés phytoplanctoniques de la campagne du printemps et de la fin du printemps se démarquent davantage entre elles. La communauté printanière est dominée à la côte par *Cerataulina pelagica* et au large plutôt par *Leptocylindrus complexe danicus* groupe des larges et *Dactyliosolen fragilissimus*. Pour la campagne de la fin de l'été 2022, le genre phytoplanctonique *Cyclotella*, suivi par *Thalassiosira subtilis*, domine aux 3 stations les plus côtières. Pour la station la plus au large, la communauté se compose d'un assemblage de plusieurs espèces (*Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium* & *Nitzschia longissima*).

Les assemblages zooplanctoniques sont en cohérence avec ceux décrits par Pezy, 2017 qui décrit une communauté zooplanctonique dominée par les copépodes pour les deux campagnes. Il y a néanmoins des différences entre les deux campagnes. En effet, ce ne sont pas les mêmes groupes qui dominent le méroplancton au printemps, marqué par la présence de larves d'Echinodermes, et à l'automne, marqué par une présence importante de larves de Décapodes.

Ces différences de communauté s'expliquent par des différences hydrologiques (température, salinité) et aussi physico-chimiques (disponibilité en nutriments, ensoleillement). Pour les deux campagnes, l'étude des profils de température a montré une homogénéité de la colonne d'eau, ce qui s'explique par la faible bathymétrie de la zone ainsi que l'agitation de la colonne d'eau, notamment due aux courants de marée et au vent (Ifremer, 2016).

Au printemps, la salinité semble suivre un gradient côte-large avec les plus fortes salinités mesurées aux stations les plus côtières et les plus faibles au large (la station PLA_02 présentait une situation intermédiaire). À la fin de l'été, la salinité est similaire entre les stations et présente des valeurs globalement plus élevées qu'au printemps. Cette différence peut être expliquée par les apports en eau issus des fleuves se jetant à proximité de la zone du parc. Comme le précise Ifremer, 2016, les eaux provenant de la Seine ainsi que celles de la Somme, de la Canche, de l'Aa ou encore de l'Authie créent une bande d'eau dessalée le long du littoral du Pas-de-Calais, connue sous le nom de « fleuve côtier ». Son étendue est maximum au printemps. Ce fleuve côtier se distingue alors des eaux du large : les eaux côtières présentent une dessalure relative (entraînant une salinité plus faible), une certaine turbidité et richesse en phytoplancton (Brylinski et al., 1991). Le fleuve côtier est un phénomène important en Manche, qui est également influencé par la marée (coefficient et cycle de morte-eau/vive-eau - (Dupont et al., 1991).

Au regard des résultats ci-dessus, la station PLA_02, la station de référence à l'intérieur de l'aire d'étude immédiate présente une situation intermédiaire à ce qui est observé pour les autres stations.

3.2 Limites du protocole

Il serait judicieux de suivre le compartiment planctonique tous les mois, notamment le phytoplancton. En effet, le phytoplancton est un compartiment très dynamique, comme le présentait la Figure 10. Suivre le plancton tous les mois permettrait de mieux étudier l'effet des saisons et des conditions hydrologiques sur les communautés mais aussi d'étudier la présence d'espèces toxiques. L'analyse des communautés des deux campagnes en 2022 ne permet pas de rendre compte de la dynamique phytoplanctonique, et permet seulement d'avoir un aperçu de la composition planctonique à un instant t.

De plus, pour réellement mettre en évidence un gradient côte-large, il serait pertinent d'ajouter d'autres stations, que ce soit en dehors ou à l'intérieur de la zone du parc, en ajoutant notamment plus de stations de suivi.

Enfin, la méthode utilisée (identification sur critères morphologiques) pour identifier le zooplancton ne permet pas de rendre compte de toute la diversité zooplanctonique. L'analyse du méroplancton ne permet pas une description taxonomique complète contrairement à l'analyse du zooplancton permanent (holoplancton). Si l'objectif du suivi est de décrire la communauté zooplanctonique permanente, l'identification sur critères morphologiques s'avère adaptée. Cependant, si l'objectif du suivi est les espèces qui vivent qu'une partie de leur cycle dans le plancton, alors cette analyse sur critères morphologiques pourrait être complétée par des outils moléculaires. Cela a d'ailleurs été fait comme conseillé par le GIS et fait l'objet d'un autre rapport.

Chapitre 2. Ichtyoplancton

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Stratégie d'échantillonnage

L'échantillonnage vise une large fenêtre temporelle, depuis le mois de janvier jusqu'au mois de juillet. Pendant cette période, les prélèvements ont eu lieu à une fréquence mensuelle (soit 8 campagnes de prélèvements) afin de cibler la période de reproduction de plusieurs espèces d'intérêt commercial.

Le plan d'échantillonnage se compose de 5 stations. Une se trouve au sein du champ proche ; les 4 autres au sein du champ éloigné jusqu'à 5 milles nautiques (cf. Figure 21) et décrivant un transect depuis la côte (zone sous influence estuarienne et fortement productive) vers le large.

La localisation de ces stations est calquée sur la position de stations existantes qui sont par ailleurs échantillonnées au chalut canadien. Le déplacement passif des espèces planctoniques a conduit à proposer une sélection de stations selon un axe côte-large, perpendiculaire aux courants dominants afin d'optimiser l'échantillonnage du site d'étude. La localisation de ces stations est par ailleurs identique à celles échantillonnées pour le suivi du phyto et du zooplancton.

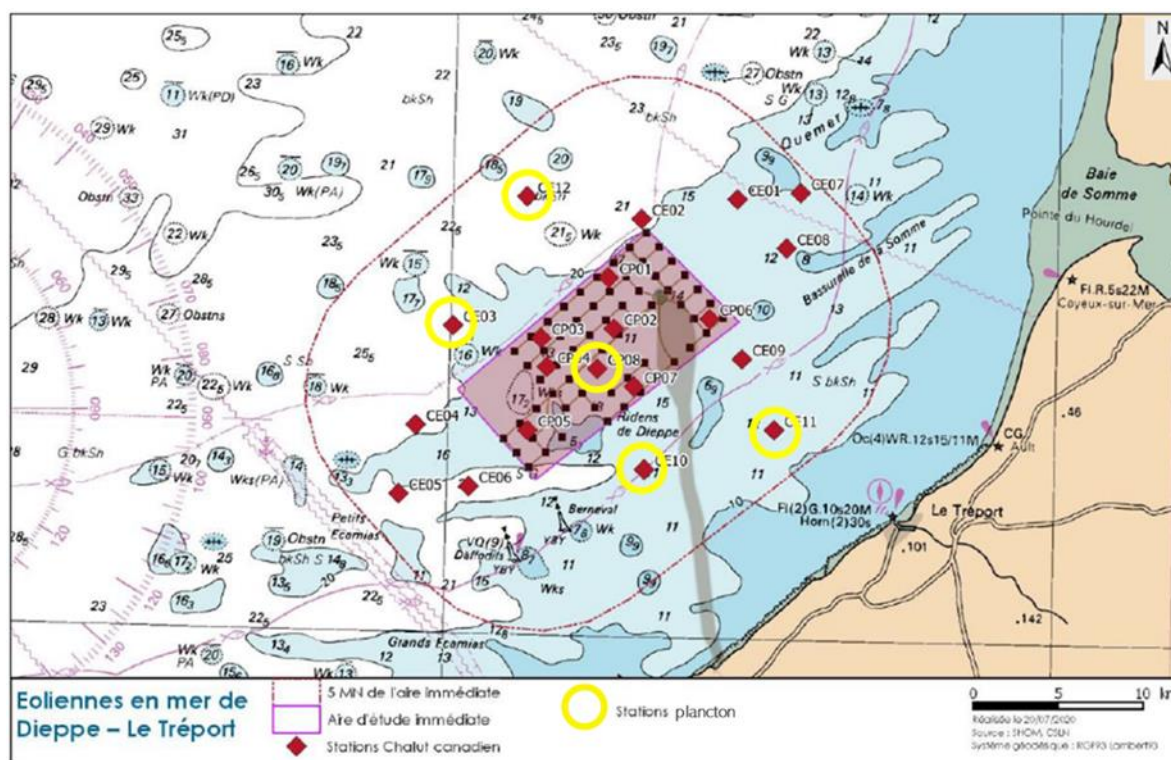


Figure 21. Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi ichtyoplancton par champ d'incidence

L'engin utilisé est un double filet Bongo (maillage de 500 μm), équipé d'un débitmètre afin de mesurer précisément le volume d'eau filtré à la fin de l'opération de traine (Figure 22).



Figure 22. Vue de profil du filet bongo à gauche, débitmètre fixé à l'entrée du filet à droite

1.3 Déroulement des campagnes

Le démarrage des campagnes ichthyoplancton ayant été retardé, la première campagne a été réalisée en janvier 2022 et la huitième et dernière campagne en août 2022. L'ensemble des campagnes ont été réalisées en condition nocturne au cours d'une seule nuit de prélèvement. Une sonde multi-paramètres a été déployée sur chaque station afin d'obtenir des profils de température et de salinité associés à chaque échantillonnage.

Les opérations de pêche sont standardisées en durée et l'échantillonnage des stations est effectué par la réalisation d'un trait d'une durée fixe de 10 à 15 minutes, à vitesse constante (comprise entre 2 et 4 nœuds) et dans le sens inverse du courant dominant.

Pour chacune des traines effectuées, les positions géographiques ainsi que la date, l'heure du filage et celle du virage sont renseignées sur une fiche passerelle, ainsi que la longueur de câble utilisée et le nombre de circonvolutions réalisées par le débitmètre pour chacune des traines.

Les périodes d'intervention privilégiées sont les plus bas coefficients de marée de mortes-eaux afin de constituer des échantillons les plus représentatifs possibles du point d'échantillonnage (transport passif réduit).

A la remontée de l'engin, le filet est abondamment rincé à l'eau de mer et le plancton est concentré dans les collecteurs. Après flaconnage, l'échantillon est fixé dans de l'eau de mer avec une solution de formol. Les échantillons ainsi stabilisés sont stockés dans une caisse hermétique en attendant le retour à terre et leur remise au laboratoire en charge de l'analyse taxonomique.

Les enjeux d'identification ne porteront pas exclusivement concernent les poissons (œufs, larves et juvéniles) mais également les grands crustacés et le zooplancton.

1.4 Traitement des résultats

1.4.1 Indice de diversité

La richesse spécifique (Rs), correspond au nombre d'espèces observées dans l'élément considéré (i.e. la station, la zone étudiée...).

L'indice de Shannon (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 Pielou (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.

L'indice de Simpson est un indice de diversité qui mesure la probabilité que deux individus tirés au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à la même espèce. Cet indice donne plus de poids aux espèces abondantes par rapport aux espèces rares, en effet la présence d'espèce rare ne modifiera presque pas l'indice.

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Où $p_i = \frac{n_i}{N}$; n_i le nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon ; N le nombre total d'individus

Le résultat est inversement proportionnel à la diversité. La formulation suivante a été utilisée pour que l'indice soit directement représentatif de la diversité.

$$E = 1 - D$$

Ainsi plus l'indice est proche de 1, plus le peuplement est homogène.

1.4.2 Composition spécifique et abondance

L'abondance des taxons observés par campagne est analysée à l'échelle de la famille et de l'espèce, le nombre de larves et le nombre d'œufs étant traités séparément.

Les résultats sont exprimés en densités, c'est-à-dire en nombre d'individus par m³, le nombre d'individus étant divisé par la quantité d'eau de mer filtrée. A partir des résultats obtenus pour chacune des 5 stations, on calcule pour chaque campagne un nombre moyen d'œufs et de larves par m³.

La quantité d'eau de mer filtrée est obtenue à partir de la formule du constructeur (Kc Denmark model 23.091) :

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

La composition spécifique et la proportion des différents taxons dans l'ensemble des échantillons sont analysées de manière à déterminer le cortège d'espèces dominantes pour chaque campagne pour les deux stades distincts.

A partir de la deuxième campagne, le nombre d'œufs au stade I a été comptabilisé. Ce stade est le premier stade après la ponte et peut ainsi donner une indication sur la proximité de zone de frayère.

2. RESULTATS

2.1 Paramètres physico-chimiques

Les profils de température et de salinité sont présentés dans la Figure 23 ci-après. La température montre une stabilité de janvier à avril : elle est comprise entre 8 et 10°C. A partir de mai, la température de l'eau augmente de 12 °C à 20°C en août, dans toute la colonne d'eau, de façon uniforme (pas de thermocline).

En juillet et août, la salinité est légèrement plus élevée (> 34 PSU) que les mois précédents.

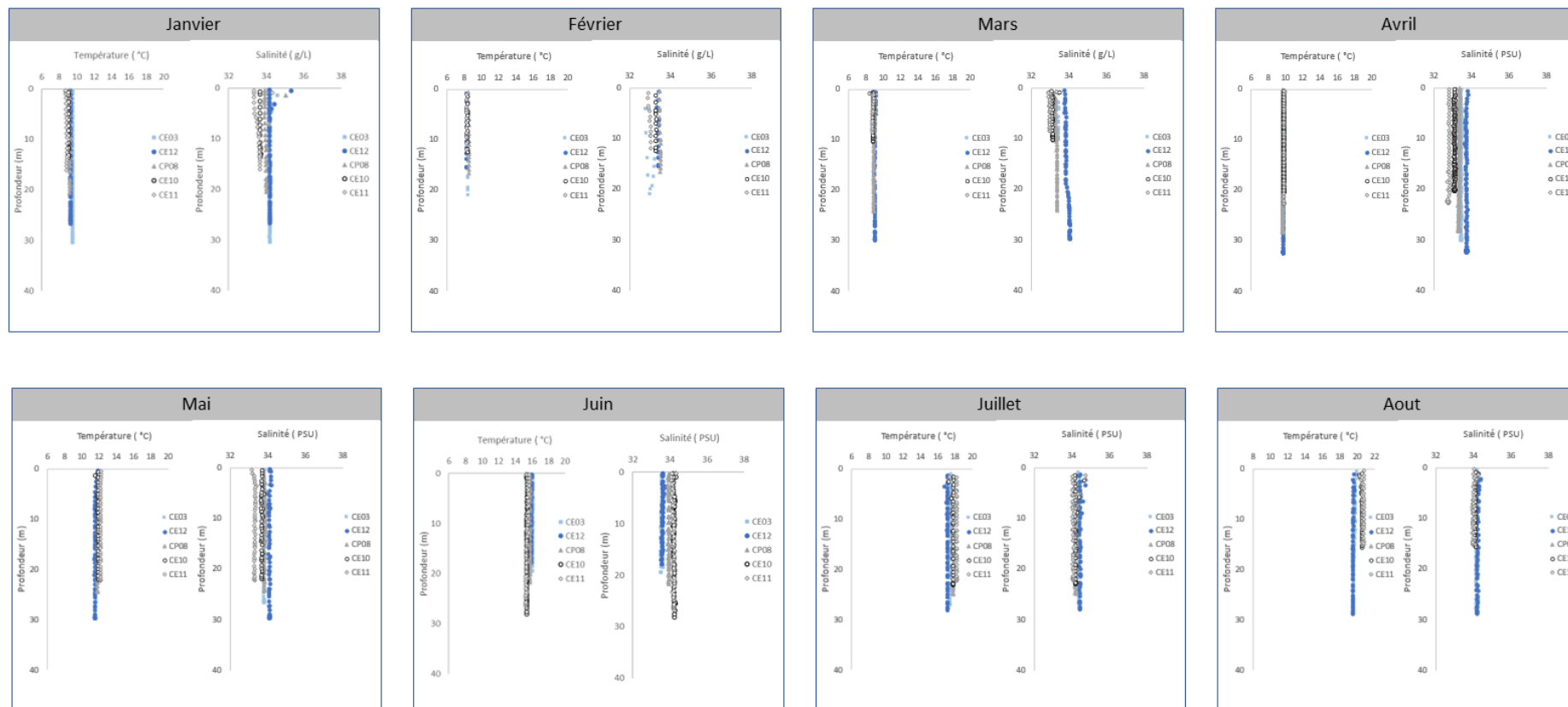


Figure 23. Profils de température et de salinité par station et par campagne de janvier à août.

2.2 Richesse et diversité spécifique

Au total 38 espèces ont été recensées sur la période d'échantillonnage, de janvier à août, ainsi que 14 taxons identifiés au niveau du genre. 33 espèces ont été identifiées au stade larve et 19 au stade œuf. Parmi les espèces identifiées, plusieurs présentent un intérêt commercial comme l'anchois, la sardine, le maquereau, le bar et les espèces de poisson plat tel que la sole, le turbot, la limande (cf. tableau ci-dessous – Tableau 3).

L'évolution temporelle de la richesse spécifique aux stades œuf et larve sur l'ensemble des stations est présentée en Figure 24. Celle-ci met en évidence un pic saisonnier au printemps, en avril pour les larves et mai pour les œufs. Ce graphique ne prend pas en compte les individus identifiés seulement jusqu'au niveau du genre.

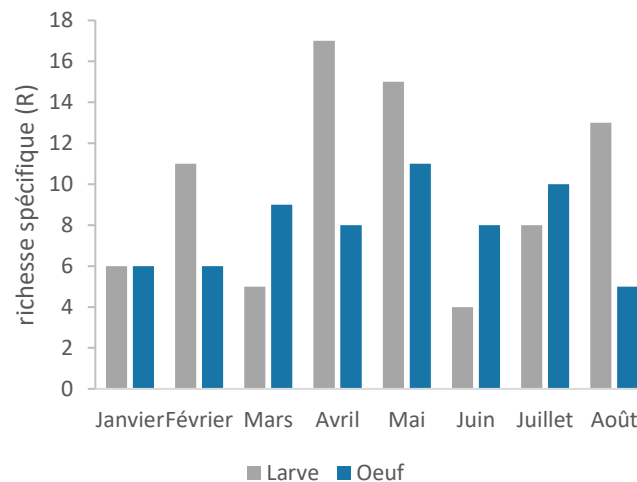


Figure 24. Nombre d'espèces rencontrées sur l'ensemble des stations au cours des différentes campagnes de janvier à août.

Tableau 3. Liste des taxons (espèces ou genres) identifiés au stade œuf ou larve. Les noms des espèces d'intérêt commercial sont soulignés.

Familie	Nom Français	Nom scientifique	Stade d'évolution	
			Larve	Œufs
Agonidae	Souris de Mer	<i>Agonus cataphractus</i>	x	
Ammodytidae	Lançon nordique	<i>Ammodytes marinus</i>	x	
	Lançon équille	<i>Ammodytes tobianus</i>	x	
	Cicerelle	<i>Gymnammodytes semisquamatus</i>	x	
	Lançon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	x	
	Lançon sp.	sp.	x	
Blenniidae	Blennie papillon	<i>Blennius ocellaris</i>	x	
	Blennie mordocet	<i>Lipophrys pholis</i>	x	
	Blennie gattorugine	<i>Parablennius gattorugine</i>	x	
	Blennie sp.	sp.	x	
Bothidae	Arnoglosse sp	<i>Arnoglossus sp.</i>	x	x
Callionymidae	Dragonnet réticulé	<i>Callionymus reticulatus</i>	x	
	Callionyme sp	<i>Callionymus sp.</i>	x	x
Carangidae	<u>Chinchard commun</u>	<u><i>Trachurus trachurus</i></u>	x	x
Clupeidae	<u>Hareng</u>	<u><i>Clupea harengus</i></u>	x	
	<u>Sardine</u>	<u><i>Sardina pilchardus</i></u>	x	x
	clupeidée sp.	sp.	x	
	Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	x	x
Engraulidae	<u>Anchois</u>	<u><i>Engraulis encrasicolus</i></u>	x	
Gadidae	<u>Merlan</u>	<u><i>Merlangius merlangus</i></u>	x	x
	gadidé sp.	sp.		x
	Tacaud norvégien	<i>Trisopterus esmarkii</i>	x	
	<u>Tacaud commun</u>	<u><i>Trisopterus luscus</i></u>	x	
Gaidropsaridae	Motelle à 5 barbillons	<i>Ciliata mustela</i>		x
	Motelle nordique	<i>Ciliata septentrionalis</i>	x	
	motelle sp.	<i>Ciliata sp.</i>	x	x
Gobiesocidae	Porte-écuelle à deux taches	<i>Diplecogaster bimaculata</i>	x	
Gobiidae	Lebetus sp.	<i>Lebetus sp.</i>	x	
	Gobie sp.	sp.	x	
Labridae	Crénilabre mélops	<i>Symphodus melops</i>	x	
Moronidae	<u>Bar</u>	<u><i>Dicentrarchus labrax</i></u>	x	x
Mugilidae	Mulet sp.	sp.	x	x
Pholidae	Gonelle	<i>Pholis gunellus</i>	x	
Pleuronectidae	<u>Limande</u>	<u><i>Limanda limanda</i></u>	x	x
	<u>Flet commun</u>	<u><i>Platichthys flesus</i></u>	x	x
	<u>Carrelet</u>	<u><i>Pleuronectes platessa</i></u>	x	x
	Pleuronecte sp.	sp.		x
Scombridae	Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>		x
Scophthalmidae	<u>Turbot</u>	<u><i>Scophthalmus maximus</i></u>		x
	<u>Barbue</u>	<u><i>Scophthalmus rhombus</i></u>	x	x
	Scaphthalmidé sp.	sp.		x
	<u>Targie naine</u>	<u><i>Zeugopterus norvegicus</i></u>	x	
	<u>Targeur</u>	<u><i>Zeugopterus punctatus</i></u>	x	x
Soleidae	Petite sole jaune	<i>Buglossidium luteum</i>		x
	<u>Sole perdrix</u>	<u><i>Microchirus variegatus</i></u>	x	x
	<u>Sole blonde</u>	<u><i>Pegusa lascaris</i></u>		x
	<u>Sole commune</u>	<u><i>Solea solea</i></u>	x	x
	Sole sp.	sp.	x	x
Trachinidae	Petite vive	<i>Echiichthys vipera</i>	x	x
	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	x	x
Triglidae	<u>Grondin perlon</u>	<u><i>Chelidonichthys lucerna</i></u>	x	
	Grondin sp.	sp.		x
Nombre espèce identifiée			33	19

La diversité spécifique a été étudiée pour chaque station au travers de deux indices, l'indice de Shannon et l'indice de Piélou. Les individus qui n'ont pas été identifiés jusqu'à l'espèce n'ont pas été pris en compte.

Les résultats obtenus par station pour le stade larve (Figure 25) montrent une variabilité importante de la richesse spécifique au cours du temps. Le minimum de richesse spécifique (une seule espèce observée) a été observé en juin sur presque toutes les stations à l'exception de la station CP08 (2 espèces observées). Le maximum de richesse spécifique soit 11 espèces a été observé en avril sur les stations CE11, CE12 et CP08.

Les indices de Shannon sont plutôt faibles, le maximum étant de 2.83 (pour un indice qui peut varier entre 0 et 5) ce qui montre une faible diversité. A l'inverse l'indice d'équitabilité de Piélou est plutôt élevé (pour un indice qui peut varier entre 0 et 1) ce qui montre une abondance comparable entre espèces.

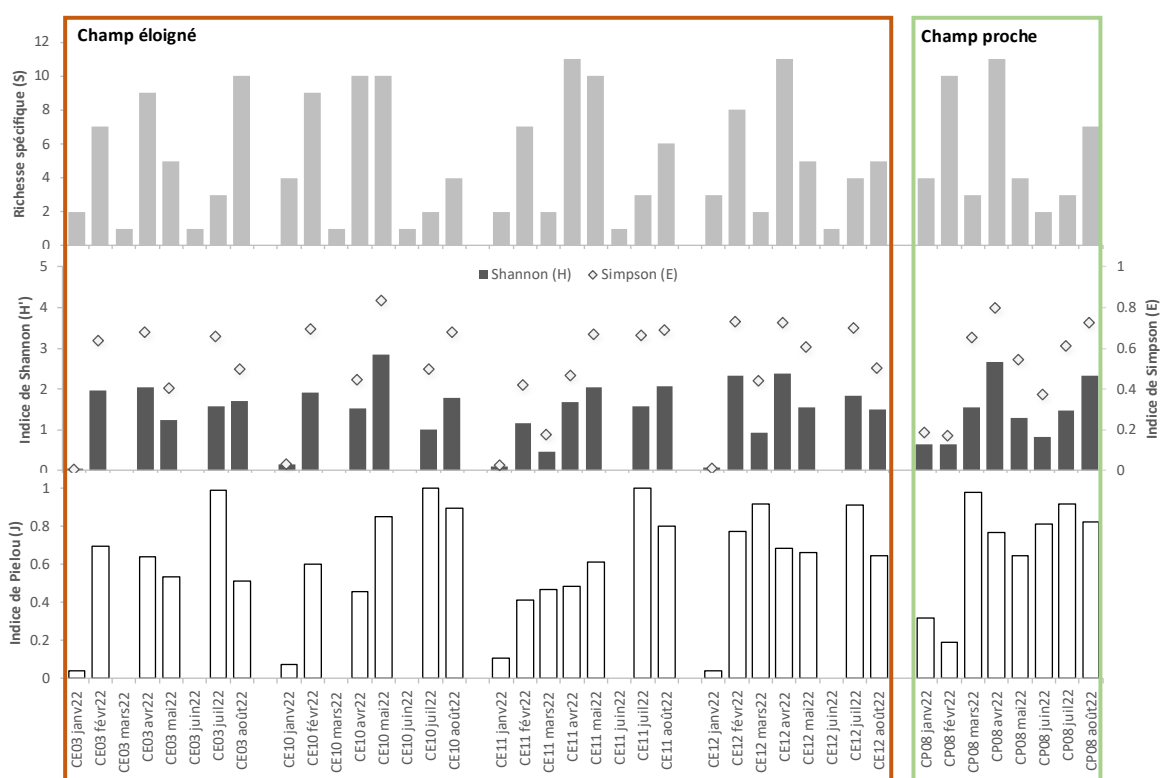


Figure 25. Richeur spécifique (S) et indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Piélou (J) au stade larve pour les 5 stations échantillonnées de janvier à août 2022. En vert la station située dans le champ proche

Les résultats obtenus pour le stade œuf (Figure) montrent une richesse spécifique plus stable au cours du temps. L'indice varie de 3 à 9 espèces avec une moyenne observée entre 5 et 6 espèces.

Comme pour le stade larve, les indices de Shannon sont faibles et les indices indice de Piélou élevés, traduisant une faible diversité spécifique mais une répartition équilibrée de l'abondance entre les espèces. Les indices de Simpson calculés pour les stades œuf et larve (non représentés) montrent également une variabilité importante au cours du temps.

L'étude de la diversité spécifique au stades œuf et larve met en évidence aucune différence entre la station CP08 située dans le champ proche et les autres stations situées dans le champ éloigné. De même, aucune différence n'est décelable entre les stations proches de la côte CE10 et 11 et les stations situées plus au large CE12 et CE03.

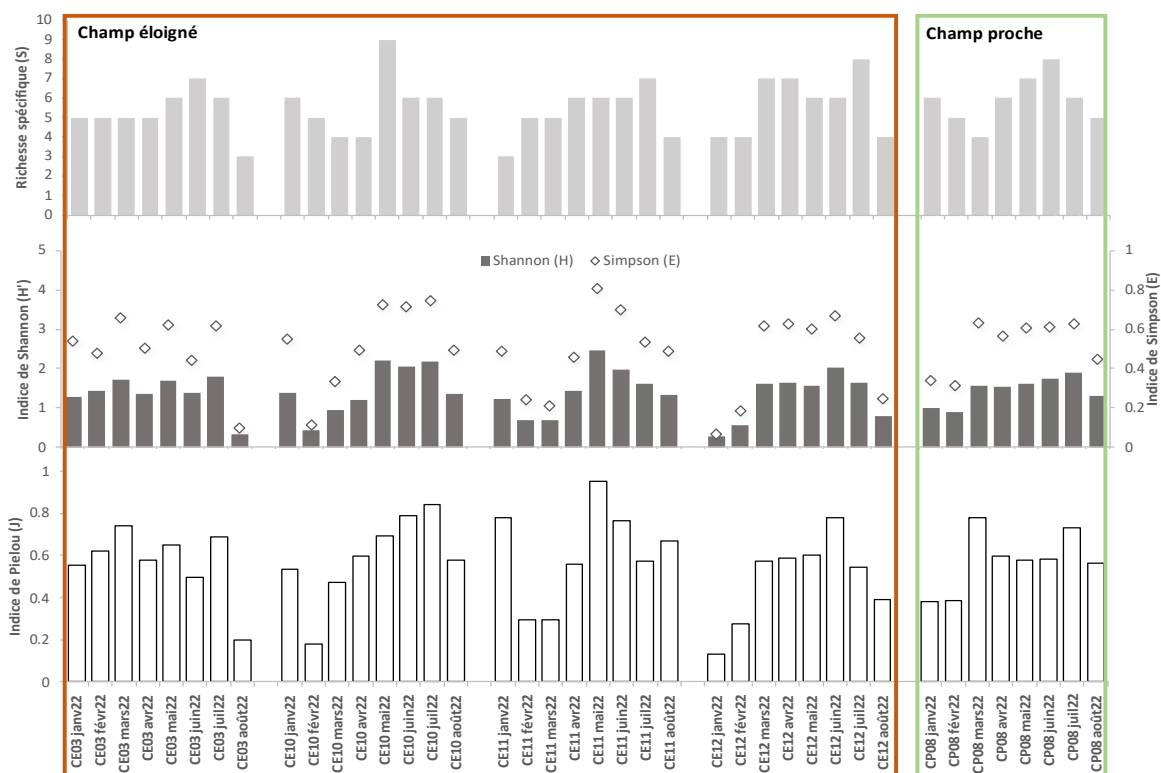


Figure 26 : Richesse spécifique (S) et indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Pielou (J) au stade œuf pour les 5 stations échantillonnées de janvier à août 2022. En vert la station située dans le champ proche

2.3 Structure et abondance

2.3.1 Stade larve

9418 larves ont été collectées sur l'ensemble des campagnes. Les abondances moyennes par station, calculées en nombre de larve par m^3 (Figure 26) varient nettement au cours du temps : beaucoup de larves ont été collectées aux mois de janvier, février avril et mai (2.23 à 4.69 individus / m^3) mais très peu de larves aux mois de mars, juin, juillet et août (0.02 à 0.4 individu / m^3).

On observe une succession des espèces au cours du temps : la famille des Clupeidae est très présente de janvier à mai, la famille des Pholidae est majoritaire en février-mars. Les Pleuronectidae sont abondants en avril-mai, période de présence Gobiesocidae. Enfin les Trachinidae et Gobiidae sont majoritaires en août.

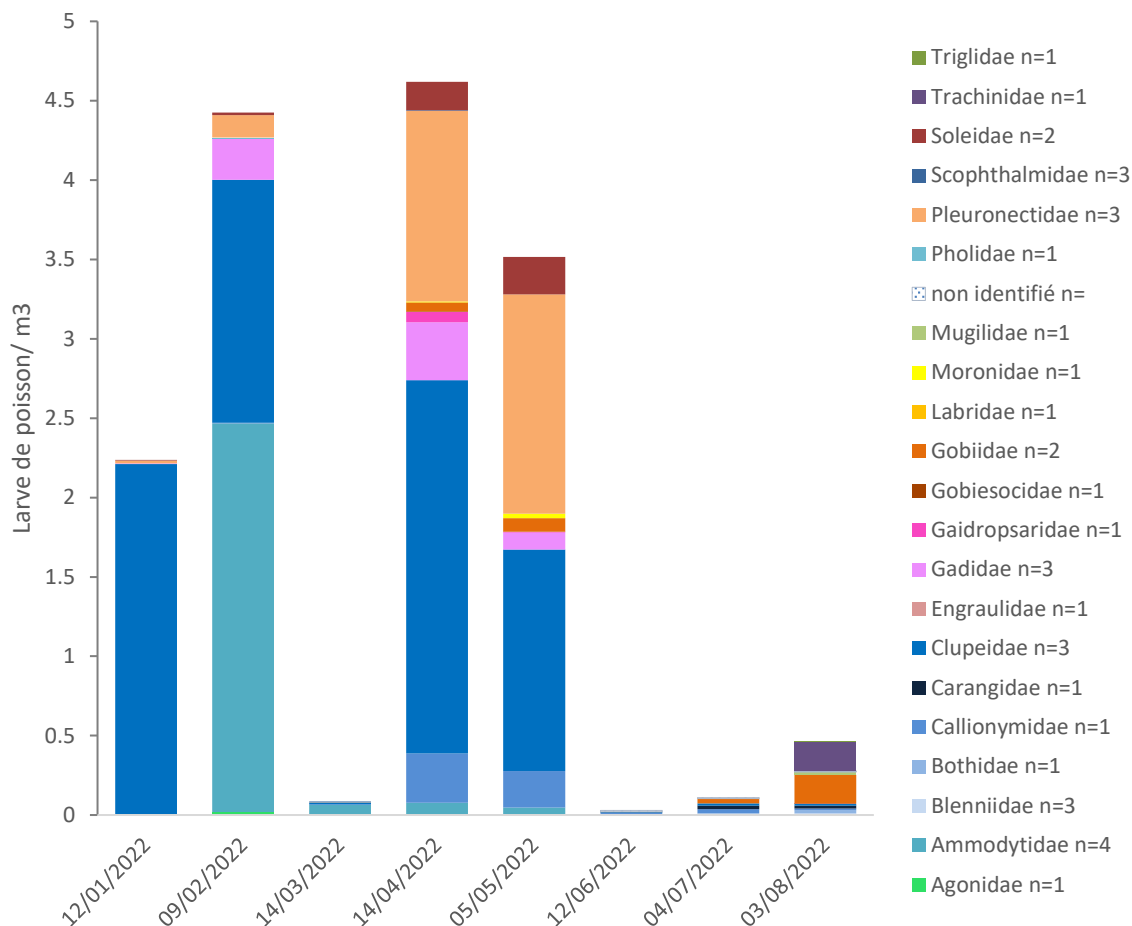


Figure 26 : Abondance moyenne en larves collectées (nombre par m³ d'eau de mer) par famille et par campagne.

Au sein d'une même famille, les espèces vont aussi se succéder : chez les clupéidés, le hareng domine en janvier-février puis le sprat en avril-mai et la sardine en juillet.

Les principales espèces observées au stade larve (Figure 27) sont le hareng en janvier, le lançon nordique en février-mars, le sprat et la limande en avril-mai, le callionyme et les gobiidés en juin-juillet et la grande vive en août.

Parmi les espèces observées, certaines sont d'intérêt commercial : le hareng, le sprat, la sardine, le merlan, le flet, la limande, la sole, le bar et le tacaud commun.

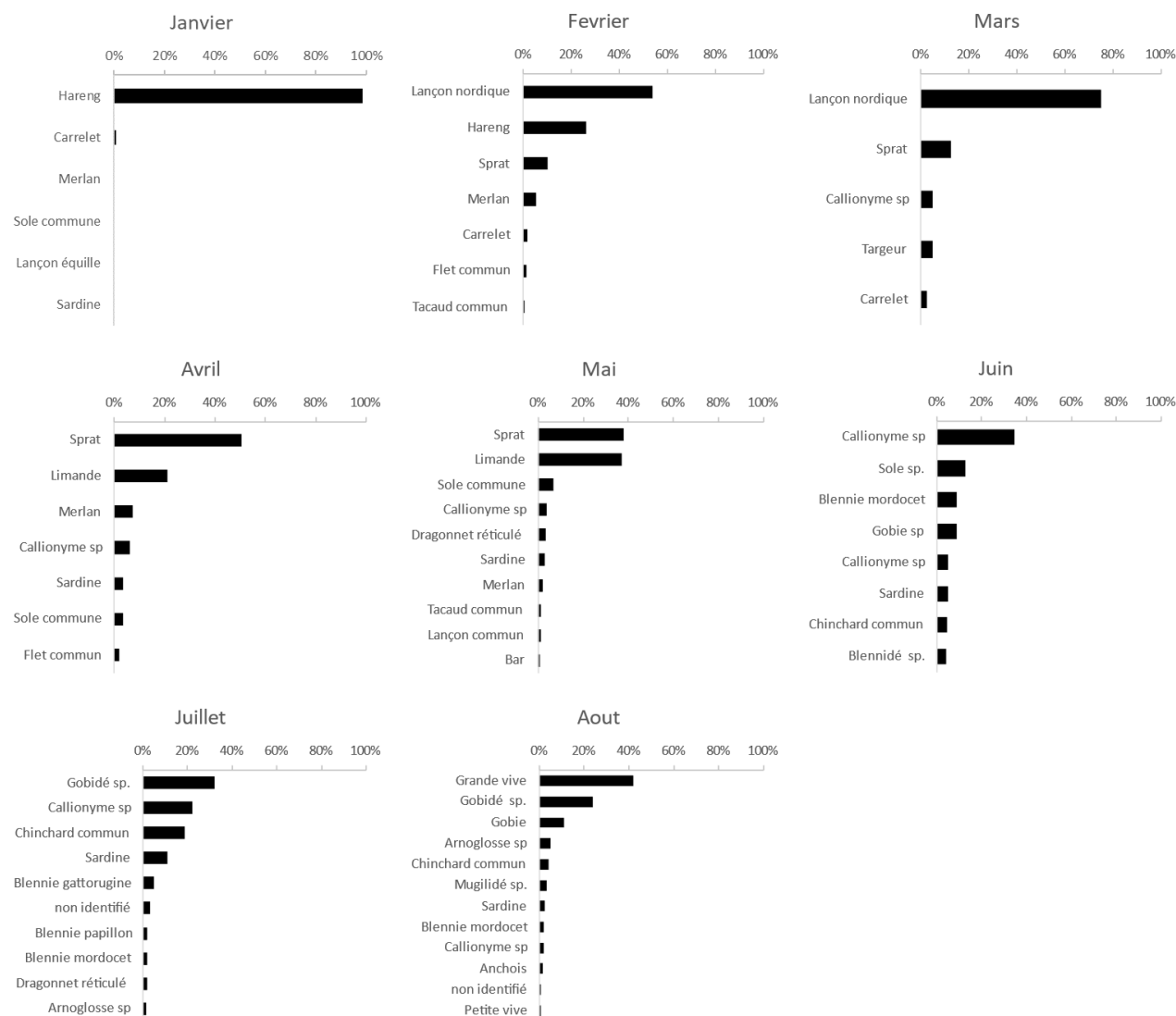


Figure 27: Proportion des différentes espèces en abondance au stade larve par campagne

2.3.2 Stade œuf

165 638 individus ont été collectés au stade œuf sur l'ensemble des campagnes. La densité moyenne par station, toutes espèces confondues, est de 2 à 131 œufs / m³. Le maximum est observé en mars et le minimum en juin (Figure 28).

Les familles les plus présentes de janvier à avril sont les pleuronectidés, clupéidés, gadidés et gaidrosparidés. En mai, les clupéidés et callionymidés sont majoritaires. La situation change en juillet et août, où les trachinidés et mugilidés, peu observés avant, représentent l'essentiel des œufs collectés.

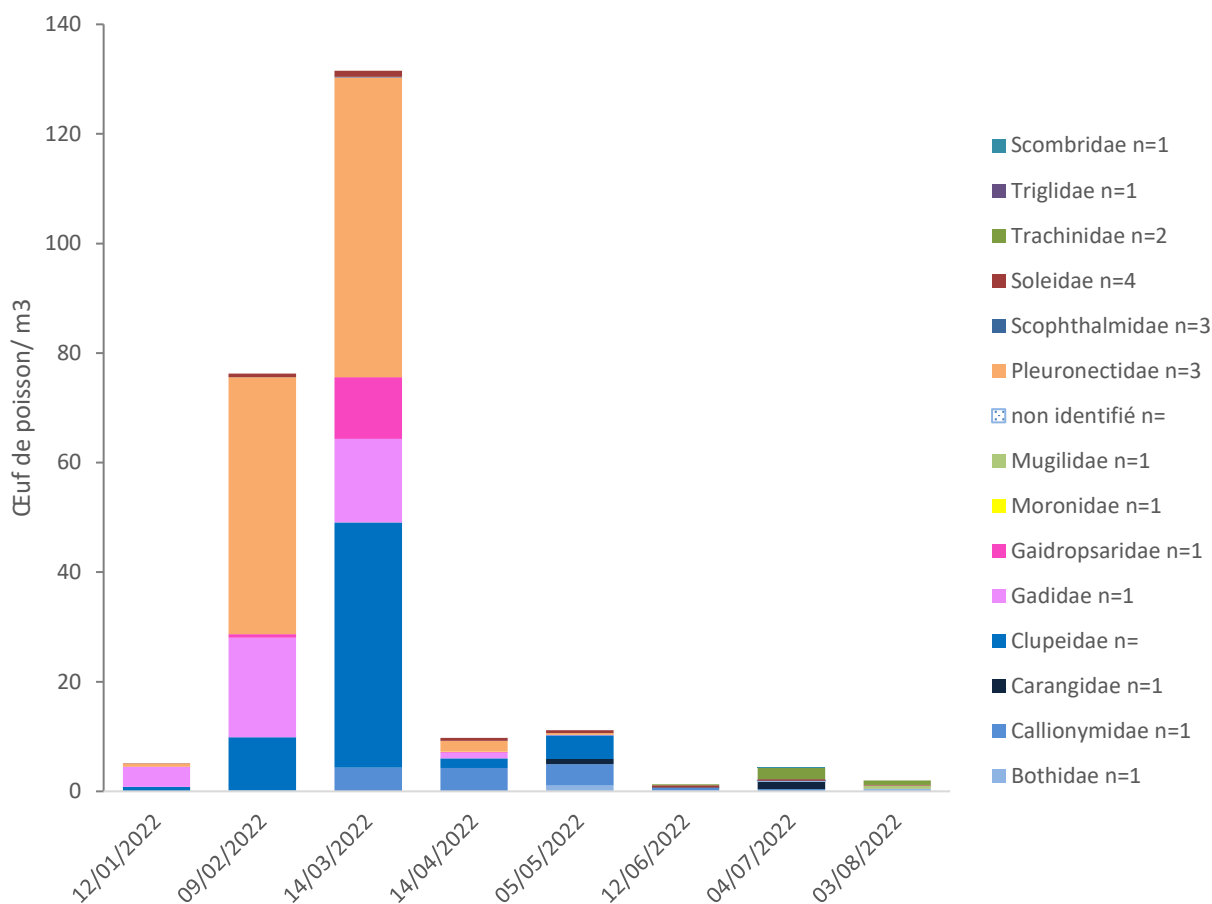


Figure 28: Abondance moyenne en œufs collectés (nombre par m³) par famille et par campagne

Les principales espèces observées au stade larve (Figure 29) sont le merlan en janvier (71% des larves collectées à lui seul), les pleuronectidés en février (62%) et mars (42%), le sprat en mars (34%) avril et mai, les pleuronectidés en avril, les callionymes qui dominent d'avril à juin, puis la grande vive en juillet-août.

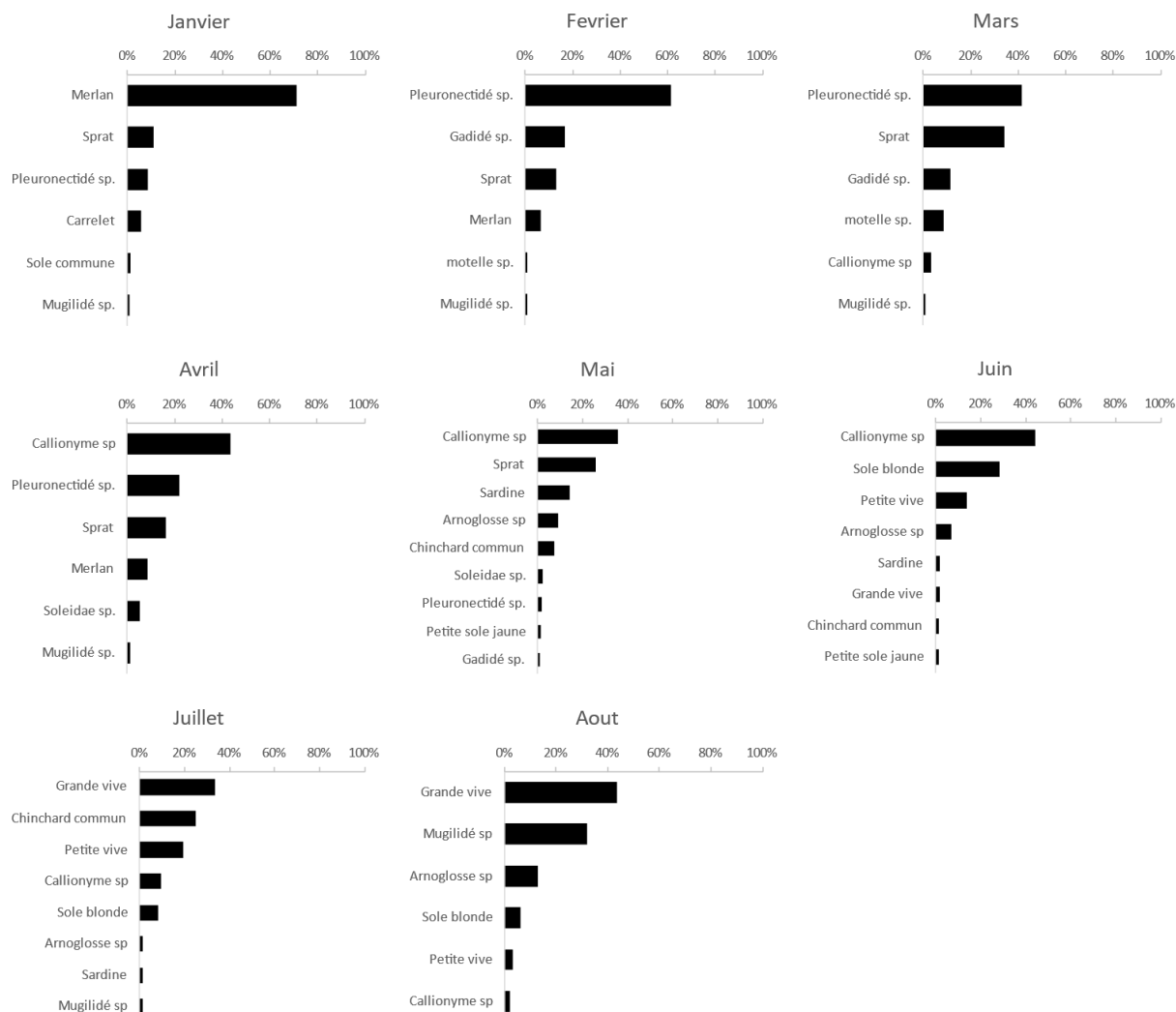


Figure 29: Proportion des différentes espèces en abondance au stade œuf par campagne

2.3.3 Œufs en stade I

Parmi les espèces commerciales observées au stade œuf, certaines ont été détectées au stade I (Tableau 4). Le pourcentage d'œuf au stade I par rapport au nombre total d'œufs observés est important pour le bar, le targeur et la sole blonde, ce qui indique pour ces espèces la présence de frayères à proximité de la zone d'étude.

Tableau 4. Proportion d'œufs au stade I par espèce d'intérêt commercial sur l'ensemble des campagnes

Nom français	Nom scientifique	Nb œuf stade 1	Nb total	% de stade 1
Bar	Dicentrarchus labrax	31	43	72%
Carrelet	Pleuronectes platessa	25	283	9%
Targeur	Zeugopterus punctatus	41	41	100%
Petite sole jaune	Buglossidium luteum	22	93	24%
Sole perdris	Microchirus variegatus	1	8	13%
Sole blonde	Pegusa lascaris	437	613	71%
Sole commune	Solea solea	428	1374	31%

2.4 Distribution spatiale

La distribution spatiale des larves collectées ne fait apparaître aucun schéma ou gradient particulier (Figure 30). Les stations présentant les plus fortes abondances varient selon les mois (en janvier : CE10, février : CP08, avril : CE12, mai : CE10). Les variations de la densité de larves entre stations sont plus fortes les mois où celles-ci sont les plus abondantes (janvier, février, avril et mai).

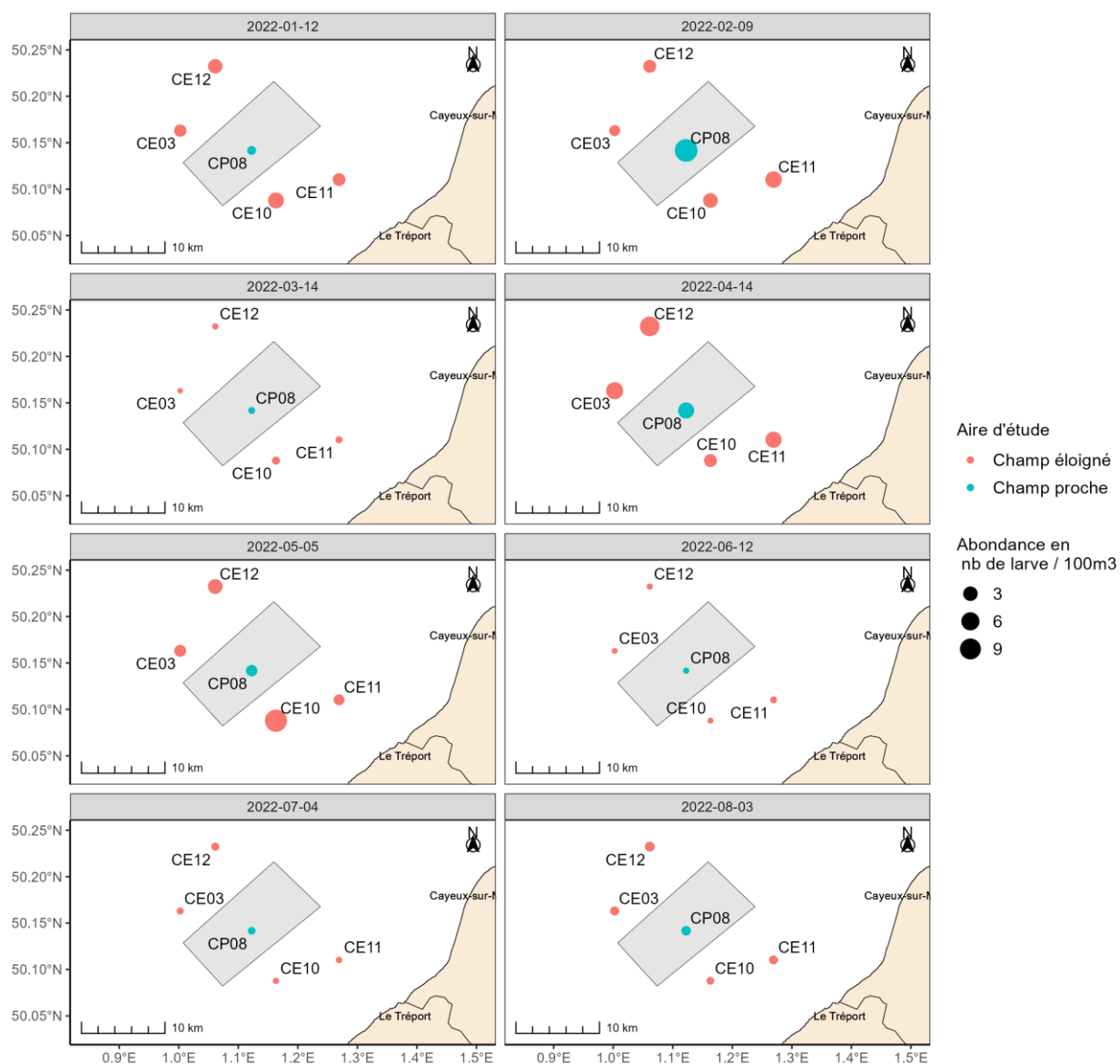


Figure 30: Distribution spatiale des abondances (nombre / m³) des larves de poissons par campagne

La distribution spatiale des œufs collectés met en évidence des variations importantes de la densité d'œufs entre stations les mois où ceux-ci sont les plus abondants (février et mars) (Figure 31). Aucun schéma ou gradient particulier n'est décelable.

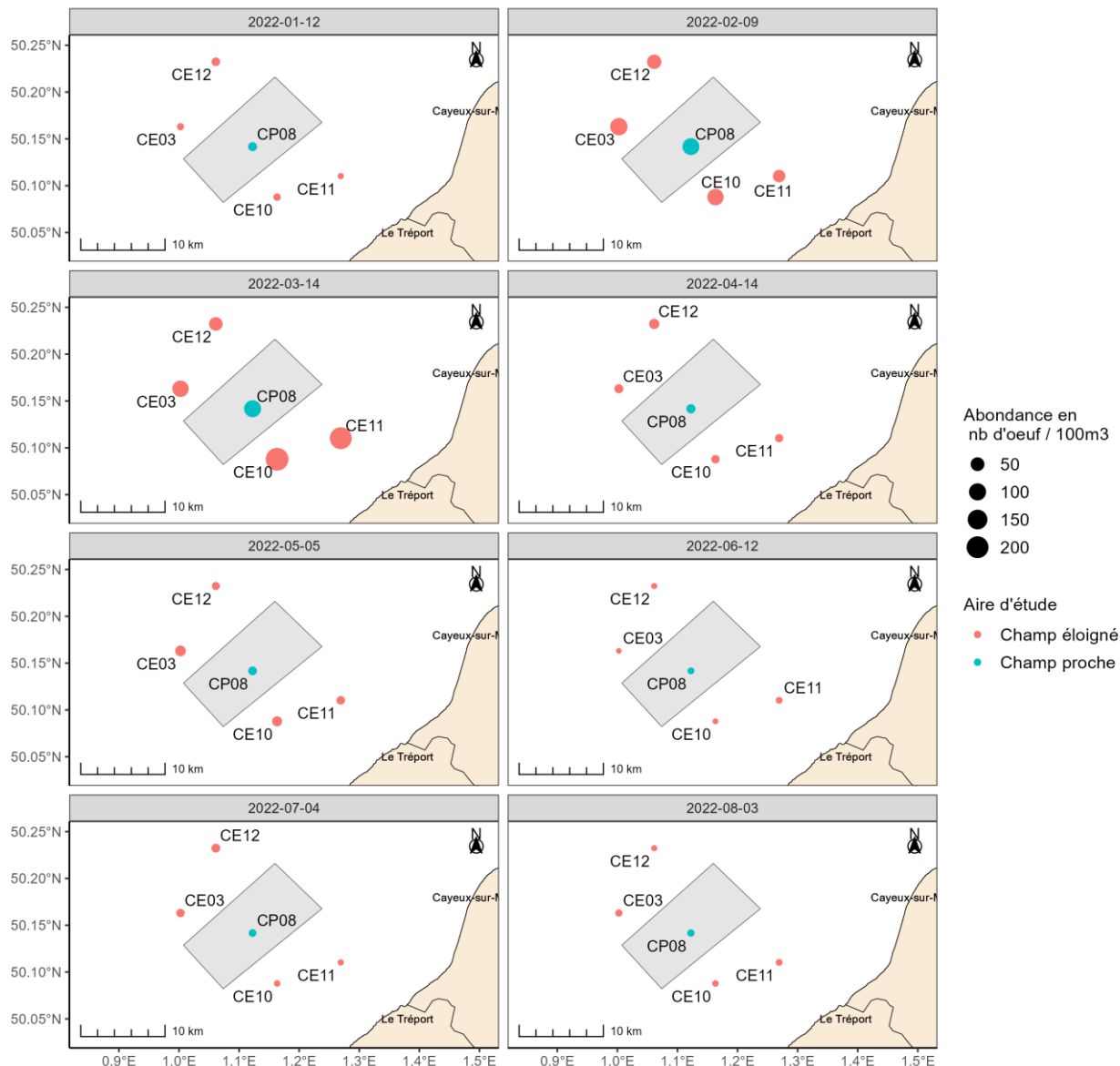


Figure 31 : Distribution spatiale des abondances (nombre / m³) des larves de poissons par campagne

3. BILAN

L'étude du compartiment ichtyoplancton permet de mettre en évidence la présence d'espèces qui ne sont pas détectées par les autres engins de pêche utilisés dans le cadre de cette étude. Parmi les espèces commerciales qui n'ont pas été capturées à l'aide des chaluts, on peut citer l'ensemble de la famille des scophthalmidés (turbot, barbue, targeur) ainsi que la sole perdrix. D'autres espèces, qui ne présentent pas d'intérêt commercial, ont été observées uniquement qu'au stade ichtyoplancton comme les motelles, les blennies et le crénilabre mélops. Ces espèces fréquentent plutôt les fonds rocheux, qui ne peuvent être échantillonnés au chalut.

L'étude réalisée de janvier à août montre bien la saisonnalité des périodes de reproduction des différentes espèces. Pour plusieurs espèces, on peut observer la succession des abondances d'œufs et de larves : le sprat (œufs abondants en février-mars, larves nombreuses en avril-mai), la sardine (œufs abondants en mai-juin et larves nombreuses de mai à juillet), le chinchard (œufs abondants de mai à juillet et larves nombreuses à partir de juin), le merlan et les pleuronectidés (œufs abondants de janvier à mars et larves nombreuses en avril-mai). La zone d'étude est décrite comme zone de frayère pour la plie et zone de nurserie pour le merlan (Carpentier et al., 2009).

La présence de ces espèces a été confirmée au stade adulte lors de la campagne au chalut de fond, avec présence de pleuronectidés tel que la plie, la limande et le flet mais aussi le merlan, la sardine et le chinchard.

La concentration en œufs est très élevée au mois de février et mars, tandis que les concentrations en larves sont plus importantes en janvier, février, avril et mai. La température de l'eau influence fortement les périodes de reproduction des différentes espèces.

La présence d'œufs de stade 1 montre la présence de frayères à proximité pour certaines espèces d'intérêt commercial. En effet le site d'étude est connu comme zone de frayère pour la sole commune (Mahé, Delpech et Carpentier, 2007). Des œufs de bar au stade I ont été collectés entre avril et mai sur le site, confirmant la proximité d'une zone de frayère, conformément à la littérature (Carpentier et al., 2009).

Chapitre 3. Amande de mer

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Moyens à la mer

La campagne a été réalisée à bord d'un navire de pêche professionnelle pratiquant le métier étudié et disposant du matériel de pêche adapté. Une drague professionnelle appartenant au patron-pêcheur de type « drague à bivalve » est utilisée pour la campagne (Figure 32). Ses caractéristiques ont l'avantage de permettre un meilleur échantillonnage des plus jeunes classes d'âge comparativement à une drague à amandes, principalement parce que les distances inter-barreaux (14 mm) sont plus réduites. Les dimensions de l'engin sont : L 2.25 m x l 0.85 m x h 0.30 m.

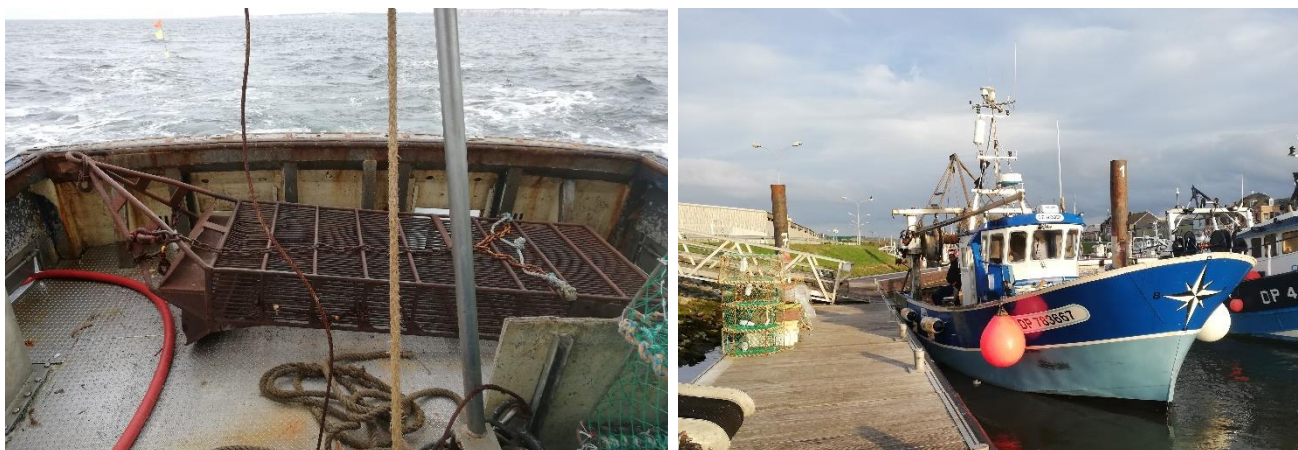


Figure 32: à gauche une drague à amande professionnelle utilisée par le navire le Nodi, à droite, affrété pour les campagnes

1.2 Stratégie d'échantillonnage

La campagne annuelle a été réalisée pendant la saison d'ouverture de la pêche professionnelle de l'amande de mer (juin – septembre) du fait de la disponibilité des pêcheurs.

Echantillonnage de 11 stations réparties dans et autour du parc jusqu'à 5 milles nautiques (cf. Figure 33). Ce plan d'échantillonnage est le résultat de la compilation des informations suivantes : i) les limites géographiques du gisement classé Amande de Mer au début de l'année 2022 ii) selon le gradient d'impact (dans, proche ou éloigné du parc).

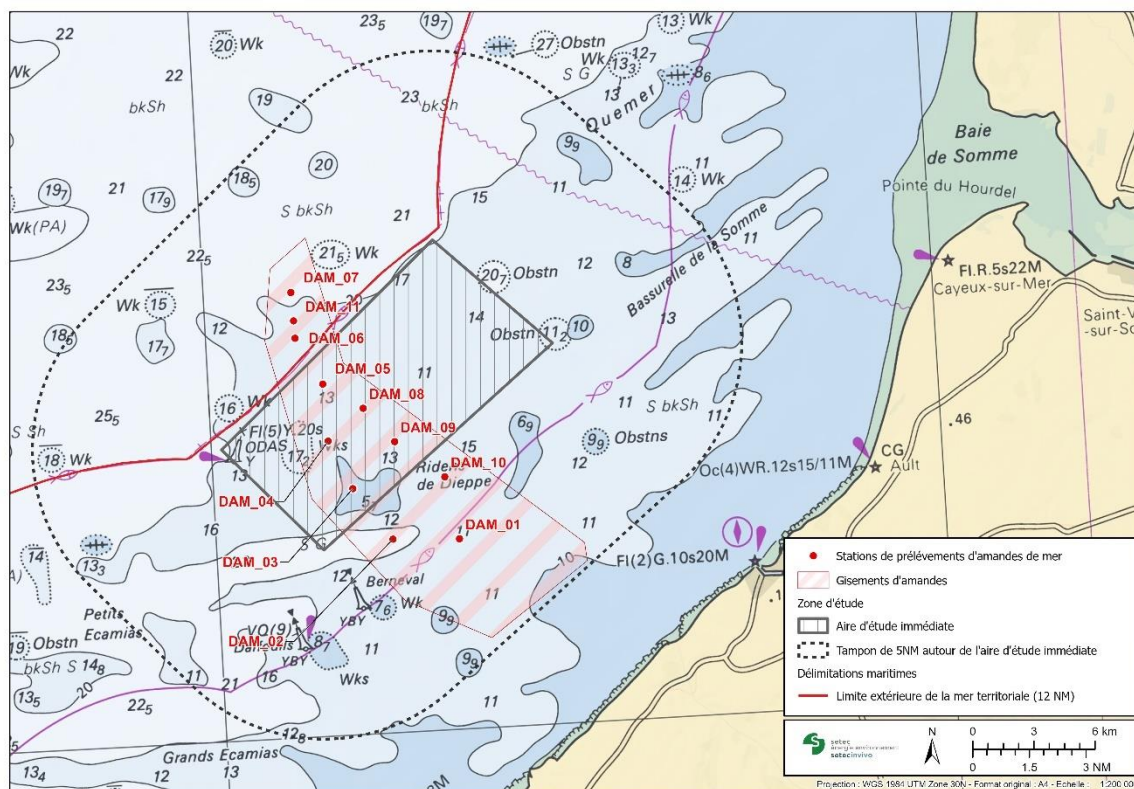


Figure 33: Périmètre d'étude, localisation du gisement (début 2022) et localisation des stations de suivi drague à amandes de mer par champ d'incidence (DAM_03 ; DAM_04 ; DAM_05 ; DAM_08 ; DAM_09 localisées dans le champ proche et DAM_01 ; DAM_02 ; DAM_06 ; DAM_07 ; DAM_10 ; DAM_11 localisées dans le champ éloigné).

1.3 Déroulement de la campagne

Les campagnes sont réalisées en condition diurne. Les opérations de pêche sont standardisées en durée. Les traits sont réalisés sur une durée courte de 1 à 5 minutes en suivant une trajectoire rectiligne, à vitesse constante et à contre-courant. La durée/distance de traine est adaptée à chaque station suivant le colmatage observé, le comportement de l'engin sur le fond et sa manœuvrabilité lors des opérations de virage.

Les coefficients de marée inférieurs à 90 seront privilégiés pour éviter des conditions d'échantillonnage singulières et ainsi pouvoir conserver/garantir une efficacité de pêche de l'engin comparable dans le temps.

Une fiche passerelle est remplie pour chaque traine comportant : les coordonnées géographiques, la date et l'heure de début et de fin de traine.

Toutes les amandes de mer capturées sont triées, isolées, puis dénombrées (i.e. abondance totale) et pesées (i.e. biomasse totale). Des mesures de tailles individuelles sont effectuées sur un lot de 50 individus (LT au mm inférieur), représentatif des captures.

1.4 Analyse des données

Les informations utilisées pour la description de la population d'amandes de mer sont les biomasses, les abondances et la structure en classes de taille, calculés pour chaque station. Les indices d'abondance (nombre d'individus d'amandes de mer) ou de biomasse (kg) correspondent aux captures par unité d'effort standardisés par unité de surface (ha) (CPUE). Ces descripteurs fournissent une information d'état qui peut être obtenue et suivie. Les stations ont été regroupées en 2 groupes : le groupe champ proche qui comprend les stations situées dans l'aire d'étude immédiate et le groupe champ éloigné qui comprend les stations situées dans la zone tampon.

Les résultats de cette étude ne pourront pas être comparés à ceux de l'étude de l'état initial concernant le volet ressource halieutique (CSLN, 2018) puisque cette étude ne comportait pas de campagne dédiée au gisement d'amandes de mer.

2. RESULTATS

2.1 Abondance et biomasse

Lors de la campagne d'échantillonnage effectuée en mars 2023, 11 stations ont été échantillonnées. Les indices d'abondance et de biomasse (CPUE) calculés par station sont présentés dans le Tableau 5. Les indices de biomasse sont compris entre 119 kg/ha à la station DAM_03 et 3438 kg/ha à la station DAM_09. Les indices d'abondance varient entre 2859 individus/ha à la station DAM_03 et 103756 individus/ha à la station DAM_01 la plus proche de la côte.

Tableau 5 : Indices d'abondance (nombre d'individus/ha) et de biomasse (kg/ha) des amandes de mer par station.

Zone	Station	Abondance (ind.ha ⁻¹)	Biomasse (kg.ha ⁻¹)
champ éloigné	DAM_01	103756	2927
	DAM_02	29142	854
	DAM_06	27489	1139
	DAM_07	14498	366
	DAM_10	51825	2080
	DAM_11	17015	495
champ proche	DAM_03	2859	119
	DAM_04	76029	2772
	DAM_05	30865	1691
	DAM_08	62536	1483
	DAM_09	95660	3438

La Figure 34 montre la distribution spatiale des indices d'abondance obtenus à l'issue de la campagne d'échantillonnage. Les stations situées les plus au large (DAM_07, DAM_06 et DAM_11) présentent des CPUE plus faibles et le maximum d'abondance (DAM_01) correspond à la station la plus côtière. A l'exception des stations DAM_03 et DAM_02, on observe un gradient d'abondances décroissantes de la côte vers le large.

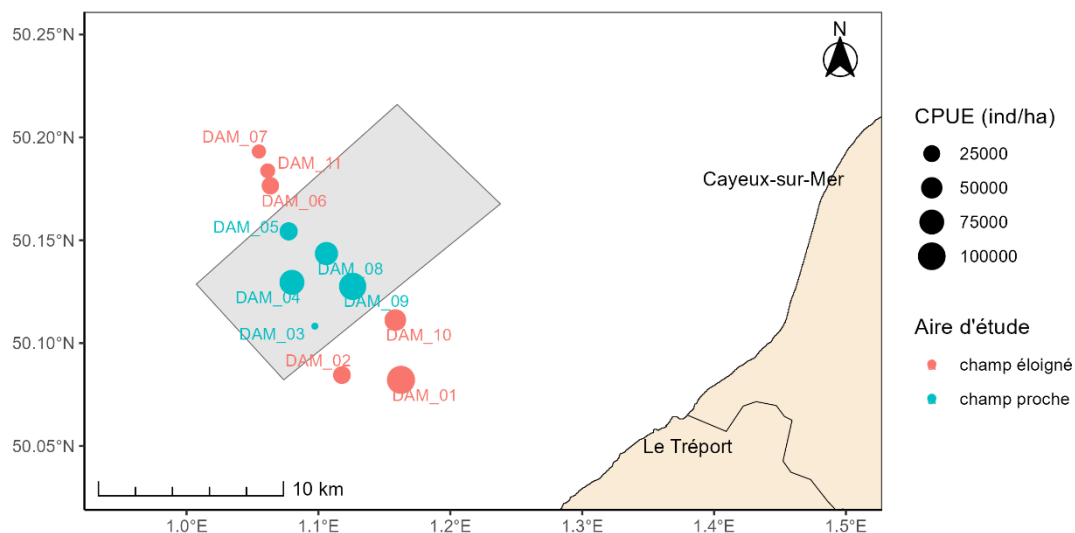


Figure 34 : Indices d'abondance (nombre d'individus capturés par ha) des amandes de mer. Le diamètre des cercles est proportionnel aux abondances observées.

Le champ proche, situé en position intermédiaire dans ce gradient côte-large, présente une abondance médiane plus élevée que le champ éloigné, mais cette différence n'est pas significative (Figure 35).

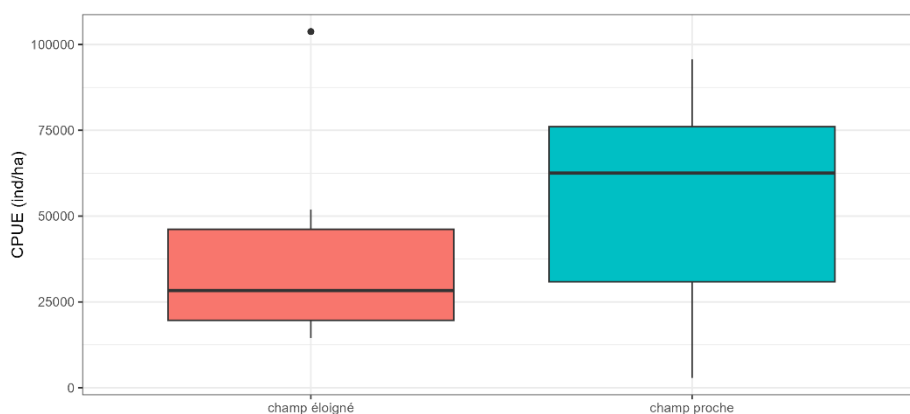


Figure 35: Variabilité des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) de l'amande de mer par champ d'étude. Le trait horizontal correspond à l'abondance médiane.

La Figure 36 montre la distribution spatiale des indices de biomasse obtenus à l'issue de la campagne d'échantillonnage. Le gradient décroissant entre la côte et le large est moins visible que pour les abondances.

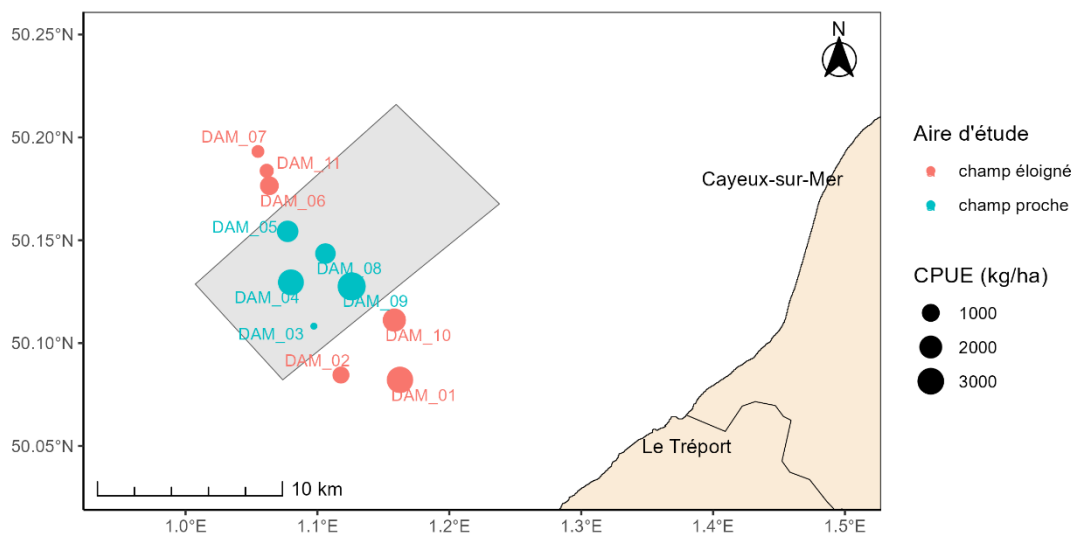


Figure 36 : Indices de biomasse (kg par ha) des amandes de mer. Le diamètre des cercles est proportionnel aux abondances observées.

Le champ proche, situé en position intermédiaire dans ce gradient côte-large, présente une biomasse médiane plus élevée que le champ éloigné, mais cette différence n'est pas significative (Figure 37).

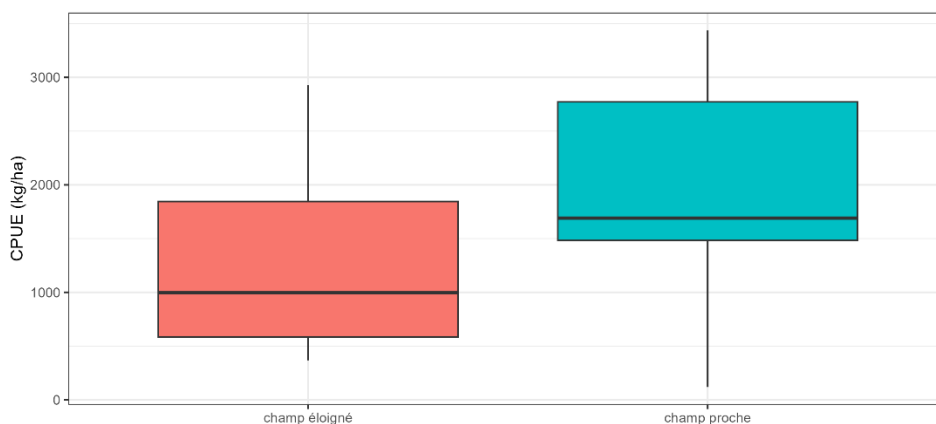


Figure 37: Variabilité des indices de biomasse (CPUE en kg par hectare) de l'amande de mer par champ d'étude. Le trait horizontal correspond à la biomasse médiane

2.2 Structure en tailles

La structure en classes de taille des captures d'amandes de mer obtenue pour chaque station est présentée en Figure 38. L'ensemble des stations présente des individus de tailles comprises entre 30 et 50 mm. Les valeurs maximales sont variables selon les stations. La taille moyenne sur l'ensemble des stations est de 42.9 ± 6.2 mm.



Figure 38 : Structure en classes de taille (mm) des amandes de mer par station

La Figure 39 montre la répartition des tailles des individus prélevés dans le champ proche et dans le champ éloigné. Un test de Kolmogorov-Smirnov met en évidence une différence non significative entre les deux groupes ($p\text{-value}=0.52$). La moyenne de taille des individus situés dans le champ proche est de 42.6 ± 3.2 mm et de 45.2 ± 3.6 mm pour le champ éloigné. Les pics de nombres d'individus sont situés autour de 40 mm pour le champ éloigné comme pour le champ proche. Ce résultat est à mettre en lien avec la taille minimale de capture de la pêche professionnelle qui est de 40 mm (Rocroy et al., 2022). D'après les travaux de Savina (2004) dans le golfe Normand-breton, il faut une vingtaine d'années pour que l'amande atteigne la taille de capture (40 mm) et 6 à 8 ans pour qu'elle soit en capacité de se reproduire (ce qui correspond à une taille de 18 à 20 mm).

La quantité d'amandes supérieures à 40 mm représente 67 % des amandes mesurées lors de la campagne. Ainsi, l'abondance moyenne des amandes supérieures ou égales à 40 mm a été estimée à 31 091 individus/ha sur l'ensemble de la zone d'étude, soit une biomasse moyenne de 1040 kg/ha.

Test de Kolmogorov-Smirnov non significatif
p-value = 0.521

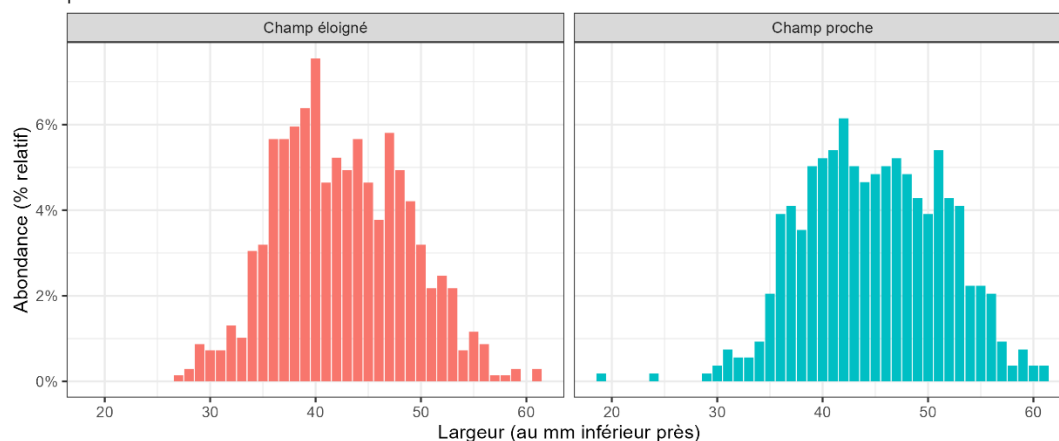


Figure 39 : Structure de taille des individus présent dans le champ proche et dans le champ éloigné.

3. BILAN

La base de données construite à l'issue de cette unique campagne contribue à l'établissement d'un état de référence de la ressource « Amandes de mer » sur l'aire d'étude, qui peut être comparé à d'autres études effectuées dans la région, notamment au large de la Baie de Somme (Rocroy *et al.*, 2022).

Les résultats mettent en évidence :

- des densités d'amandes (2859 à 103 756 individus/ha) comparables à cette étude,
- un gradient d'abondance et de biomasse globalement décroissant de la côte (à partir de 6 milles nautiques de celle-ci) vers le large (jusqu'à 15 milles nautiques), qui correspond au prolongement vers le sud-ouest du gisement étudié au large de la Baie de Somme,
- une structure en tailles comparable également à cette étude, dominée par deux cohortes centrées autour de 40 et 50 mm, c'est-à-dire des amandes âgées de plus de 20 ans (Savina, 2004).

Chapitre 4. Coquille Saint-Jacques

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage consiste en 10 stations réparties dans et autour du parc jusqu'à 5 milles nautiques (cf. Figure 40). Ce plan d'échantillonnage est le résultat de la compilation des informations suivantes : i) les coordonnées des stations suivies lors de l'état initial, ii) la nature des fonds, iii) le gradient d'impact (à l'intérieur, proche ou éloigné du parc) et iv) l'expérience acquise sur le site d'étude.

Ce protocole s'appuie sur les recommandations faites par l'Ifremer dans son guide pour l'évaluation des impacts des activités d'extractions de granulats marins (2011) et dans le manuel des protocoles de campagnes halieutiques (Delaunay et Brind'Amour, 2018). Celui-ci s'inscrit dans la continuité des travaux visant à caractériser ce compartiment, amorcés lors de la définition de l'état initial, sur une durée de deux ans.

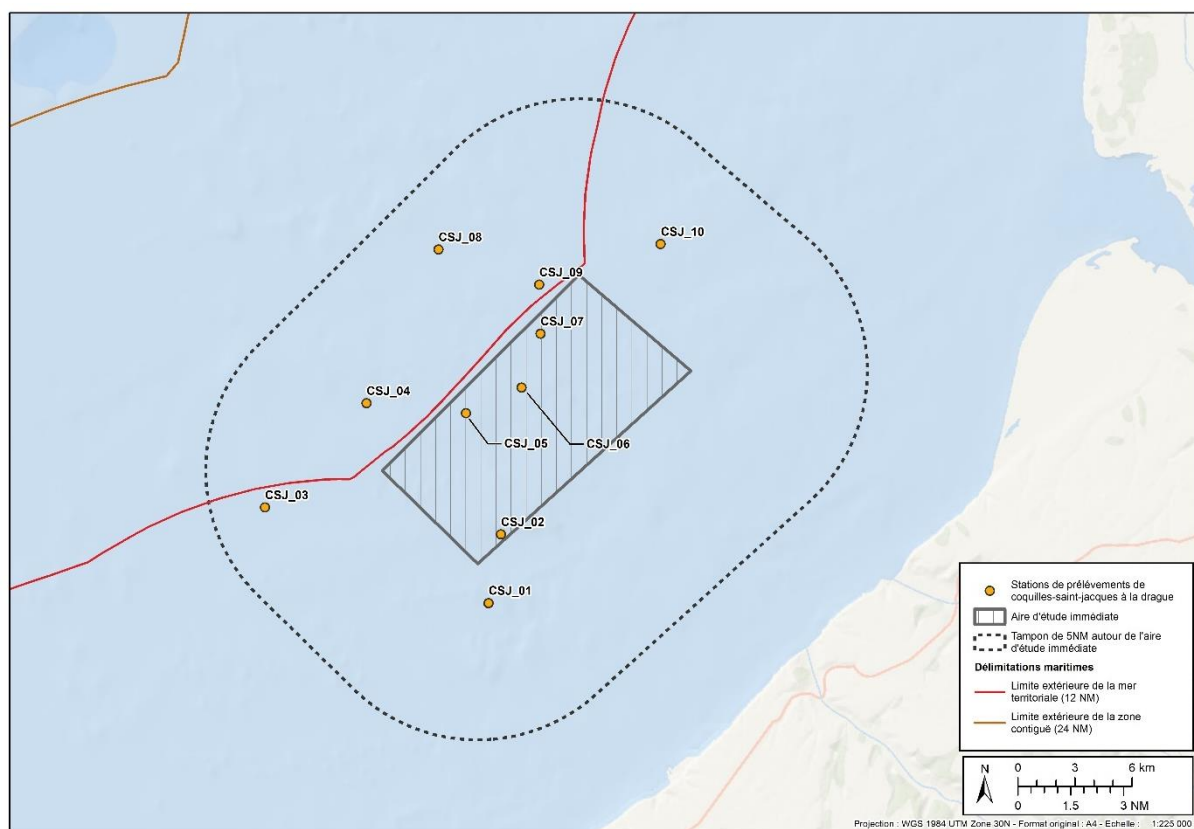


Figure 40 : Localisation des 10 stations d'échantillonnage de coquilles Saint-Jacques

L'échantillonnage porte sur une campagne annuelle réalisée au début de la campagne de la pêche professionnelle afin de maximiser la capture des plus jeunes classes d'âge en intervenant le plus tardivement possible au cours de la saison de croissance des coquilles.

Les campagnes sont réalisées en condition diurne. Les opérations de pêche sont standardisées en distance et sont réalisées à contre-courant, à vitesse constante, sur une distance fixe de 400 mètres en suivant une trajectoire la plus rectiligne possible.

1.2 Moyens à la mer

Compte tenu de la nature hétérogène des fonds sur la zone d'investigation, l'échantillonnage a été réalisé au moyen d'une drague à roulettes dite « drague anglaise » (Figures 41 et 42). Celle-ci permet la prospection des fonds grossiers. L'engin est adapté au contexte de ce suivi par l'utilisation d'un maillage réduit (diamètre des anneaux de 50 mm) permettant l'échantillonnage des individus dont la taille est inférieure à la taille commerciale. L'engin, identique à celui employé lors de l'état initial, et également en tout point semblable à celui employé par l'IFREMER lors des campagnes COquilles Manche Orientale (COMOR) en baie de Seine.

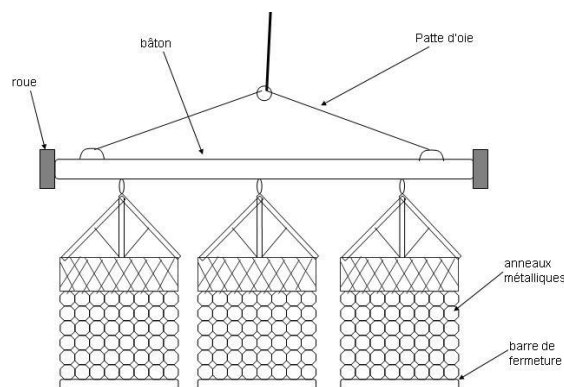


Figure 41. Schéma type d'une drague anglaise (source IFREMER)



Figure 42. Drague anglaise utilisée lors de la campagne.



Figure 43. Le navire de pêche professionnel Nodi affrété pour les campagnes

1.3 Déroulement de la campagne

Les campagnes sont réalisées en condition diurne. Les opérations de pêche sont standardisées en distance. Les traits sont réalisés à contre-courant, à vitesse constante, sur une distance fixe de 400 mètres en suivant une trajectoire la plus rectiligne possible. La distance de traine peut néanmoins faire l'objet d'ajustements à la marge en cas de colmatage important de l'engin.

Les coefficients de marée inférieurs à 90 sont privilégiés pour éviter des conditions d'échantillonnage singulières et ainsi pouvoir conserver/garantir une efficacité de pêche de l'engin comparable dans le temps.

Toutes les coquilles capturées sont dénombrées et âgées par comptage des annuli de croissance. Le poids total de coquilles Saint-Jacques capturées par classe d'âge est mesuré (i.e. biomasse). Chaque classe d'âge fait l'objet de mesures biométriques sur un échantillon de 30 individus. Les coquilles sont mesurées au mm inférieur le plus proche en hauteur (donnée scientifique) et en largeur (donnée commerciale). L'ensemble des captures sont remises à l'eau.

2. RESULTATS

2.1 Synthèse des captures

L'échantillonnage sur les 10 stations de la zone d'étude a permis la capture de 22 espèces différentes, dont 4 espèces de poissons ou de céphalopodes benthodémersaux et 9 espèces de bivalves (Tableau 6). Ces résultats sont inférieurs à ceux rencontrés lors des campagnes réalisées pour l'état initial en septembre 2015 et avril 2016, avec 27 espèces rencontrées dont 12 espèces de poissons ou de céphalopodes benthodémersaux et 8 espèces d'invertébrés benthiques halieutiques.

Parmi elles, six sont des espèces constantes, c'est-à-dire avec une occurrence dans plus 80% des stations : il s'agit de l'étoile de mer commune *Asteria rubens*, l'oursin vert *Psammechinus miliaris*, l'amande de mer *Glycymeris glycymeris*, la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*, la crépidule

Crepidula fornicata et l'huître plate *Ostrea edulis*. Une espèce est considérée comme commune (retrouvée dans plus de 60% des stations) : le bulot *Buccinum undatum*.

Tableau 6 : Liste des espèces observées lors de la campagne d'échantillonnage à la drague à coquille Saint-Jacques, classées par fréquence d'occurrence

Espèce			CSJ_01	CSJ_02	CSJ_03	CSJ_04	CSJ_05	CSJ_06	CSJ_07	CSJ_08	CSJ_09	CSJ_10	F
Constantes (0.75<F<1)	Amande de mer	<i>Glycymeris glycymeris</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	100%
	Étoile de mer commune	<i>Asteria rubens</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	90%
	Huitre plate	<i>Ostrea edulis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	90%
	Oursin	<i>Psammechinus</i> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	80%
	Coquille Saint-Jacques	<i>Pecten maximus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	80%
	Crépidule	<i>Crepidula fornicata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	80%
Communes (0.5<F<0.75)	Bulot commun	<i>Buccinum undatum</i>	•	•	•			•		•	•		60%
	Bucarde de Norvège	<i>Laevicardium crassum</i>	•		•		•					•	40%
Occasionnelles (0.25<F<0.5)	Moule	<i>Mytilus edulis</i>	•					•	•			•	40%
	Petonde blanche	<i>Aequipecten opercularis</i>	•	•	•					•			40%
	Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>	•	•					•			•	40%
	Alcyon sp	<i>Alcyonium</i> sp.						•	•			•	30%
	Macropode commun	<i>Inachus communissimus</i>	•	•								•	30%
	Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	•			•							20%
Rares (0.1<F<0.25)	Bernard l'hermite	<i>Pagurus prideaux</i>			•			•					20%
	Macropode à rostre	<i>Macropodia rostrata</i>		•							•		20%
	Étoile palmée	<i>Anseropoda placenta</i>								•			10%
Accidentelles (F<0.1)	Palourde rose	<i>Politapes rhomboides</i>		•									10%
	Étrille à pattes bleues	<i>Liocarcinus depurator</i>								•			10%
	Hippocampe à museau court	<i>Hippocampus hippocampus</i>						•					10%
	Plie commune	<i>Pleuronectes platessa</i>				•							10%
	Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>							•				10%
			13	11	9	6	6	11	10	8	8	10	

La diversité spécifique moyenne par station est de 9.2 (+/- 2 espèces), et varie entre 6 et 13 espèces/station. Les maximums de diversité ont été retrouvés sur les stations 1, 2 et 6, soit les stations les plus proches de la côte.

L'amande de mer est l'espèce la plus abondante avec 221 individus capturés sur les 10 stations, soit près de 30% du total des captures (Figure 44). Ensuite viennent l'oursin avec 18%, l'étoile de mer commune, la coquille Saint-Jacques et l'huître plate avec environ 12%. A elles cinq, ces espèces représentent 83% de l'abondance totale des captures.

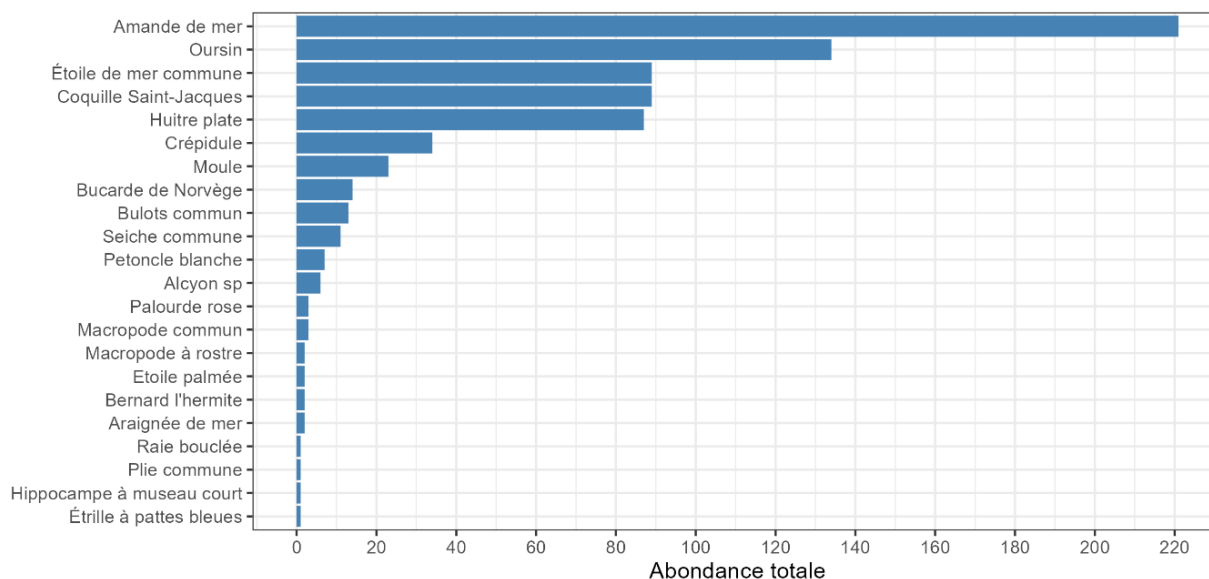


Figure 44 : Abondance totale (en nombre d'individus) des espèces observées lors de la campagne d'échantillonnage à la drague à coquille Saint-Jacques

Logiquement, les indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus par hectare) suivent des tendances identiques. Ainsi, les plus fortes abondances ont été observées pour ces mêmes espèces (Figure 45).

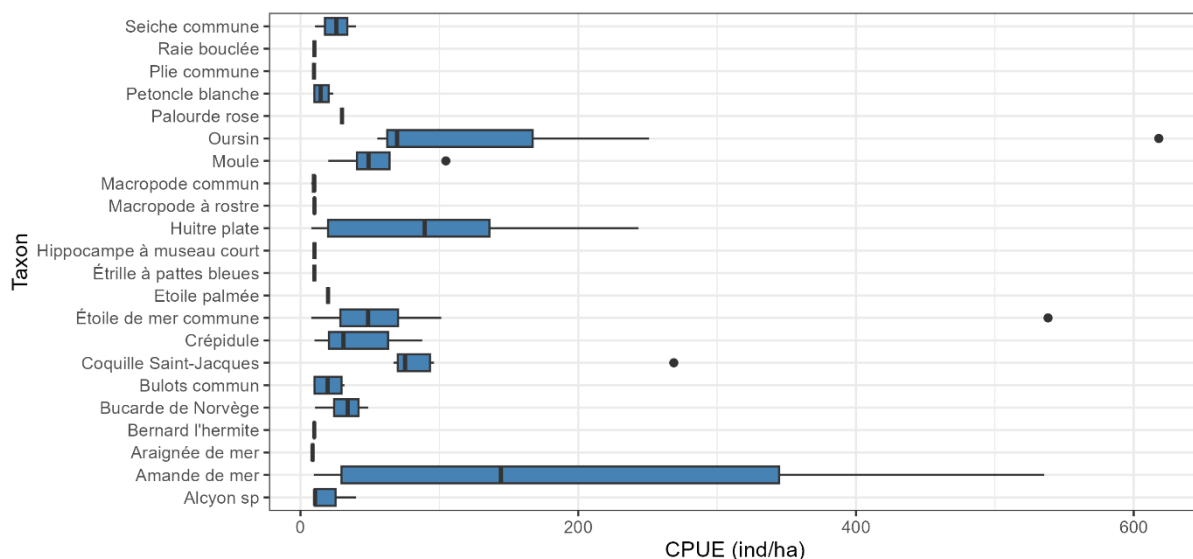


Figure 45 : Indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus par hectare) des espèces observées lors de la campagne à la drague à coquille Saint-Jacques

Pour l'amande de mer, l'oursin et l'huître plate, les CPUE sont très variables et hétérogènes entre les stations. Les abondances les plus importantes observées pour l'amande de mer l'ont été sur les stations 1, 5, 7 et 10 (Figure 46).



Figure 46 : Indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) des principales espèces capturables et/ou d'intérêt lors de la campagne à la drague à coquille Saint-Jacques par station

2.2 Focus sur la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*

L'abondance moyenne de coquilles Saint-Jacques est de 11.6 individus/station, avec un maximum de 34 et un minimum de 0. La CPUE moyenne est de 97 individus/ha (+/- 93), avec une CPUE maximum observée sur la station 1 avec 269 individus/ha (34 capturés), et le minimum pour les stations 5 et 10 où aucune capture de coquille Saint-Jacques n'a été réalisé (Figure 47). Pour les 7 autres stations, l'abondance est relativement homogène et comprise entre 67 et 96 individus/ha.

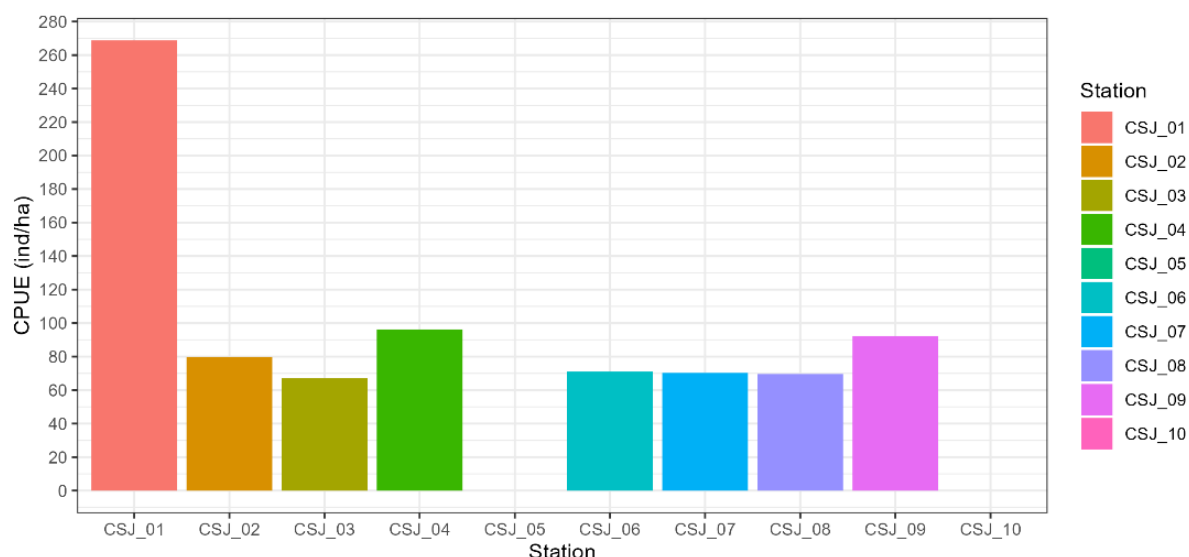


Figure 47. Indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) de la coquille Saint-Jacques lors de la campagne d'échantillonnage à la drague anglaise

Aucune différence significative n'est observée entre les abondances observées sur les stations situées dans le champ d'étude proche et dans le champ d'étude éloigné (Figure 48).

L'abondance moyenne sur les stations du champ proche est de 65 individus/ha (+/- 40), contre 107 individus/ha (+/-82) pour les stations du champ éloigné. Néanmoins, cette différence s'explique par la station 1 où les captures de coquilles Saint-Jacques ont excédé de loin celles de toutes les autres stations et ne correspond pas à un réel écart d'abondance entre les deux zones (Figures 46 et 49).

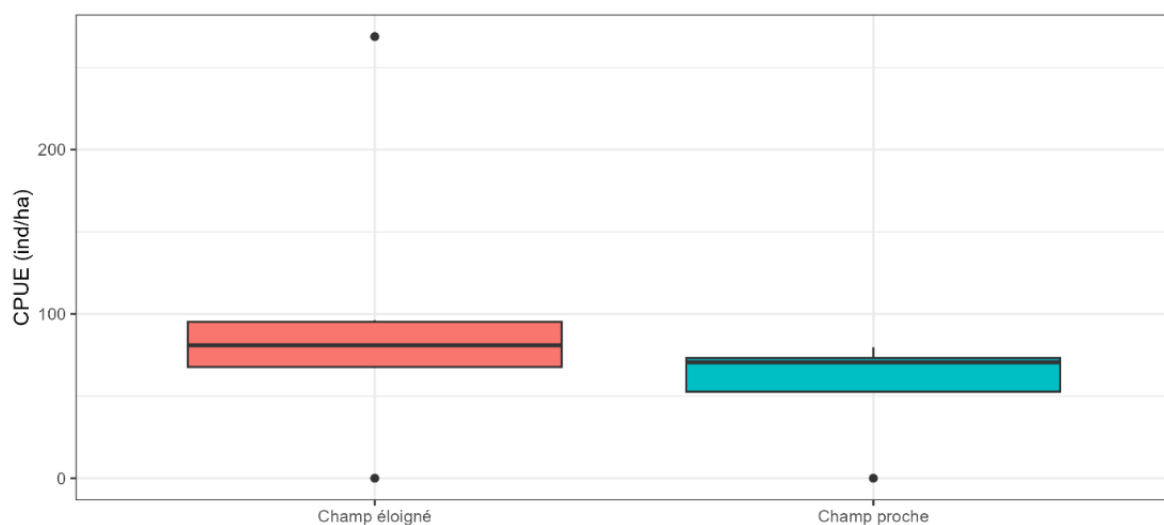


Figure 48. Variabilité des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) de la coquille Saint-Jacques par champ d'étude. Le trait horizontal correspond à l'abondance médiane.

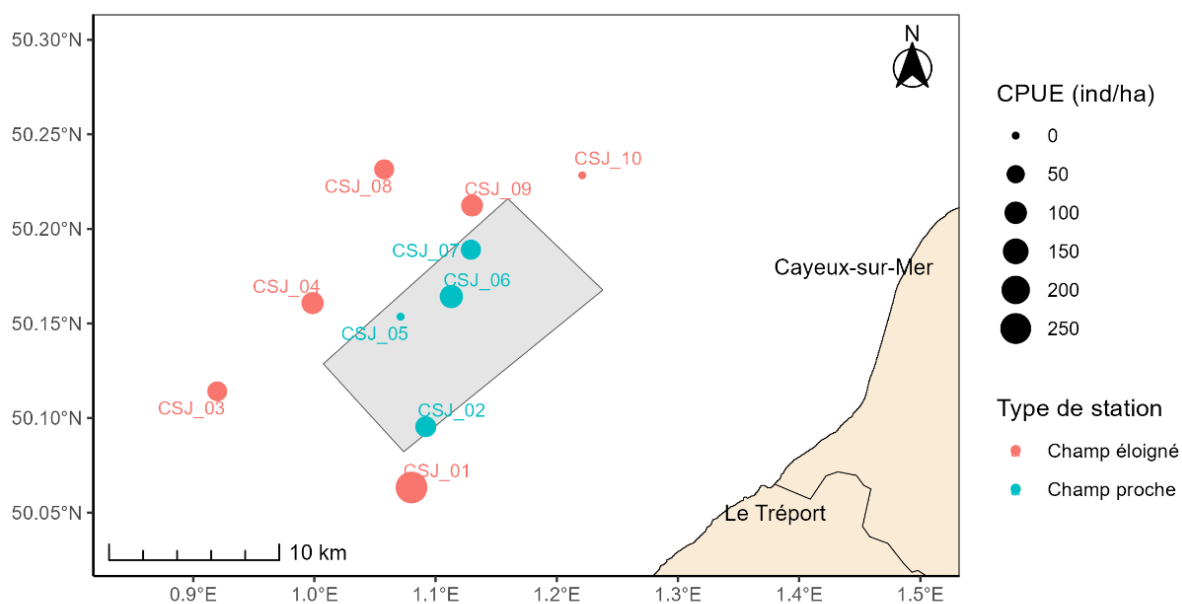


Figure 49. Carte des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) par station

2.3 Structure en classes d'âge et de taille

La faible quantité de coquilles Saint-Jacques capturée ne permet pas de mettre en évidence des structures significatives en classes de taille ou d'âge par station. Néanmoins, on peut observer (figure ci-dessous – Figure 50) :

- Une station, la station 1, avec une capture importante de coquilles Saint-Jacques juvéniles de classe d'âge 0 ;

- Deux stations où les classes d'âge 5 et + sont majoritaires dans la capture de coquilles Saint-Jacques, les stations 6 et 7.

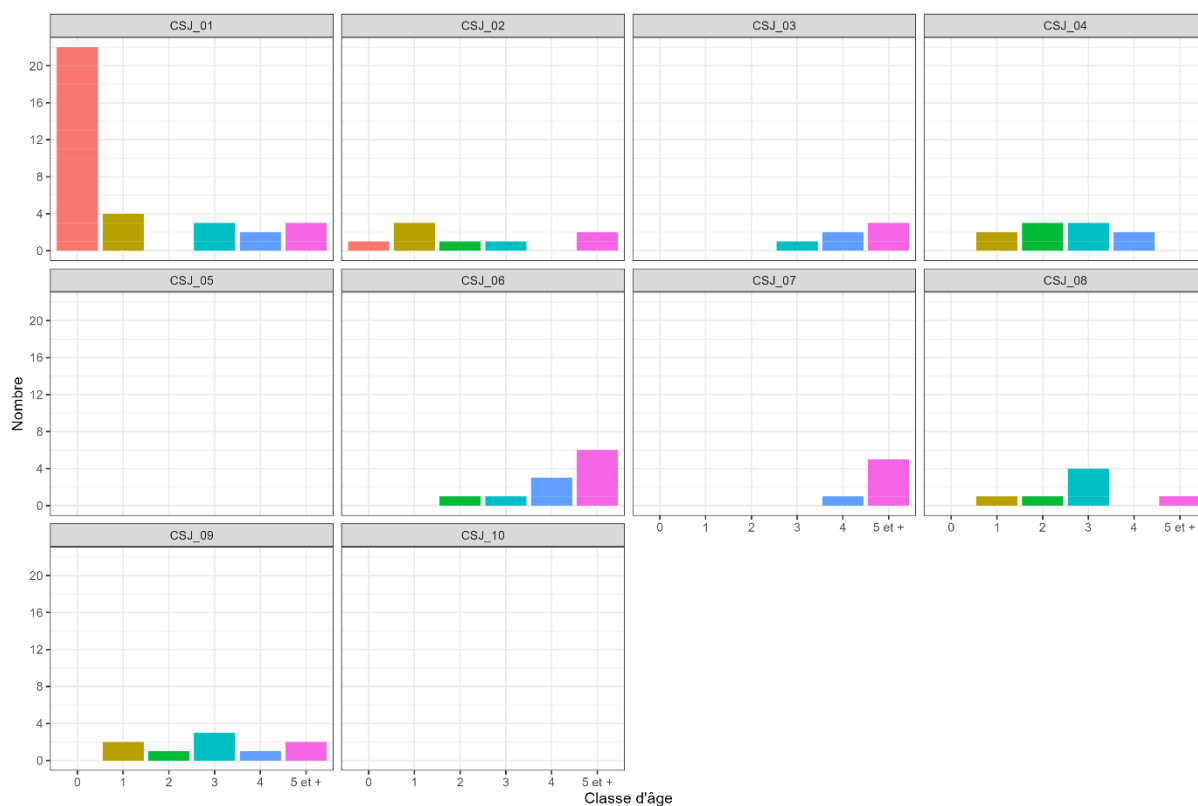


Figure 50 : Structure en classe d'âge (de « 0 » à « 5 et + ») de la coquille Saint-Jacques par station

En comparant les structures en classes d'âge par zone d'étude, proche ou éloignée (Figure 51), on constate :

- Une majorité de coquilles Saint-Jacques de classe d'âge 0 dans le champ éloigné, ce qui est lié à l'observation évoquée précédemment d'une capture importante de coquilles Saint-Jacques juvéniles à la station 1.
- Une majorité de coquilles Saint-Jacques de classe d'âge 5 et + dans le champ proche, ce qui est lié à l'observation évoquée précédemment d'une capture importante de coquilles Saint-Jacques de cette classe sur deux stations, la 6 et la 7.

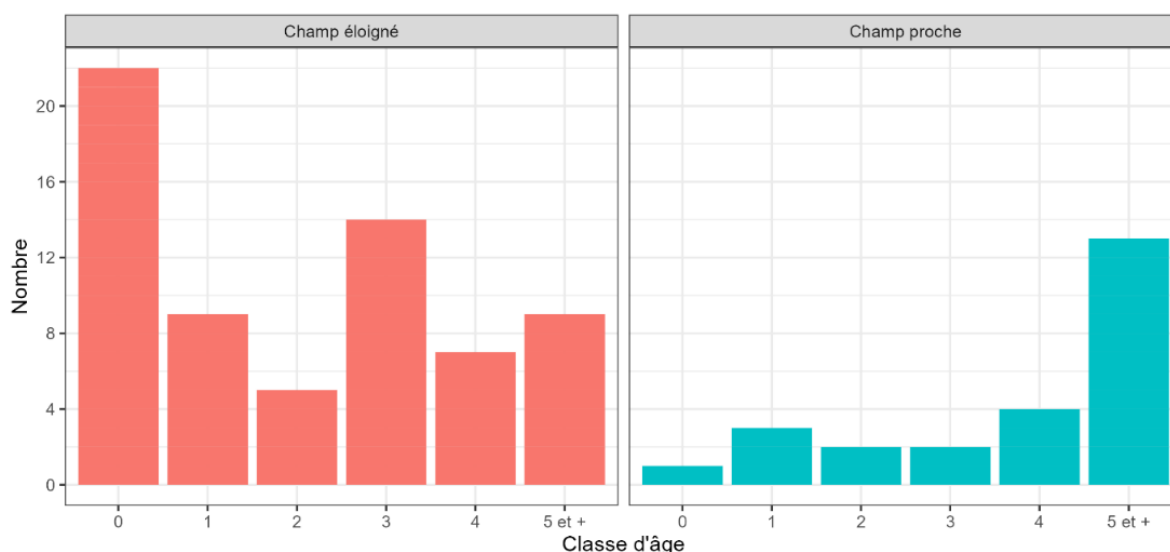


Figure 51. Structure en classes d'âge (de « 0 » à « 5 et + ») de la coquille Saint-Jacques par champ d'étude

L'analyse de la structure en classes de taille (hauteur en millimètre) par zone d'étude révèle une prédominance des individus de classe [20 mm - 40 mm[et [100 mm - 120 mm[pour le champ éloigné, et une prédominance des individus de classe [100 mm - 120 mm[et [120 mm - 140 mm[pour le champ proche (Figure 52).

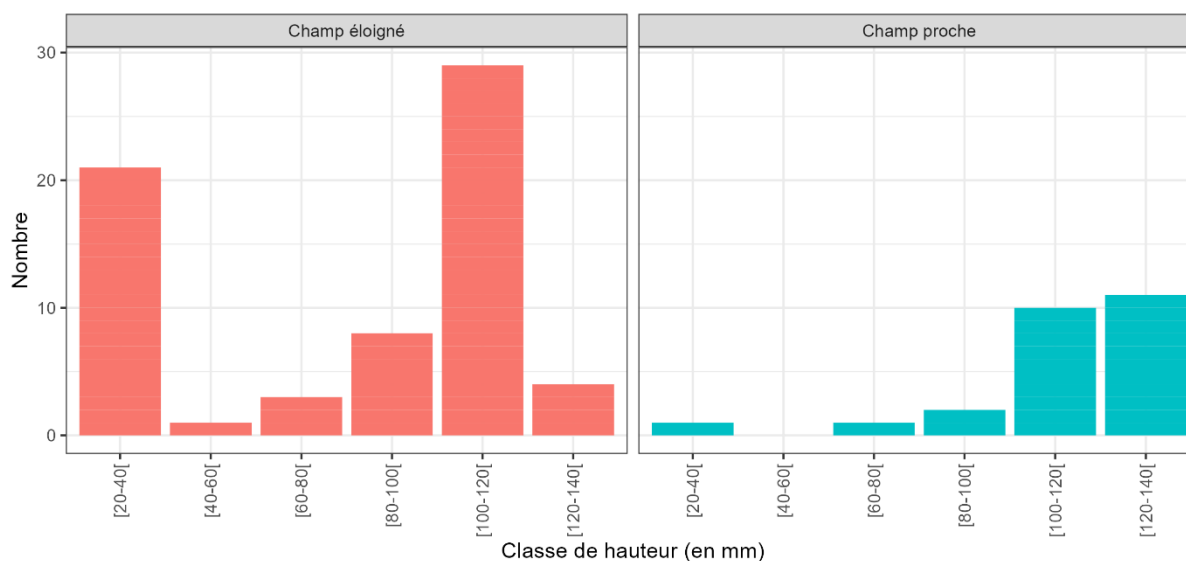


Figure 52. Structure en classes de taille (hauteur en mm, classes de 20 mm) de la coquille Saint-Jacques par champ d'étude

La capture importante d'individus de classe 0 et de classe de taille 20-40 mm sur la station 1 est étonnante étant donné l'engin d'échantillonnage utilisé et à interpréter avec précaution. En effet, la drague, composée d'anneaux de 50 mm de diamètre, est prévue pour capturer des individus sous la taille commerciale, dans une certaine mesure, la maille permettant un échappement des plus petits individus. Il est possible que cette capture anormalement élevée et différente des autres stations soit liée à un fonctionnement non optimal de la drague lors du trait, par exemple un colmatage de la drague (benthos, déchets, sédiments).

2.4 Comparaison avec l'état initial 2015/2017

Les résultats obtenus lors de la campagne d'échantillonnage sont comparables à ceux obtenus lors des campagnes de définition de l'état initial en termes de fréquences d'occurrence des espèces : les espèces les plus communément observées dans les stations sont les mêmes à savoir : l'amande de mer *Glycymeris glycymeris*, l'étoile de mer commune *Asteria rubens*, l'huître plate *Ostrea edulis*, l'oursin *Psammechinus* sp., la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*, la crépidule *Crepidula fornicata*, le bulot commun *Buccinum undatum*. La seule exception notable concerne la seiche commune *Sepia officinalis*, présente dans seulement 40% des stations, contre 75% lors de l'état initial.

Les indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) observés lors de la campagne d'échantillonnage sont homogènes pour 7 stations avec des valeurs comprises 67 et 96 individus/ha, une station anormalement élevée avec 269 individus/ha et 3 stations avec une abondance nulle. L'abondance moyenne de 97 individus/ha (+/- 93) est sensiblement supérieure à celles observées lors des campagnes réalisées pour l'état initial, 33 individus/ha (+/- 19) pour la campagne de septembre 2015 et 35 individus/ha (+/- 49) pour la campagne d'août 2016, l'engin utilisé étant identique et la position des stations similaire.

Chapitre 5. Espèces capturées au chalut à perche

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Stratégie d'échantillonnage

Deux périodes ont été ciblées pour l'échantillonnage, l'automne (octobre) et la fin d'hiver (mars).

Le plan d'échantillonnage est constitué de 11 stations fixes et intègre 8 des 10 stations qui avaient été échantillonnées lors de la définition de l'état initial (stations PE1, PE2, PE3, PP1, PP2, PP3, PP4 et PP5) (Figure 53). Sur ces dernières, seules quelques adaptations à la marge sont prévues pour adapter précisément la position des traines au plan de pose des mâts et du schéma d'inter-câblage lorsque nécessaire. A ces stations « historiques », il a été ajouté 3 nouvelles stations :

- CHP06 et CHP11: correspondant à de nouvelles stations réparties au sein du périmètre extérieur. Elles s'inscrivent également dans le plan d'échantillonnage du chalut canadien.

- CHP02: correspondant à une station singulière, dédiée à l'échantillonnage de la zone des ridens de Dieppe. Une adaptation du schéma de traîne aux spécificités de cette zone est ici envisagée via la réalisation d'une traîne par « contournage »

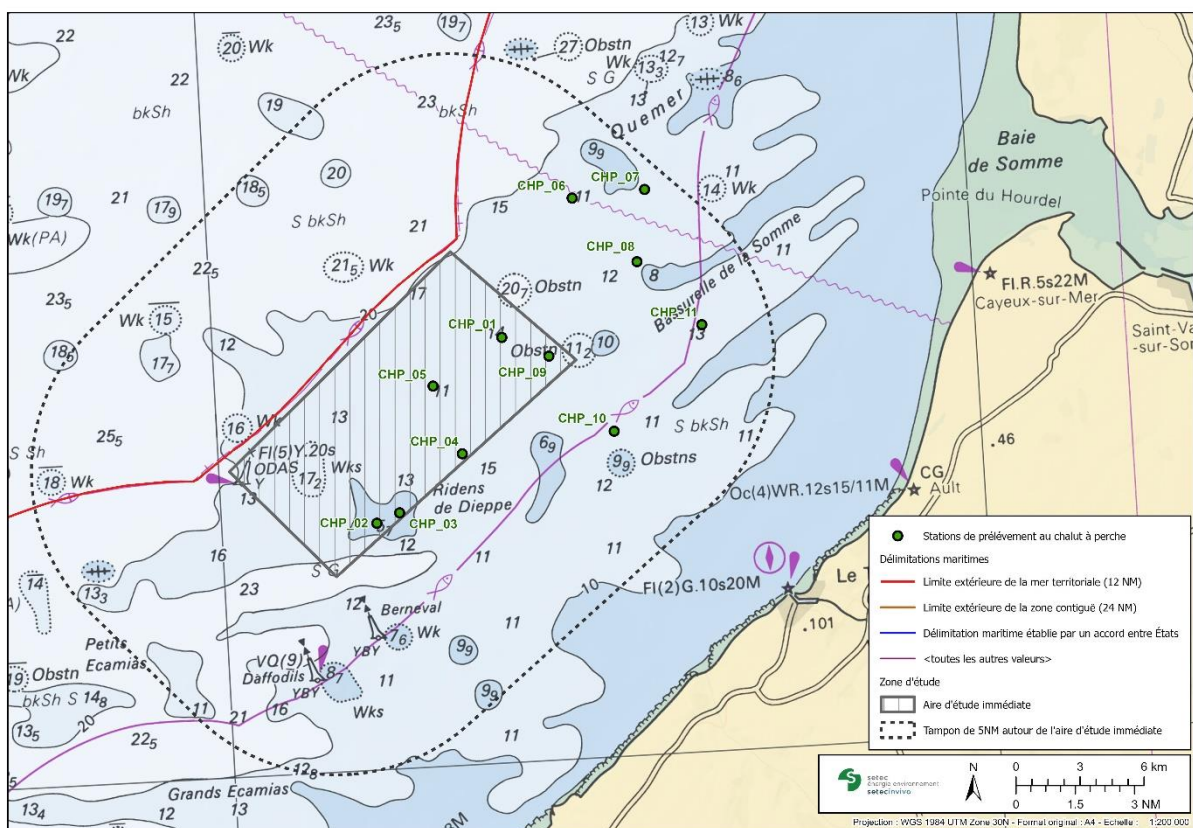


Figure 53: Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi chalut à perche par champ d'incidence (stations CHP_01 ; CHP_02 ; CHP_03 ; CHP_04 ; CHP_05 et CHP_09 localisées dans le champ proche et stations CHP_06 ; CHP_07 ; CHP_08 ; CHP_10 et CHP_11 localisées dans le champ éloigné).

1.2 Moyens à la mer

Le chalut employé est un chalut à perche de 3 mètres (matériel standard CP3M) muni d'une chaussette terminale de 10 mm étirée et complété d'un racasseur (chaîne traînant devant le chalut) (Figure 54).

Le navire utilisé est un navire de travaux maritimes de la société STO logistique qui permet de maintenir une vitesse faible et possédant les capacités nécessaires pour le levage de l'engin.



Figure 54: chalut à perche à gauche et navire Ville de Paris de la société STO Logistique affrété pour la réalisation des campagnes

1.3 Déroulement de la campagne

Les campagnes sont réalisées en condition diurne au cours d'une seule journée de prélèvement.

Les opérations de pêche sont standardisées en durée et l'échantillonnage des stations est effectué par la réalisation d'un trait d'une durée fixe de 15 minutes, à vitesse constante (comprise entre 2 et 3 nœuds) et dans le sens inverse du courant dominant.

Les périodes d'intervention privilégieront des coefficients de marée inférieurs à 90 pour éviter des situations d'échantillonnage atypiques et ainsi permettre des interventions tout au long de la vie du projet dans des conditions de marée similaires et comparables.

Une fiche passerelle est remplie pour renseigner les coordonnées GPS, la date de l'heure du filage et du virage pour chaque traine réalisée.

Au virage du chalut, son contenu est déversé intégralement dans des caisses à marée. Toutes les captures sont traitées (poissons, céphalopodes, crustacés, benthos) et tous les individus sont identifiés et triés par espèce. A la fin du tri, le poids total par espèce est mesuré (en g) et un dénombrement des individus est effectué.

Pour chacune des espèces, une trentaine d'individus fait l'objet de mesures biométriques individuelles à l'aide d'un ichtyomètre ou d'un pied à coulisse (i.e. longueur totale, longueur du manteau ou du céphalothorax). Puis les captures sont remises à l'eau.

1.4 Traitement des données

1.4.1 Abondance et biomasse

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 traine parcourue et de l'ouverture horizontale du filet en appliquant la formule suivante :

$$\text{Densité (ind. ha)} = \frac{\text{Abondance (nb. ind.)}}{\text{Zone balayée (ha)}}$$

$$\text{Densité (kg. ha)} = \frac{\text{Biomasse (kg)}}{\text{Zone balayée (ha)}}$$

$$\text{Zone balayée (ha)} = 65\% \times \left[\frac{\text{Taille du bourelet (m)}}{1000} \right] \times \text{distance parcourue (km)} \times 100$$

1.4.2 Richesse spécifique

La richesse spécifique (RS), correspond au nombre d'espèces retrouvées dans l'élément considéré (i.e. la station, le champ d'étude, ...).

1.4.3 Indices de diversité

Les indices de diversité spécifique prennent en compte non seulement la richesse spécifique, mais aussi l'équitabilité entre espèces, c'est-à-dire la répartition du nombre d'individus des espèces au sein des stations. Les deux indices utilisés sont l'indice de Shannon-Wiener (H') et l'indice de Simpson. Le premier est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares, l'indice de Simpson est, quant à lui, sensible aux variations d'importance des espèces les plus abondantes.

Pour les interpréter correctement, ils sont associés à des indices d'équitabilité qui donnent plus de poids aux espèces rares dans le cas de Shannon (équitabilité de Pielou J') ou aux espèces les plus abondantes (équitabilité de Simpson). L'indice de Hill combine ces deux indices et fournit une vision plus synthétique.

Ces indicateurs sont définis à l'échelle de la communauté et les analyses statistiques permettant de les extraire suivent les méthodes standards d'analyse décrites par Clarke (1993) et Clarke & Warwick (2001).

1.4.4 Analyses multivariées

Préalablement aux analyses multivariées, les données de captures par unité d'effort (CPUE) ont été transformées en logarithme. Cette transformation permet de réduire l'influence des taxons les plus abondants dans les résultats (Overholtz et Tyler, 1985 ; Mahon et al., 1998). La formule suivante a été appliquée :

$$\ln(x + 1) \text{ avec } x = \text{captures en nombre ou en biomasse}$$

Les espèces rares ont été éliminées de la matrice de données afin de limiter le nombre de taxa et ainsi permettre de mieux caractériser les communautés étudiées. Cette élimination permet de se soustraire de l'influence d'espèces qui finalement ne représentent aucun intérêt descriptif particulier car elles

sont trop peu présentes ou en très faibles abondances. La méthode des valeurs médianes (Umana-Villalobos, 2010) a été appliquée dans ce but. C'est-à-dire que seules les espèces dont les valeurs médianes des indices de captures apparaissant supérieures à la valeur médiane globale ont été conservées dans la suite de l'analyse.

Les groupes de stations sont déterminés sur la base des communautés de poissons et de céphalopodes. Un groupement hiérarchique est construit sur la matrice de similarité de Bray-Curtis (méthode de Ward, 1963). Pour déterminer le nombre de groupes qu'il convient de distinguer au sein de la structure obtenue, un test de similarité est ensuite réalisé.

1.4.5 Description spécifique

Une description détaillée des espèces parmi celles les plus représentées ou les plus abondantes est réalisée au travers d'une fiche synthétique. Celle-ci décrit la population observée à la fois en termes de répartition spatiale d'abondance et de biomasse, mais aussi en termes de structure de taille.

2. RESULTATS

Lors des deux campagnes une partie significative des captures fait partie du benthos. Les données benthos seront traitées séparément des espèces de poissons et de céphalopodes.

2.1 Synthèse globale des captures

Les nombre de taxons capturés lors de chacune des 2 campagnes (automne 2022 et hiver 2023) au chalut à perche présente des valeurs qui restent d'un ordre de grandeur comparable (Figure 55).

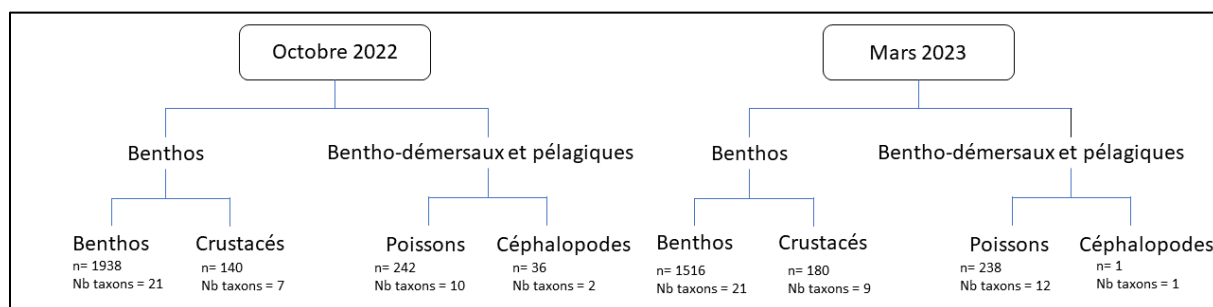


Figure 55: Synthèse des 2 campagnes réalisées au chalut à perche (n= abondance et Nb de taxons = richesse taxonomique)

2.2 Poissons et céphalopodes

2.2.1 Abondance et biomasse

Au total sur l'ensemble des campagnes, 517 individus ont été collectés. 278 individus ont été prélevés lors de la campagne d'automne 2022 et 239 individus lors de la campagne d'hiver 2023. Les indices d'abondance calculés (captures par unité d'effort ou CPUE) sont présentés dans la Figure 56 en nombre d'individus par hectare. Les abondances présentent une variation spatiale ainsi qu'une variation saisonnière. Les stations présentant les CPUE les plus élevées sont la station CHP_11 pour la campagne d'automne et la station CHP_10 pour la campagne d'hiver. Ces stations sont les plus proches de la côte. Les stations présentant les CPUE les plus faibles sont la station CHP_04 pour la campagne d'automne

et la station CHP_06 pour la campagne d'hiver. Aucun schéma spatial particulier ne permet d'opposer les stations appartenant au champ proche à celles du champ éloigné (Figure 57 et 57).

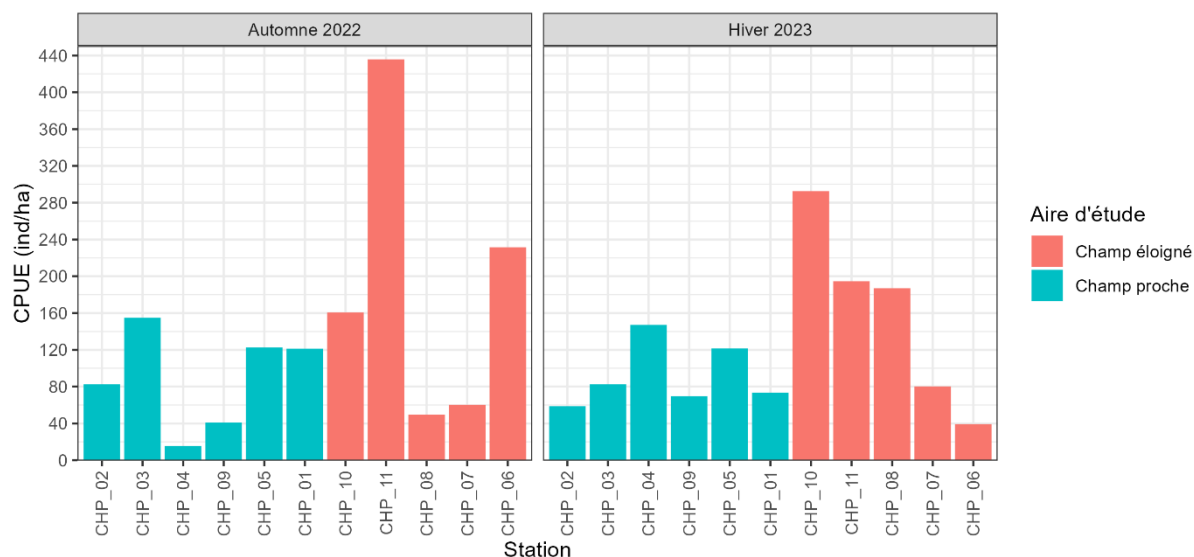


Figure 56 : Abondance (nombre d'individus/ha) observée par station lors des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023

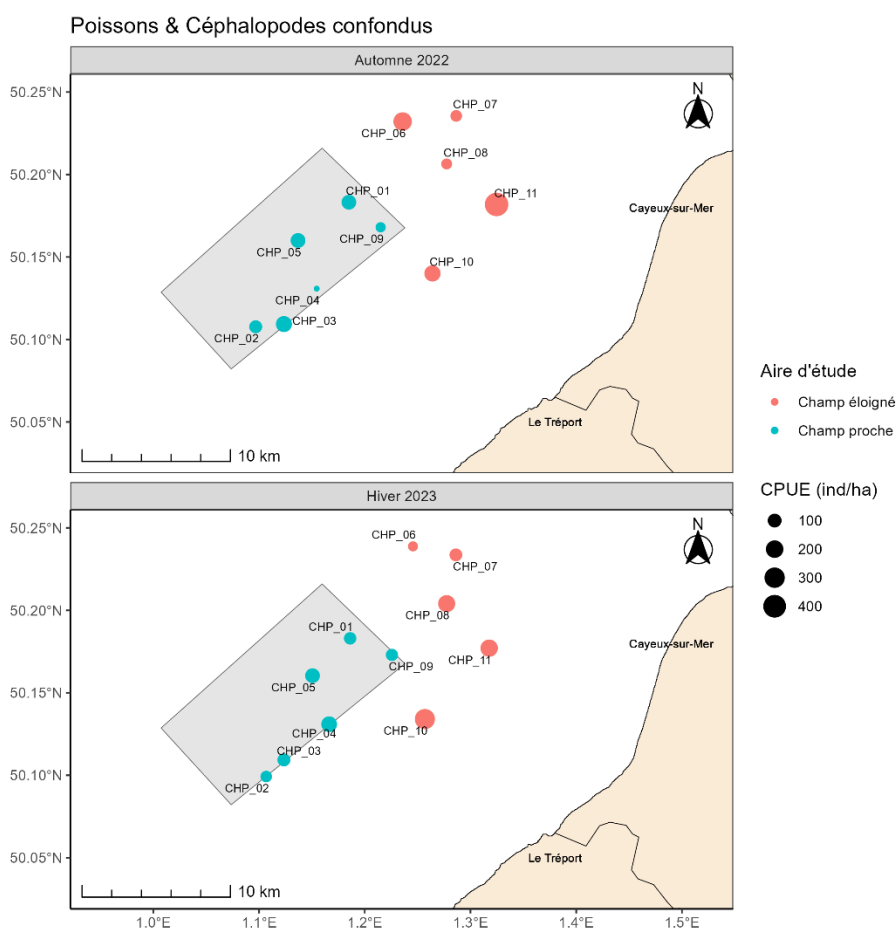


Figure 57 : Représentation spatiale des abondances (CPUE en nombre d'individus/ha) observées lors des deux campagnes

Les indices de biomasse calculés (CPUE en kg par hectare) sont présentés dans la Figure 58. Lors des deux campagnes réalisées, la biomasse totale capturée a été très variable selon les stations et la campagne. La station CHP_11 présente la plus forte biomasse lors de la campagne d'automne 2022 et la station CHP_04 présente la biomasse la plus élevée lors de la campagne d'hiver 2023. Les biomasses les plus faibles ont été relevées à la station CHP_04 pour la campagne d'automne 2022 et à la station CHP_06 pour la campagne d'hiver 2023. Aucun schéma spatial particulier ne permet d'opposer les stations appartenant au champ proche à celles du champ éloigné, même si les biomasses semblent légèrement plus élevées dans le champ éloigné (Figure 599).

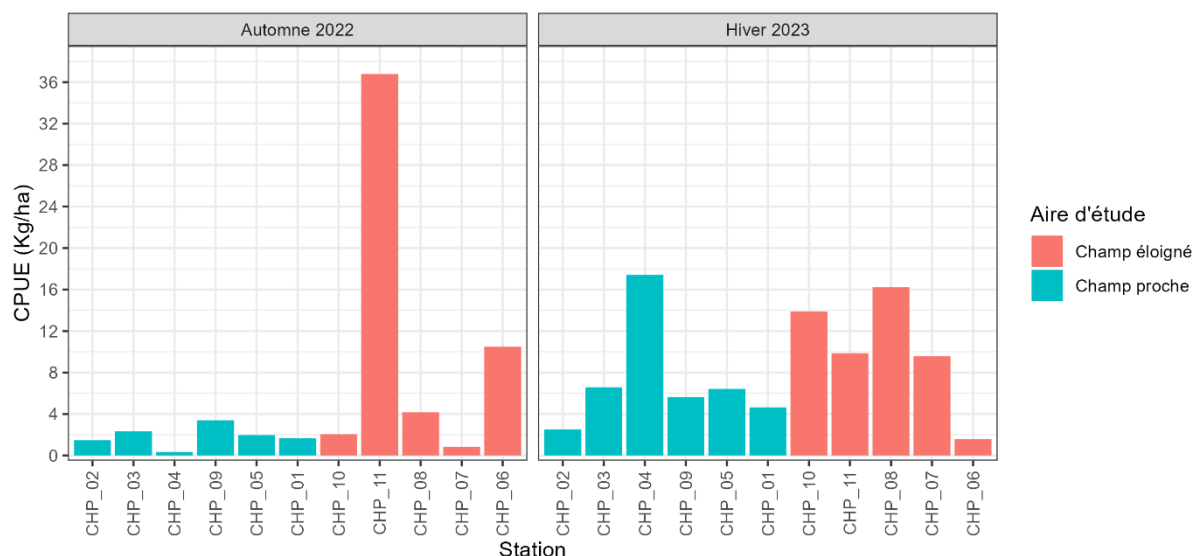


Figure 58 : Biomasse (kg/ha) observée par station lors des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.

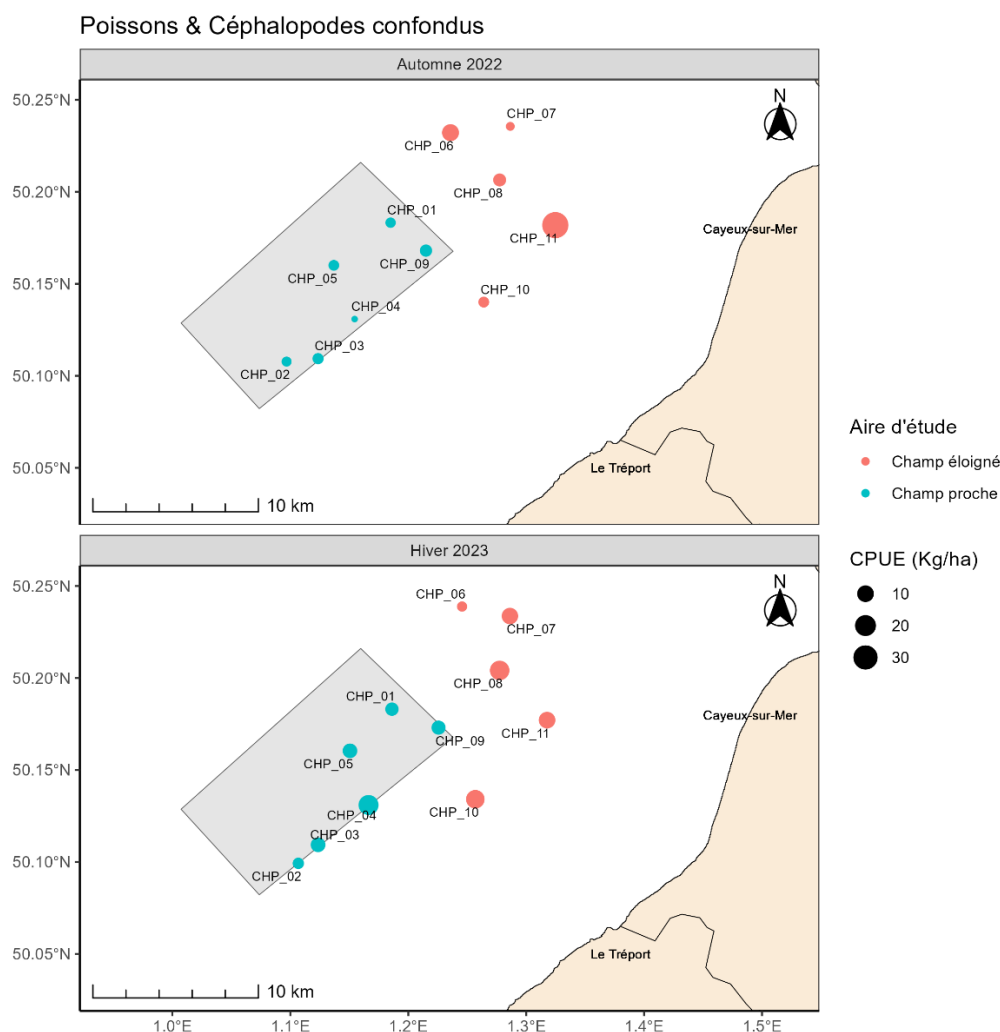


Figure 59 : Représentation spatiale des biomasses (CPUE en kg/ha) observées lors des deux campagnes

2.2.2 Richesse et diversité spécifique

Les captures effectuées appartiennent pratiquement toutes à des espèces benthodémersales. Seule une espèce pélagique (sprat) a été capturée au chalut à perche. Les deux campagnes réalisées ont permis d'inventorier 13 taxons benthodémersaux en octobre 2022 et 12 taxons benthodémersaux ainsi qu'une espèce pélagique en mars 2023 (Tableau 7). Sur l'ensemble des deux campagnes, 19 taxons ont ainsi été identifiés. De nombreuses espèces présentent un intérêt commercial comme le grondin, des poissons plats tels que le flet, la sole, la limande, la plie, les raies ainsi que des céphalopodes tels que la seiche et l'encornet.

Tableau 7: Liste des taxons capturés au chalut à perche lors des deux campagnes réalisées en octobre 2022 et mars 2023 (x = présence, ind. = indéterminée).

	Espèce (nom scientifique)	Espèce (nom commun)	Automne 2022	Hiver 2023
Pélagiques	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat		x
Bentho-demersales	<i>Agonus cataphractus</i>	Souris de mer		x
	<i>Arnoglossus laterna</i>	Arnoglosse lanterne	x	x
	<i>Buglossidium luteum</i>	Petite sole jaune	x	x
	<i>Callionymus lyra</i>	Dragonnet lyre	x	x
	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin rouge	x	
	<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive	x	x
	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Langon commun	x	x
	<i>Limanda limanda</i>	Limande	x	x
	<i>Loligo vulgaris</i>	Encornet commun		x
	Rajidae ind.	Raie ind.		x
	<i>Pegusa lascaris</i>	Sole blonde	x	
	<i>Platichthys flesus</i>	Flet commun		x
	<i>Pleuronectes platessa</i>	Plie commune	x	x
	<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée	x	
	<i>Raja undulata</i>	Raie brunette		x
	<i>Raje montagui</i>	Raie douce	x	
	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	x	
	<i>Sepiola atlantica</i>	Sépiole d'Atlantique	x	

La richesse spécifique (ou nombre d'espèces) des peuplements observés lors des deux campagnes est présentée dans la Figure 600. Les indices de richesse spécifique pour la campagne d'automne 2022 ont des valeurs comprises entre 1 espèce à la station CHP_03 et 9 espèces à la station CHP_11 et pour la campagne d'hiver 2023 entre 2 espèces à la station CHP_02 et 9 espèces à la station CHP_04. Les graphiques mettent en évidence une variabilité temporelle plus ou moins importante selon les stations. Aucun schéma spatial opposant les stations du champ éloigné et du champ proche n'a été mis en évidence.

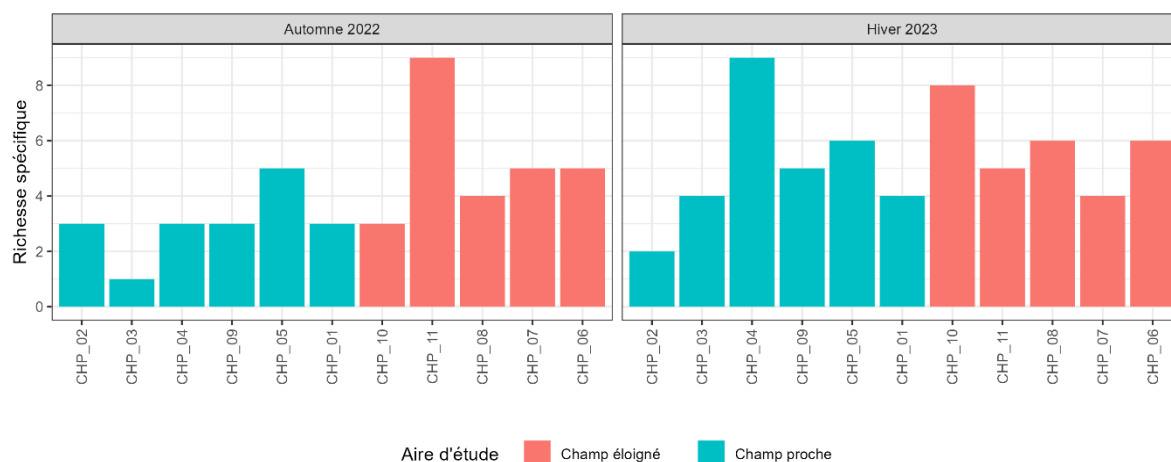


Figure 60 : Représentation graphique du nombre d'espèces observées par station (classée dans le champ proche ou dans le champ éloigné) au cours des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.

La diversité spécifique a été étudiée pour chaque station au travers de deux indices, l'indice de diversité Shannon et de l'indice d'équitabilité de Pielou. Les résultats sont présentés Figure 61.

L'indice de Shannon est faible, le maximum est de 1.75 (station CHP_06 hiver 2023) sur un indice compris entre 0 et 5, ce qui traduit une faible diversité pour les deux campagnes. A l'inverse, l'indice de Pielou est plutôt élevé (sauf à la station CHP_02 en automne), le maximum étant 1 (station CHP_04 automne 2023) et la grande majorité des stations dépassant 0.75, ce qui traduit une répartition équilibrée des abondances entre les espèces. Les indices de diversité de la station CHP_03 à l'automne 2022 n'ont pu être calculés car cette station n'a présenté qu'une seule espèce. Aucun pattern singulier ne permet d'opposer les stations appartenant au champ proche à celles du champ éloigné.



Figure 61 : Représentation graphique des Indices de Shannon (en haut) et de Pielou (en bas) pour chaque station (classée dans le champ proche ou dans le champ éloigné de la zone d'étude) au cours des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.

L'indice de Simpson (probabilité que deux individus pris au hasard appartiennent à la même espèce) est variable au cours du temps et entre les stations (Figure 62). Les résultats sont cohérents avec les indices de diversité spécifique. Les indices de Simpson pour les stations CHP_02 pour les deux campagnes et CHP_08 en Automne sont plus faibles, ce qui signifie qu'il existe une dominance marquée de certaines espèces sur ces stations. Les autres stations présentent des indices de Simpson supérieurs ou proches de 0.6, ce qui indique un relatif équilibre des abondances entre les espèces.

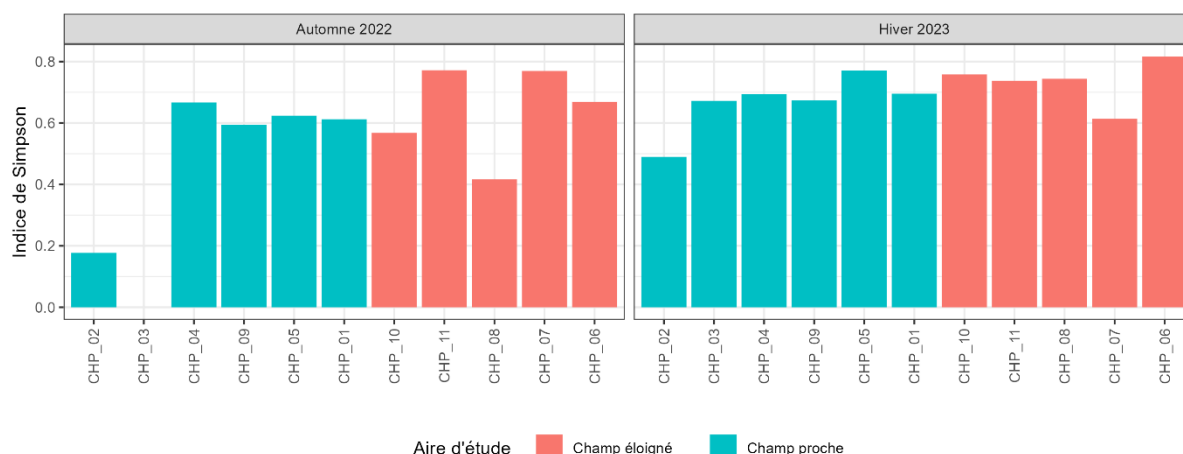


Figure 62 : Représentation graphique des Indices de Simpson pour chaque station (classée dans le champ proche ou dans le champ éloigné de la zone d'étude) au cours des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.

2.2.3 Composition des communautés

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 « accidentelles » ($f < 10\%$). Le classement, tel que présenté dans la

Figure 63, est basé sur la compilation des 2 campagnes de suivi.

		Automne 2022												Hiver 2023												Fréq Occ (%)
		Champ proche						Champ éloigné						Champ proche						Champ éloigné						
		CHP_02	CHP_03	CHP_04	CHP_09	CHP_05	CHP_01	CHP_10	CHP_11	CHP_08	CHP_07	CHP_06	Fréq Occ (%)	CHP_02	CHP_03	CHP_04	CHP_09	CHP_05	CHP_01	CHP_10	CHP_11	CHP_08	CHP_07	CHP_06		
Constantes F > 75%	Petite vive	*	*	*		*			*		*	*	64	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100	
	Arnoglosse lanterne				*	*	*	*	*	*	*	*	73			*	*	*	*	*	*	*	*	*	73	
Communes 50% < F < 75%	Plie commune	*							*		*	*	27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100	
	Limande								*				9		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	91	
Occasionnelles 25% < F < 50%	Dragonnet lyre			*		*	*	*	*		*	*	64			*				*					18	
	Seiche commune	*			*	*	*		*	*	*	*	73												0	
	Petite sole jaune							*	*		*	*	27		*		*		*	*					36	
Rares 10% < F < 25%	Lançon commun					*							9	*	*								*		27	
	Raie brunette												0		*					*	*				27	
Accidentelles 0% < F < 10%	Raie ind.												0			*	*								18	
	Souris de mer												0							*			*		18	
	Sprat												0						*						9	
	Grondin rouge			*									9												0	
	Encornet commun												0					*							9	
	Sole blonde									*			9												0	
	Flet commun												0		*										9	
	Raie bouclée								*				9												0	
	Raie douce				*								9												0	
	Sépiole d'Atlantique								*				9												0	

Figure 63 : Liste des espèces de poissons et de céphalopodes observés au chalut à perche lors des 2 campagnes automne 2022 et hiver 2023 classées par catégorie d'occurrence (Constantes, Communes, Occasionnelles, Rares et Accidentelles). La fréquence d'occurrence propre à chaque année de suivi est mentionnée (%). Les stations sont regroupées suivant leur appartenance au champ d'incidence (Proche et lointain).

Cette figure souligne la persistance de deux espèces qui dominent le peuplement en automne comme en hiver : la petite vive et l’arnoglosse lanterne. A ce cortège s’ajoutent en période hivernale la plie commune et la limande et en période automnale le dragonnet lyre et la seiche commune.

2.2.4 Composition globale en espèces

En termes d’abondance, les espèces les plus représentées à l’automne sont principalement la petite vive, l’arnoglosse lanterne et le dragonnet lyre. A elles seules, elles représentent 65% des effectifs totaux. En hiver, la petite vive et la limande sont également bien représentées, suivies de la plie commune et de l’arnoglosse lanterne, qui représentent au total 90% des effectifs capturés (Figure 64).

En termes de biomasse, à l’automne comme en hiver, un nombre réduit d’espèces constitue l’essentiel de la biomasse observée (Figure 65). La limande et la plie commune sont les deux espèces présentant les plus fortes biomasses, en automne comme en hiver.

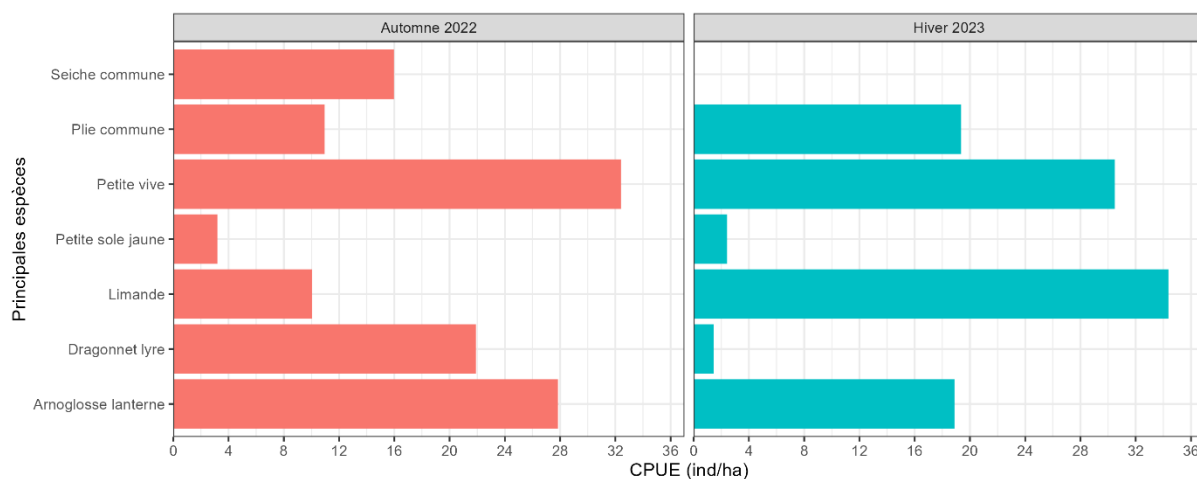


Figure 64 : Abondance (CPUE en nombre d’individus/ha) des principales espèces présentes par campagne

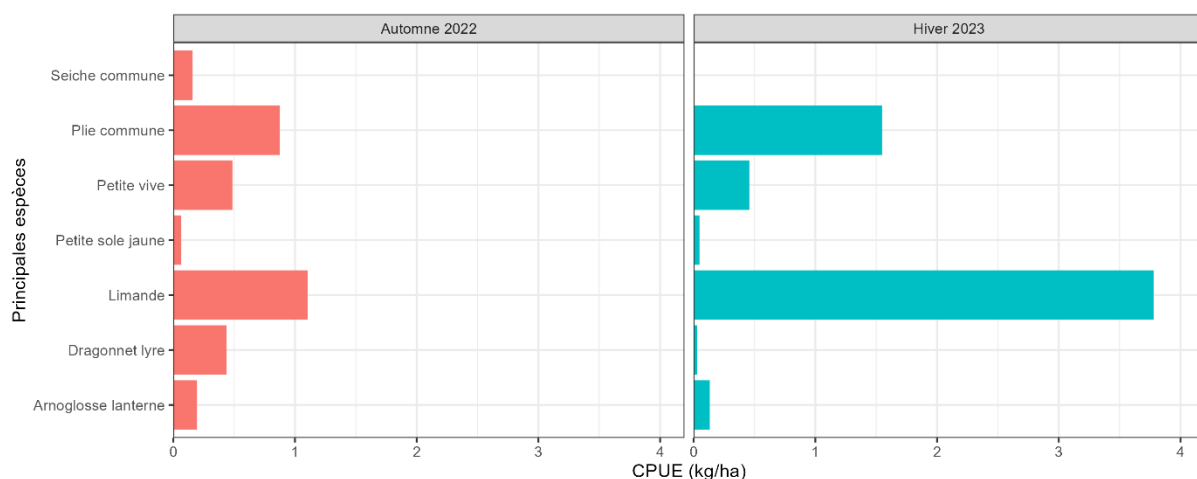


Figure 65 : Biomasse (CPUE en kg/ha) des principales espèces présentes par campagne

2.2.5 Organisation et zonation des peuplements

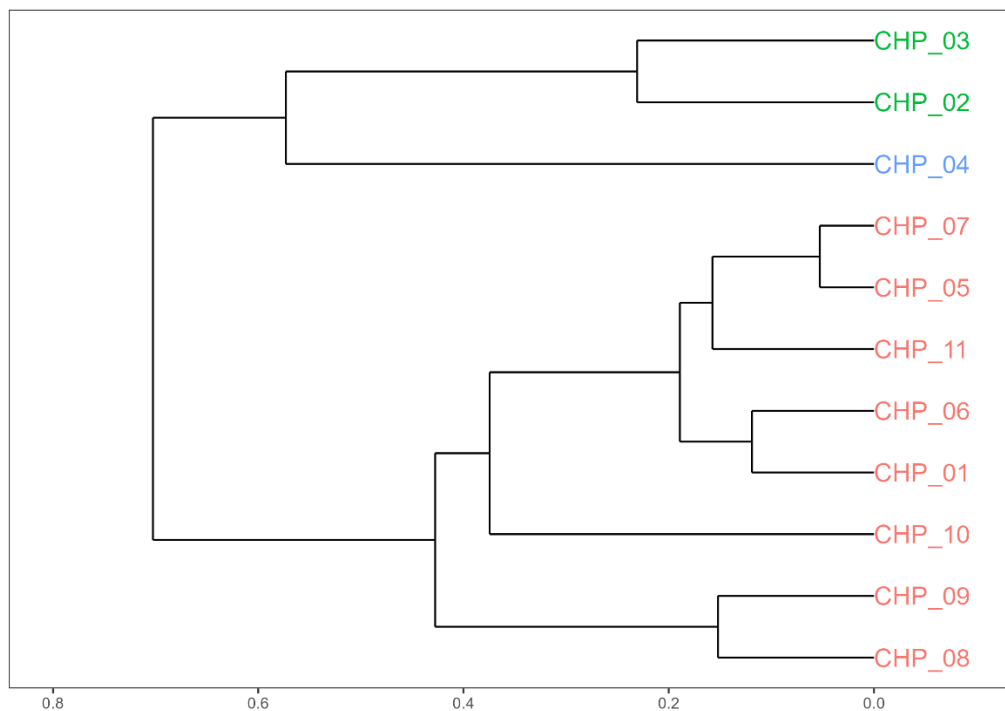
Pour évaluer le degré de similarité et de divergence en termes de composition spécifique entre les stations, les données brutes de captures par unité d’effort ont été transformées (double racine carrée)

et les espèces rares éliminées (méthode des valeurs médianes). Par la suite une étude des groupements établis par l'analyse UPGMA (Unweighted Paired Group Mean Arithmetic) a été réalisée. Cette analyse permet la construction d'un dendrogramme à partir de matrices de distances. Les dendrogrammes produits à partir des données de captures par station pour chaque campagne soulignent la faible dissimilarité entre la majorité des échantillons constitués (Figure 66).

Les résultats produits à partir des données issues des campagnes d'automne génèrent une classification en 3 groupes de stations similaires à 50 % dont un groupe est constitué d'une seule station (CHP_04) qui se distinguait déjà par une abondance et une biomasse faibles.

En période hivernale, une plus forte homogénéité se dégage. Seule la station CHP_02 se distingue avec une dissimilarité de 0.3, en lien probable avec la faible richesse spécifique observée sur cette station.

Automne 2022



Hiver 2023

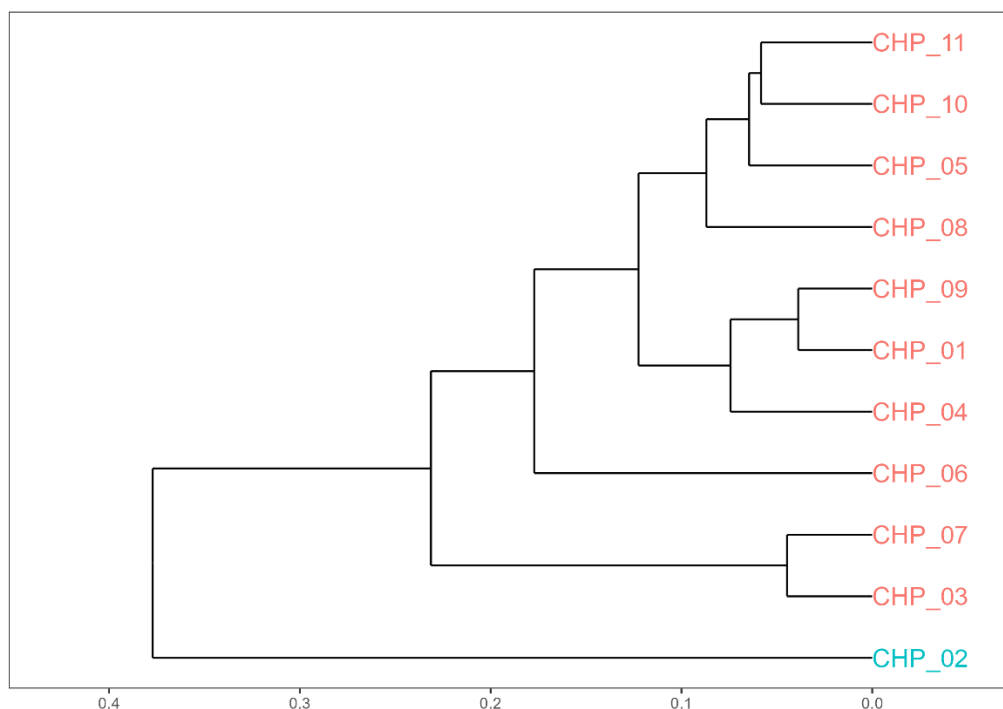


Figure 66 : Dendrogrammes de classification des stations réalisés à partir des données d'abondance (nombre d'individus par ha). Les groupes de stations (couleurs) correspondent à un niveau de dissimilarité de 0.5 en automne et de 0.3 en hiver.

Une approche multivariée est ensuite utilisée pour donner une vue d'ensemble des relations entre les différentes stations et les différentes espèces (Figure 67). Le test, basé sur les ordinations nMDS calculées à partir des indices de Bray-Curtis, a été réalisé à partir des données de captures d'automne et d'hiver. La qualité de la représentation obtenue est très bonne, le « stress score » (critère de qualité) étant inférieur à 0.05 (0.044 en automne et 0.043 en hiver).

La représentation de la campagne d'automne 2022 montre la forte similarité entre les stations CHP_11, CHP_06, CHP_07, CHP_05 et CHP_01, marquée notamment par une forte présence du dragonnet lyre. Les stations CHP_08 et CHP_09 montrent également une forte similarité entre elles. Les autres stations sont plus éloignées et ne semblent pas présenter de fortes similarités.

Concernant la campagne d'hiver 2023, l'ensemble des stations présentent de fortes similarités, à l'exception de la station CHP_02 (où seulement 2 espèces ont été observées).

L'ensemble de ces observations concorde avec les résultats décrits par la classification ci-dessus.

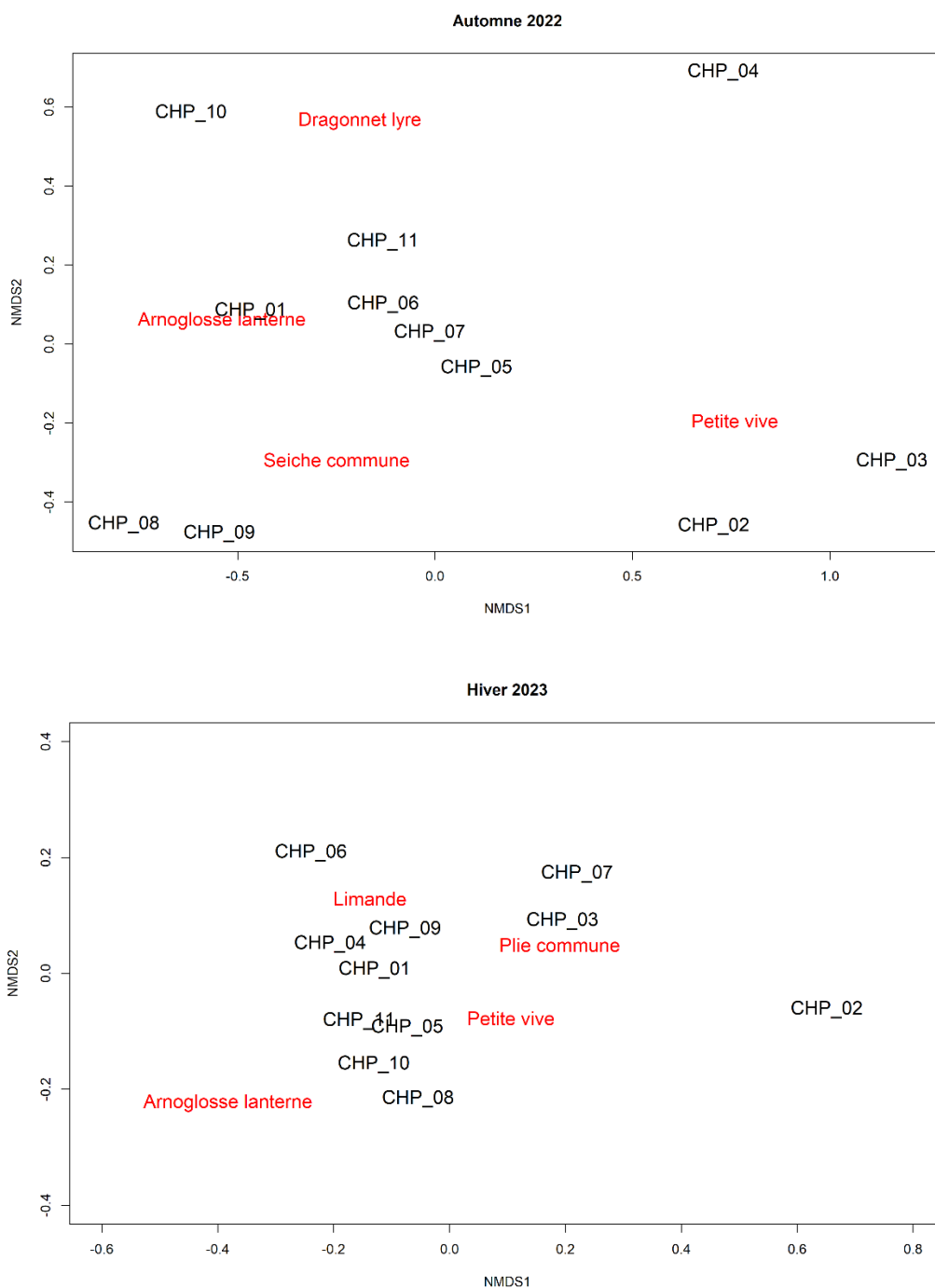


Figure 67: Vue d'ensemble des relations entre stations et espèces (basée sur les ordinations nMDS) pour les campagnes d'automne 2022 (à gauche) et d'hiver 2023 (à droite)

2.2.6 Focus sur quelques espèces de poissons et céphalopodes

Dans cette partie, sept espèces, présentant un intérêt commercial et/ou pour lesquelles nous disposons de données biométriques en nombre suffisant font l'objet d'une description plus approfondie. Les informations présentées sont i) la répartition spatiale des abondances et biomasses de ces espèces observées lors des campagnes d'échantillonnage ainsi que ii) la structure en tailles observée sous forme d'histogrammes.

Seiche commune – *Sepia officinalis*



Les seiches ont été observées uniquement pendant la campagne d'automne. Les plus fortes abondances ont été relevées à la station CHP_06. Aucun schéma spatial particulier n'a été identifié (Figure 68).

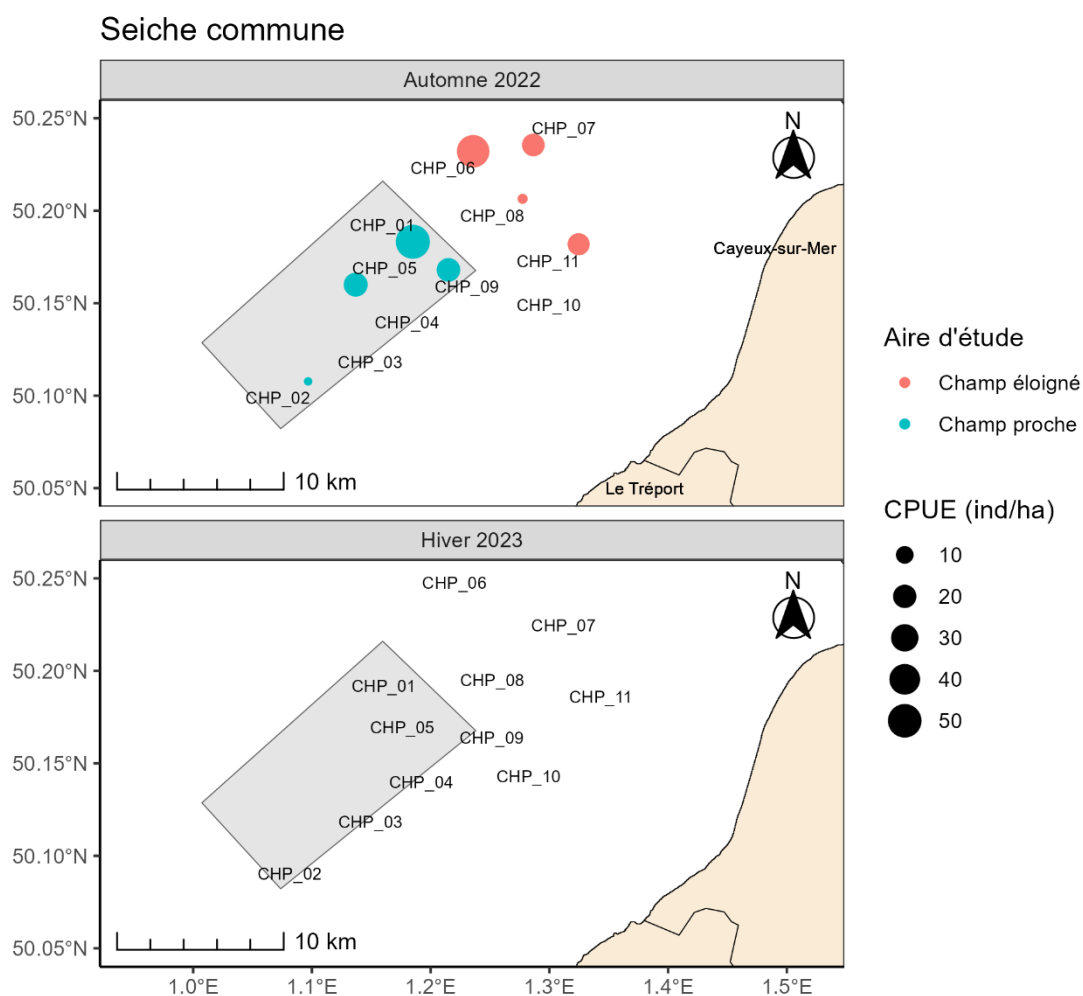


Figure 68: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la seiche commune par campagne.

La répartition en classes de tailles est très similaire dans le champ proche et le champ éloigné, peu d'individus ont été capturés (Figure 69 et 70). Les tailles varient entre 2 et 9-10 cm pour les champs proche et éloigné.

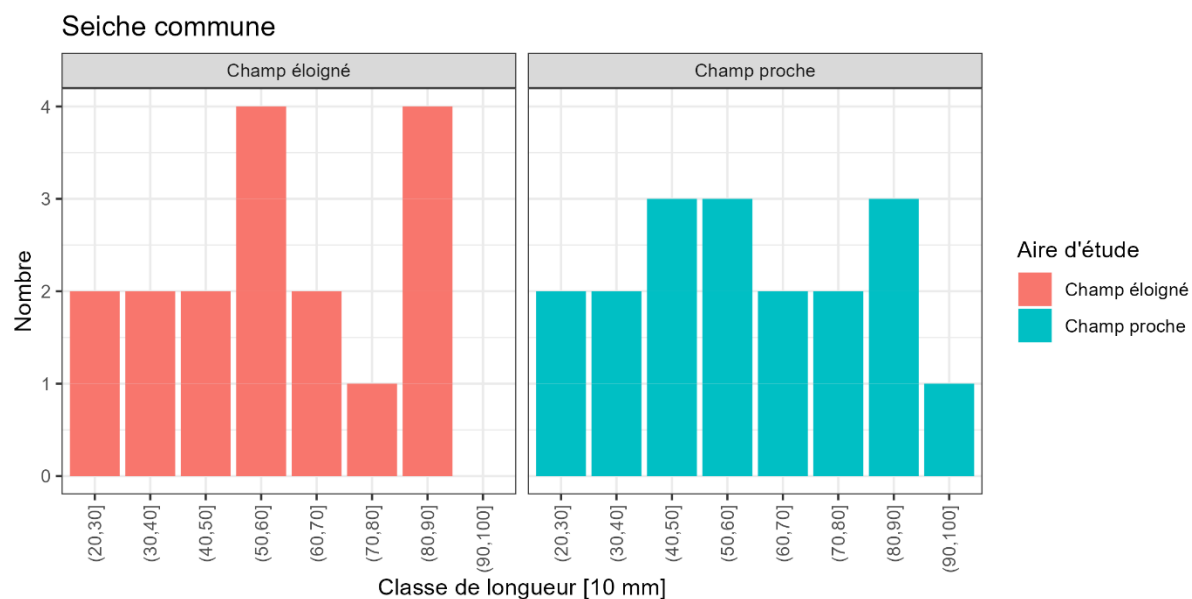


Figure 69: Distribution en classes de taille de la seiche commune pour le champ proche et le champ éloigné.

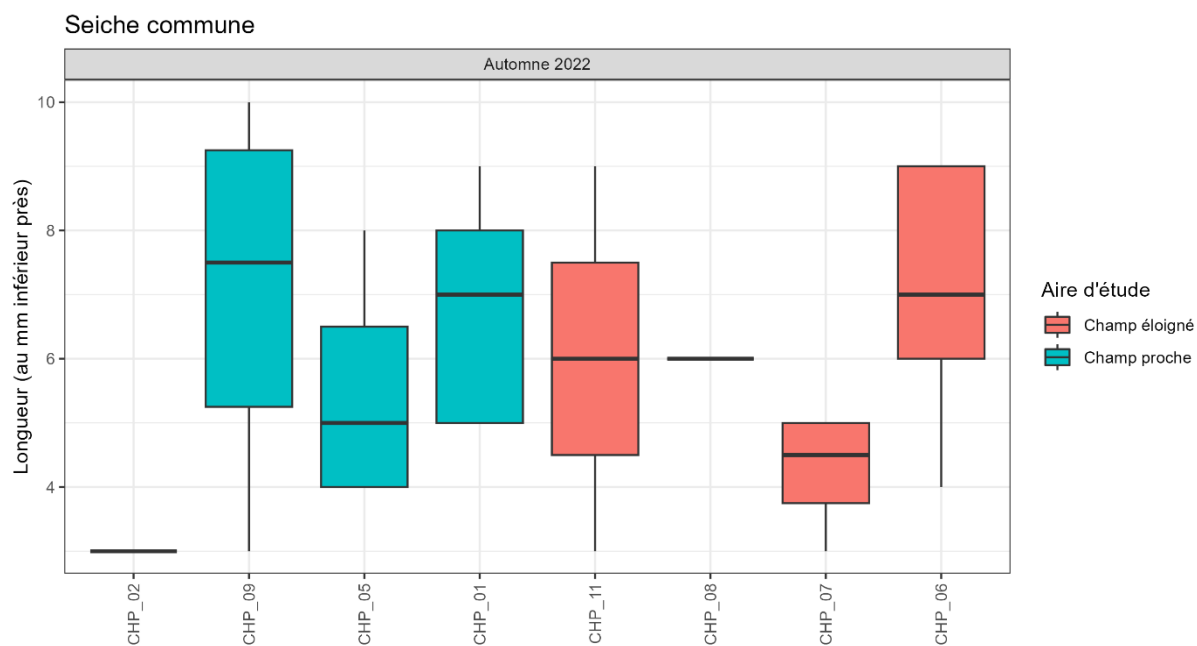


Figure 70. Distribution des tailles (LT en mm) pour la seiche commune, par campagne et par station

Plie commune – *Pleuronectes platessa*



Les plies ont été observées majoritairement pendant la campagne d'hiver, pendant laquelle les abondances observées étaient relativement homogènes sur la zone d'étude. A l'inverse, seulement 3 stations de la campagne d'automne ont montré la présence de plie commune, avec une valeur maximale relevée à la station CHP_06. Aucun schéma spatial particulier n'a été identifié (Figure 71).

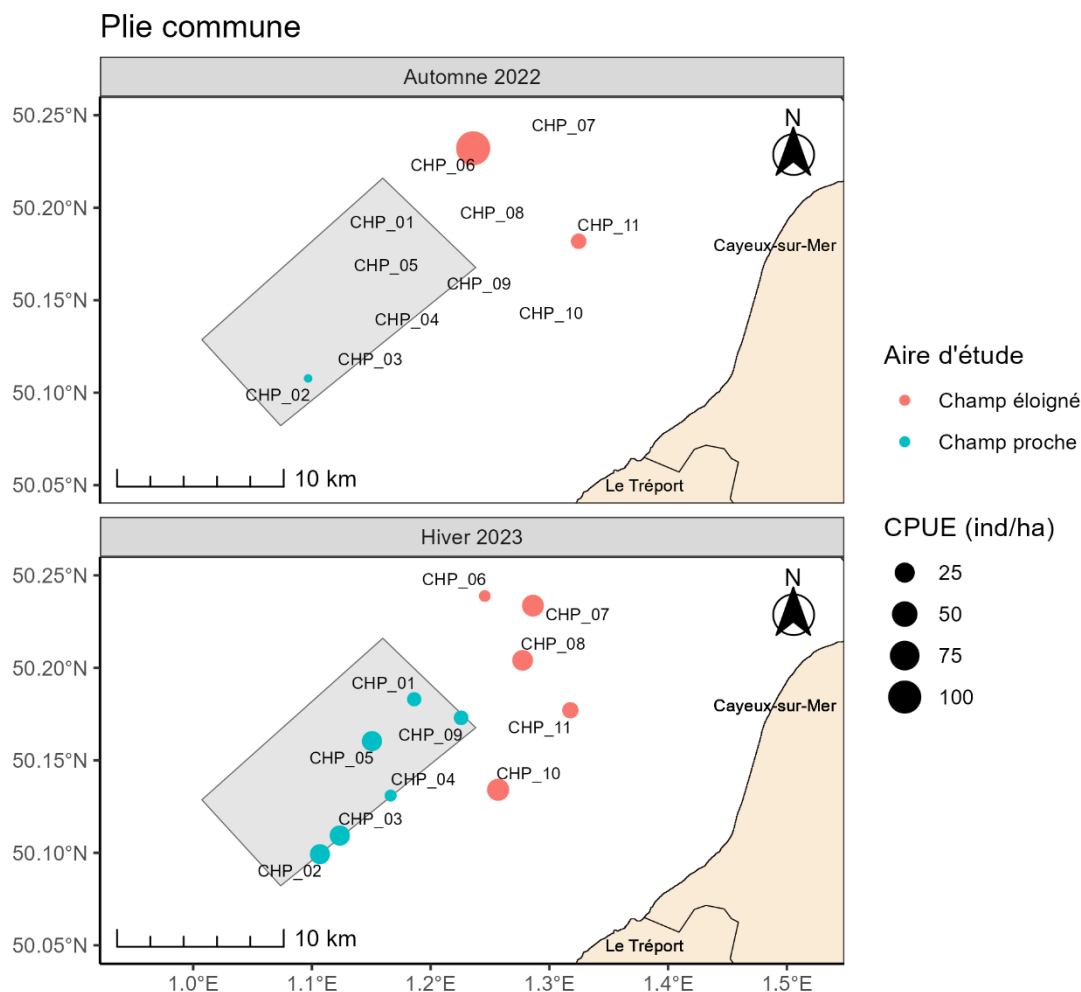


Figure 71: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la plie commune par campagne.

La répartition en classes de taille est similaire entre le champ proche et le champ éloigné (

Figure 72 et 73). Les tailles varient entre 12 et 27 cm pour les deux champs avec un pic autour de 17 cm.

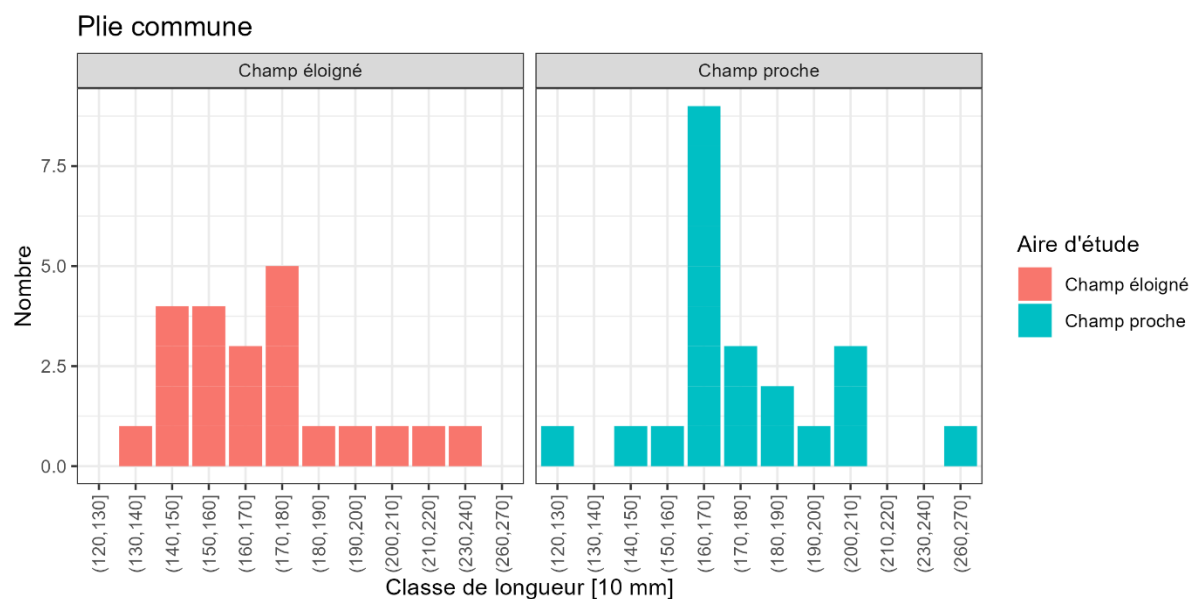


Figure 72: Distribution en classes de taille de la plie commune pour le champ proche et le champ éloigné.

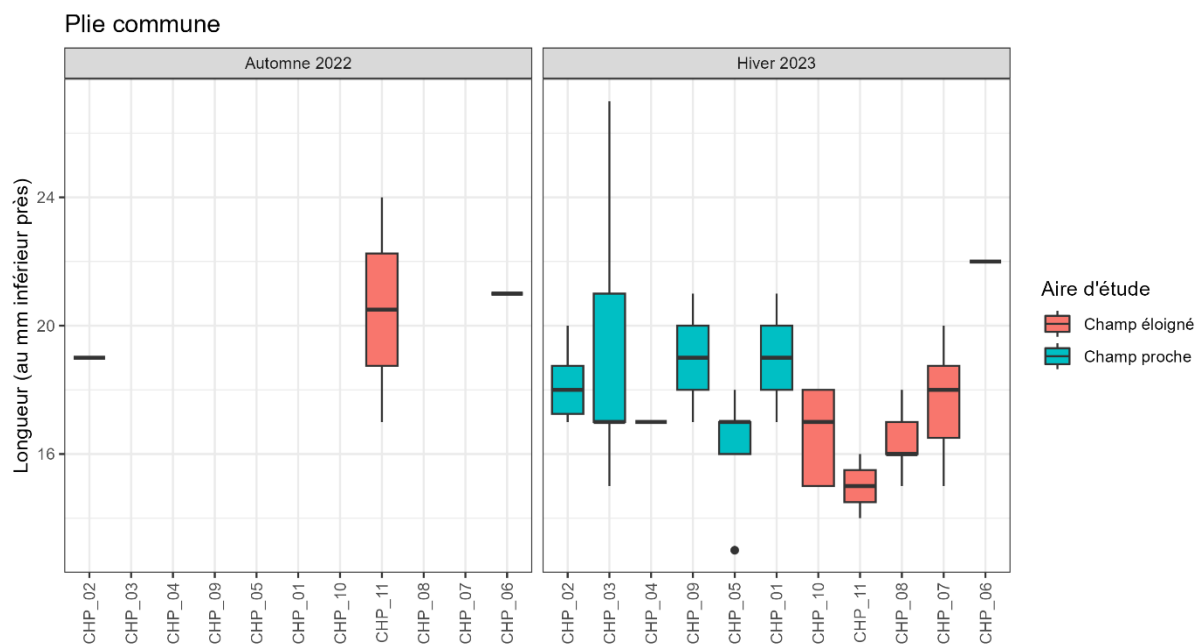


Figure 73. Distribution des tailles (LT en mm) pour la plie commune, par campagne et par station

Petite vive – *Echiichthys vipera*



Les petites vives ont été observées pendant les deux campagnes. Les abondances les plus élevées pendant la campagne hivernale semblent être localisées sur les stations les plus proches de la côte (Figure 74).

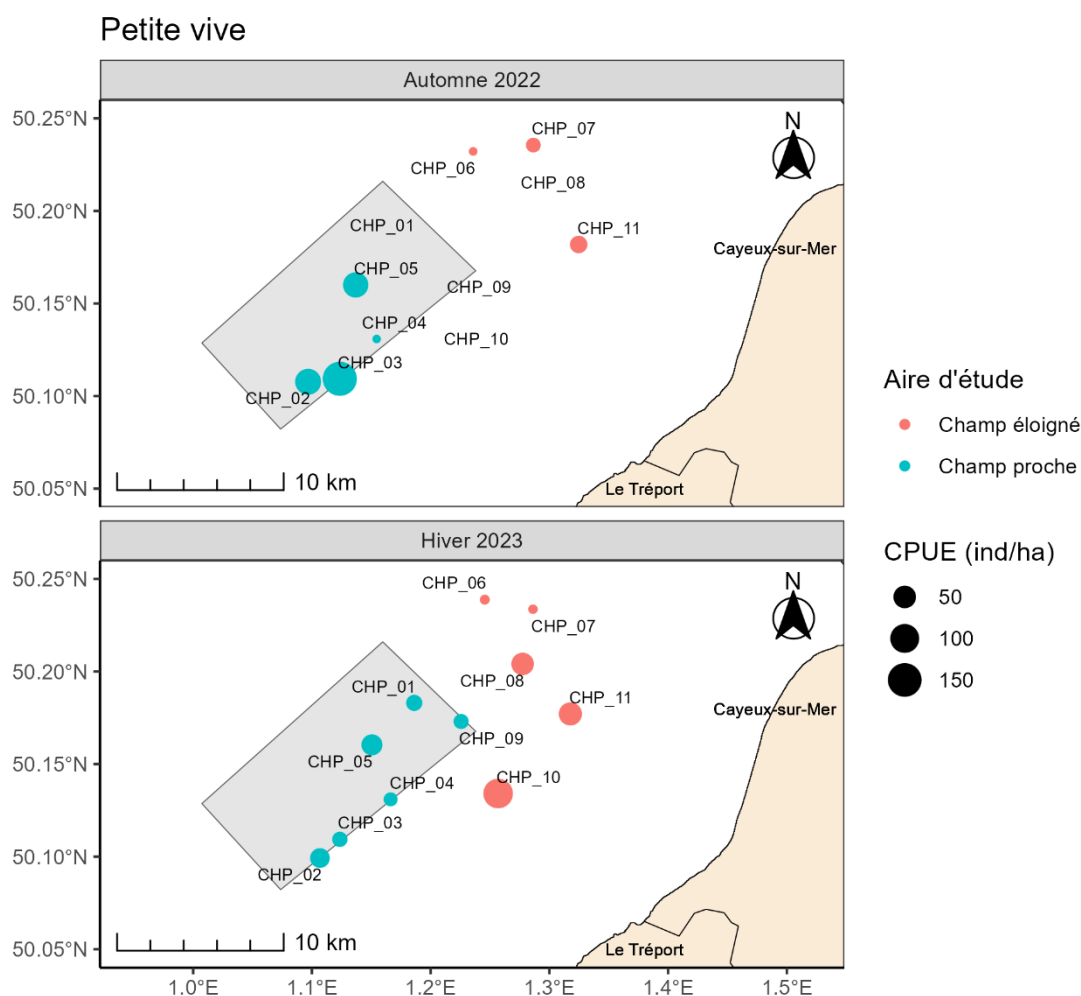


Figure 74: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la petite vive par campagne.

La répartition en classes de taille est similaire entre le champ proche et le champ éloigné mais les tailles semblent légèrement plus élevées dans le champ proche (

Figure 75 et 76). Les tailles d'individus étaient comprises entre 5 et 13 cm sur la zone d'étude.

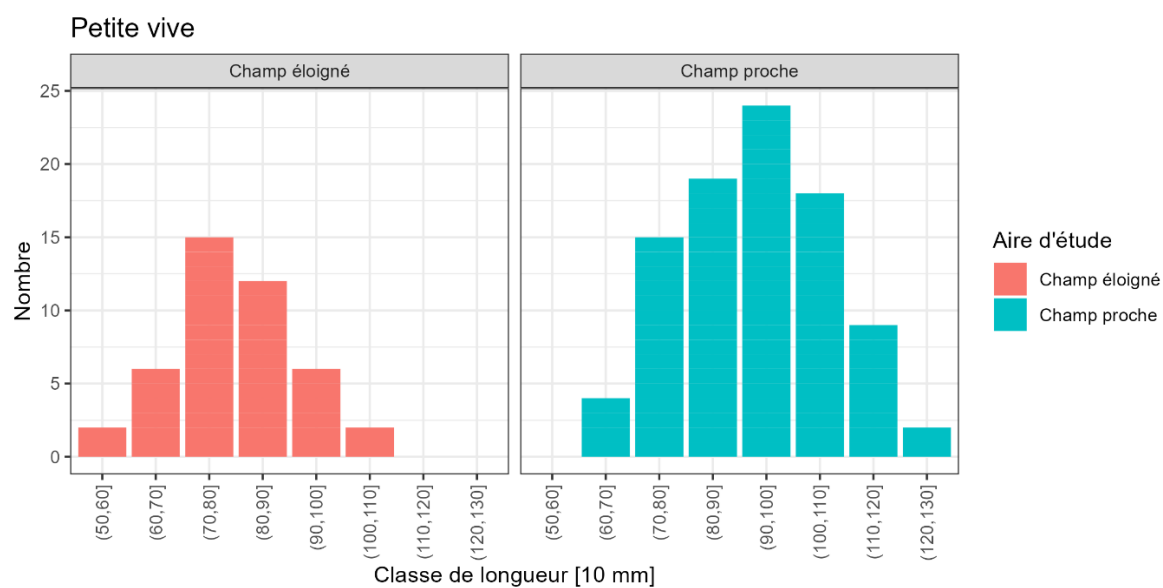


Figure 75: Distribution en classes de tailles de la petite vive pour le champ proche et le champ éloigné.

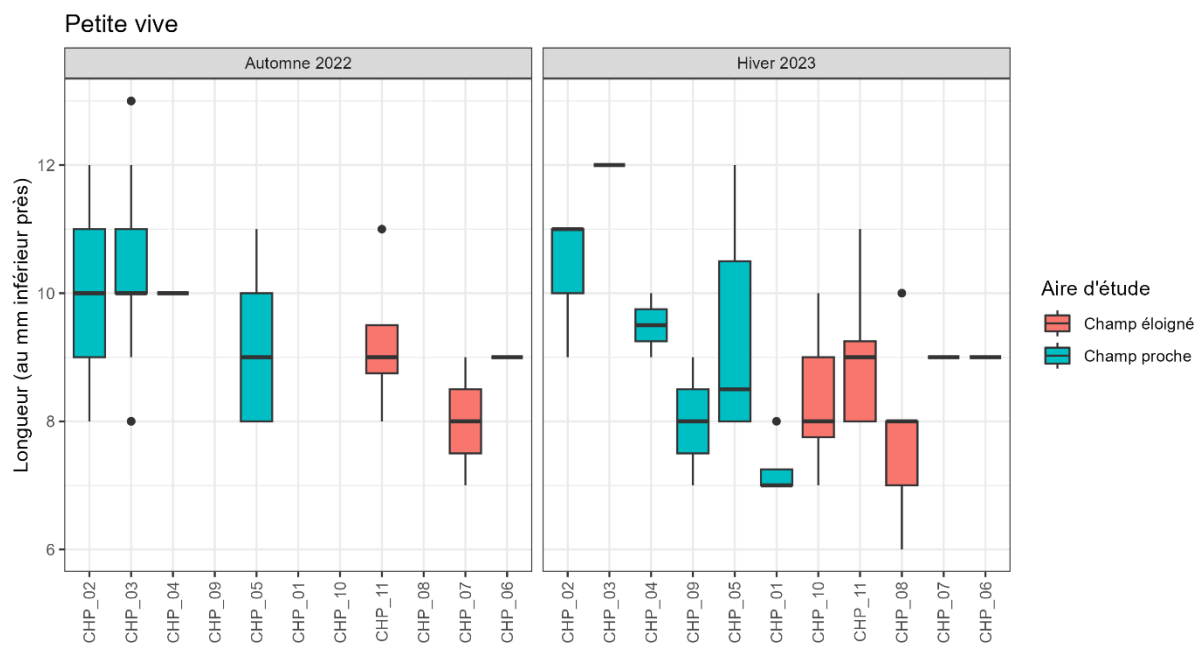


Figure 76. Distribution des tailles (LT en mm) pour la petite vive, par campagne et par station

Petite sole jaune – *Buglossidium luteum*



Les petites soles jaunes ont été observées pendant les deux campagnes sur 3 stations en automne et sur 4 stations en hiver. Les abondances les plus élevées pendant la campagne hivernale semblent être localisées sur les stations les plus proches de la côte, dans le champ éloigné (Figure 77).

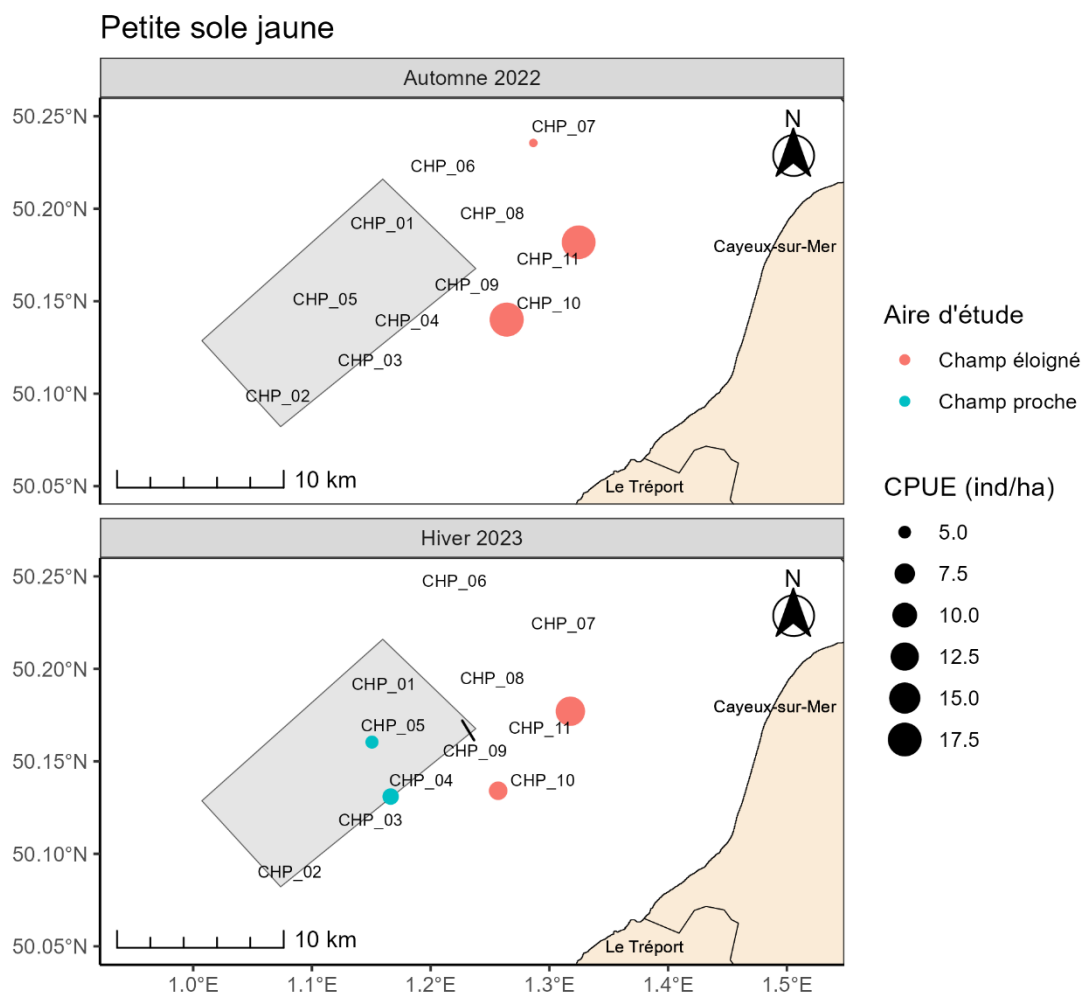


Figure 77: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la petite sole jaune par campagne.

Seul 1 individu a été mesuré dans le champ proche ce qui ne permet pas de comparer les structures en tailles entre les champs proche et éloigné (Figure 78 et 79). Dans le champ éloigné, les tailles varient entre 6 et 10 cm.

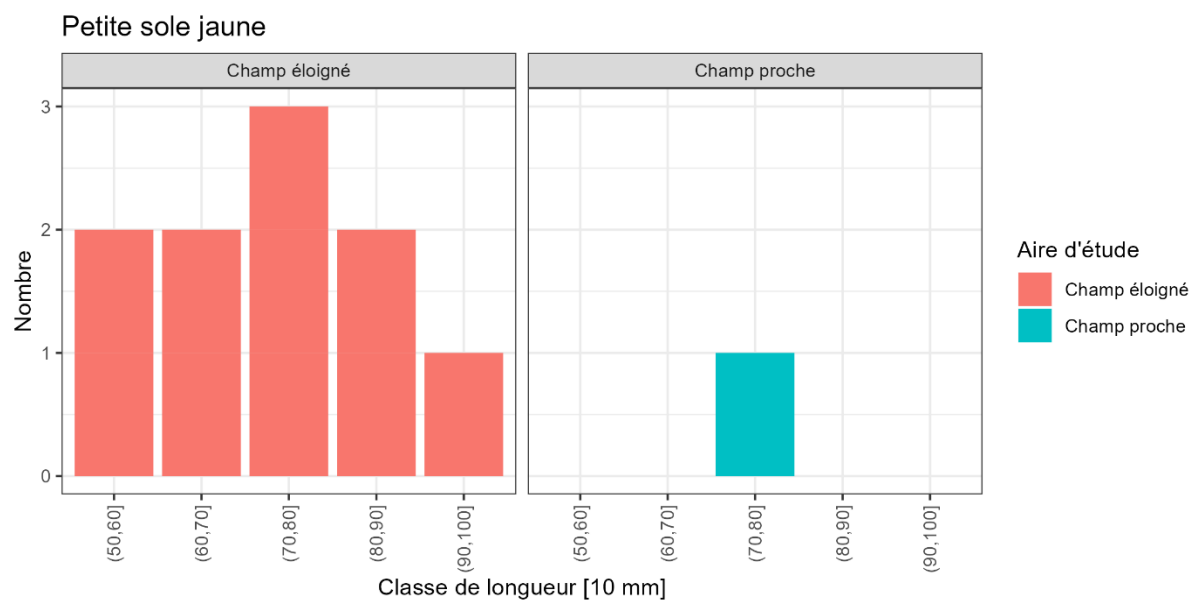


Figure 78: Distribution en classes de taille de la petite sole jaune pour le champ proche et le champ éloigné.

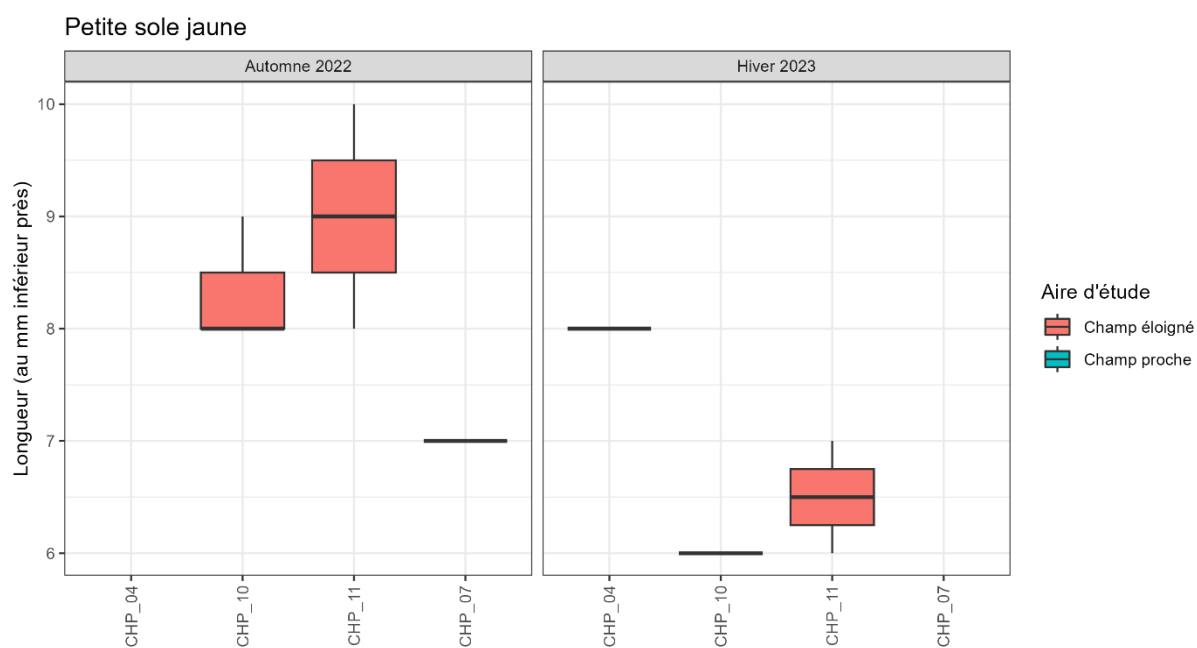


Figure 79. Distribution des tailles (LT en mm) pour la petite sole jaune, par campagne et par station

Limande – *Limanda limanda*



Les limandes ont été observées principalement pendant la campagne hivernale. Seule 1 station de la campagne automnale (CHP_11) a mis en évidence la présence de limandes. Les abondances les plus élevées ont été relevées principalement sur les stations les plus proches de la côte (Figure 80).

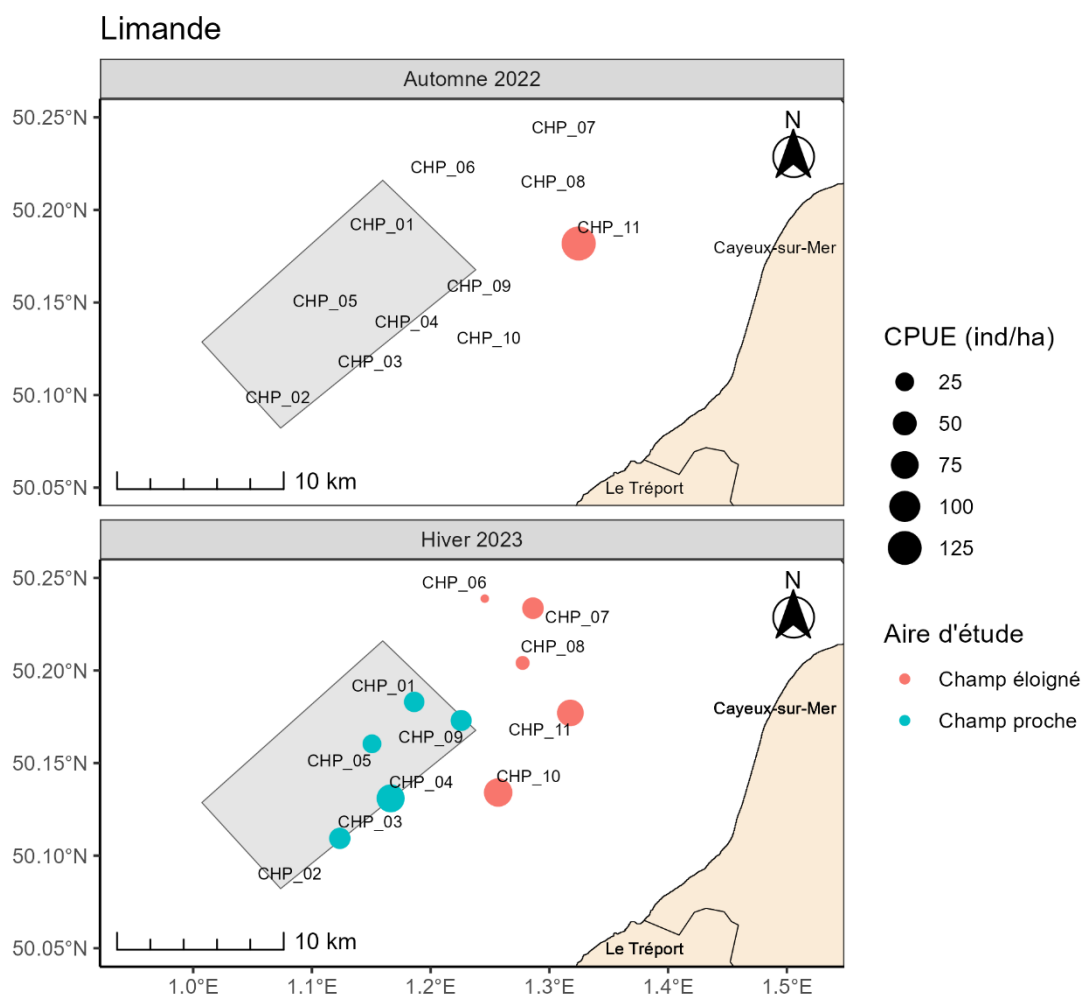


Figure 80: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) de la limande par campagne.

La répartition en classes de tailles est similaire entre le champ proche et le champ éloigné (Figure 81 et 82). Les tailles varient de 11 à 23 cm avec une occurrence maximale autour de 14 cm.

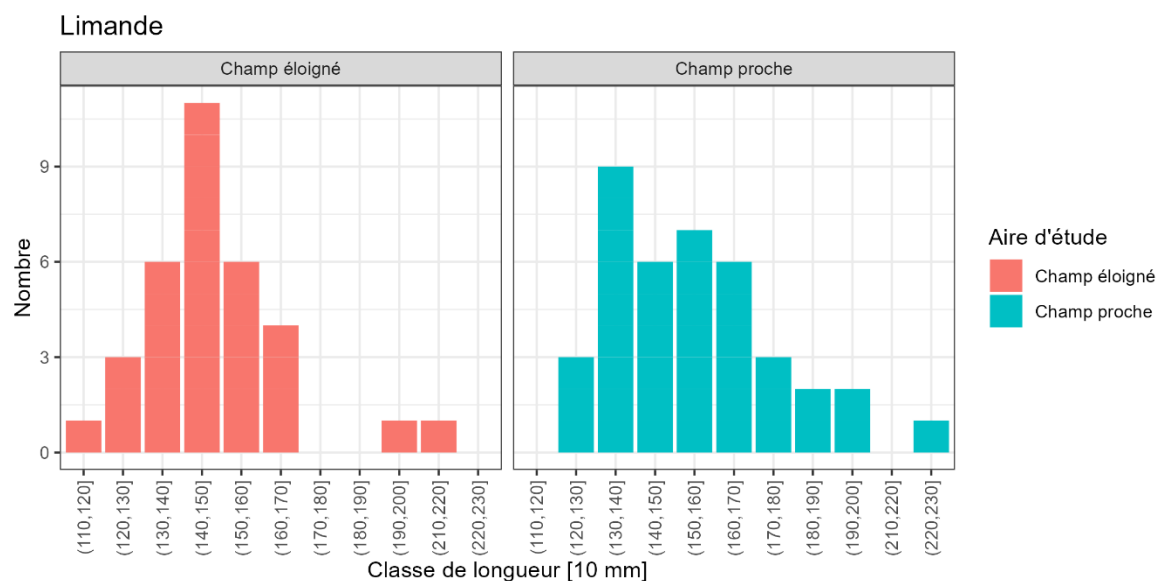


Figure 81: Distribution en classes de tailles de la limande pour le champ proche et le champ éloigné.

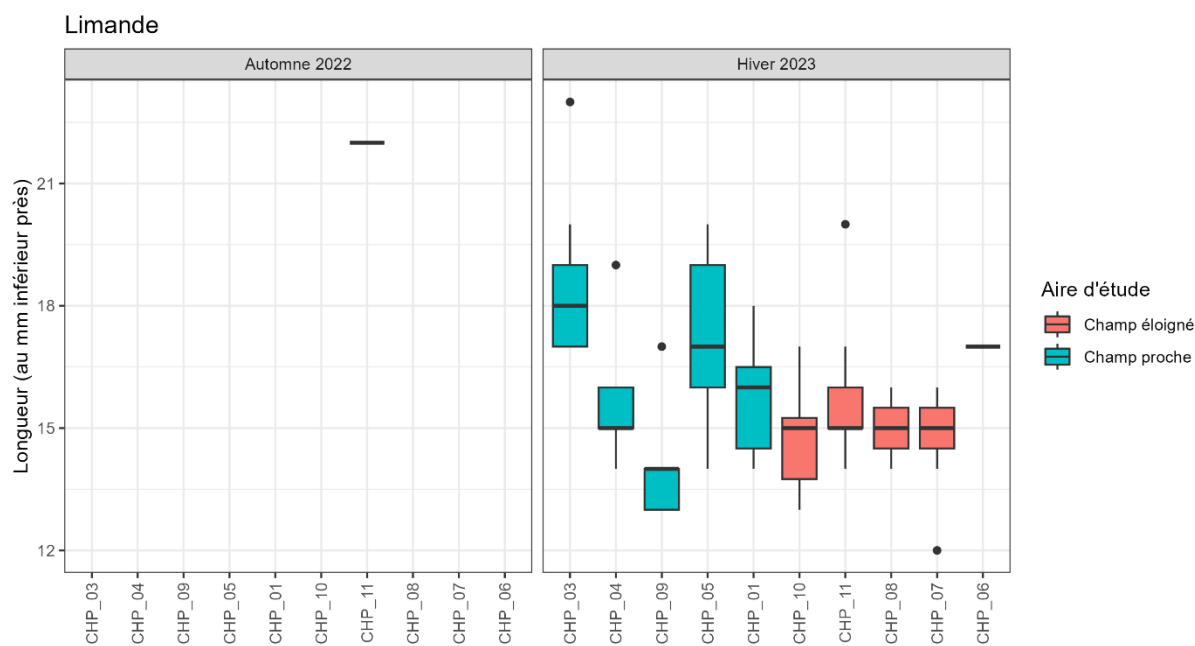


Figure 82. Distribution des tailles (LT en mm) pour la limande, par campagne et par station

Dragonnet lyre – *Callionymus lyra*



Les dragonnets lyre ont été observés principalement pendant la campagne automnale. Seules deux stations de la campagne hivernale (CHP_04 et CHP_10) ont montré la présence de dragonnets lyre. Les abondances les plus élevées à la campagne d'automne sont situées majoritairement dans la zone du champ éloigné (Figure 83).

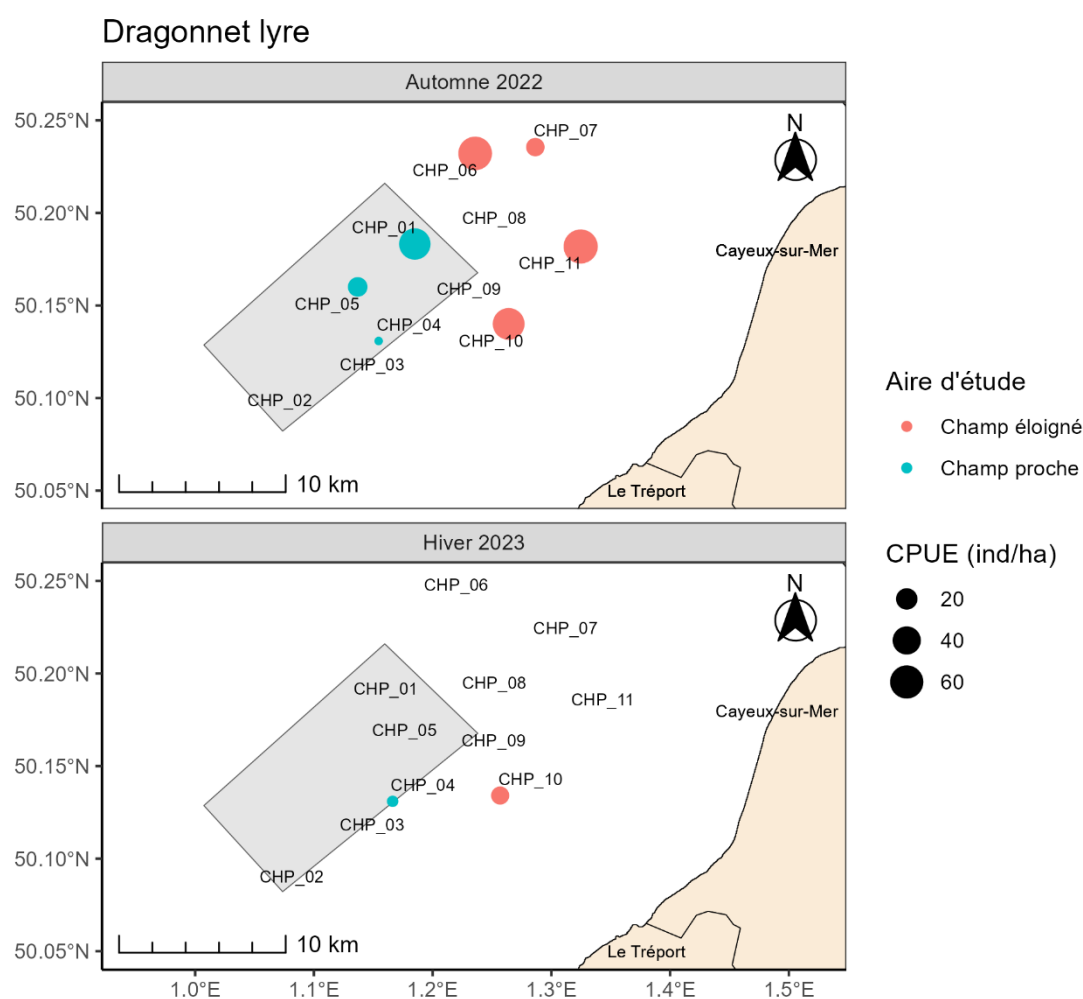


Figure 83: Représentation spatiale des abondances (nombre/ha) du dragonnet lyre par campagne.

La répartition en classes de tailles est un peu différente entre le champ proche et le champ éloigné (

Figure 84 et 85). Les petits individus semblent avoir été observés principalement dans le champ éloigné mais cela peut s'expliquer par le plus faible nombre d'individus capturés dans le champ proche. Les tailles des individus varient entre 8 et 21 cm.

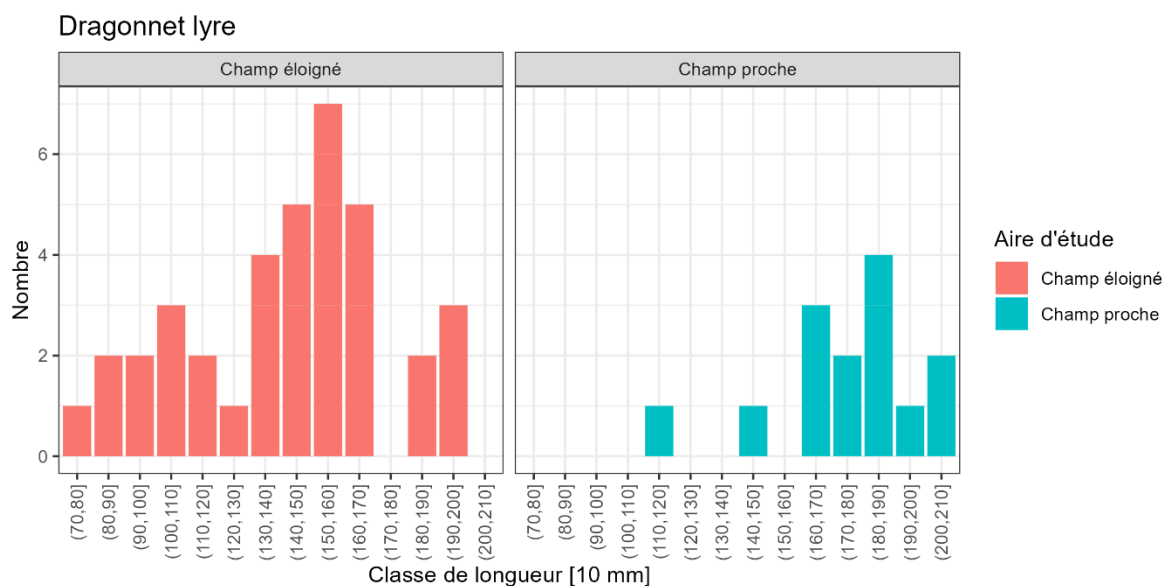


Figure 84: Distribution en classes de taille du dragonnet lyre pour le champ proche et le champ éloigné.

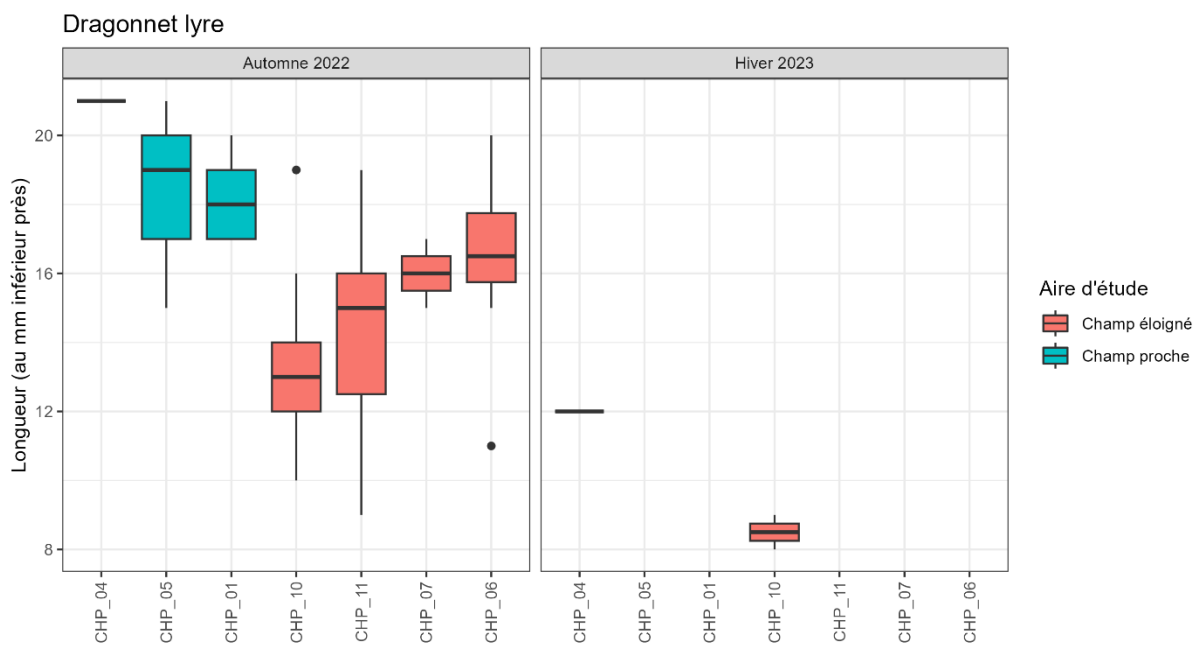


Figure 85. Distribution des tailles (LT en mm) pour le dragonnet lyre, par campagne et par station

Arnoglosse lanterne – *Arnoglossus laterna*



Les arnoglosses lanterne ont été observés sur les deux campagnes. Les abondances les plus élevées à la campagne d'automne sont situées dans la zone du champ éloigné au plus proche de la côte (Figure 86).

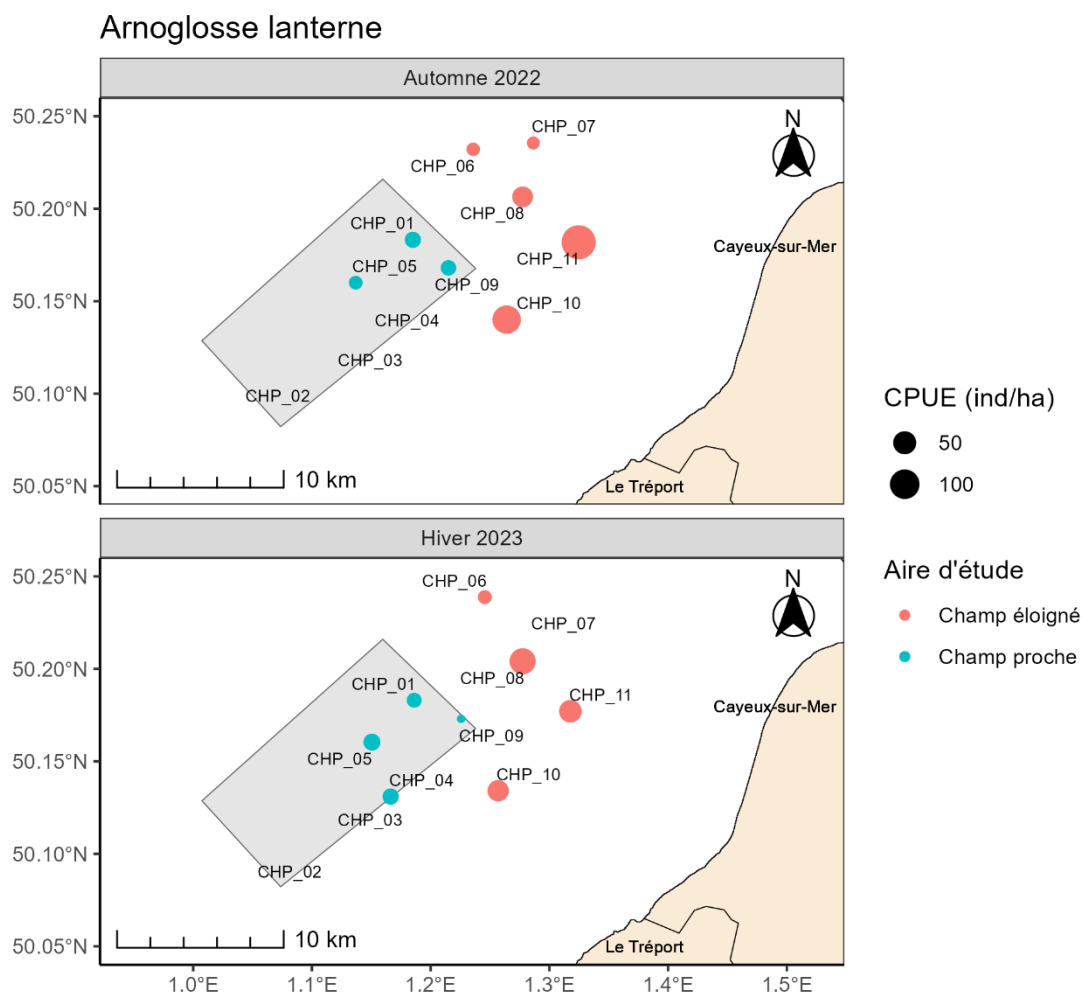


Figure 86: Représentation spatiale des CPUE abondance de l'arnoglosse lanterne pour chaque campagne.

La répartition des classes de taille est relativement similaire entre le champ proche et le champ éloigné (

Figure 87 et 88), le plus faible nombre d'individus capturés dans le champ proche rendant cependant difficile la comparaison. Les tailles varient de 6 à 12 cm avec un pic entre 7 et 9 cm.

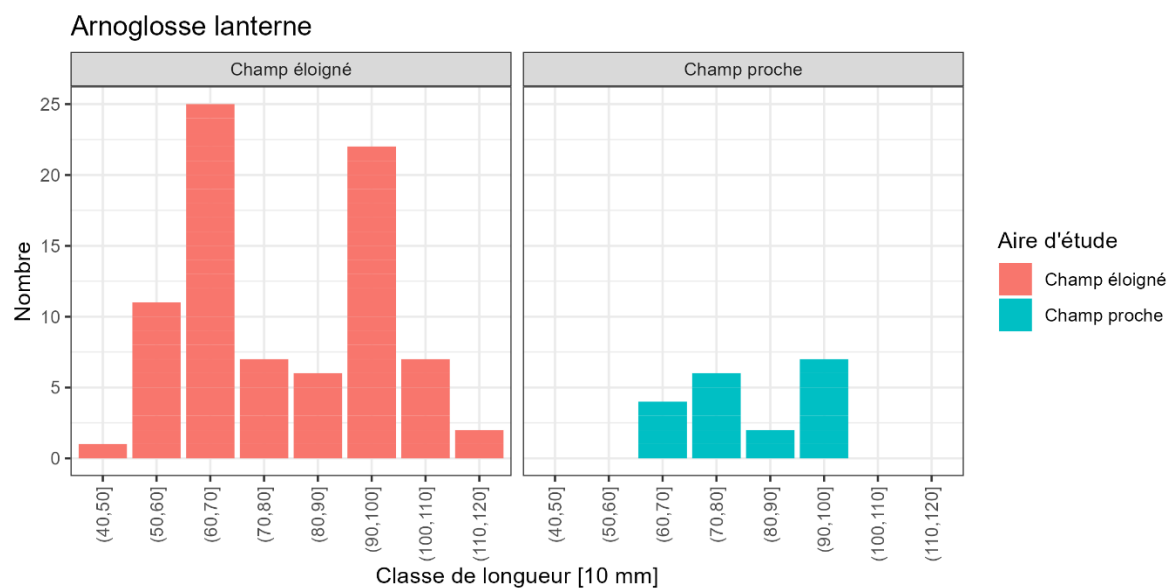


Figure 87: Distribution en classes de tailles de l'arnoglosse lanterne pour le champ proche et le champ éloigné.

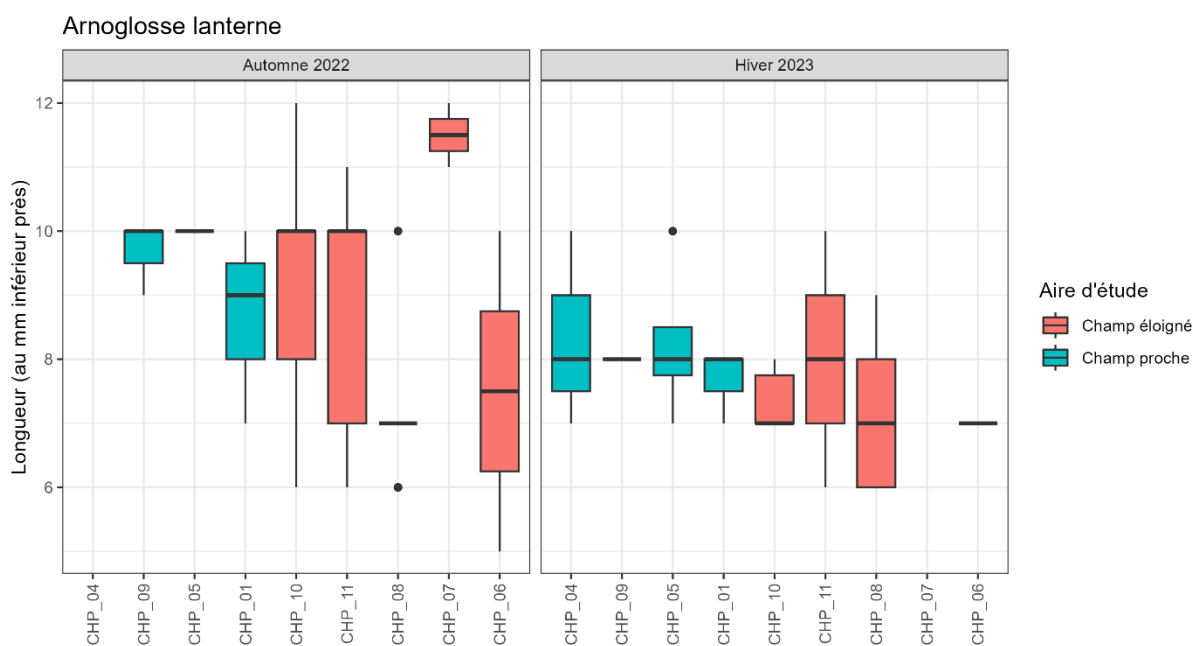


Figure 88. Distribution des tailles (LT en mm) pour l'arnoglosse lanterne, par campagne et par station

2.3 Invertébrés benthiques

Si l'on considère le nombre d'individus collectés, les invertébrés benthiques représentent la majorité (83 %) des prélèvements réalisés au chalut à perche en octobre 2022 et mars 2023 (Figure 89).

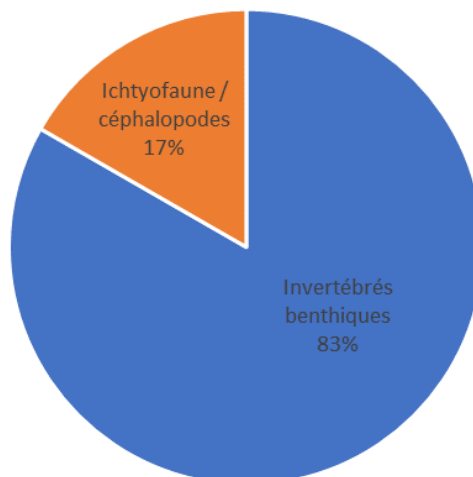


Figure 89: Proportion (en nombre d'individus) des invertébrés benthiques et des poissons et céphalopodes dans les prélèvements réalisés au chalut à perche lors des campagnes d'automne 2022 et d'hiver 2023.

Au cours des deux campagnes d'échantillonnage au chalut à perche, 36 taxons benthiques ont été identifiés (Figure 90). Les fréquences d'occurrences indiquent que les étoiles de mer, les nasses réticulées, les ophiures et les bernard-l'hermites sont les taxons observés sur chaque station.

		Automne 2022												Fréq Occ (%)	Hiver 2023												Fréq Occ (%)
		Champ proche						Champ éloigné							Champ proche						Champ éloigné						
		CHP_ 02	CHP_ 03	CHP_ 04	CHP_ 09	CHP_ 05	CHP_ 01	CHP_ 10	CHP_ 11	CHP_ 08	CHP_ 07	CHP_ 06	CHP_ 02		CHP_ 03	CHP_ 04	CHP_ 09	CHP_ 05	CHP_ 01	CHP_ 10	CHP_ 11	CHP_ 08	CHP_ 07	CHP_ 06			
Constantes F > 75%	Etoile de mer commune	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	91	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	91			
	Nasse réticulée	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	91	*		*	*	*	*	*	*	*	*	91			
	Ophiure sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	91	*			*	*	*	*	*	*	*	73			
Communes 50% < F < 75%	Bernard l'hermite	*			*	*	*	*		*	*	*	64		*	*	*	*	*	*	*	*	*	91			
	Hippocampe à museau court	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	91					*		*	*	*	36				
	Oursin sp.	*	*		*	*	*			*			55	*			*	*	*	*	*	*	*	64			
Occasionnelles 25% < F < 50%	Amande de mer		*			*	*	*		*			36	*		*	*	*	*		*	*		55			
	Macropode rostre				*	*			*	*			36	*	*	*	*	*			*			55			
	Araignée des anémones	*	*		*	*	*			*			55	*			*				*			27			
	Crépidules	*										*	18	*	*	*	*	*						55			
	Pétoncle blanc		*			*				*			27			*	*	*	*					36			
	Anémone sp.		*	*		*							27		*		*	*						27			
	Oursin de sable							*		*	*	*	36				*				*	*		18			
	Toque pointue	*				*							18	*	*			*		*				36			
Rares 10% < F < 25%	Coquille St-Jacques				*	*							18	*	*	*								27			
	Crabe nageur mar		*										9				*	*			*	*		36			
	Gasteropodes sp.					*							9	*			*	*			*			36			
	Gobie sp.												0				*		*		*	*	*	45			
	Bernard sp.	*					*	*	*				36				*		*	*	*	*	*	0			
	Bucarde de norvège			*	*	*							27			*								9			
	Huitre plate	*			*	*							27				*							9			
	Moules	*											9	*			*			*				27			
	Pisidia	*				*	*			*			36											0			
	Venus		*	*	*	*	*						36											0			
	Alcyon jaune						*						9				*					*		18			
	Ascidies			*		*			*				27											0			
	Crabe araignée												0		*	*	*							27			
	Ophiure commune												0		*	*	*							27			
Accidentelles 0% < F < 10%	Bulot commun												0	*			*							18			
	Crabe nageur dep		*										9				*							9			
	Spisule		*	*									18											0			
	Crabe marbré												0		*									9			
	Crabes												0	*										9			
	Crevette grise												0				*							9			
	Ophiure fragilis									*			9											0			
	Vernis						*						9											0			

Figure 90. Liste des espèces benthiques observées au chalut à perche lors des 2 campagnes automne 2022 et hiver 2023 classées par catégorie d'occurrence. La fréquence d'occurrence propre à chaque campagne est mentionnée (%). Les stations sont regroupées suivant leur appartenance au champ d'incidence (proche ou éloigné).

2.4 Comparaison avec l'état initial

Les campagnes réalisées précédemment de 2015 à 2017 sur la zone d'étude (CSLN et BRLi, 2018) avaient permis de recenser 35 espèces de poissons et de céphalopodes dont 3 espèces pélagiques en 2015-2016 puis 39 espèces dont 3 pélagiques en 2016-2017, contre seulement 19 taxons dont 1 espèce pélagique en 2022-2023. La richesse spécifique moyenne en poissons et céphalopodes benthodémersaux était de 9 ± 4 taxons en 2015-2016 et 2016-2017 alors qu'elle est seulement de 5 ± 2 taxons pour les campagnes 2022-2023. Cette différence peut s'expliquer en partie par un effort d'échantillonnage plus important entre 2015 et 2017, avec la réalisation de 4 campagnes d'échantillonnage sur 2 années consécutives.

Les espèces dominantes dans les captures sont cependant sensiblement les mêmes en 2015-2017 et en 2022-2023. Les espèces benthodémersales sont majoritaires dans les deux études, le chalut à perche étant particulièrement inefficace pour capturer les espèces pélagiques. La limande en particulier a été beaucoup observée lors des campagnes hivernales de 2015 à 2017, comme lors de la campagne hivernale 2022. En revanche, le lançon était très présent lors de l'étude 2015-2017 mais peu présent en 2022-2023.

Lors de la première étude, les campagnes au chalut à perche mettaient en évidence des abondances moyennes relativement faibles avec des valeurs inférieures à 220 individus/ha. L'étude de 2022-2023 montre des abondances moyennes encore plus faibles, de l'ordre de 130 individus/ha. En 2015-2017, les abondances les plus élevées étaient localisées sur les ridens de Dieppe, ce qui n'a pas été observé en 2022-2023.

En ce qui concerne les invertébrés benthiques, 10 espèces avaient été identifiées lors de l'étude de 2015-2017, alors que 36 taxons ont été identifiés en 2022-2023. Le niveau d'identification ne semble pas être le même entre les deux études. Le benthos n'est pas toujours traité de manière exhaustive, selon la qualité du tri effectué par l'équipage et l'abondance des captures de poissons et céphalopodes. Les fréquences d'occurrence indiquent que l'étoile de mer *A. rubens* et l'oursin *P. miliaris* étaient des espèces constantes dans les captures réalisées lors de la première étude, les ophiures ayant été fréquemment capturées en 2016-2017. L'étoile de mer *A. rubens* et les ophiures font également partie des espèces constantes dans les captures en 2022-2023, auxquelles s'ajoute la nasse réticulée.

3. BILAN

L'objectif de cette étude était de compléter l'état initial réalisé entre 2015 et 2017 avant le démarrage de la phase de construction du parc éolien du Tréport. Cette étude du diagnostic des populations benthodémersales a donc été contrainte par la délimitation préalable de deux champs d'incidence, proche et lointain, au sein desquels sont distribuées les stations de suivi. Deux types d'engins ont été employés pour couvrir l'aire d'étude : un chalut à perche (11 stations) et un chalut canadien (22 stations, cf. chapitre suivant). Deux campagnes ont été réalisées afin de caractériser les peuplements démersaux en période automnale (2022) et en période hivernale (2023).

Des variations spatiales et saisonnières ont été mises en évidence mais aucun schéma spatial particulier n'a été observé. Les stations situées les plus au Sud de la zone d'étude (CHP_2 et 3) semblent se distinguer par une plus faible diversité spécifique. Certaines espèces comme l'arnoglosse lanterne, la limande, la petite sole jaune et la petite vive semblent plus présentes dans les stations les

plus proches de la côte. Aucune différence notable n'a été mise en évidence entre les stations situées dans le champ proche et dans le champ éloigné.

Chapitre 6. Espèces capturées au chalut canadien

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage est constitué de 22 stations réparties dans et autour du parc jusqu'à 5 milles nautiques (MN) (Figure 91). Ce plan d'échantillonnage est le résultat de la compilation des informations suivantes : i) les coordonnées des stations suivies lors de l'état initial, ii) la nature des fonds, iii) le gradient d'impact (dans, proche ou éloigné du parc) et iv) l'expérience acquise sur le site d'étude (évitement des zones non chalutables).

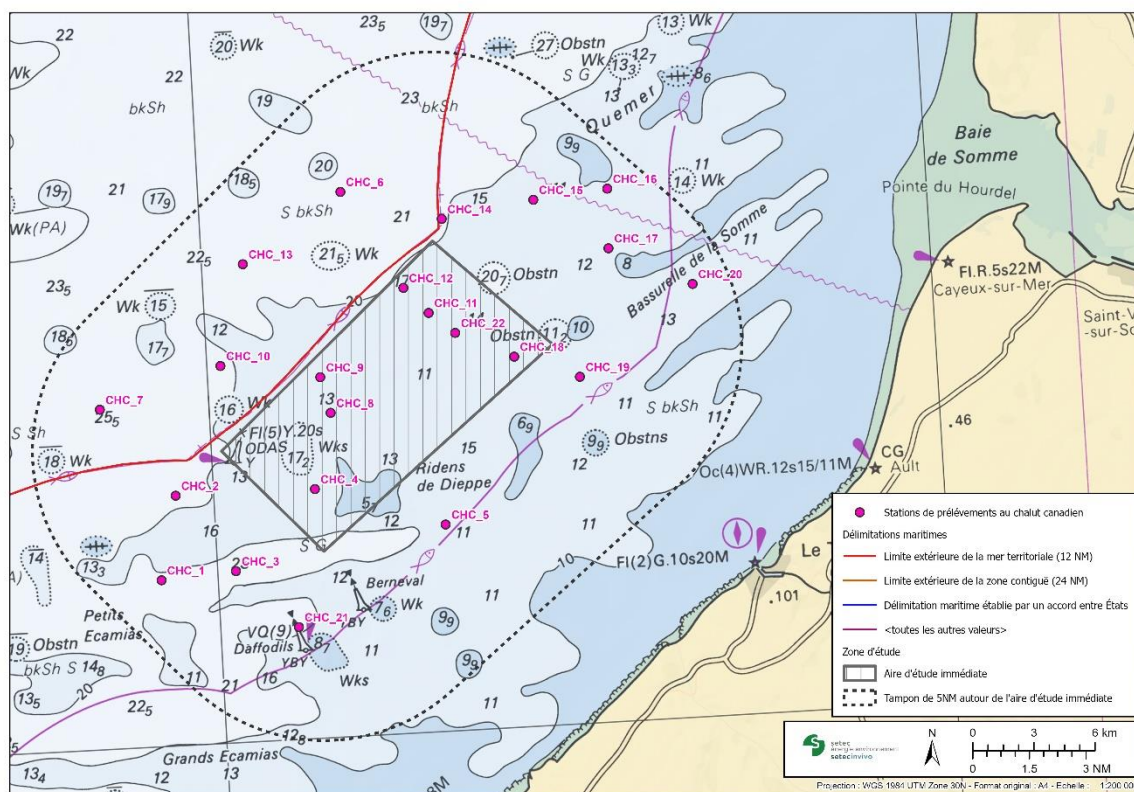


Figure 91 : Représentation du site d'étude et localisation des stations au chalut canadien (source : setec énergie environnement)

Deux campagnes ont été réalisées, la première en période automnale et la seconde en période printanière. Les campagnes ont été effectuées en condition diurne sur deux marées consécutives. Les opérations de pêche sont standardisées en durée et l'échantillonnage des stations a été effectué par la réalisation d'un trait d'une durée fixe de 20 minutes, à vitesse constante (comprise entre 2 et 3 nœuds) et dans le sens inverse du courant dominant. Les 22 stations ont été échantillonnées lors des deux campagnes, avec une modification légère des positions de certaines stations en cas de présence de ridens.

Ce protocole s'appuie sur les recommandations faites par l'Ifremer dans son guide pour l'évaluation des impacts des activités d'extractions de granulats marins (2011) et dans le manuel des protocoles de campagne halieutique (Delaunay et Brind'Amour, 2018). Celui-ci s'inscrit dans la continuité des travaux de description de ce compartiment amorcés lors de la définition de l'état initial sur une durée de deux ans.

Le protocole est construit en suivant la méthode BACI (Before and After Control Impact) qui consiste à suivre deux groupes de sites (contrôle et impact), avant et après la phase de construction du parc éolien. La stratégie d'échantillonnage couvre alors des stations placées à l'intérieur du périmètre d'implantation (Impact / dites stations de surveillance) et des stations placées entre 1 à 5 miles nautiques à l'extérieur (Contrôle / dites stations témoins).

1.2 Moyens à la mer

L'échantillonnage a été réalisé par l'affrètement d'un navire de pêche professionnel, pratiquant le métier, et muni d'un chalut de fond de type canadien (Figure 92). A cet engin a été ajoutée une chaussette terminale de 10 mm maille étirée permettant la capture des individus juvéniles et/ou de petite taille.

Pour garantir le respect du principe de continuité et ainsi pouvoir poursuivre la série temporelle amorcée lors de l'EIE, il s'avère essentiel de conserver (par ordre d'importance) :

- Le même engin ou à défaut un matériel aux caractéristiques techniques similaires (corde de dos, nombre de faces, ouverture verticale, etc.),
- Le même navire ou à défaut un navire ayant des caractéristiques de taille et de puissance, similaires,
- Le même patron pêcheur.

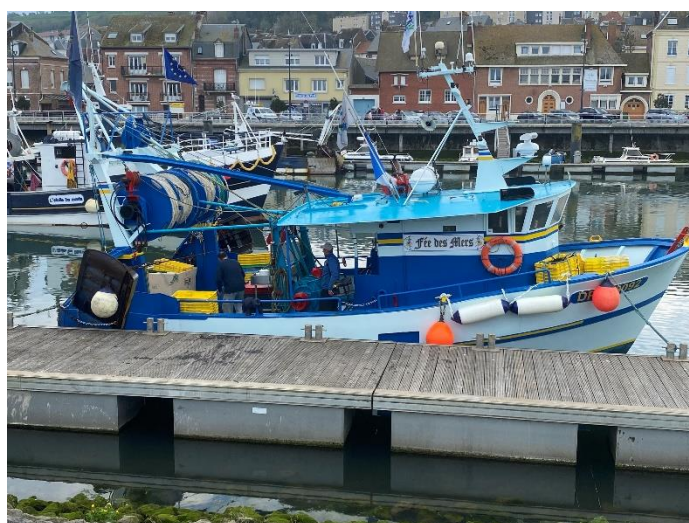


Figure 92. Navire le « Fée des mers » utilisé pour les campagnes au chalut canadien

Le même navire, le *Fée des mers*, a réalisé les deux campagnes d'automne et de printemps.

1.3 Déroulement de la campagne

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 et après virage du chalut, 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 le guide Ifremer de mensurations des espèces en halieutique (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 « 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.

Les captures ont été remises à l'eau.

1.4 Traitement des données

1.4.1 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 traine parcourue et de l'ouverture horizontale du filet en appliquant la formule suivante :

$$\text{Densité (ind. ha)} = \frac{\text{Abondance (nb. ind.)}}{\text{Zone balayée (ha)}}$$

$$\text{Densité (kg. ha)} = \frac{\text{Biomasse (kg)}}{\text{Zone balayée (ha)}}$$

$$\text{Zone balayée (ha)} = 65\% \times \left[\frac{\text{Taille du bourelet (m)}}{1000} \right] \times \text{distance parcourue (km)} \times 100$$

1.4.2 Indices de diversité

Les indices de diversité spécifique prennent en compte non seulement la richesse spécifique (i.e. le nombre d'espèce identifiées dans l'élément considéré comme la station ou le champ d'étude), mais aussi l'équitabilité entre espèces, c'est-à-dire la répartition du nombre d'individus des espèces au sein des stations. Les deux indices utilisés sont l'indice de Shannon-Wiener (H') et l'indice de Simpson. Le premier est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares, l'indice de Simpson est, quant à lui, sensible aux variations d'importance des espèces les plus abondantes.

Pour les interpréter correctement, ils sont associés à des indices d'équitabilité qui donnent plus de poids aux espèces rares dans le cas de Shannon (équitabilité de Pielou J') ou aux espèces les plus abondantes (équitabilité de Simpson). L'indice de Hill combine ces deux indices et fournit une vision plus synthétique.

Ces indicateurs sont définis à l'échelle de la communauté et les analyses statistiques permettant de les extraire suivent les méthodes standards d'analyse décrites par Clarke (1993) et Clarke & Warwick (2001).

1.4.3 Analyses multivariées

Préalablement aux analyses multivariées, les données de captures par unité d'effort (CPUE) ont été transformées en logarithme. Cette transformation permet de réduire l'influence des taxons les plus abondants dans les résultats (Overholtz et Tyler, 1985 ; Mahon et al., 1998). La formule suivante a été appliquée :

$$\ln(x + 1) \text{ avec } x = \text{captures en nombre ou en biomasse}$$

Les espèces rares ont été éliminées de la matrice de données afin de limiter le nombre de taxa et ainsi permettre de mieux caractériser les communautés étudiées. Cette élimination permet de se soustraire de l'influence d'espèces qui finalement ne représentent aucun intérêt descriptif particulier car elles sont trop peu présentes ou en très faibles abondances. La méthode des valeurs médianes (Umana-Villalobos, 2010) a été appliquée dans ce but. C'est-à-dire que seules les espèces dont les valeurs médianes des indices de captures apparaissant supérieures à la valeur médiane globale ont été conservées dans la suite de l'analyse.

Les groupes de stations sont déterminés sur la base des communautés de poissons et de céphalopodes. Un groupement hiérarchique est construit sur la matrice de similarité de Bray-Curtis (méthode de Ward, 1963). Pour déterminer le nombre de groupes qu'il convient de distinguer au sein de la structure obtenue, un test de similarité est ensuite réalisé.

1.4.4 Description spécifique

Une description détaillée des espèces parmi celles les plus représentées ou les plus abondantes est réalisée au travers d'une fiche synthétique. Celle-ci décrit la population observée à la fois en termes de répartition spatiale d'abondance et de biomasse, mais aussi en termes de structure de taille.

2. RESULTATS

2.1 Synthèse globale des captures

Les captures d'espèces benthodémersales montrent une forte saisonnalité en biomasse comme en abondance (Figure 93). Pour les espèces de poissons, celles-ci sont plus élevées pendant la campagne de printemps que pendant celle d'automne : la biomasse capturée au printemps a été plus de trois fois supérieure à celle d'automne, avec 931 kg contre 265 kg. A l'inverse, les céphalopodes ont été capturés en quantité bien plus importante à l'automne qu'au printemps, avec 130 kg contre 14 kg.

Les captures de poissons pélagiques ont été de 686 kg à l'automne et de 367 kg au printemps, elles constituent une part non négligeable des captures bien qu'elles ne soient pas ciblées par l'engin utilisé.

La capture de crustacés commerciaux a été faible et composée d'une seule espèce, l'araignée de mer.

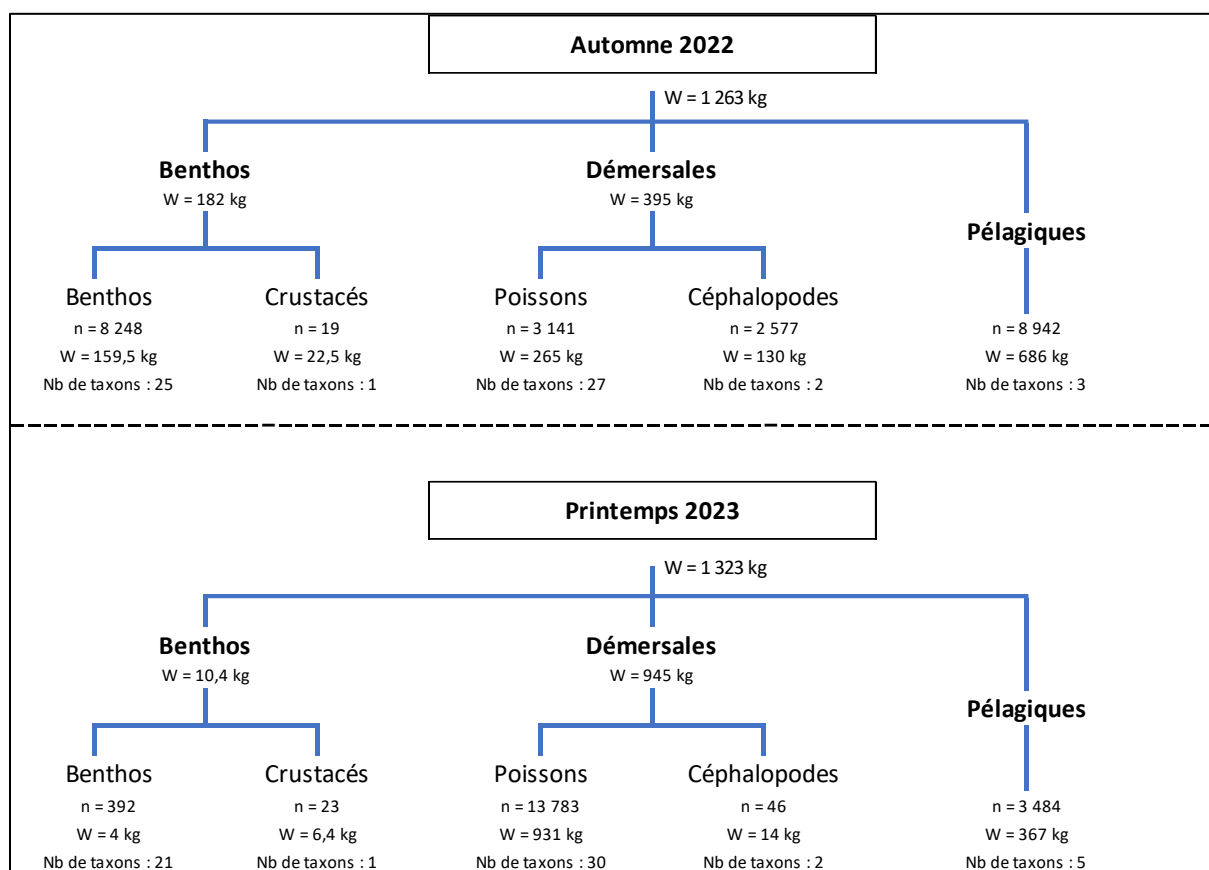


Figure 93 : Synthèse des captures effectuées par groupe d'espèces lors des 2 campagnes au chalut canadien (n = abondance, W = biomasse)

En automne, la biomasse totale (poissons, céphalopodes et benthos) capturée par station est comprise entre 6 kg et 367 kg, avec une moyenne de 57 kg et une médiane de 30 kg.

Au printemps, cette biomasse varie entre 10 kg et 233 kg, avec une moyenne légèrement plus élevée, à 60 kg et une médiane de 48 kg (Figure 94).

Il est à noter que le benthos a été irrégulièrement trié et échantillonné, par conséquent, les biomasses de benthos considérées ne reflètent pas toujours sa part réelle dans les captures.

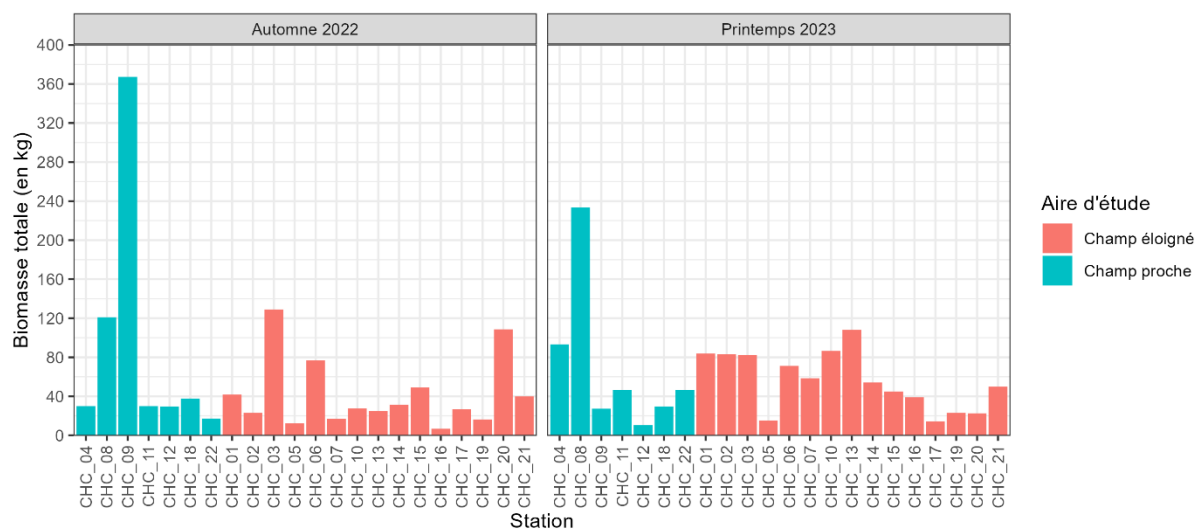


Figure 94. Biomasse totale capturée par station et par campagne d'échantillonnage

2.2 Diversité spécifique

Pour les espèces de poissons et de céphalopodes, la diversité spécifique moyenne est de 13,6 +/- 4 espèces sur les deux campagnes : 11,5 +/- 3 espèces pour la campagne de septembre 2022 et 15,7 +/- 3,5 espèces pour avril 2023.

Au total, ce sont 45 taxons différents de poissons ou de céphalopodes qui ont été observés au cours des deux campagnes d'échantillonnage : 37 espèces de poissons benthodémersaux, 5 espèces de poissons pélagiques et 3 de céphalopodes (Tableau 8).

Lors de la campagne d'automne 2022, 32 espèces de poissons et céphalopodes ont été recensées. La diversité spécifique varie selon les stations entre 5 et 17 espèces. Un cortège de 5 espèces a été retrouvé de façon constante (fréquence >75% des stations) : le dragonnet lyre et la seiche commune (retrouvés sur toutes les stations), le chinchard commun, l'encornet commun et la plie commune. Onze espèces ont été capturées de façon accidentelle lors de cette campagne (fréquence <10% des stations).

Tableau 8 : Liste des espèces de poissons et de céphalopodes observées au chalut canadien lors de la campagne d'échantillonnage de septembre 2022, classées par fréquence d'occurrence

Espèce			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	F
Constantes (0.75 < F < 1)	Dragonnet lyre	<i>Callionymus lyra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100%
	Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100%
	Chinchard commun	<i>Trachurus trachurus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	86%
	Encornet commun	<i>Loligo vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	86%
	Plie commune	<i>Pleuronectes platessa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	86%
Communes (0.5 < F < 0.75)	Grondin perlou	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	73%
	Hippocampe	<i>Hippocampus spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	68%
	Rouget barbet	<i>Mullus surmuletus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	59%
	Grondin rouge	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55%
	Sole commune	<i>Solea solea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55%
Occasionnelles (0.25 < F < 0.5)	Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50%
	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	41%
	Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	41%
	Arnoglosse lanterne	<i>Arnoglossus laterna</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	36%
	Raie brunette	<i>Raja undulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	36%
	Dorade grise	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	32%
	sole blonde	<i>Pegusa lascaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27%
Rares (0.1 < F < 0.25)	Petite vive	<i>Echiichthys vipera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23%
	Grondin camard	<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
	Saint-Pierre	<i>Zeus faber</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
Accidentelles (F < 0.1)	Langon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9%
	Petit tacaud	<i>Trisopterus minutus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9%
	Flet commun	<i>Platichthys flesus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Limande	<i>Limanda limanda</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Limande sole	<i>Microstomus kitt</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Petite roussette	<i>Scylliorhinus canicula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Petite sole jaune	<i>Buglossidium luteum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Raie pastenague	<i>Dasyatis pastinaca</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Sole perdrix	<i>Microchirus variegatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Syngnathe aiguille	<i>Syngnathus acus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
	Turbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
Nombre total d'espèces			5	8	13	8	13	15	9	5	13	11	11	11	10	12	14	13	17	12	12	12	17	13	

Lors de la campagne de printemps 2023, 37 espèces de poissons et céphalopodes ont été recensées. La richesse spécifique varie selon les stations entre 9 et 21 espèces (Tableau 9). Un cortège de 9 espèces a été retrouvé de façon constante : la limande, le merlan, la plie commune (retrouvés sur toutes les stations), le rouget barbet, le chinchard commun, le dragonnet lyre, le maquereau commun, la petite vive et la sardine. Sept espèces ont été capturées de façon accidentelle lors de cette campagne.

Tableau 9. Liste des espèces de poissons et de céphalopodes observées au chalut canadien lors de la campagne d'échantillonnage d'avril 2023, classées par catégorie d'occurrence

Espèce			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	F	
Constantes (0.75<F<1)	Limande	<i>Limanda limanda</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100%
	Merlan	<i>Merlangius merlangus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100%
	Plie commune	<i>Pleuronectes platessa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100%
	Rouget barbet	<i>Mullus surmuletus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	95%
	Chinchard commun	<i>Trachurus trachurus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	91%
	Dragonnet lyre	<i>Callionymus lyra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	86%
	Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	82%
	Petite vive	<i>Echiichthys vipera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	77%
	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	77%
Communes (0.5<F<0.75)	Grondin gris	<i>Eutrigla gurnardus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	68%
	Grondin perlon	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	64%
	Langon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	64%
	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55%
	Petite roussette	<i>Scylliorhinus canicula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55%
Occasionnelles (0.25<F<0.5)	Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50%
	Encornet commun	<i>Loligo vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50%
	Arnoglosse lanterne	<i>Arnoglossus laterna</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	36%
	Souris de mer	<i>Agonus cataphractus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	36%
	Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	36%
	Sole commune	<i>Solea solea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27%
	Blennie papillon	<i>Blennius ocellaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23%
Rares (0.1<F<0.25)	Casseron commun	<i>Alloteuthis sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23%
	Grondin rouge	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23%
	Flet commun	<i>Platichthys flesus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18%
	Gobie sp.	<i>Gobiidae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18%
	Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18%
	Langon sp.	<i>Ammodytidae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
	Petit tcaud	<i>Trisopterus minutus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
	Raie brunette	<i>Raja undulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
	Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14%
	Accidentelles (F<0.1)	Sole blonde	<i>Pegusa lascaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hippocampe		<i>Hippocampus spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9%
Anchois		<i>Engraulis encrasicolus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
Congre commun		<i>Conger conger</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
Dorade grise		<i>Spondyliosoma cantharus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
Grondin camard		<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
Tcaud commun		<i>Trisopterus luscus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5%
Nombre total d'espèces			16	16	13	16	9	21	21	20	13	20	18	11	17	14	20	9	12	18	15	16	13	17		

2.3 Indices d'abondance

Les abondances et les biomasses comptabilisées à chaque trait de chalut ont été converties en captures par unité d'effort (CPUE) ou densités, exprimées en nb/ha et en kg/ha.

Les indices d'abondance (en nombre d'individus/ha) pour les poissons benthodémersaux, pélagiques et les céphalopodes sont très variables selon les stations et pour une même station selon la campagne d'échantillonnage (Figure 95).

En automne, les stations 16 et 7 présentent les indices d'abondance les plus faibles avec 40 et 43 individus par hectare, et le maximum est observé sur la station 8, située dans la zone d'étude proche, avec 1573 individus/ha. Au printemps, la station 8 présente également l'indice d'abondance le plus élevé avec 1247 individus/ha. La station 12 présente l'indice le plus faible avec 37.4 individus/ha.

L'abondance moyenne est de 350.7 individus/ha en automne et 371.4 au printemps.

En ce qui concerne l'abondance, aucune tendance significative ne permet de déterminer de différence entre les stations situées dans le champ proche et celles du champ éloigné, ni de gradient entre la côte et le large (Figures 95 et 96).

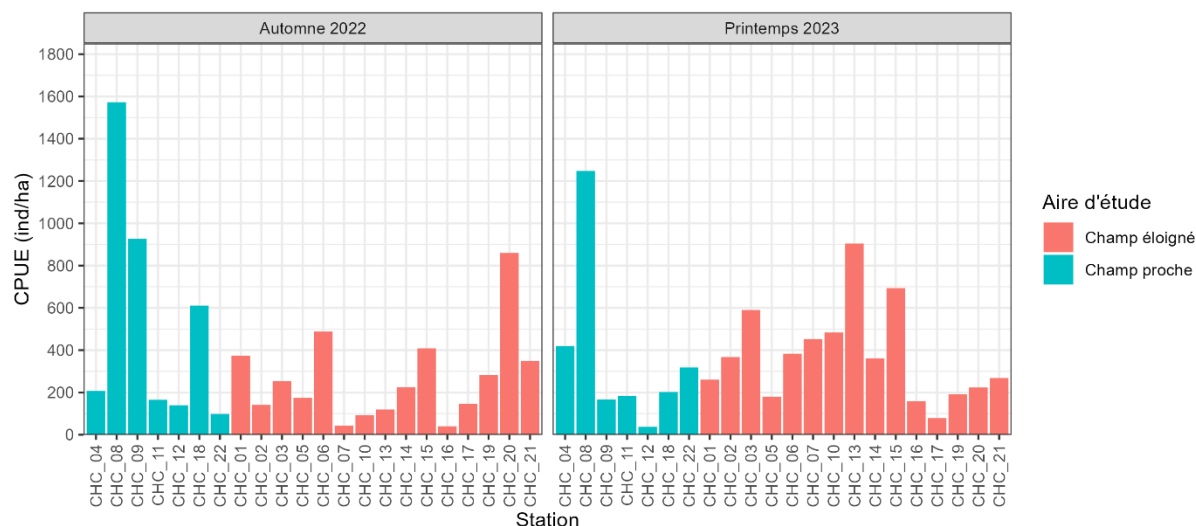


Figure 95 : Indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes par station et par campagne d'échantillonnage

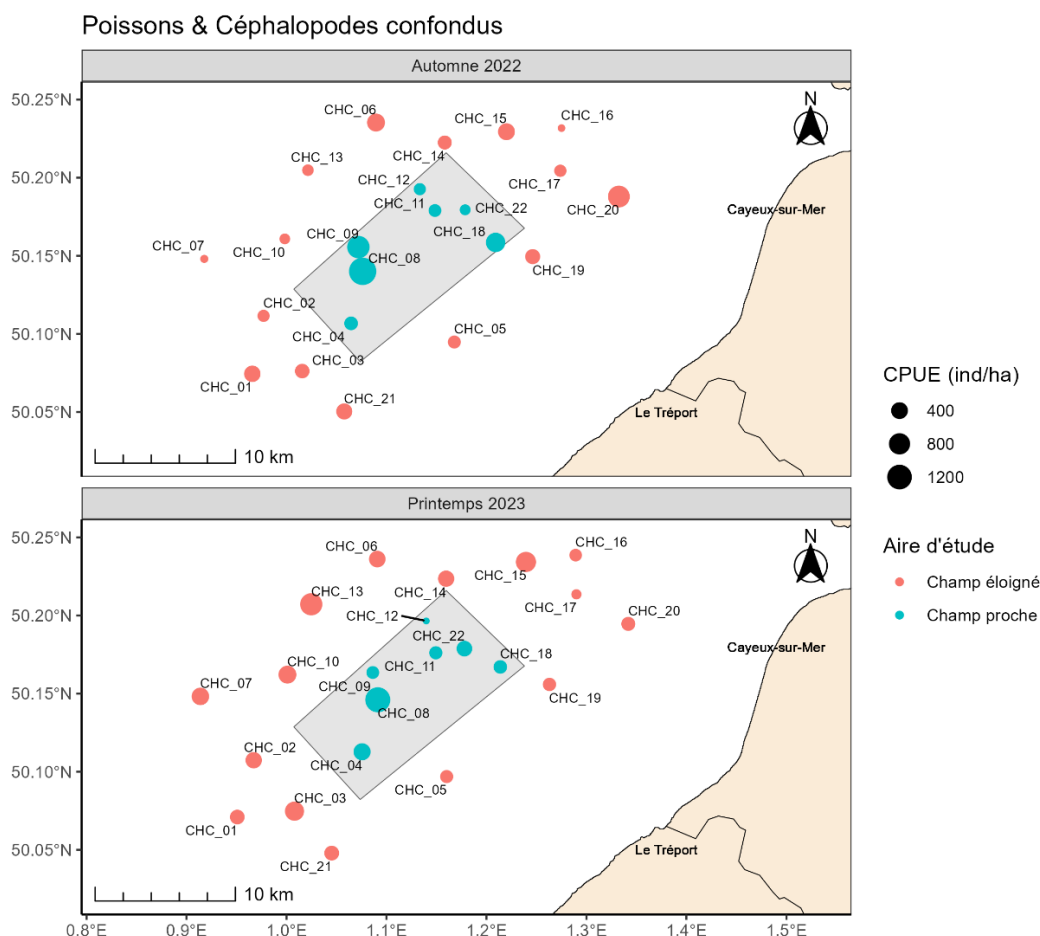


Figure 96 : Carte des indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes

A l'instar des indices d'abondance, les indices de biomasse (CPUE en kg/ha) pour les poissons benthodémersaux, pélagiques et les céphalopodes sont très variables selon les stations et pour une même station selon la campagne d'échantillonnage (Figure 97).

En automne, la station 16 présente la biomasse la plus faible avec 1.7 kg par hectare, et le maximum est observé par la station 8, située dans la zone d'étude proche, avec 201 kg/ha. Au printemps, la station 8 présente également la biomasse la plus importante avec 104 kg/ha. La station 12 présente l'indice le plus faible avec 3.6 kg/ha.

La biomasse moyenne par station est de 26.9 kg/ha en automne et 28.1 kg/ha au printemps.

Aucune tendance significative ne permet de déterminer une différence de biomasse entre les stations situées dans le champ proche et celles du champ éloigné, ni de gradient de biomasse entre la côte et le large (Figure 97 et 98).

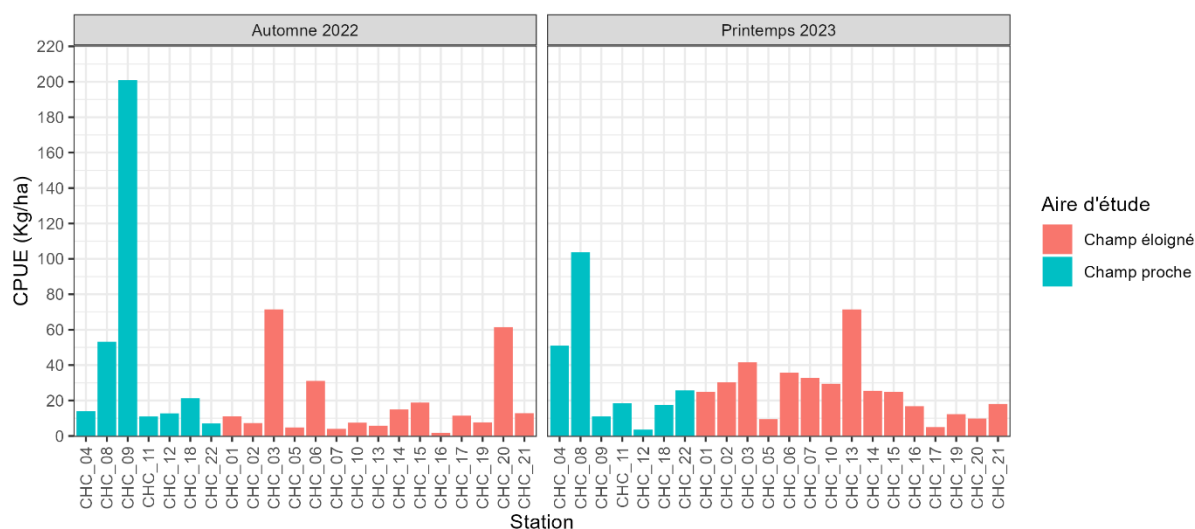


Figure 97 : Indices d'abondance (CPUE en kg par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes par station et par campagne d'échantillonnage

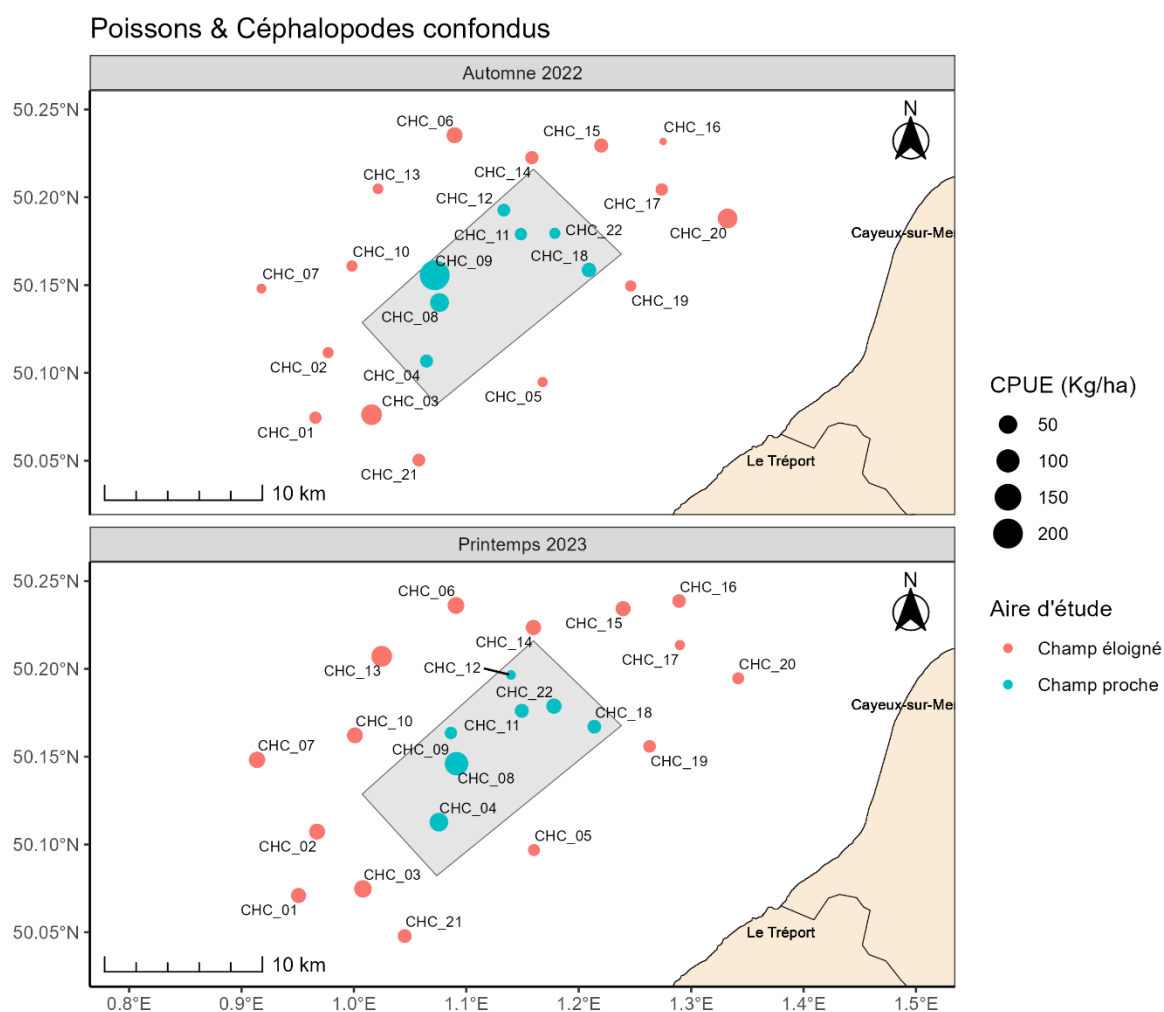


Figure 98 : Carte des indices d'abondance (CPUE en kg par hectare) des espèces de poissons et de céphalopodes

2.4 Composition des captures

En automne, une espèce domine largement les captures : le chinchard commun, espèce pélagique au comportement grégaire, qui représente près de 55% des individus capturés (Figure 99). Ensuite, les espèces les plus abondantes dans les captures sont le dragonnet lyre, l'encornet commun, la seiche commune et le maquereau commun (qui représentent respectivement 15%, 9%, 8,5% et 6% des individus capturés).

Au printemps, les captures sont dominées par deux espèces, la limande et le merlan, qui représentent respectivement 43% et 21% des abondances. 6 autres espèces sont relativement abondantes avec un nombre d'individus capturés représentant entre 2% et 7% de l'ensemble des captures : 3 espèces pélagiques (le chinchard commun, la sardine, le maquereau commun) et 3 espèces benthodémersales (la petite vive, la plie commune et le rouget barbet).

Espèces les plus fréquentes (> 1% par rapport à l'abondance totale)

Automne 2022 = 97.5% d'abondance conservée

Printemps 2023 = 96.7% d'abondance conservée

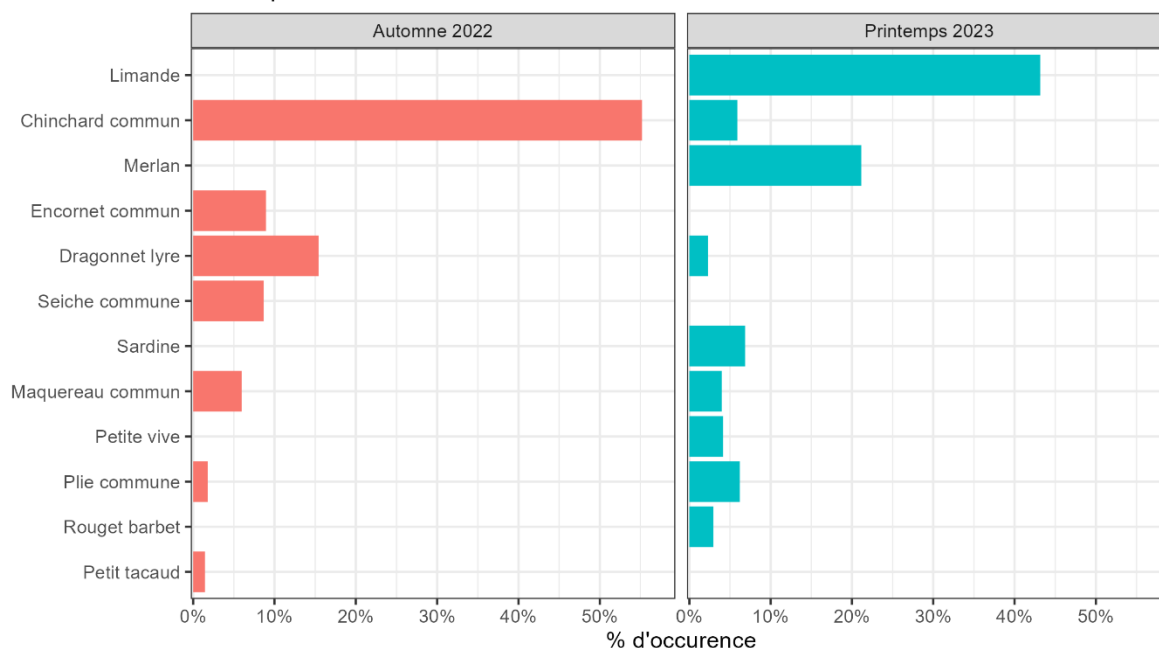


Figure 99 : Proportion (%) en abondance des 12 espèces les fréquentes (>1% de l'abondance totale) par campagne d'échantillonnage.

En automne, les captures de poissons benthodémersaux sont majoritairement constituées de dragonnet lyre (71% de la biomasse et de l'abondance) et de plie commune (8.4% de l'abondance et 11.3% de la biomasse). Concernant les poissons pélagiques, la biomasse capturée (686 kg) est composée à 54% de chinchard (90% de l'abondance) et à 46% de maquereau commun. Enfin, pour les céphalopodes, la biomasse capturée est de 130 kg pour plus de 2 500 individus, et est dominée par la seiche commune (19% de l'abondance et 71% de la biomasse) et l'encornet commun (50% de l'abondance et 27% de la biomasse).

Au printemps, les captures de poissons benthodémersaux sont majoritairement constituées par la limande (52% de l'abondance et 39% de la biomasse), le merlan (26% de l'abondance et 41% de la biomasse) et la plie (7,5% de l'abondance et 9% de la biomasse). La biomasse capturée de poissons pélagiques est de 367 kg, avec un assemblage de 4 espèces : chinchard commun, maquereau commun, sardine et sprat. La capture de céphalopodes est anecdotique avec 14 kg.

En ce qui concerne les indices d'abondances (CPUE en individus par hectare) des 12 espèces principales des captures, le chinchard se démarque avec 194.8 individus/ha, puis le dragonnet lyre, la seiche commune, l'encornet commun et le maquereau avec des valeurs comprises entre 21 et 54.5 individus/ha (Figure 100). Les indices d'abondance pour ces espèces sont beaucoup moins importants voir nuls lors de la campagne de printemps, ce qui montre une saisonnalité nette des captures de ces espèces. Au printemps, deux espèces dominent largement les indices d'abondance, le merlan et la limande, avec 71.4 et 145.8 individus/ha respectivement. Il existe également pour ces deux espèces

une forte variabilité saisonnière, puisqu'elles sont quasiment absentes des captures de la campagne d'automne.

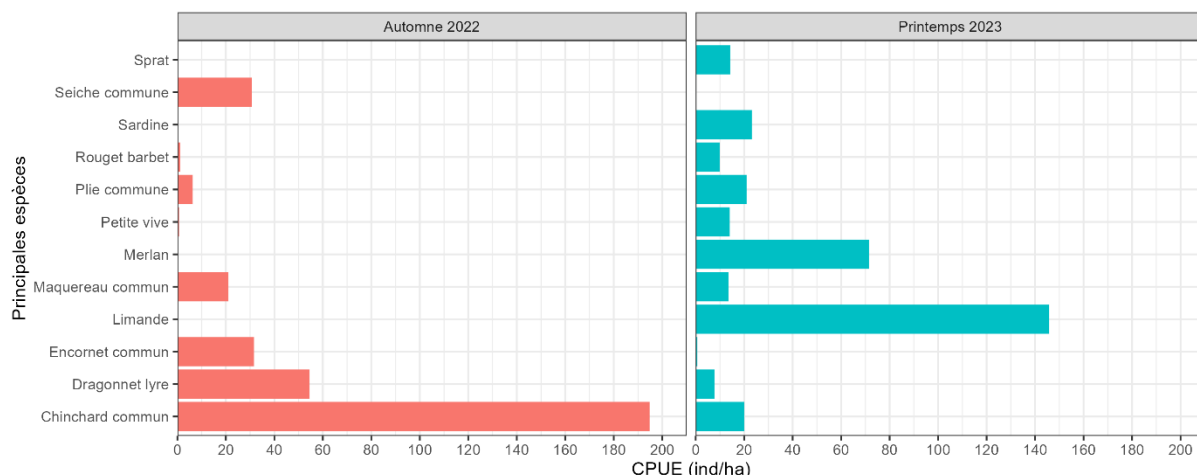


Figure 100 : Indices d'abondance (CPUE en individus par hectare) des 12 principales espèces de poissons et de céphalopodes capturées par campagne d'échantillonnage

Le constat est relativement similaire si l'on considère les indices de biomasse (en kg par hectare) pour ces mêmes 12 espèces principales dans les captures, bien que cela soit moins marqué (les espèces les plus abondantes n'étant pas celles à la plus forte biomasse). Les biomasses les plus élevées en automne sont celles du chinchard et du maquereau, deux espèces pélagiques, avec 8.9 et 7.7 kg/ha respectivement, puis celles des espèces benthodémersales : dragonnet lyre, seiche commune encornet commun et plie commune, avec des biomasses comprises entre 0.9 et 4.6 kg/ha (Figure 101). Au printemps, les biomasses maximales sont celles du merlan et de la limande, avec 7.8 et 7.3 kg/ha respectivement, suivies par celles du chinchard, de la sardine, du maquereau et de la plie commune, avec des valeurs comprises entre 1.7 et 3.5 kg/ha.

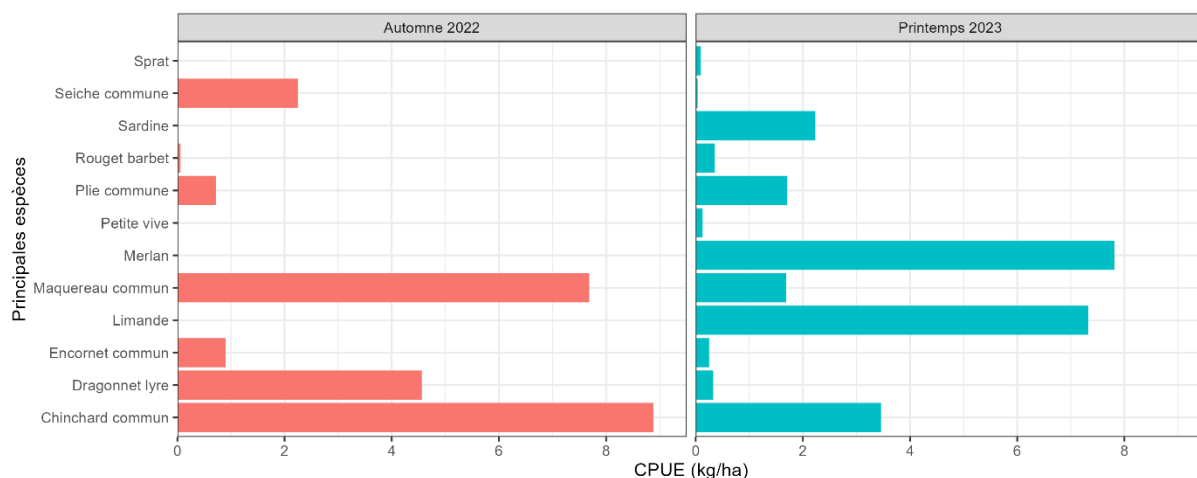


Figure 101 : Indices d'abondance (CPUE en kg par hectare) des 12 principales espèces de poissons et de céphalopodes capturées par campagne d'échantillonnage

2.5 Indices de diversité

Les indices de diversité de Shannon pour la campagne d'automne sont compris entre 0.69 et 1.73 avec néanmoins une valeur exceptionnellement basse de 0.04 pour la station 8 corrélée avec la capture très abondante de chinchard (Figure 102). Les valeurs maximales au-delà de 1.5 ont été observées pour les stations 3, 10, 16, 17 et 21, toutes situées dans le champ éloigné. Les indices sont bas, ce qui traduit une faible diversité.

Au printemps, l'indice de diversité de Shannon varie entre 0.85 et 2. Les valeurs ne permettent pas de dégager de différence entre les stations du champ éloigné et celles du champ proche. Les indices sont légèrement plus hauts qu'en automne, ce qui traduit une diversité supérieure, mais néanmoins toujours considérée comme faible (la valeur maximale de l'indice de Shannon est 5).

L'indice de diversité de Simpson suit des tendances similaires à l'indice de Shannon. Les captures semblent ainsi plus hétérogènes au printemps qu'en automne.

Les indices de Pielou varient entre 0.34 et 0.82 en printemps comme en automne (avec une valeur extrême faible pour la station 8 en automne corrélée à la forte capture de chinchard). Ces valeurs sont variables mais globalement moyennes, ce qui montre une dominance récurrente d'un nombre réduit d'espèces. Plus les valeurs sont proches de 0, plus les captures sont dominées par une seule espèce. À l'inverse, plus cet indicateur se rapproche de 1, plus la répartition des espèces présentes dans les captures est équilibrée.

Ainsi, de manière générale, la campagne réalisée au printemps est caractérisée par une plus grande diversité et une répartition plus équitable entre espèces.

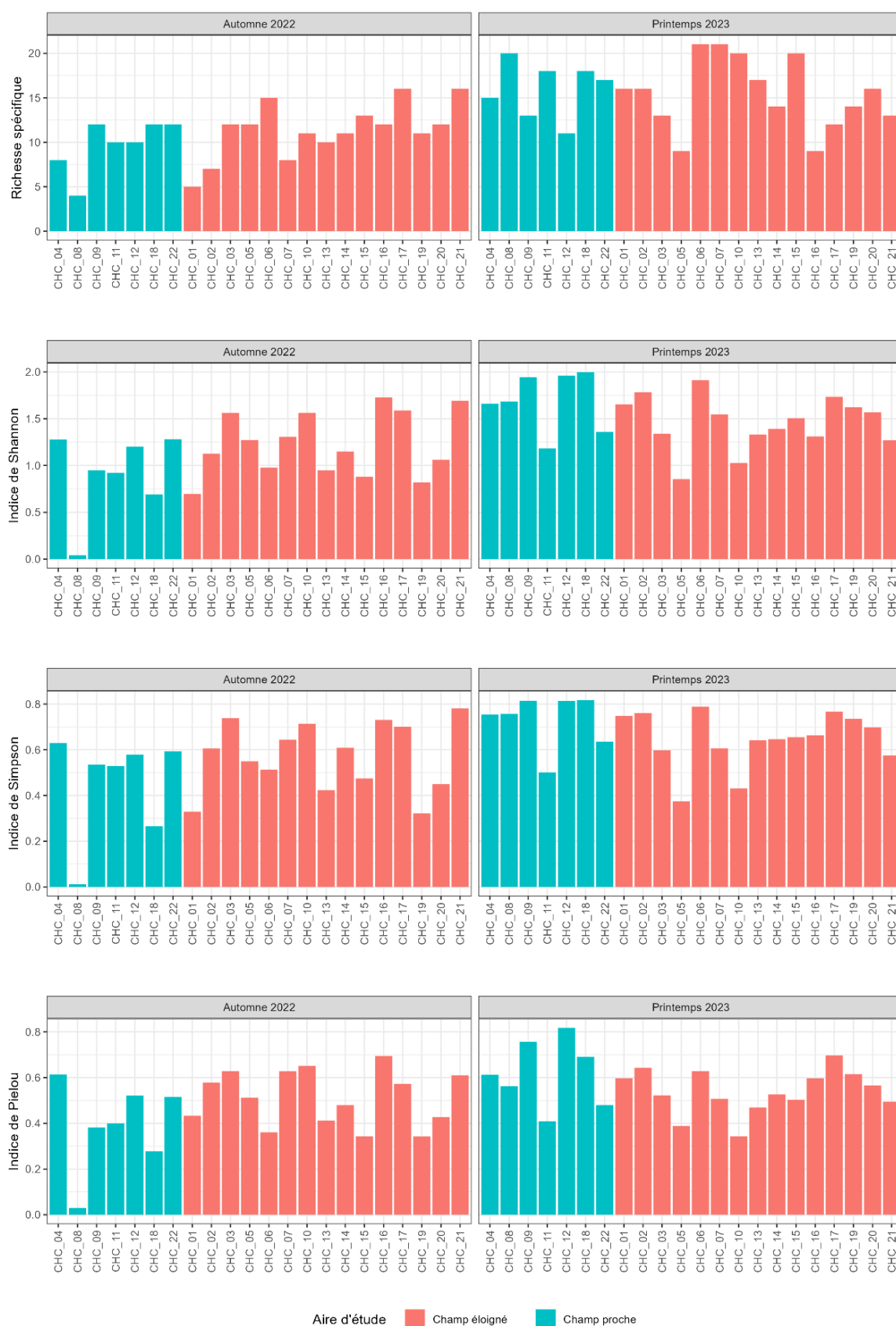


Figure 102 : Richesse spécifique, indices de diversité de Shannon et de Simpson, indice d'équitabilité de Pielou par station et par campagne d'échantillonnage pour les poissons et céphalopodes.

2.6 Analyse des peuplements

Pour évaluer le degré de similarité et de divergence en termes de composition spécifique entre les stations, les données brutes de captures par unité d'effort ont été transformées (double racine carrée) et les espèces rares éliminées (méthode des valeurs médianes).

Un premier test, basé sur les ordinations nMDS calculées à partir des indices de Bray-Curtis, a été réalisé à partir des données de captures d'automne et d'hiver. Un indice appelé « stress score » permet de déterminer si la représentation des dimensions est bonne. Un ajustement parfait donnerait un stress nul, celui-ci devant être inférieur à 0.10 dans l'idéal pour permettre une bonne interprétation de la représentation obtenue.

Le second test est basé sur une analyse UPGMA, un dendrogramme de dissimilarité permettant de regrouper les stations en fonction de la similarité de leurs assemblages d'espèces. Plus le score est élevé, plus les stations sont différentes.

2.6.1 A l'automne 2022

Le « stress score » nMDS de 0,16 indique une qualité de l'ajustement obtenu passable voire pauvre. Par conséquent, le résultat de la nMDS n'est pas affiché ici. Ce premier résultat renseigne sur le fait qu'aucune structure spatiale évidente n'existe et que les stations présentent toutes de très fortes similitudes entre elles en termes de composition spécifique. Les assemblages d'espèces peuvent ainsi être considérés comme relativement homogènes, ce qui est à mettre en relation avec l'homogénéité des milieux sur les stations et la faible distance les séparant.

Cette absence de structure spatiale s'observe également au travers d'une étude des groupements établis par l'analyse UPGMA (Figure 103). Le dendrogramme de classification produit à partir des données de captures par station et pour chaque année affiche un score de dissimilarité faible (< 0.4) ce qui souligne la faible dissimilarité entre la majorité des échantillons constitués. Trois clusters de stations se détachent : le premier est composé de la seule station 8 caractérisée par une capture forte et très majoritaire de chinchard, le second (stations 9, 6, 20, 21, 3, 10, 5, 4, 1, 2, 19, 17 et 18) caractérisé par des captures majoritaires de poissons pélagiques, et le troisième (stations 16, 7, 22, 12, 14, 15, 11 et 13) caractérisé par des captures importantes de dragonnet lyre et de seiche commune.

Automne 2022

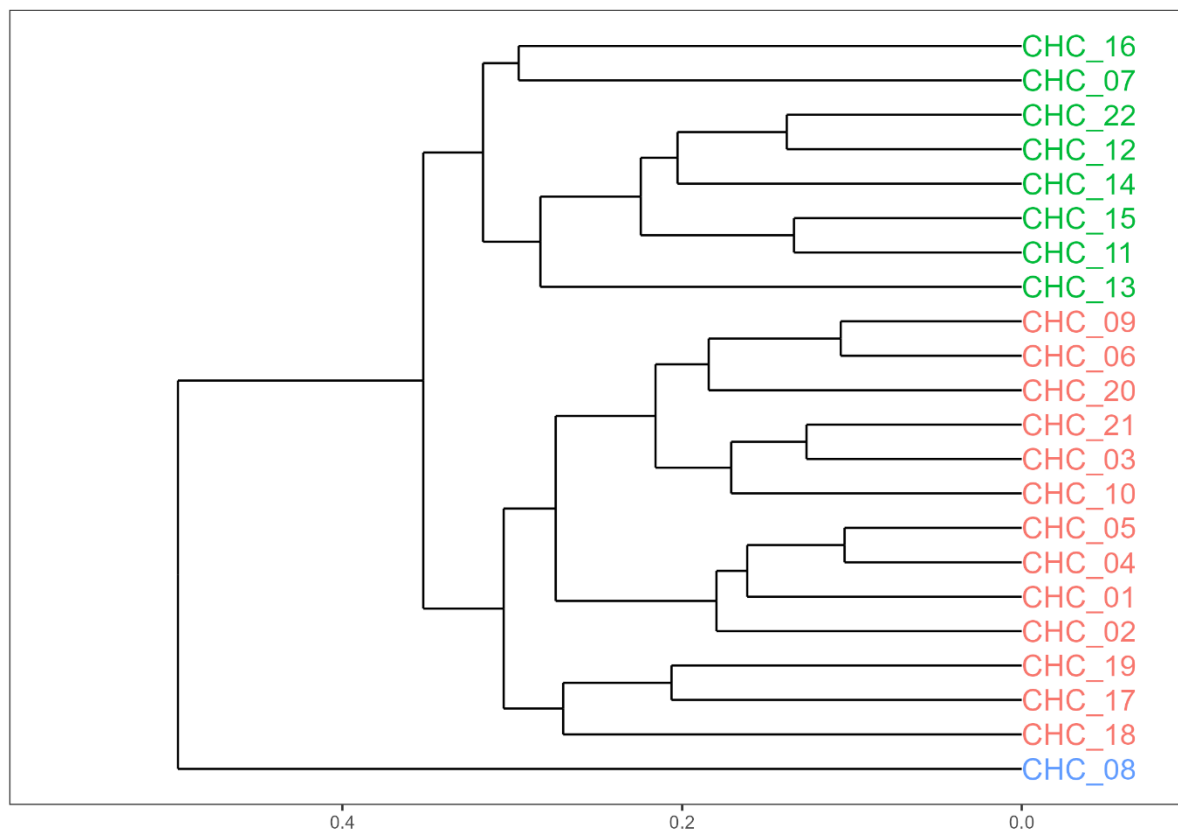


Figure 103 : Dendrogramme de classification des stations réalisé à partir des indices d'abondance de la campagne d'automne.

2.6.2 Au Printemps 2023

Le stress score nMDS de 0.17 indique une qualité de l'ajustement obtenu passable, voire pauvre. Par conséquent, le résultat de la nMDS n'est pas affiché ici. Ce premier résultat renseigne sur le fait qu'aucune structure spatiale évidente n'existe et que les stations présentent toutes de très fortes similitudes entre elles en termes de composition spécifique. Comme pour les résultats de la campagne d'automne, les assemblages d'espèces peuvent ainsi être considérés comme relativement homogènes, ce qui est à mettre en relation avec l'homogénéité des milieux sur les stations et la faible distance les séparant.

Cette absence de structure spatiale s'observe également au travers d'une étude des groupements établis par l'analyse UPGMA (Figure 104). A l'instar de la campagne d'automne, le dendrogramme de classification produit à partir des données de d'abondance par station affiche un score de dissimilarité faible (< 0.4) ce qui souligne la faible hétérogénéité des échantillons constitués.

Cinq clusters de stations se détachent néanmoins :

- le premier (stations 17 et 16) caractérisé par une abondance importante de limande, chinchard et de petite vive ;
- le second (station 12) caractérisé par une abondance importante de limande, de chinchard et de merlan ;

- le troisième (stations 20, 19, 15 et 9) caractérisé par une abondance importante de limande, de sprat et de petite vive ;
- le quatrième (stations 7, 6, 10, 22, 14, 18, 3, 2, 21, 8, 1, 13, 11 et 4) caractérisé par une abondance importante de limande, et de merlan;
- et le cinquième (station 5) caractérisé par une abondance importante et majoritaire de limande.

Printemps 2023

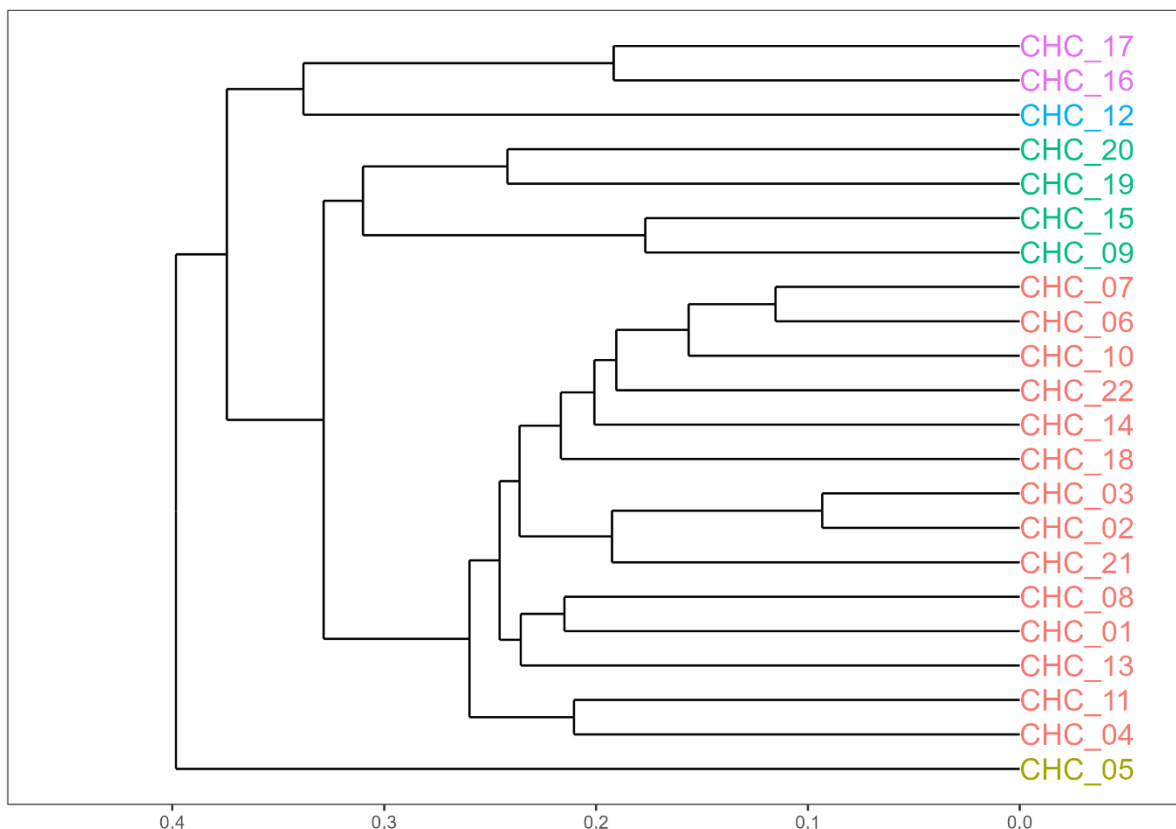


Figure 104 : Dendrogramme de classification des stations réalisé à partir des indices d'abondance de la campagne de printemps

2.7 Focus sur les espèces de poissons et de céphalopodes les plus abondantes

Dans cette dernière partie, neuf espèces abondantes et/ou présentant un intérêt commercial font l'objet d'une fiche individuelle. Celles-ci présentent i) la carte des indices d'abondance (kg/ha) observés lors campagnes d'échantillonnage, ii) la structure en tailles observée par campagne et iii) la taille moyenne observée par station. Une indication de la taille à première maturité (données bibliographiques) y est figurée.

Chinchard commun *Trachurus trachurus*



Le chinchard a été capturé abondamment en automne comme en hiver. Aucune tendance nette dans la répartition spatiale des captures n'est observable (Figure 105). Il s'agit d'une espèce pélagique, fortement grégaire, non ciblée par le chalut de fond, qui est capturée aléatoirement au gré de la présence de bancs et de son abondance sur la zone.

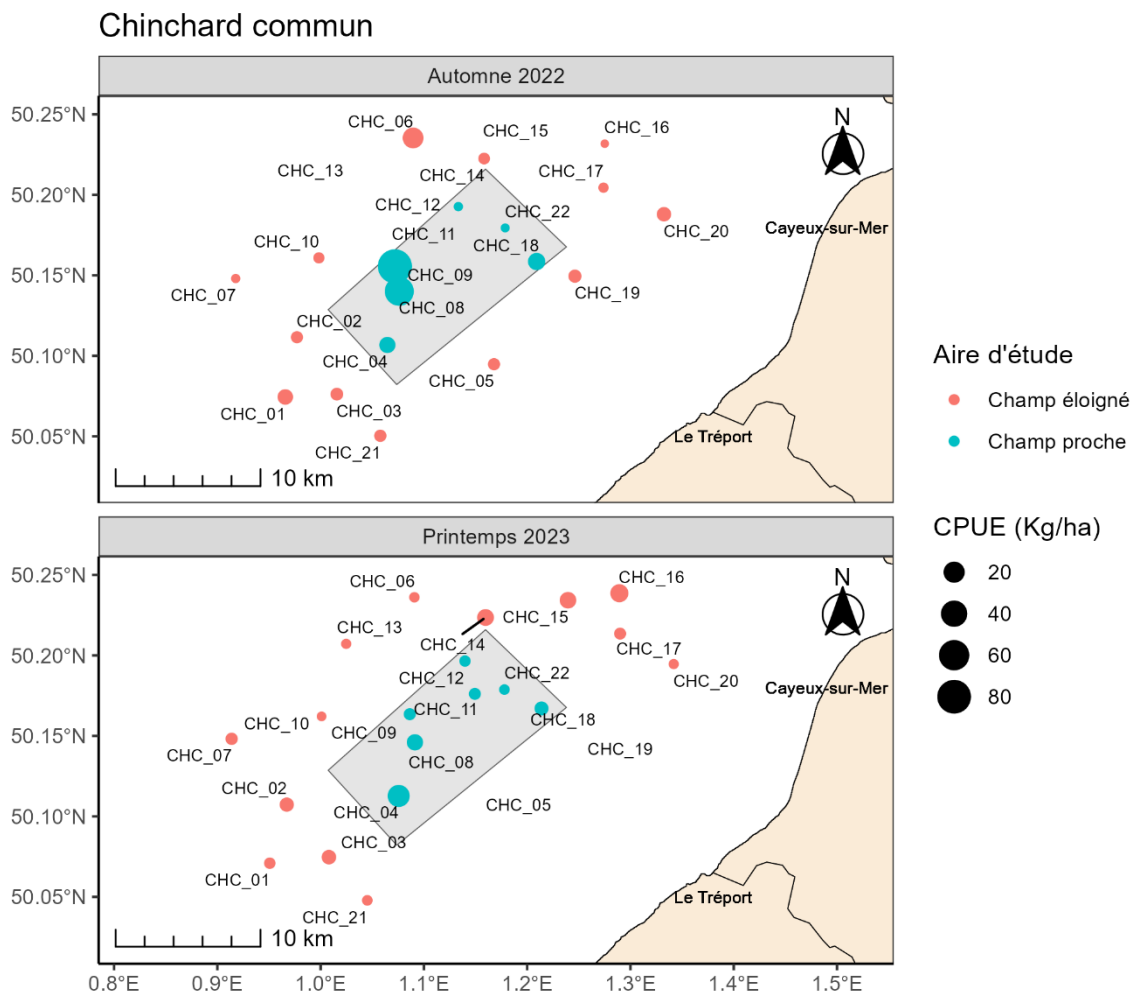


Figure 105. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le chinchard commun

Une structuration en 3 cohortes est bien visible sur la structure en classes de taille, que ce soit pour la campagne d'automne ou de printemps : les deux premières classes (LT < 200 mm) correspondent à des individus d'1 an ou moins (Figure 106). La taille moyenne est plus élevée au printemps ce qui peut être lié à la croissance des individus recrutés l'année précédente, non détectables et capturables à l'automne (Figure 107).

Chinchard commun

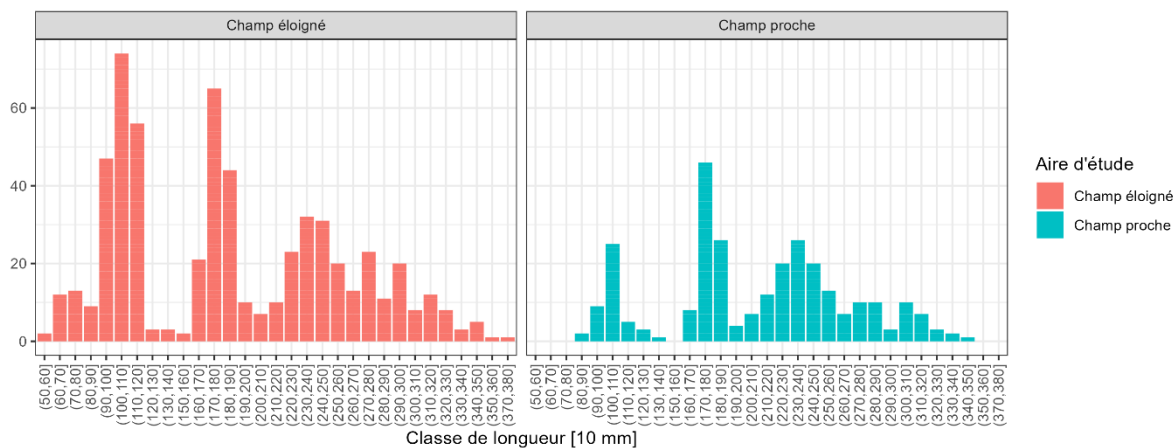


Figure 106. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) du chinchard commun par champ d'étude

Chinchard commun

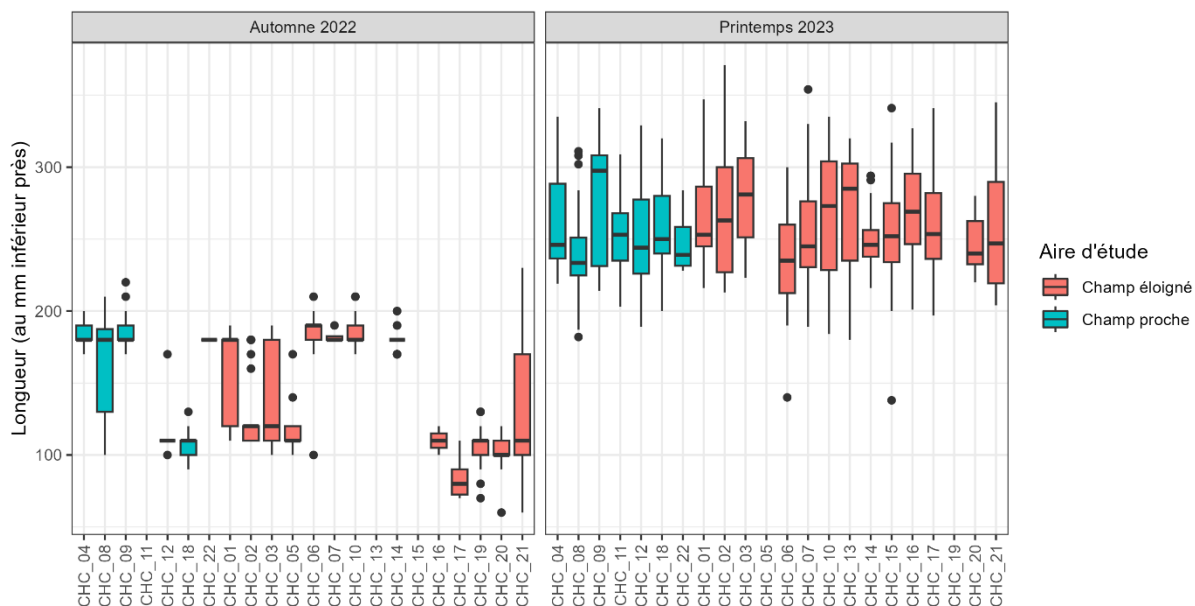


Figure 107. Distribution des tailles (LT en mm) pour le chinchard commun, par campagne et par station

Dragonnet lyre *Callionymus lyra*



Le callionyme lyre a été capturé abondamment durant la campagne d'automne, beaucoup moins durant celle de printemps. Aucun schéma net dans la répartition spatiale des captures n'est observable pour cette espèce (Figure 108).

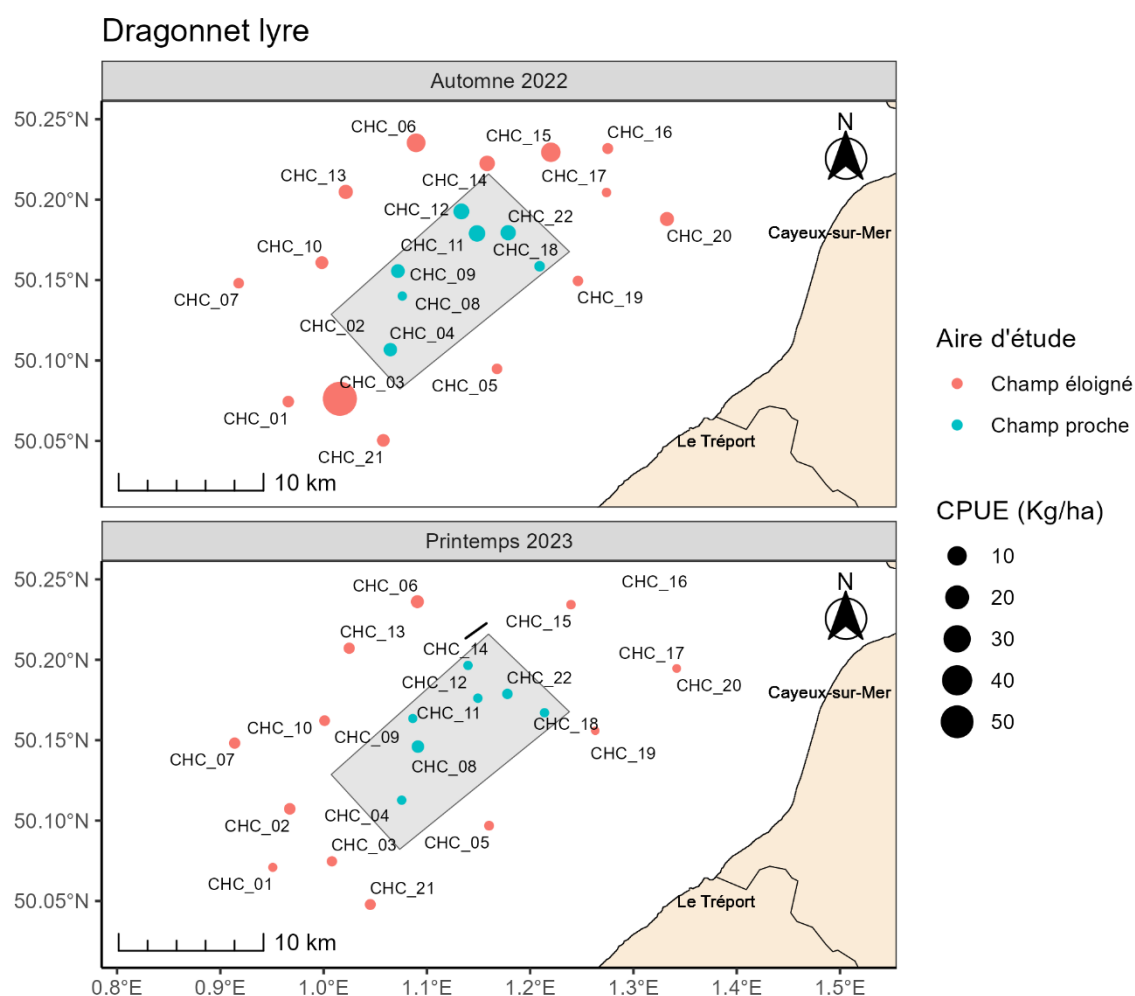


Figure 108. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le dragonnet lyre

La structure en classes de tailles est symétrique autour d'un pic entre 150 et 200 mm et aucune différence significative n'est observable entre stations, champs d'étude ou campagnes (Figures 109 et 110).



Figure 109. Distribution du dragonnet lyre en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.



Figure 110. Distribution des tailles (LT en mm) pour le dragonnet lyre, par campagne et par station.

Encornet commun *Loligo vulgaris*



L'encornet commun a été régulièrement observé, en particulier durant la campagne d'automne. Pour cette dernière, les captures semblent plus importantes sur les stations les proches de la côte (Figure 111).

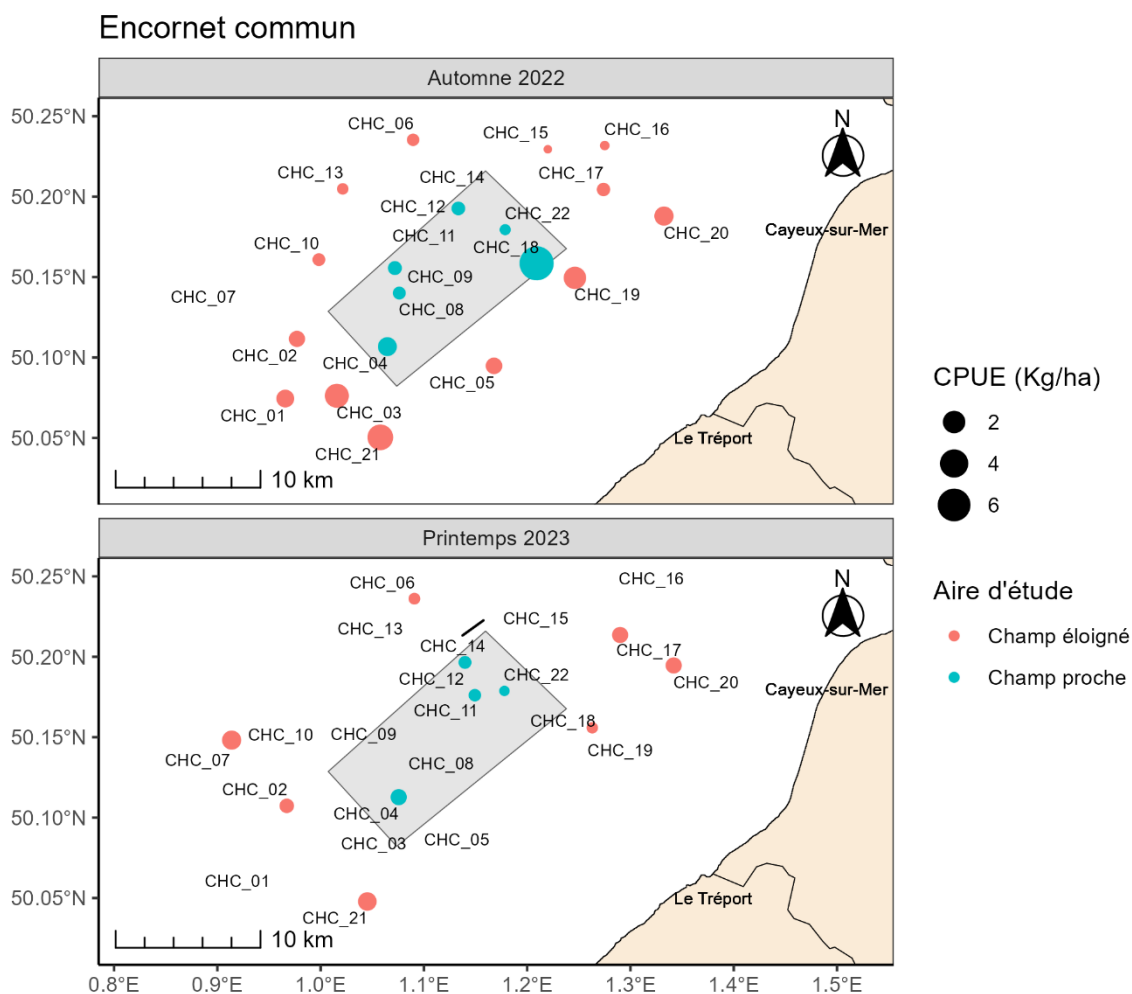


Figure 111. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour l'encornet commun

La structure en classes de tailles est dissymétrique, avec une forte prépondérance des individus entre 80 et 130 mm et quelques individus de tailles supérieures (130 à 450 mm) qui forment une queue de distribution vers la droite (Figure 112).

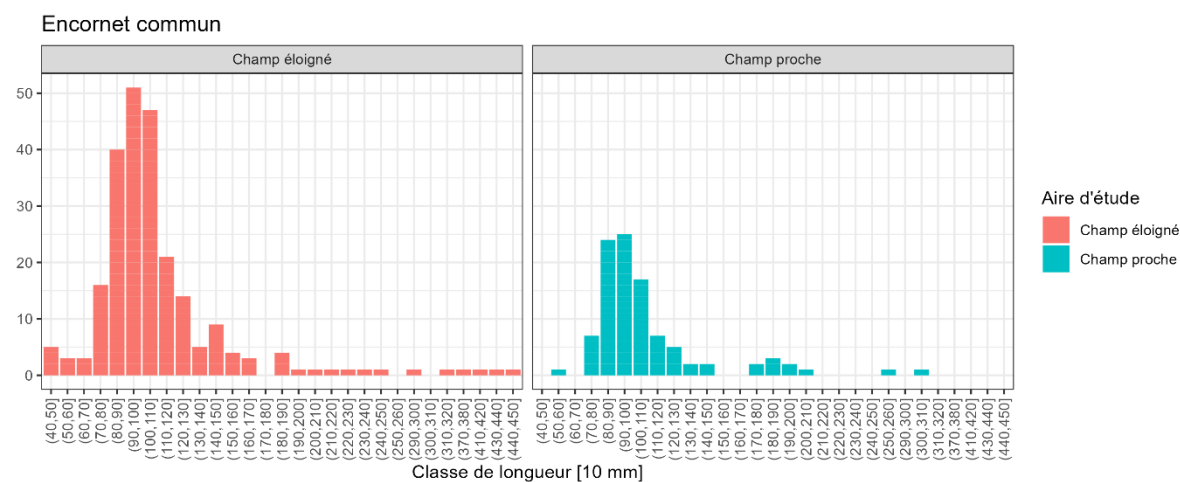


Figure 112. Distribution de l'encornet commun en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.

La taille des individus apparaît nettement (1.5 à 3 fois) plus importante au printemps (Figure 113).

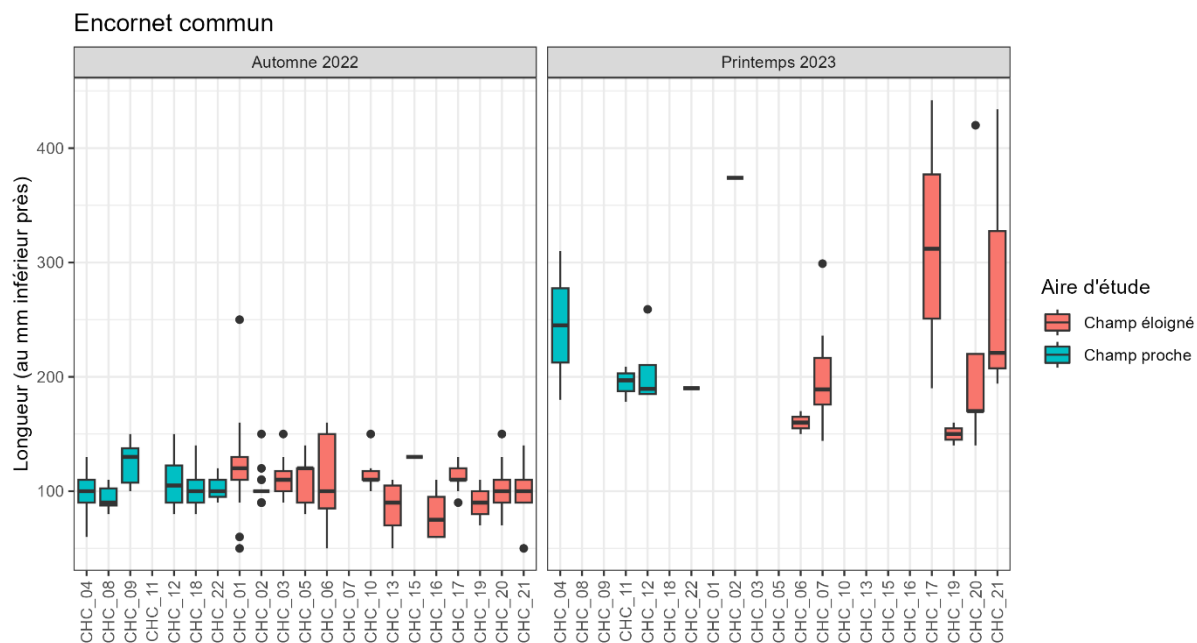


Figure 113. Distribution des tailles (LT en mm) pour l'encornet commun, par campagne et par station.

Limande *Limanda limanda*



La limande a été capturée très abondamment durant la campagne de printemps. A l'inverse, elle a été absente ou presque de la campagne d'automne (Figure 114). Aucune tendance nette dans la répartition spatiale des captures n'est observable.

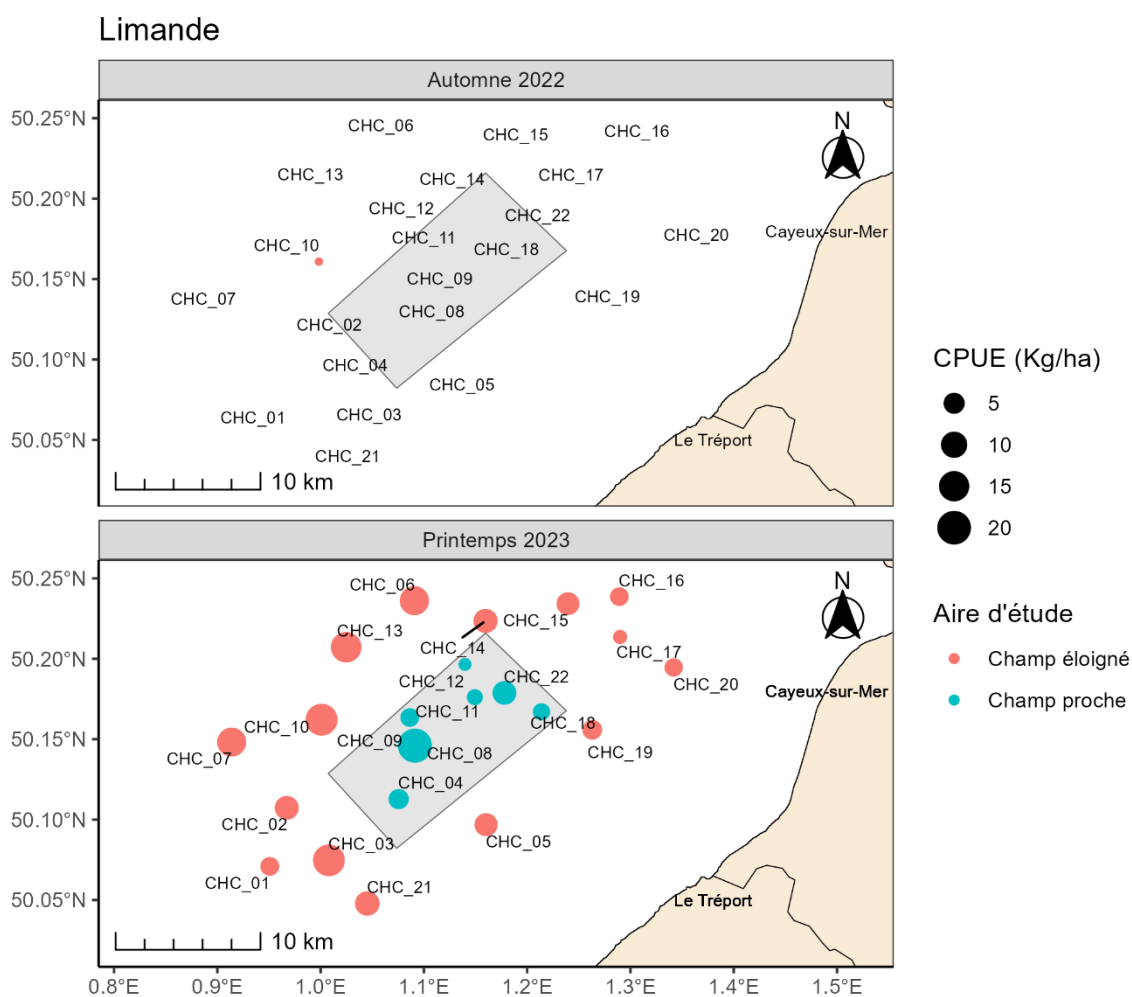


Figure 114. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la limande.

La structure en classes de taille est légèrement dissymétrique, avec une forte prépondérance des individus entre 140 et 190 mm et quelques individus de tailles supérieures (200 à 290 mm) qui forment une queue de distribution vers la droite (Figure 115). Aucune différence significative n'est observable entre stations ou champs d'étude (Figure 116).

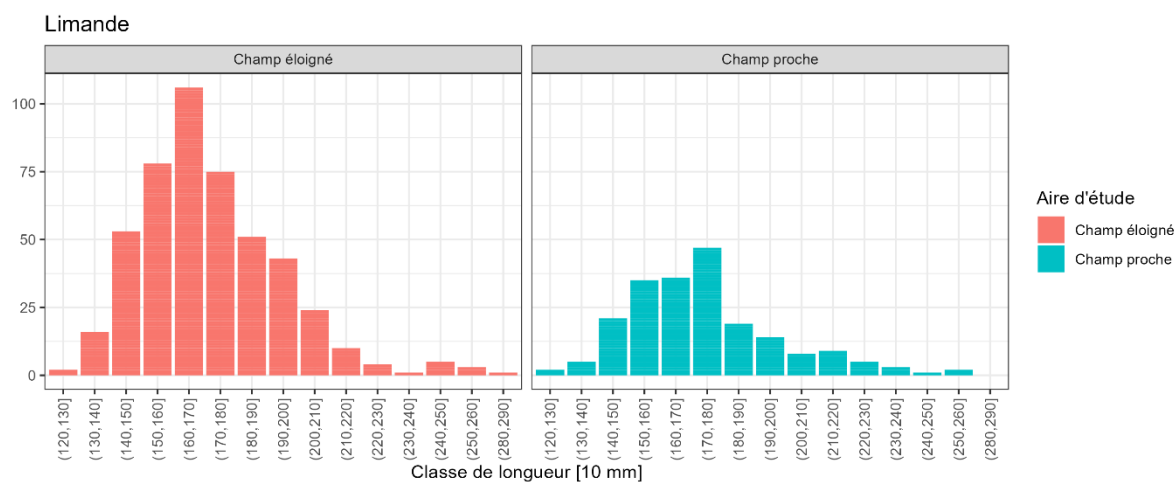


Figure 115. Distribution de la limande en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) en fonction du champ d'étude.

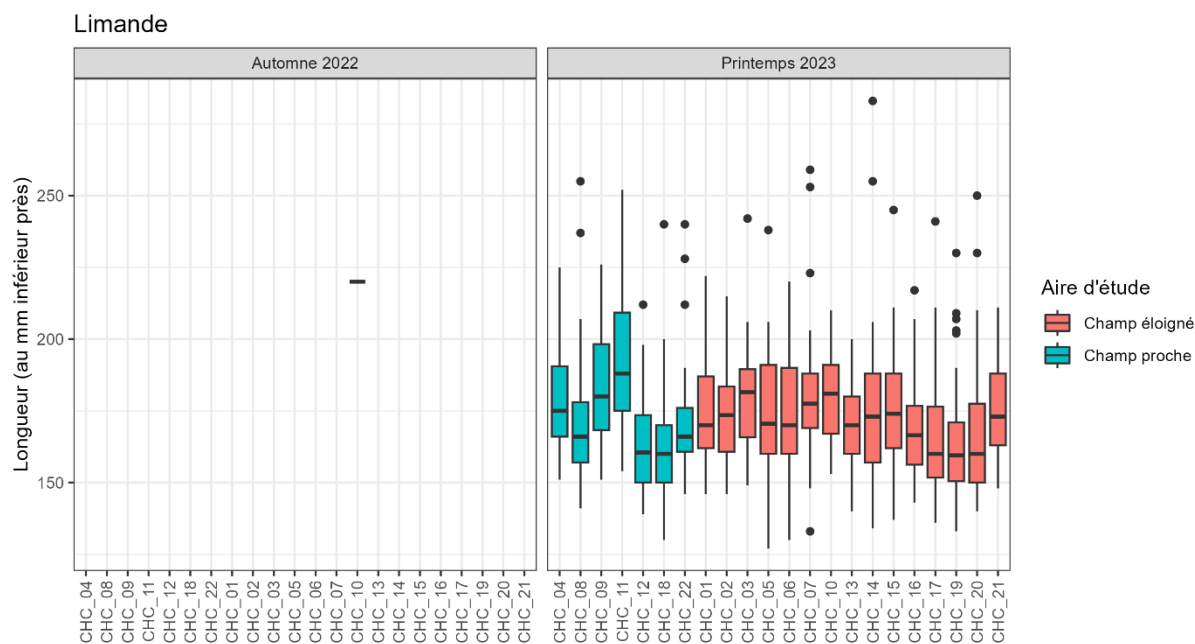


Figure 116. Distribution des tailles (LT en mm) pour la limande, par campagne et par station.

Maquereau commun *Scomber scombrus*



Le maquereau a été capturé abondamment durant la campagne d'automne, majoritairement sur 2 stations, la 9 et la 20 (Figure 117). Durant la campagne de printemps, sa présence a été plus régulière mais son abondance moins importante. Aucune tendance nette dans la répartition spatiale des captures n'est observable. Il s'agit d'une espèce pélagique et grégaire, capturée aléatoirement par le chalut de fond au gré de la présence de bancs et de son abondance sur la zone.

Maquereau commun

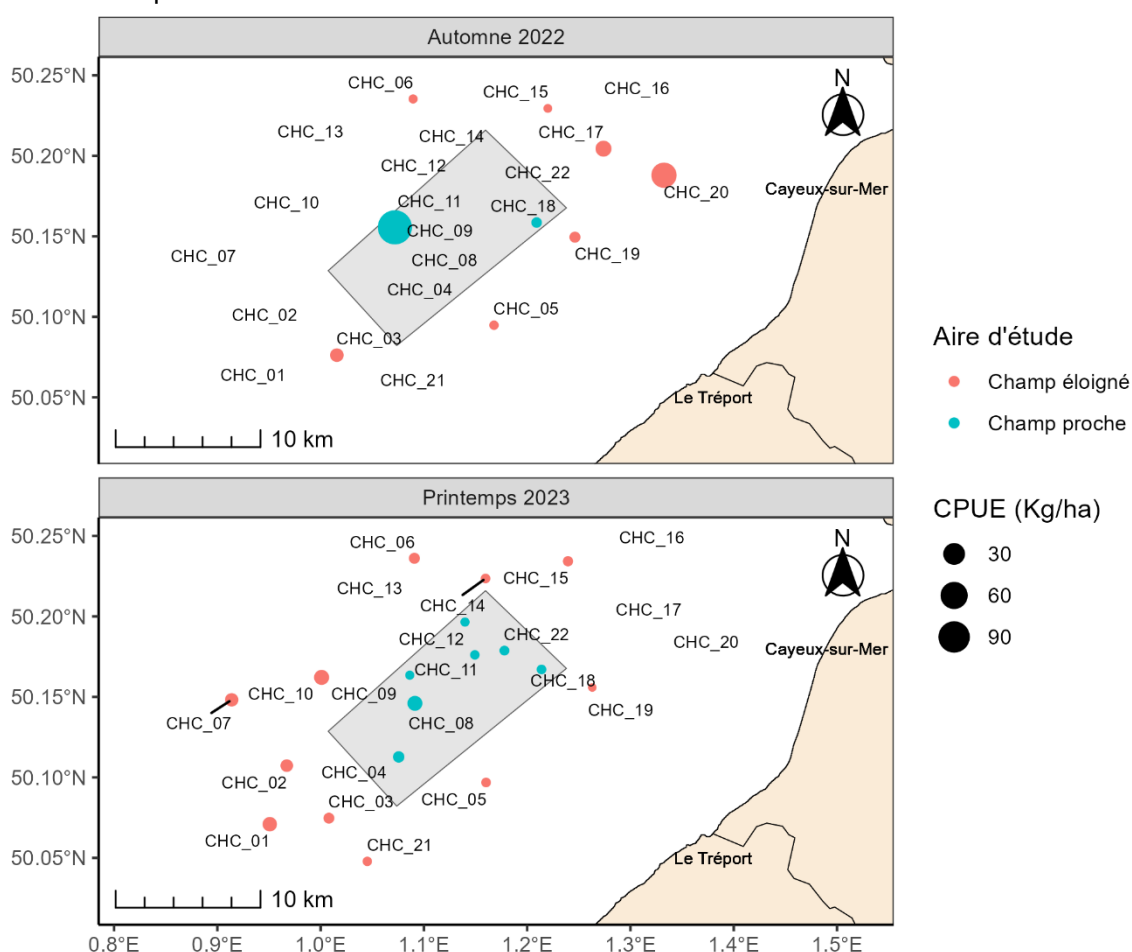


Figure 117. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le maquereau commun.

La structure en classes de taille est relativement symétrique autour d'un pic compris entre 240 et 290 mm (Figure 118). La taille moyenne par station est hétérogène, mais aucune différence significative ne semble observable entre stations ou champs d'étude (Figure 119).



Figure 118. Distribution du maquereau commun en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.

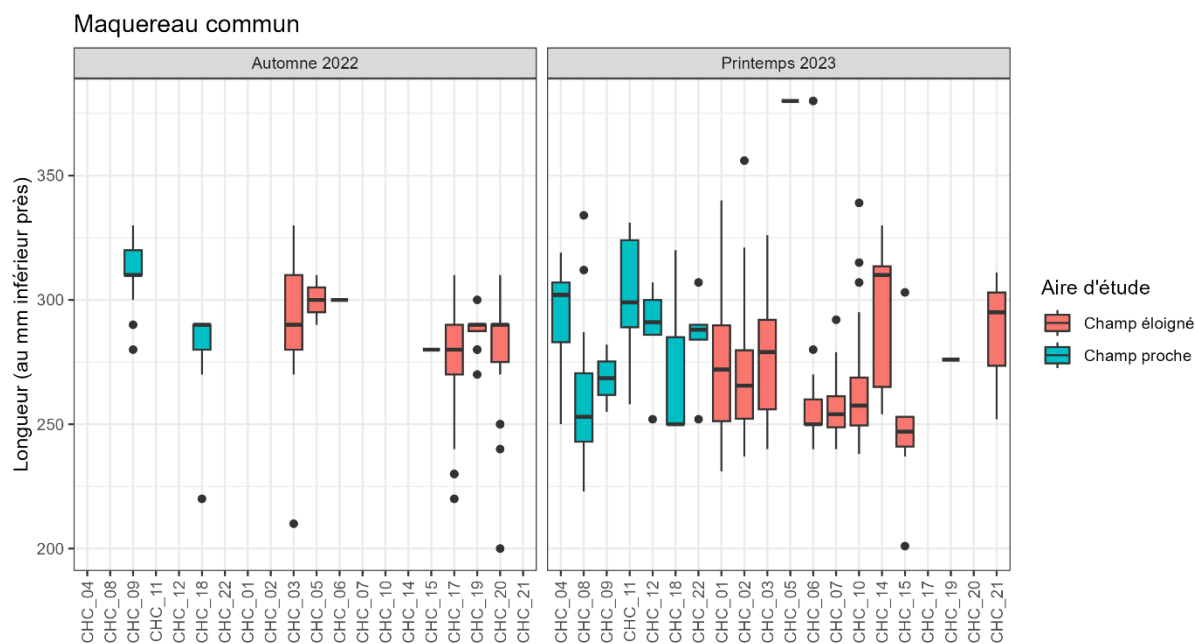


Figure 119. Distribution des tailles (LT en mm) pour le maquereau commun, par campagne et par station.

Merlan *Merlangius merlangus*



Le merlan a été capturé très abondamment durant la campagne de printemps, mais est complètement absent dans les captures de la campagne d'automne (Figure 120). Aucune tendance dans la répartition spatiale des captures n'est observable.

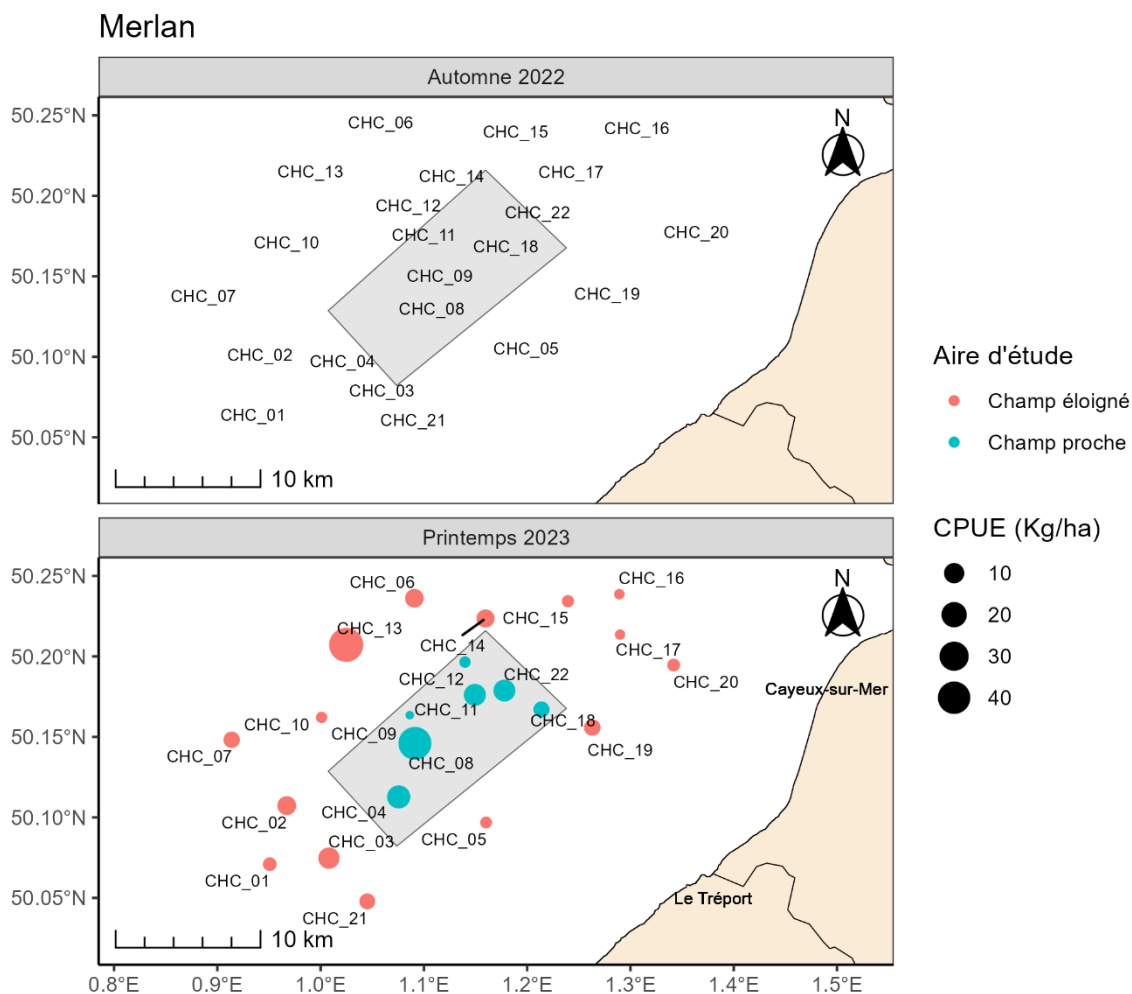


Figure 120. Carte des CPUE de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le merlan.

La structure en classes de taille est légèrement dissymétrique autour d'un pic entre 220 et 250 mm et une queue de distribution vers la droite (jusqu'à 340 mm) (Figure 121). La taille moyenne par station est très homogène. Aucune différence significative n'est observable entre stations ou champs d'étude (Figure 122).

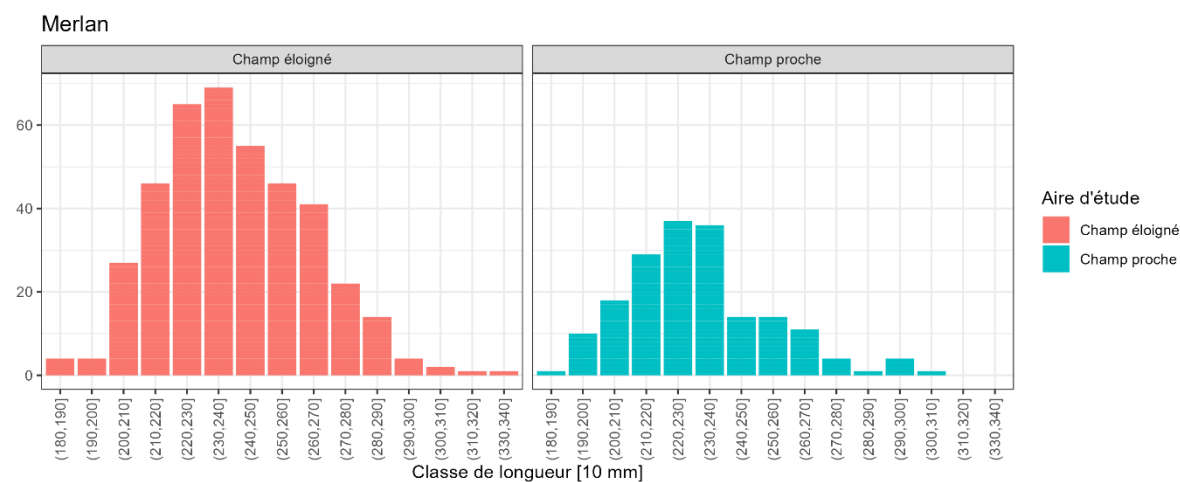


Figure 121. Distribution du merlan en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) en fonction du champ d'étude.

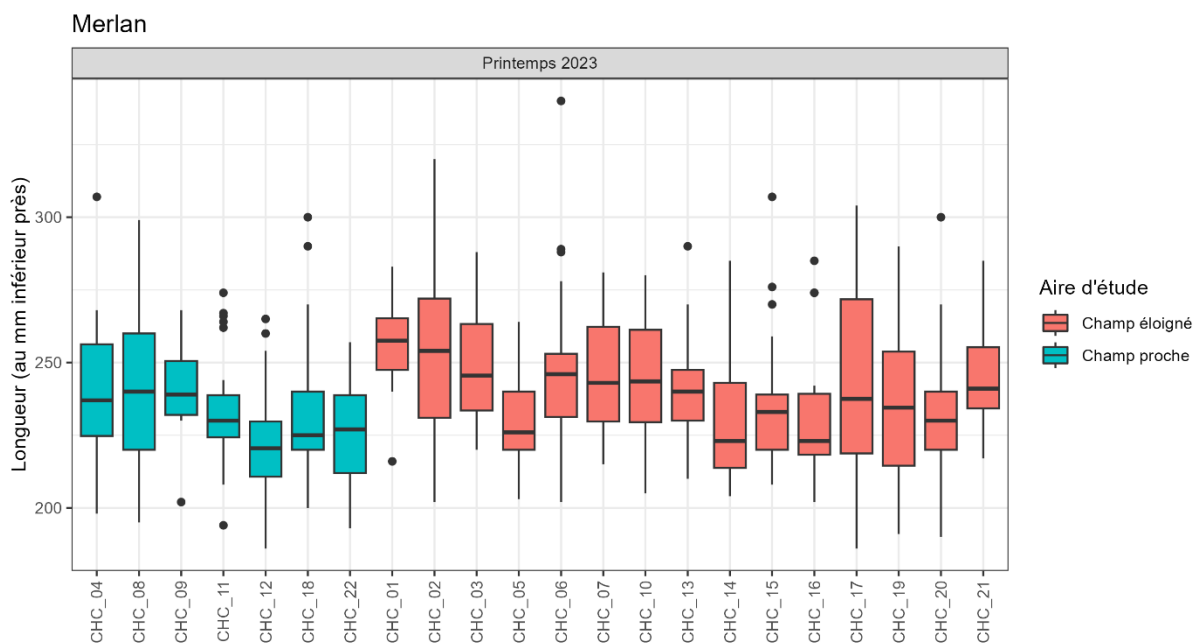


Figure 122. Distribution des tailles (LT en mm) pour le merlan, par campagne et par station.

Plie commune *Pleuronectes platessa*



La plie commune a été capturée régulièrement durant les deux campagnes d'échantillonnage, avec une abondance plus forte lors de la campagne de printemps (Figure 123). Aucune tendance dans la répartition spatiale des captures n'est observable.

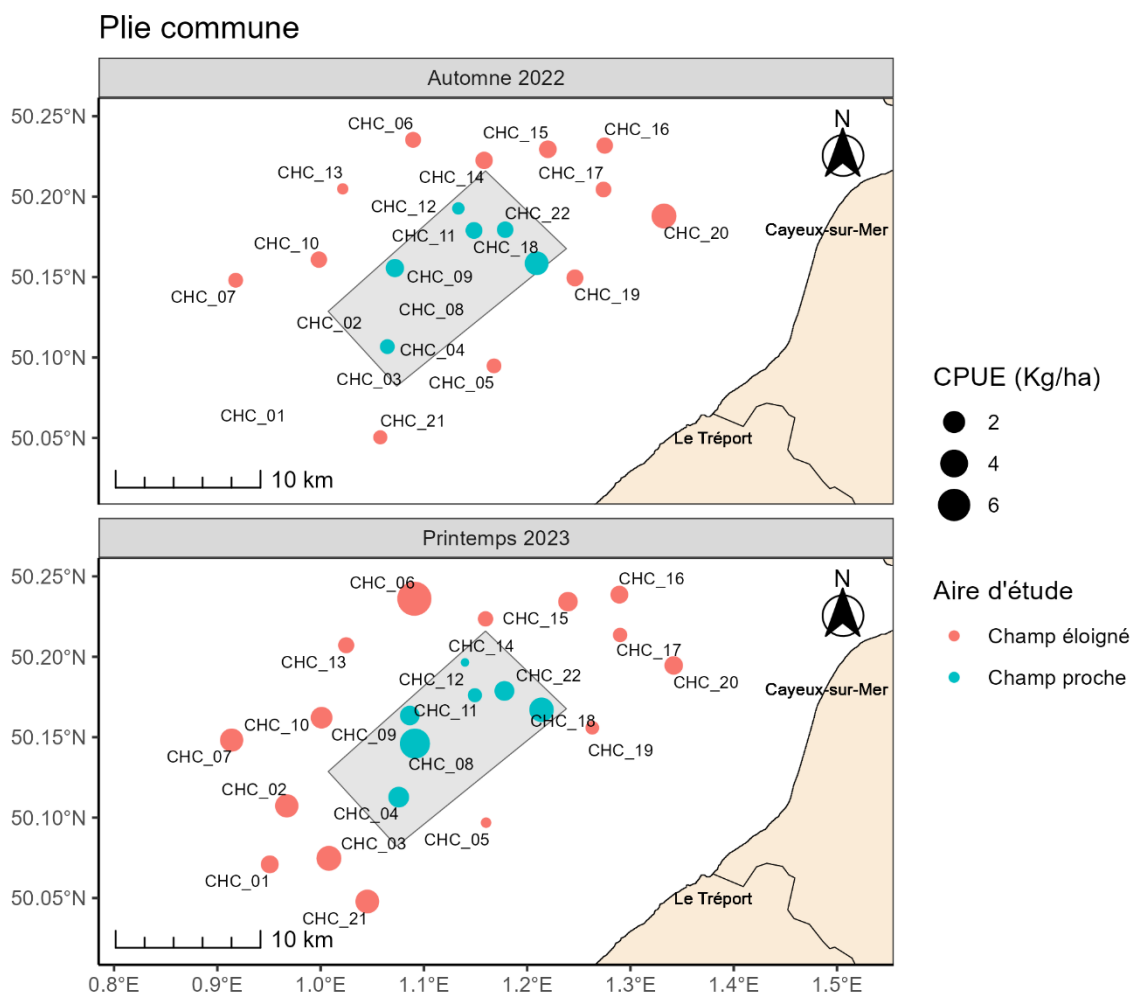


Figure 123. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la plie commune.

La structure en classes de taille est dissymétrique, avec un pic entre 170 et 220 mm et une queue de distribution vers la droite (jusqu'à 410 mm) (Figure 124). La taille moyenne par station est très

hétérogène à l'automne tandis qu'elle est très homogène au printemps. Toutefois aucune différence significative n'est observable entre stations ou champs d'étude (Figure 125).



Figure 124. Distribution de la plie commune en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.

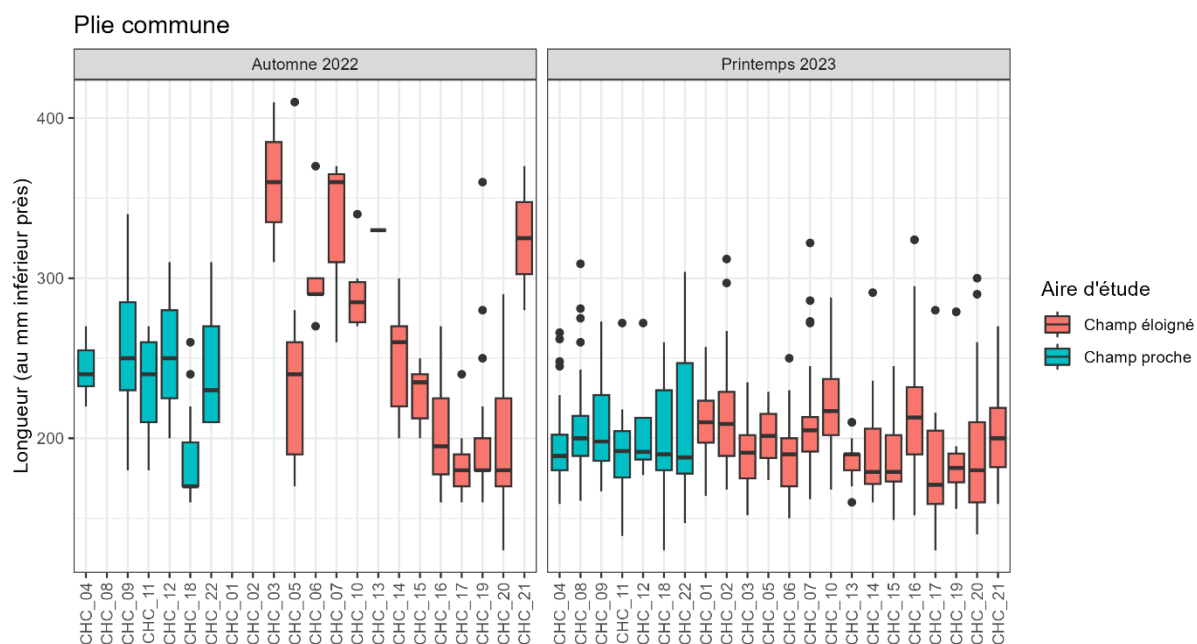


Figure 125. Distribution des tailles (LT en mm) pour la plie commune, par campagne et par station.

Rouget barbet *Mullus surmuletus*



Le rouget barbet a été capturé régulièrement, en nombres relativement faibles, en particulier durant la campagne d'automne (Figure 126). Aucune tendance dans la répartition spatiale des captures n'est observable, à l'exception d'abondances apparemment plus faibles dans les stations situées à l'est, les plus proches de la côte.

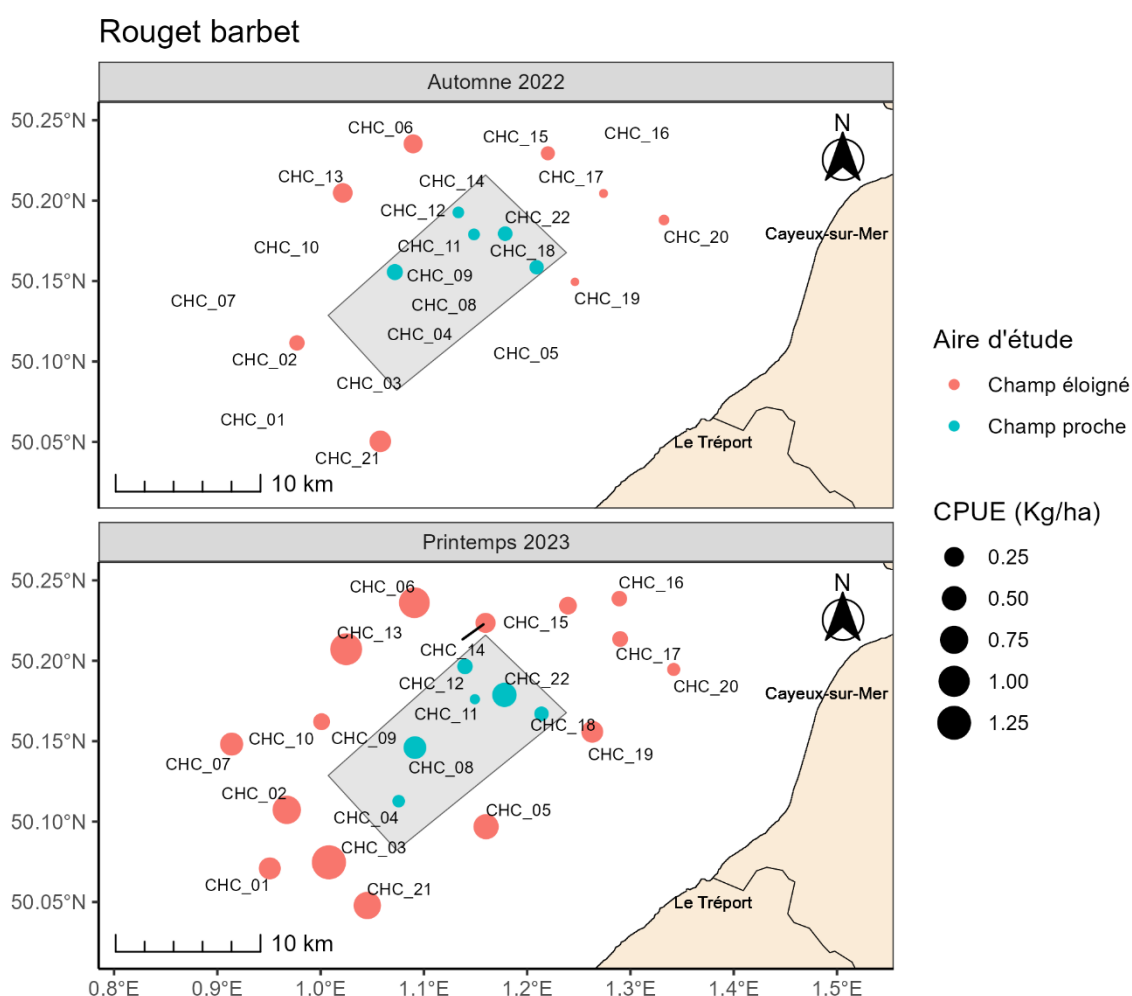


Figure 126. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour le rouget barbet.

Les individus de taille comprise entre 120 et 160 mm sont largement prépondérants dans la capture (Figure 127). La taille moyenne par station est homogène pour la campagne de printemps (peu de données en automne) (Figure 128).

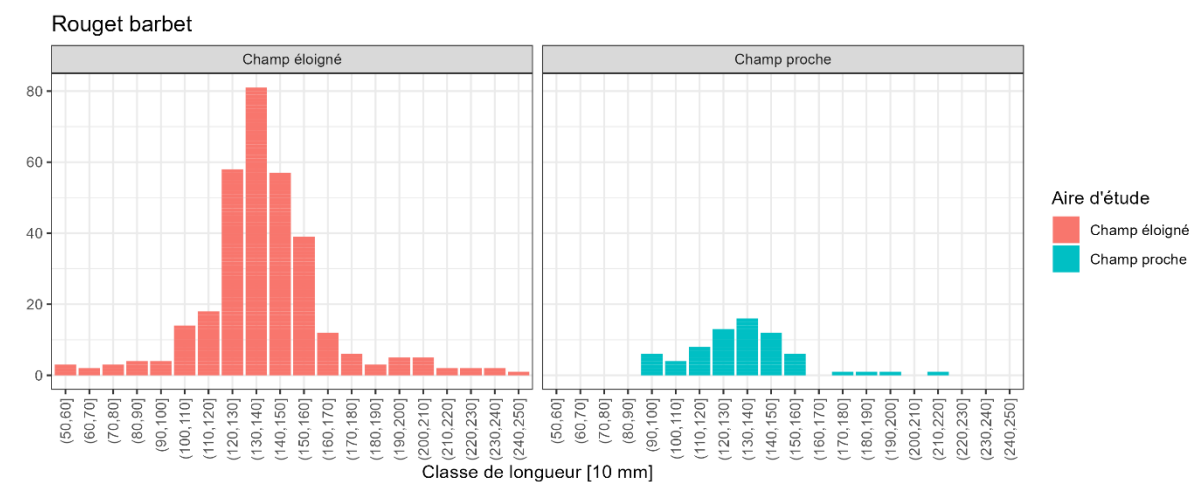


Figure 127. Distribution du rouget barbet en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.

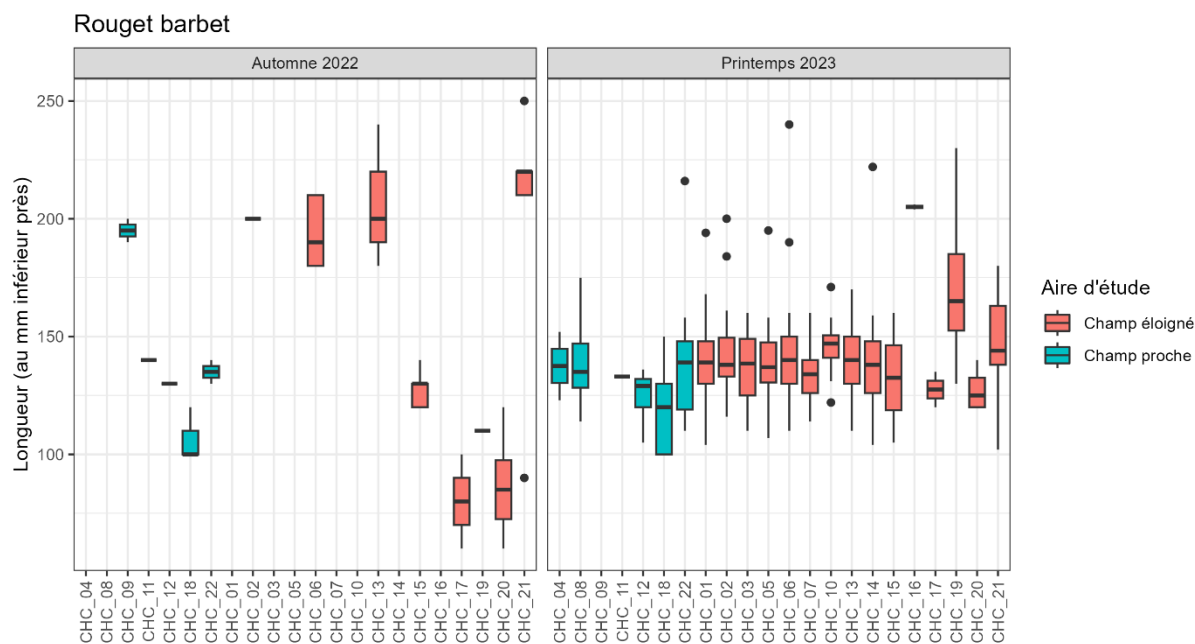


Figure 128. Distribution des tailles (LT en mm) pour le rouget barbet, par campagne et par station.

Sardine *Sardina pilchardus*



La sardine a été capturée abondamment durant la campagne de printemps, en particulier sur les stations 8, 1 et 13, mais est en revanche quasi absente dans les captures de la campagne d'automne. Aucun schéma dans la répartition spatiale des captures n'est observable. Il s'agit d'une espèce pélagique et grégaire, capturée aléatoirement par le chalut de fond au gré de la présence de bancs et de son abondance sur la zone.

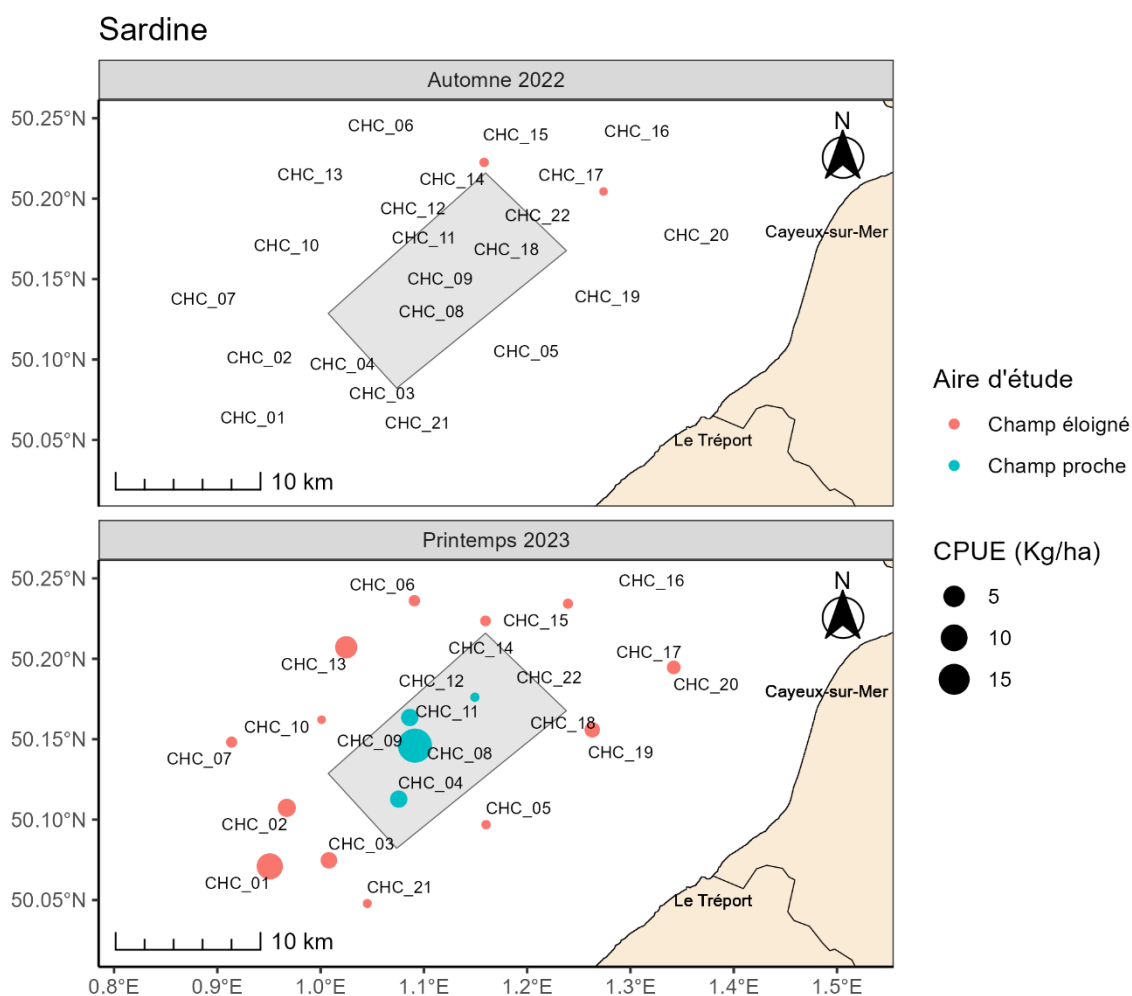


Figure 129. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la sardine.

La structure en classes de taille montre une queue de distribution à gauche (peu de petites tailles) et un pic entre 200 et 240 mm (Figure 130). La taille moyenne par station est très homogène (Figure 131).

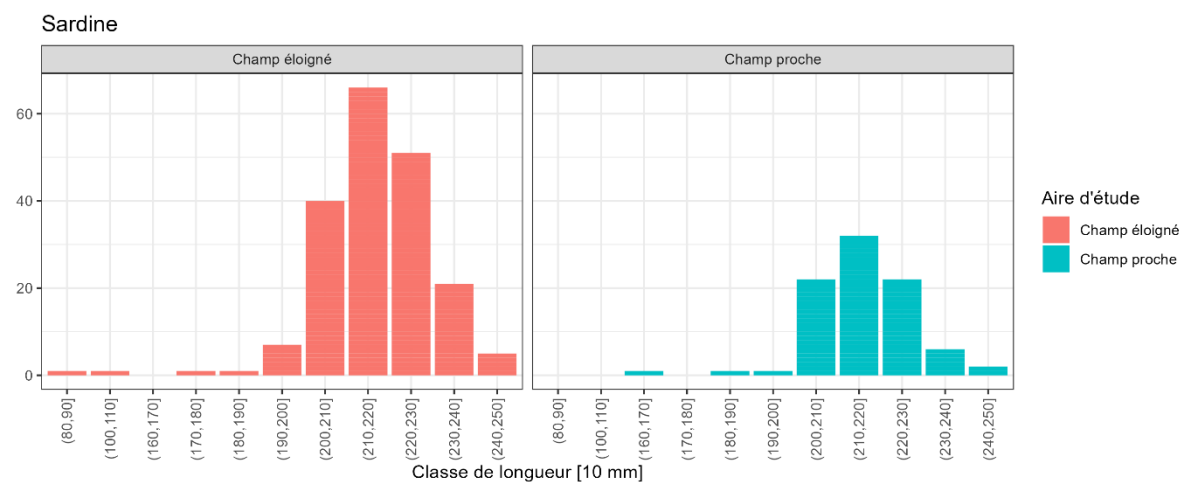


Figure 130. Distribution de la sardine en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.

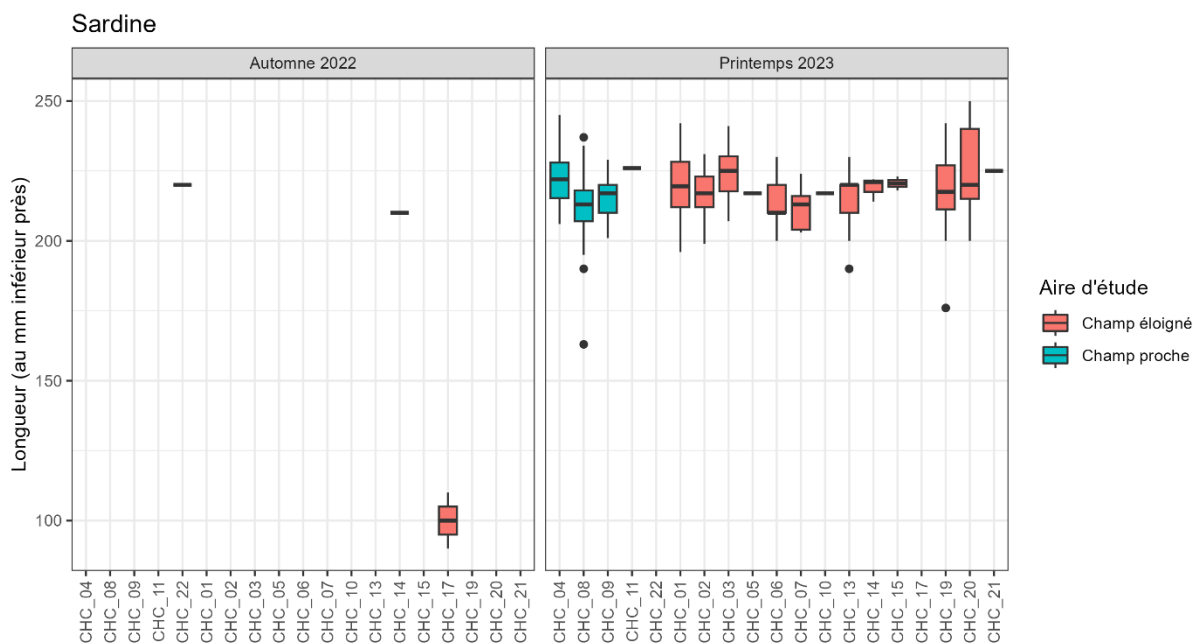


Figure 131. Distribution des tailles (LT en mm) pour la sardine, par campagne et par station.

Seiche commune *Sepia officinalis*



La seiche commune a été capturée très abondamment durant la campagne d'automne, mais est quasiment absente dans les captures de la campagne d'automne (Figure 132). Les abondances les plus faibles ont été essentiellement observées dans les stations les plus proches de la côte (16, 17, 20, 19 et 5).

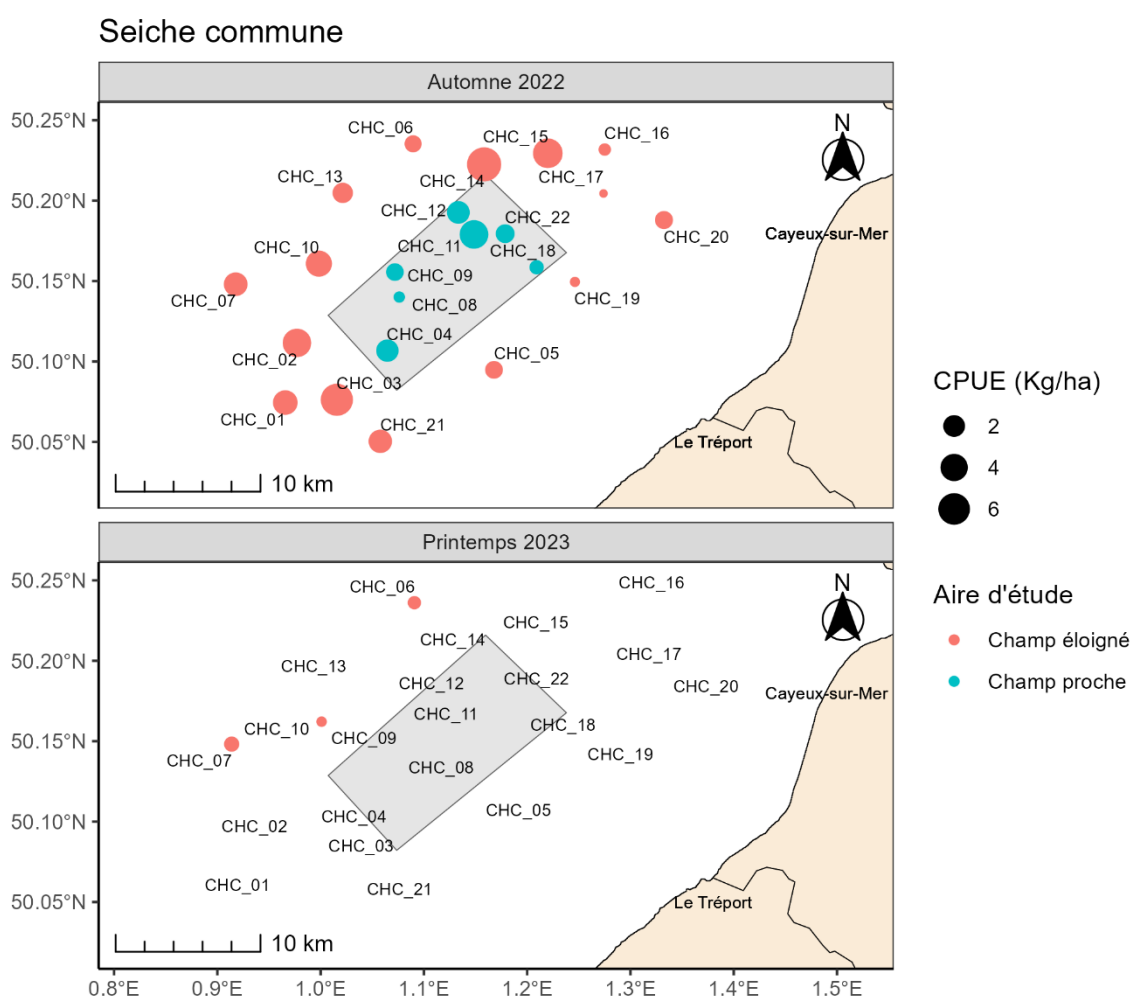


Figure 132. Carte des indices de biomasse (en kg/ha) par campagne pour la seiche commune.

La structure en classes de taille dissymétrique, avec un pic entre 40 et 90 mm et une queue de distribution vers la droite (jusqu'à 240 mm) (Figure 133). La taille moyenne est homogène selon les stations (Figure 134).

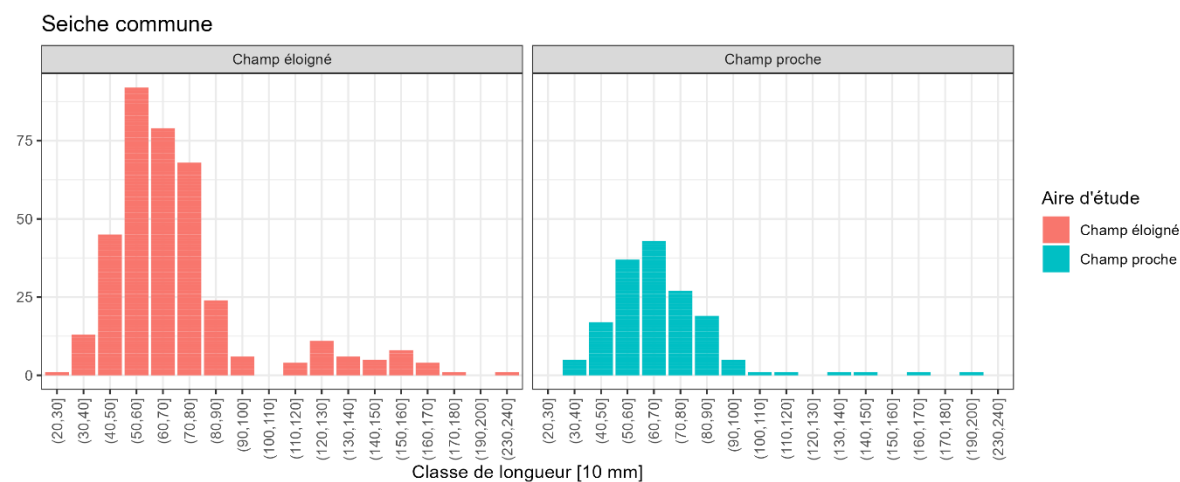


Figure 133. Distribution de la seiche commune en classes de taille (LT en mm, classes de 10 mm) par champ d'étude.

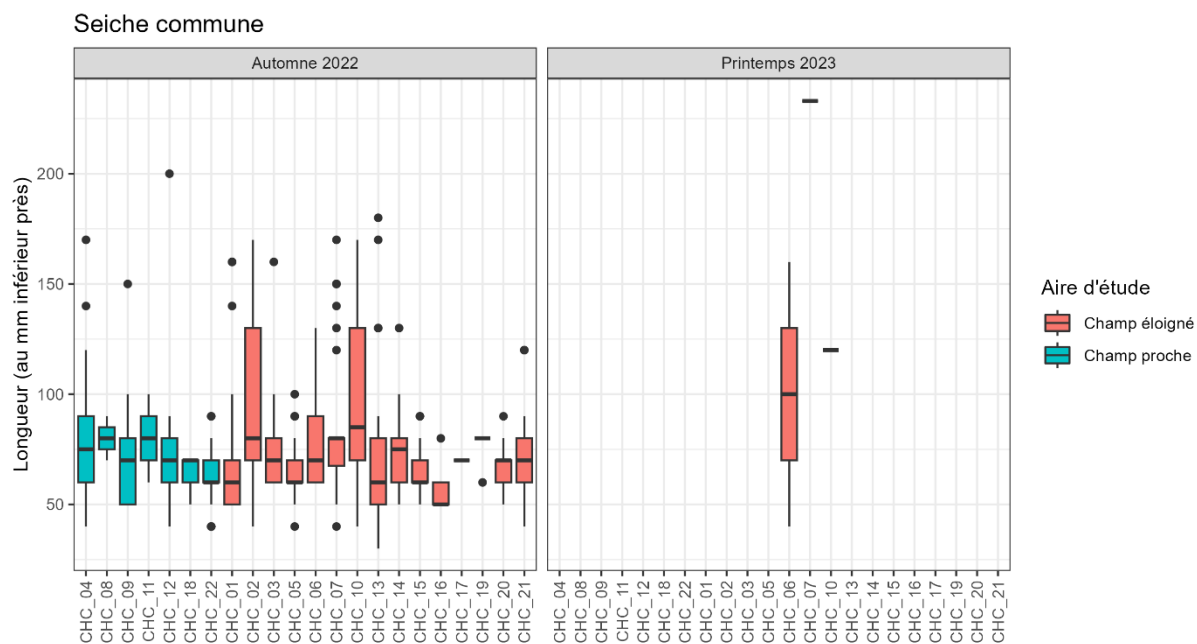


Figure 134. Distribution des tailles (LT en mm) pour la seiche commune, par campagne et par station.

2.8 Invertébrés benthiques

Le benthos est représenté par 34 taxons différents : 6 de bivalves, 6 de gastéropodes, 13 de crustacés et 9 d'échinodermes (Figure 136). Parmi ces taxons, 3 sont considérés comme constants, c'est-à-dire qu'ils ont été observés avec une fréquence (F') de 75% minimum sur les stations échantillonnées (en automne et/ou au printemps) : il s'agit de l'étoile de mer commune *Asteria rubens*, de l'huître plate *Ostrea edulis* et du bernard-l'hermite *Pagurus prideaux*. Quatre espèces sont considérées comme communes ($F' > 50\%$).

Le nombre de taxons observés varie de 1 à 11 pour la campagne d'automne, et de 0 à 11 pour la campagne de printemps, avec des moyennes de 7.8 et 4 taxons/station, respectivement.

Pour la campagne d'automne, le benthos représente une biomasse de 181.9 kg, soit 14.4 % de la biomasse totale capturée. Pour la campagne de printemps, le benthos représente 10.4 kg, soit 0,8% de la biomasse totale.

Ces résultats sont à nuancer pour deux raisons principales :

- Le niveau d'identification n'est pas toujours précis et est inconstant d'une station ou d'une campagne à une autre (par exemple : oursins, bernard-l'hermite, crabes nageurs).
- Le benthos n'a pas été systématiquement traité de manière exhaustive, ce en fonction de la qualité du tri effectué par l'équipage ou de l'abondance de captures de poissons/céphalopodes à trier en priorité (ex : stations 11, 12, 14, 15 et 16 de la campagne de printemps).

Figure 135 : Fréquence d'occurrence des invertébrés benthiques par station et par campagne au chalut canadien

2.9 Comparaison avec l'état initial

Les deux campagnes d'échantillonnage réalisées pour la définition de l'état de référence ont permis de mettre en évidence une diversité spécifique de 76 taxons : 37 de poissons benthodémersaux, 5 de poissons pélagiques, 3 de céphalopodes et 31 d'invertébrés benthiques (6 bivalves, 6 gastéropodes, 10 crustacés, 9 échinodermes). Cette diversité spécifique est légèrement plus faible que celle observée durant les campagnes réalisées pour l'état initial, avec 39 espèces de poissons benthodémersaux, 7 espèces de poissons pélagiques et 5 espèces de céphalopodes. Cela peut s'expliquer notamment par l'effort d'échantillonnage plus important (8 campagnes de 11 stations sur deux ans, contre 2 campagnes de 22 stations sur une seule année) et par la plus large couverture saisonnière lors de l'état initial.

Concernant la fréquence d'occurrence des espèces observées lors de l'état initial, les espèces constantes c'est-à-dire les plus fréquemment observées (sur plus de 75% des stations) étaient le dragonnet lyre, la grande vive, le grondin perlon, la plie commune, la seiche commune pour la première année, et la plie commune, le maquereau, le rouget barbet, le chinchard commun pour la seconde année. On retrouve sensiblement les mêmes espèces en 2022-2023 : les espèces constantes (en cumulé sur les deux campagnes) sont le dragonnet lyre, la plie commune, le chinchard commun et le rouget barbet, avec des variations importantes d'une campagne à l'autre (la seiche commune, l'encornet commun, le merlan et la limande sont très abondants sur une seule campagne).

Lors de l'état initial, les captures d'espèces benthodémersales représentaient entre 39% et 57% de l'abondance et entre 41% et 65% de la biomasse totale selon l'année considérée, contre 48% de l'abondance et 52% de la biomasse pour la campagne d'état de référence, ce qui est comparable. Pour l'ensemble des campagnes, la capture d'espèces pélagiques est importante malgré un engin qui ne cible pas ces espèces. Enfin, on observe la même tendance saisonnière dans les deux études, qui montrent des captures par unité d'effort (en abondance et biomasse) plus élevées au printemps qu'à l'automne.

Enfin, en ce qui concerne les invertébrés benthiques, les campagnes réalisées pour l'état initial avaient permis de dénombrer 24 taxons, dont les espèces constantes *Asteria rubens*, *Psammechinus miliaris* et *Liocarcinus* spp. Pour l'état de référence, ce sont 34 taxons qui ont été identifiés. Dans les deux cas, l'abondance et la proportion d'espèces d'intérêt halieutique est faible.

Chapitre 7. Espèces capturées au filet trémail

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage est constitué de 8 stations réparties dans et autour du futur site d'implantation du parc éolien jusqu'à 5 milles nautiques (Figure 136). Ce plan d'échantillonnage est le résultat de la compilation des informations suivantes : i) les coordonnées des stations suivies lors de l'état initial, ii) la nature des fonds, iii) le gradient d'impact (dans, proche ou éloigné du parc) et iv) l'expérience acquise sur le site d'étude.

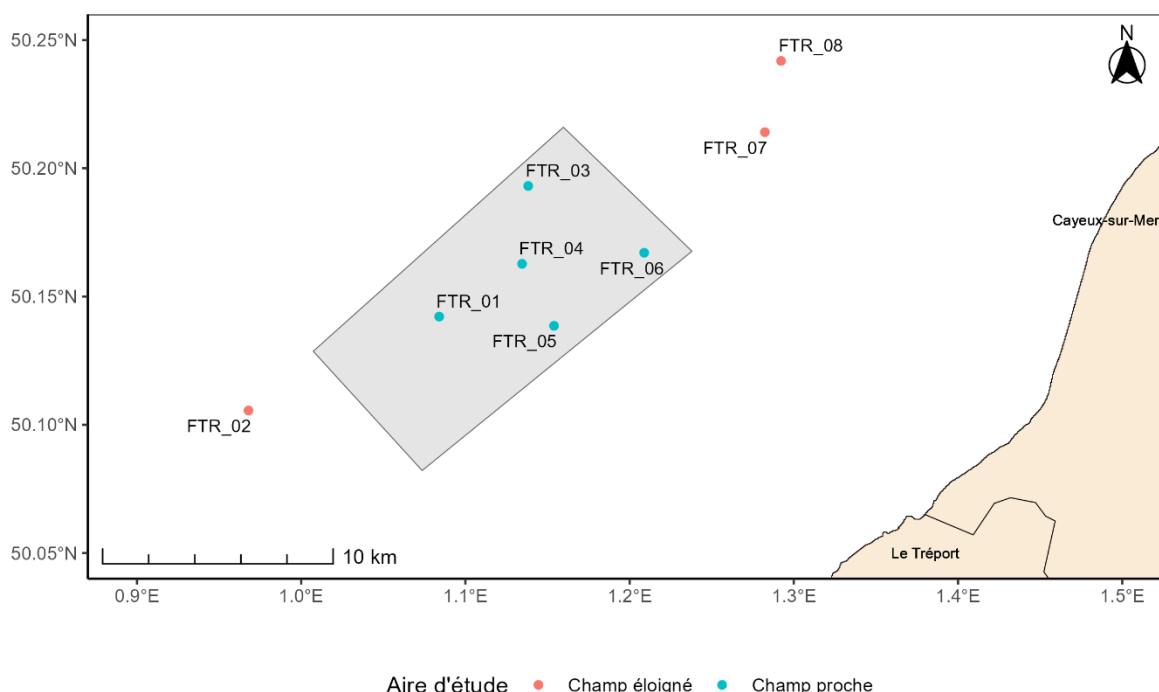


Figure 136. Périmètre d'étude et localisation des stations de suivi au filet trémail par champ d'incidence.

Deux campagnes ont été réalisées, la première en période automnale et la seconde en période printanière. Les opérations de pêche sont standardisées à la fois par la durée d'immersion des engins et leur positionnement vis-à-vis des courants. Les filets ont été posés le jour n et relevés le jour $n+1$ en respectant une durée d'immersion de 24 heures environ. Les coefficients de marée inférieurs à 70 ont été privilégiés pour assurer une bonne efficacité de pêche des engins et permettre des interventions tout au long de la vie du projet dans des conditions de marée similaires et comparables.

Ce protocole s'appuie sur les recommandations faites par l'Ifremer dans son guide pour l'évaluation des impacts des activités d'extraction de granulats marins (2011) et dans le manuel des protocoles de campagne halieutique (Delaunay et Brind'Amour, 2018). Celui-ci s'inscrit dans la continuité des travaux

de description de ce compartiment amorcés lors de la définition de l'état initial sur une durée de deux ans.

Le protocole est construit en suivant la méthode BACI (Before and After Control Impact) qui consiste à suivre deux groupes de sites (contrôle et impact), avant et après la phase de construction du parc éolien. La stratégie d'échantillonnage couvre alors des stations placées à l'intérieur du périmètre d'implantation (Impact, dites stations de surveillance) et des stations placées entre 1 à 5 miles nautiques à l'extérieur (Contrôle, dites stations témoins).

1.2 Moyens à la mer

L'échantillonnage a été réalisé grâce à l'affrètement d'un navire de pêche professionnel pratiquant le métier sélectionné. Une calée consiste en un filet de 600 mètres, composé de 300 mètres de « trémil à soles » (mailles centrales de 47 mm et de mailles extérieures de 220 mm) et 300 mètres de « trémils à turbots ou raies » (mailles centrales de 80 mm et de mailles extérieures de 400 mm).

Le filet trémil est un engin efficace et peu sélectif, composé d'un assemblage de trois nappes rectangulaires superposées les unes aux autres et de deux ralingues (Figure 137). Les deux nappes externes sont constituées de grandes mailles. La nappe interne sera composée de maille plus réduite.

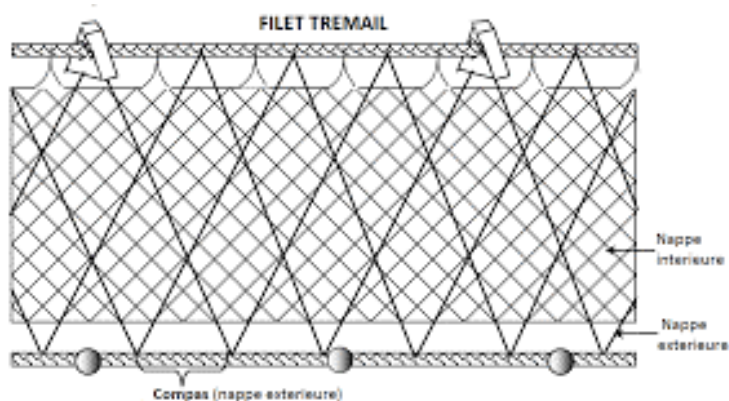


Figure 137. Illustration d'un filet trémil. Celui-ci est caractérisé par trois nappes superposées avec différents maillages tendus par des flotteurs en haut et une corde lestée en bas (source : CESTMED).

Le navire de pêche professionnel *Gauthier Lucile* a été utilisé au cours des deux campagnes (Figure 138). L'embarquement et le débarquement ont eu lieu dans le port de Dieppe.



Figure 138. Le Gauthier Lucile, au port de Dieppe (source : littoral-manche-atlantique)

1.3 Déroulement de la campagne

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.

Tous les individus sont identifiés à bord jusqu'au niveau de l'espèce (ou par défaut du genre). Tous les poissons et céphalopodes sont dénombrés et un échantillon représentatif de 30 individus par espèce est mesuré en longueur (en mm). Le poids total de chaque espèce est relevé (en g). Les invertébrés sont dénombrés et pesés.

Toutes les informations sont notées sur des fiches « abondances » et « biométries » remplies à bord.

Les captures ont été remises à l'eau.

1.4 Traitement de la donnée

1.4.1 Abondance et biomasse (CPUE)

Les indices d'abondance et de biomasse sont calculés respectivement en nombre d'individus par heure et kg par heure de trempage du filet, ce qui permet de standardiser les résultats issus des différentes stations.

1.4.2. Richesse spécifique

La richesse spécifique (RS), correspond au nombre d'espèces retrouvées dans l'élément considéré (i.e. la station, le champ d'étude, ...).

Le filet étant un engin passif qui ne capture que certaines espèces cibles, il ne permet pas de décrire la diversité des peuplements étudiés comme le ferait un engin actif comme le chalut.

2. RESULTATS

2.1 Synthèse globale des captures

Les captures d'espèces benthodémersales montrent une saisonnalité marquée en biomasse comme en abondance (Figure 139). Elles sont 3 fois plus élevées en hiver (764 individus) qu'en automne (292 individus). En automne, les abondances varient de 16 à 80 individus par station, contre 54 à 149 en hiver.

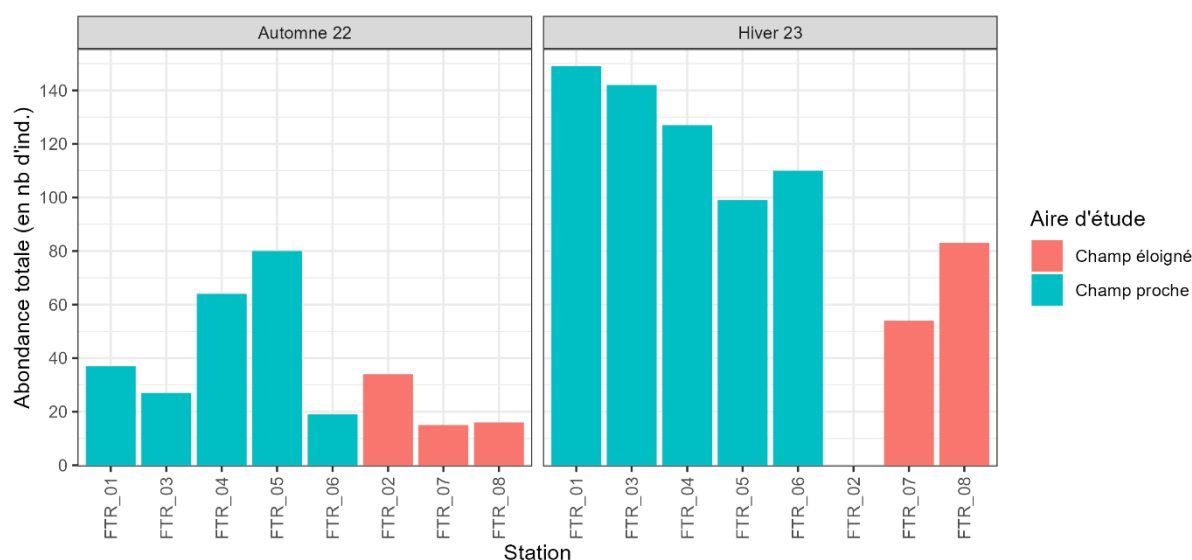


Figure 139 : Nombre d'individus capturés par station et par campagne d'échantillonnage

De la même manière, la biomasse capturée a été plus importante en hiver (158.1 kg) qu'en automne (71.3 kg) (Figure 140). La biomasse par station varie de 3.4 à 20.5 kg en automne et de 12.9 à 29 kg en hiver.

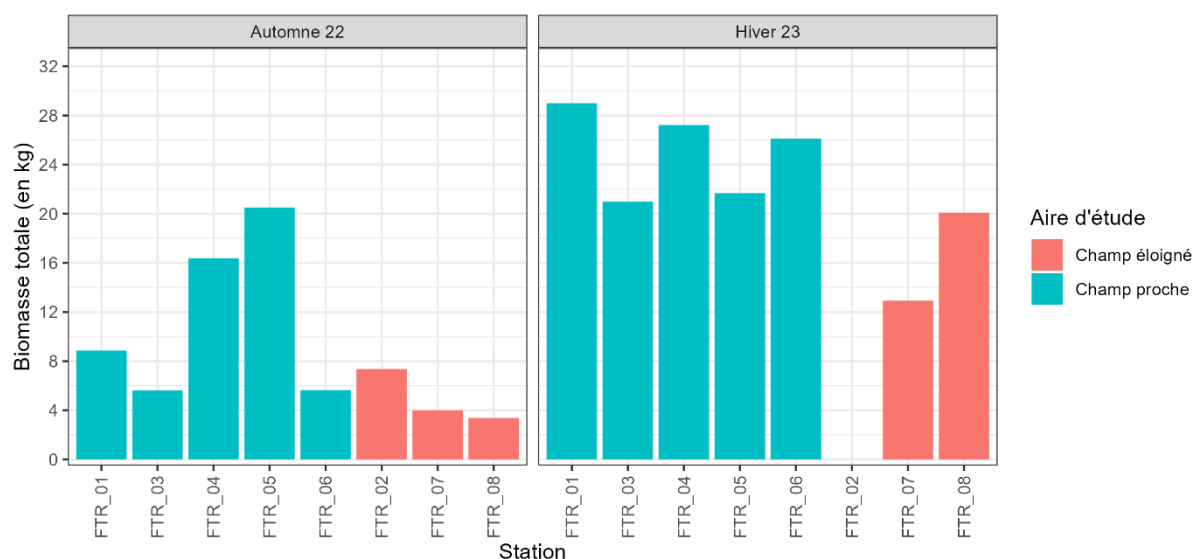


Figure 140. Biomasse capturée par station et par campagne d'échantillonnage

2.2 Diversité spécifique

Pour la campagne d'automne 2022, la diversité spécifique en poissons est en moyenne de 2.6 espèces (+/- 0.9). Pour la campagne d'hiver 2023, elle est bien plus importante, avec une moyenne de 6 espèces (+/- 1.8). Sur l'ensemble des campagnes, la diversité spécifique moyenne est de 4,2 espèces (+/- 2.2) (Figure 141).

Ce sont 15 espèces différentes de poissons qui ont été observées sur l'ensemble des deux campagnes : 8 en automne 2022 et 13 en hiver 2023. Ces 15 espèces sont en majorité des poissons benthodémersaux (13 espèces) auxquelles s'ajoutent 2 espèces de poissons pélagiques (maquereau et hareng).

Les espèces d'invertébrés benthiques sont peu nombreuses : une seule a été observée durant la campagne d'automne (l'araignée de mer) et entre 0 et 3 par station pour la campagne d'hiver.

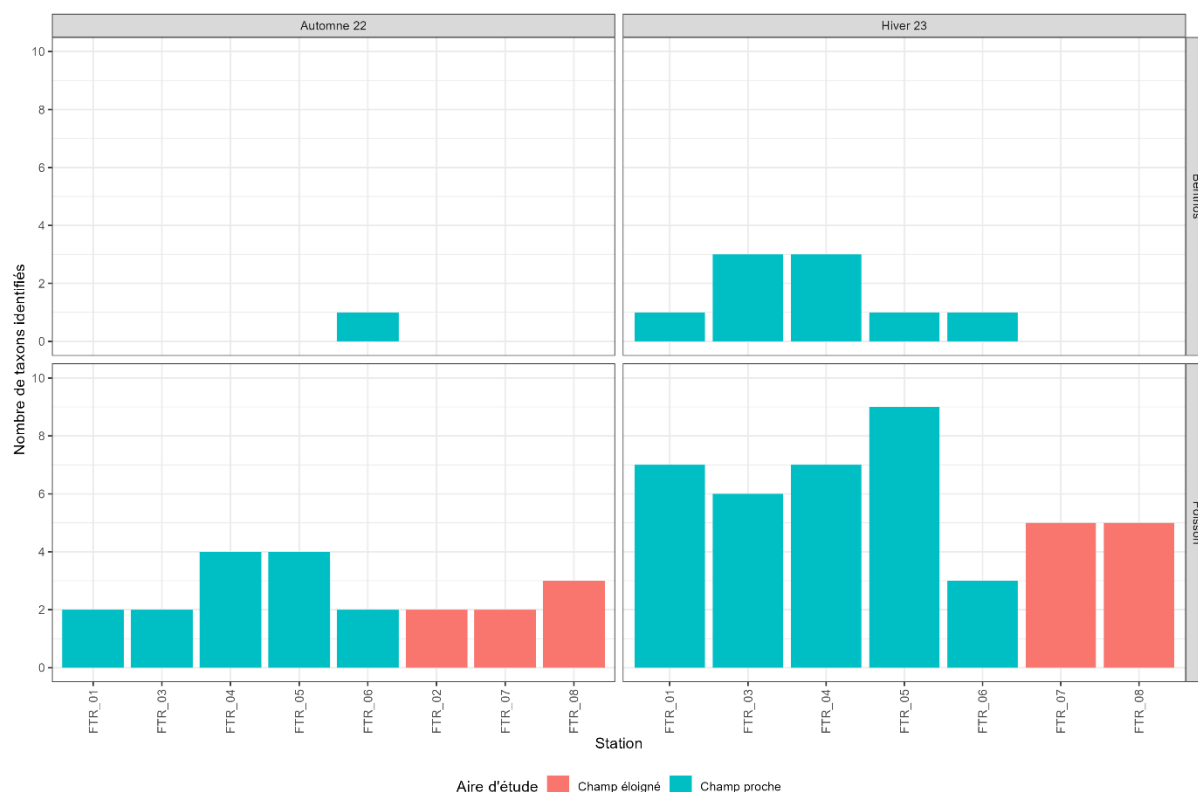


Figure 141 : Nombre de taxons capturés par station et par campagne d'échantillonnage

Lors de la campagne d'échantillonnage d'automne 2022, une espèce observée est considérée comme constante ($F > 75\%$) : la sole commune *Solea solea*, présente sur toutes les stations, ainsi qu'une espèce considérée comme commune ($F > 50\%$) : la plie commune *Pleuronectes platessa*, présente sur la moitié des stations (Tableau 9).

Pour la campagne d'échantillonnage d'hiver 2023, 4 espèces observées sont considérées comme constantes : la sole commune de nouveau, le flet commun *Platichthys flesus*, la limande sole *Microstomus kitt* et la plie commune, ainsi qu'une espèce considérée comme commune : la petite roussette *Scyliorhinus canicula* (Tableau 9).

Ainsi, le cortège d'espèces observé est plus diversifié lors de la campagne d'hiver.

Tableau 9. Liste des espèces de poissons observées au filet trémail lors des campagnes d'échantillonnage de septembre 2022 et février 2023, classées par ordre et catégorie d'occurrence.

Espèce			F _{tot}	Automne 2022									Hiver 2023								
				1	2	3	4	5	6	7	8	F	1	2	3	4	5	6	7	8	F
Constantes (0.75<F<1)	Sole commune	<i>Solea solea</i>	100%	•	•	•	•	•	•	•	•	100%	•	•	•	•	•	•	•	•	100%
	Plie commune	<i>Pleuronectes platessa</i>	67%			•	•	•			•	50%	•		•	•	•	•	•	•	86%
Occasionnelles (0.25<F<0.5)	Flet commun	<i>Platichthys flesus</i>	47%									0%	•	•	•	•	•	•	•	•	100%
	Limande sole	<i>Microstomus kitt</i>	47%									0%	•	•	•	•	•	•	•	•	100%
	Petite roussette	<i>Scyliorhinus canicula</i>	33%					•				13%			•	•	•	•	•	•	57%
Rares (0.1<F<0.25)	Merlan	<i>Merlangius merlangus</i>	20%									0%	•		•	•					43%
	Raie bouchée	<i>Raja clavata</i>	20%						•		•	25%			•						14%
	Turbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	20%	•							•	25%				•					14%
	Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>	13%									0%	•			•					29%
	Barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>	13%				•					13%				•					14%
	Sole perdriz	<i>Microchirus variegatus</i>	13%	•			•					25%									0%
	Hareng Atlantique	<i>Clupea harengus</i>	7%									0%				•					14%
Accidentelles (F<0.1)	Raie brunette	<i>Raja undulata</i>	7%									0%			•						14%
	Tacaud commun	<i>Trisopterus luscus</i>	7%									0%	•								14%
	Dorade grise	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	7%					•				13%									0%
Nombre total d'espèces				2	2	2	4	4	2	2	3		7	NE	6	7	9	3	5	5	

2.3 Indices d'abondance

Les indices d'abondance (Figure 142) et de biomasse (Figure 143) correspondent aux captures par unité d'effort (CPUE) exprimés, respectivement, en individus par heure de trempage du filet et en kg par heure de trempage du filet.

Les indices d'abondance pour les poissons varient selon les stations de 0.375 à 3.33 individus / heure en automne et de 2.25 à 6.17 individus / heure en hiver.

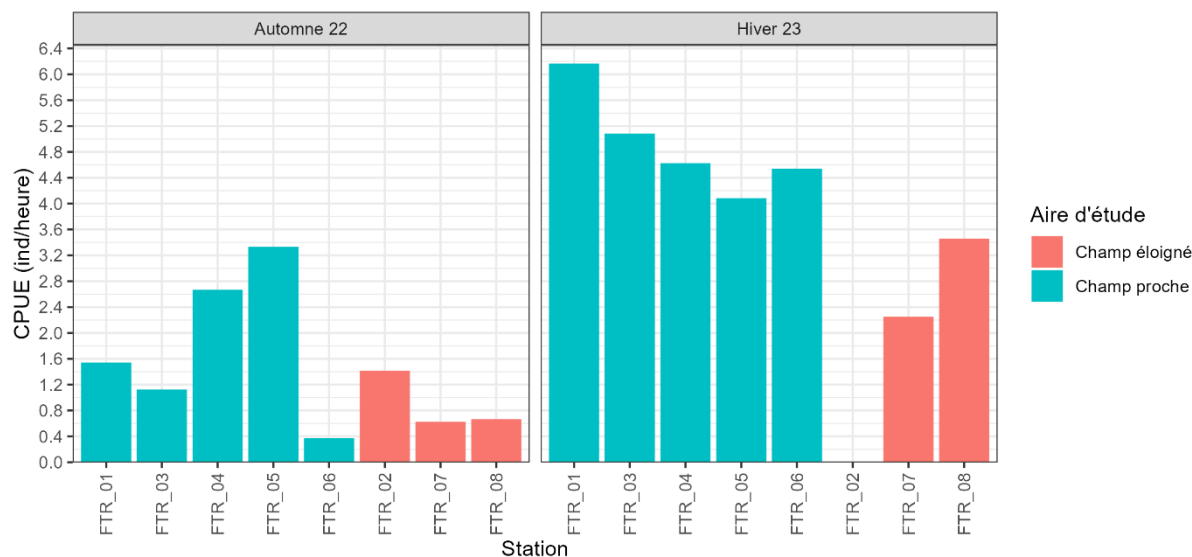


Figure 142 : Indices d'abondance (CPUE en nombre d'individus / h) des poissons par station et par campagne d'échantillonnage

Les indices de biomasse varient de 0.06 à 0.85 kg / h en automne et de 0.54 à 1.21 kg / h en hiver. Les plus fortes biomasses sont observées sur les stations 4 et 5 en automne et sur les stations 1, 4 et 6 au printemps.

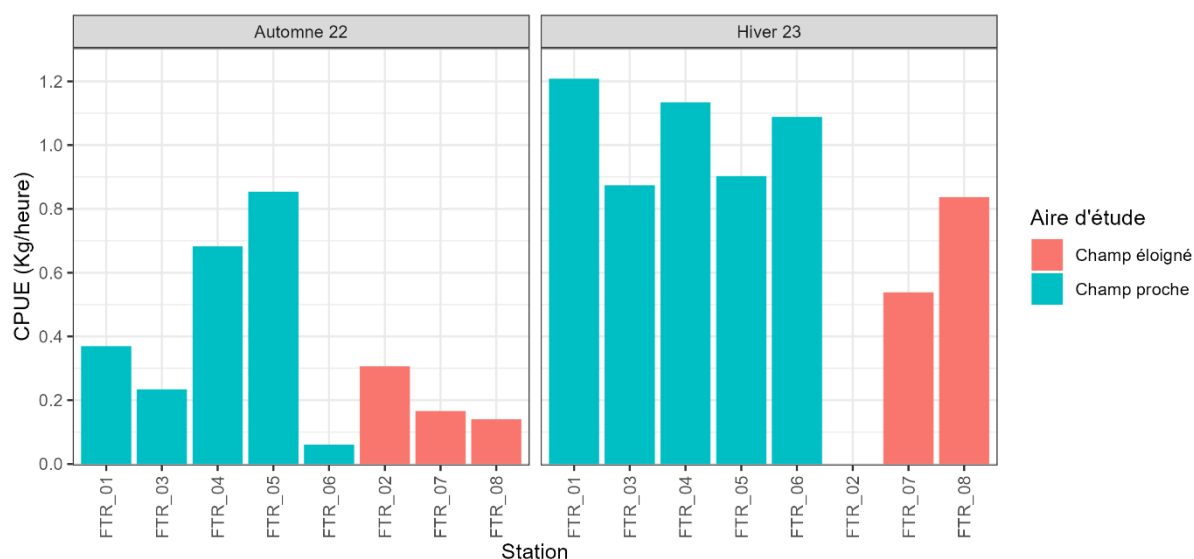
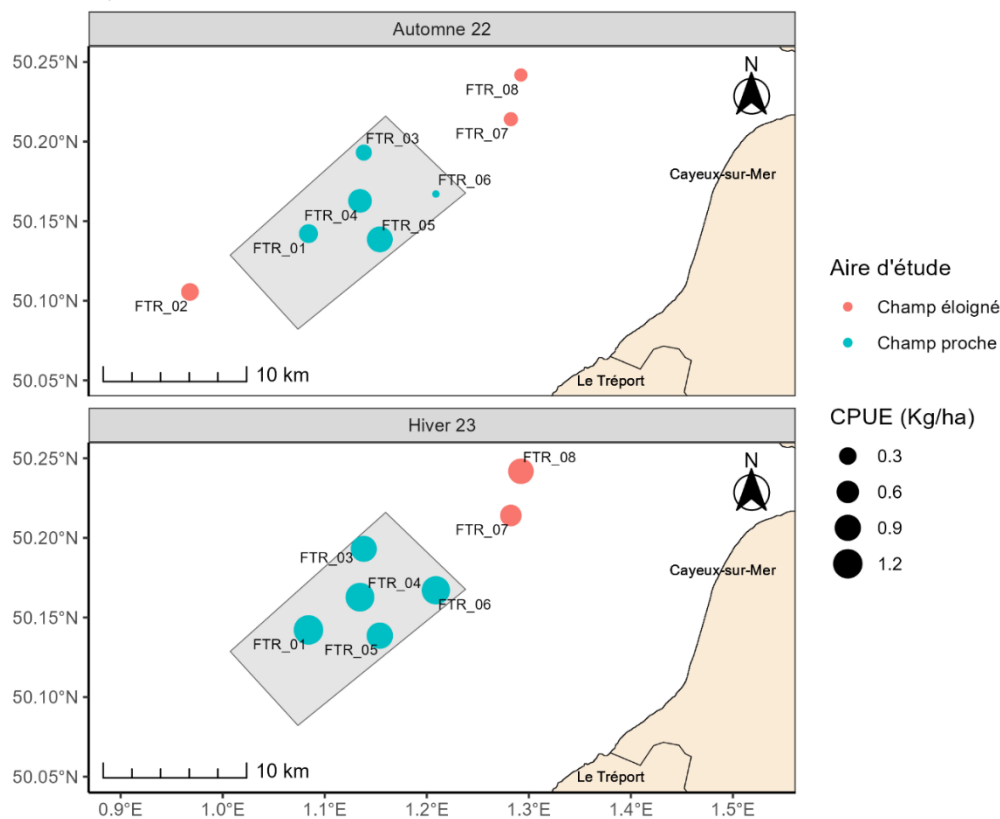


Figure 143 : Indices d'abondance (CPUE en kg / h) des poissons par station et par campagne d'échantillonnage

La distribution spatiale de ces indices ne révèle pas de schéma particulier (Figure 144), que ce soient vis-à-vis des indices d'abondances ou de biomasse.

A) Indice de biomasse



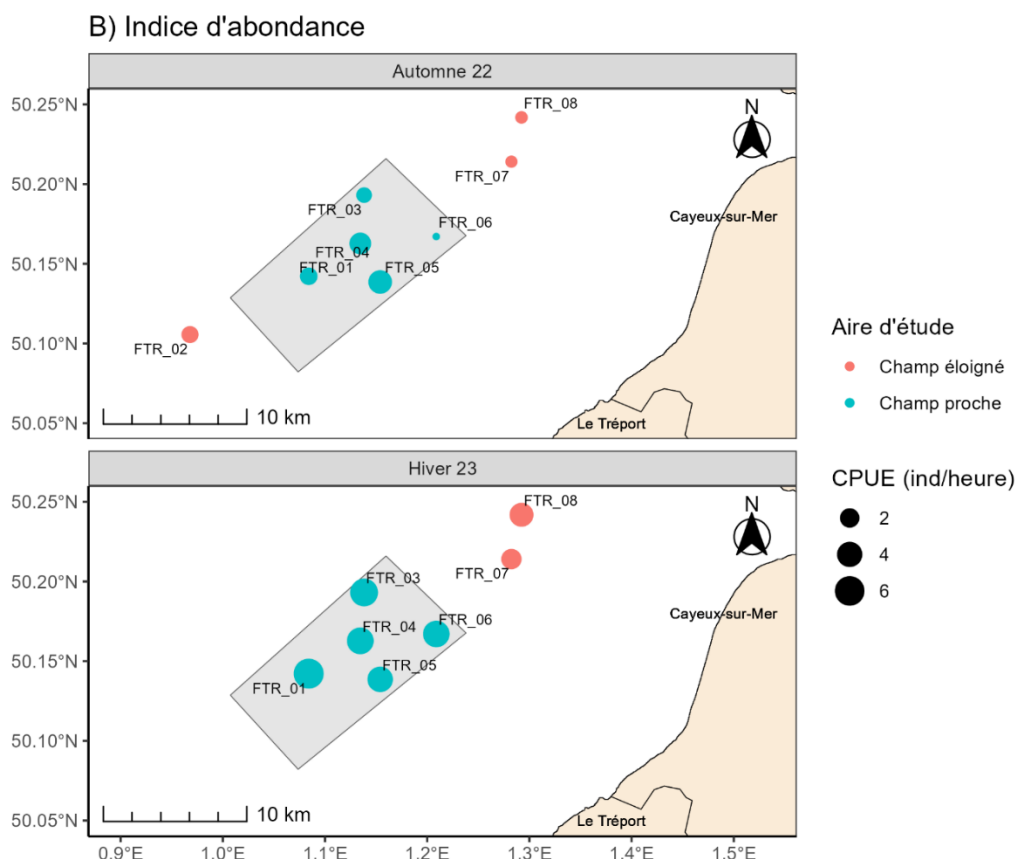


Figure 144 : Distribution spatiale des indices de biomasse (en kg / h, en haut) et d'abondance (en nombre d'individus / h, en bas) des poissons capturés par campagne

2.4 Composition spécifique

En ce qui concerne la campagne d'échantillonnage d'automne (Figure 145) une espèce domine largement les captures : la sole commune *Solea solea*, qui représente 82% des captures avec 232 individus sur 282. La plie commune *Pleuronectes platessa*, avec 26 individus, représente 9% du total. Les 6 autres espèces capturées représentent les 9% restants, avec 1 à 8 individus capturés.

En hiver, les captures sont majoritairement dominées par 3 espèces : la sole commune *Solea solea*, la limande sole *Microstomus kitt* et le flet commun *Platichthys flesus*, qui représentent respectivement 29%, 34% et 23% des abondances avec 134, 298 et 202 individus sur les 725 capturés. Deux autres espèces ont été observées régulièrement : la plie commune *Pleuronectes platessa* avec 42 individus (soit 6.4 % des captures) et la petite roussette *Scyliorhinus canicula* avec 32 individus (soit 3.8 %). Ces 6 espèces représentent 96.8 % du total, les 9 autres espèces capturées comptabilisant 6 individus ou moins.

A noter que les résultats sont similaires si l'on considère les indices de biomasse (en kg).

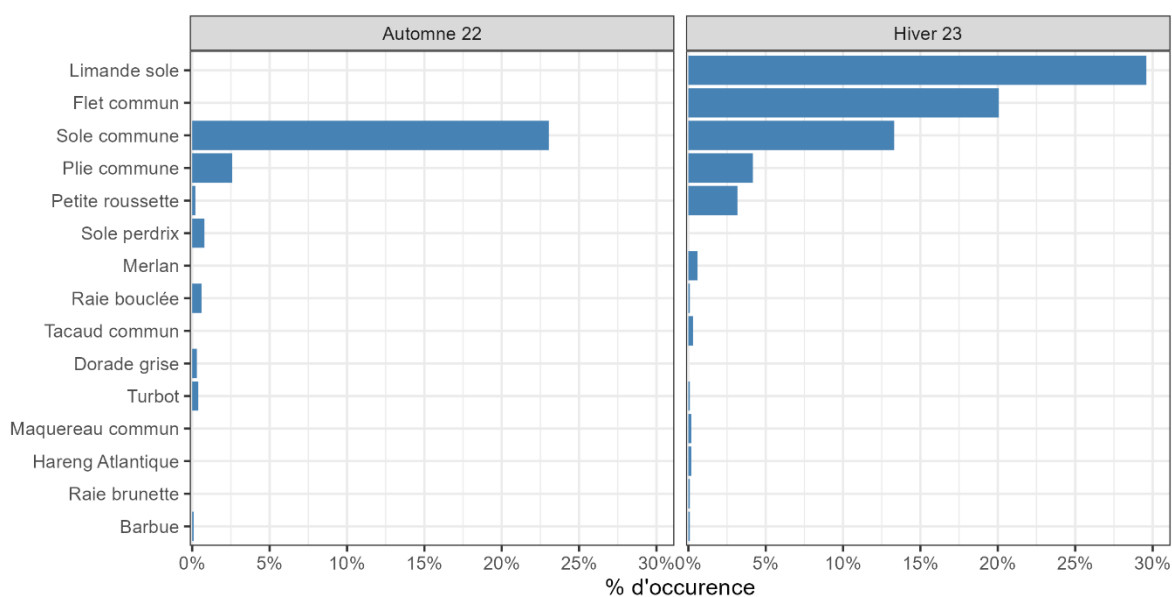
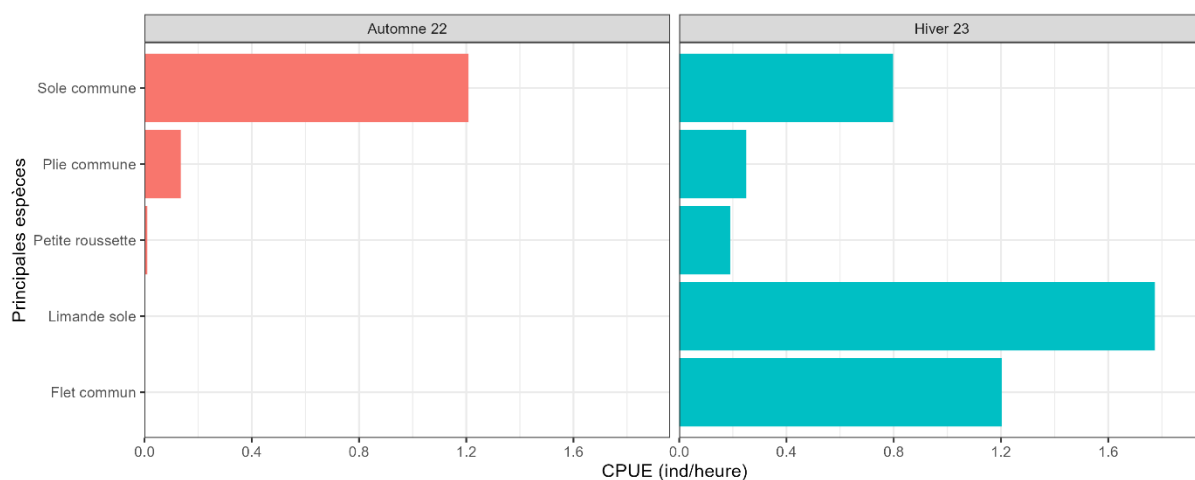


Figure 145 : Fréquence d'abondance des espèces de poissons sur l'ensemble des campagnes.

En considérant les deux campagnes l'échantillonnage (Figure 146), il apparaît que l'espèce la plus abondante est la sole commune (avec 36.3% des effectifs), suivie de la limande sole et du flet commun (29.6% et 20.1% des effectifs) capturés exclusivement en hiver. La plie commune *Pleuronectes platessa* et la petite roussette *Scyliorhinus canicula* représentent respectivement 6.8% et 3.4%. En hiver, la limande sole présente l'indice d'abondance le plus élevé mais c'est le flet commun qui présente l'indice de biomasse le plus fort, en raison du poids moyen élevé pour cette espèce.



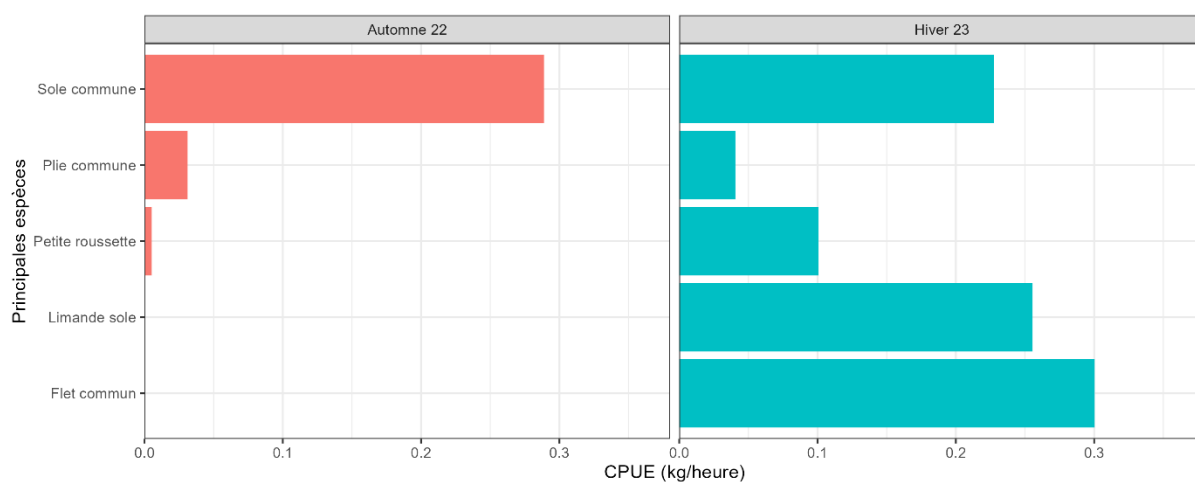


Figure 146 : Indices d'abondance (en nombre d'individus par heure en haut) et de biomasse (en kg par heure en bas) des poissons par campagne

2.5 Focus sur les cinq espèces principales de poissons

Dans cette dernière partie, cinq espèces abondantes et/ou présentant un intérêt commercial font l'objet d'une fiche individuelle. Celles-ci présentent i) la carte des indices d'abondance (kg/ha) observés lors campagnes d'échantillonnage, ii) la structure en tailles observée par campagne et iii) la taille moyenne observée par station.

Flet commun *Platichthys flesus*



Le flet commun a été capturé de manière abondante, en hiver exclusivement (Figure 147).

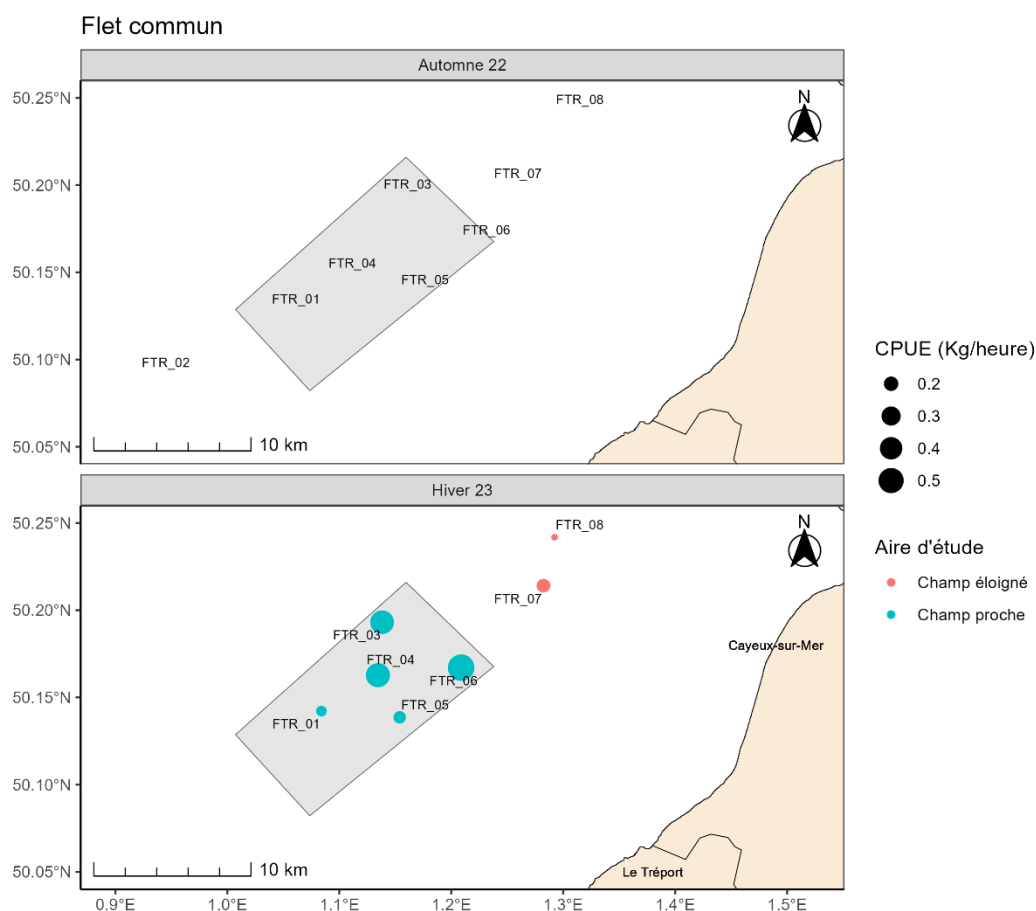


Figure 147. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour le flet commun

Sa distribution en classes de taille montre une queue de distribution légèrement étalée à droite, elle atteint un pic vers 25 cm (Figure 148). La longueur moyenne des individus par station ou par champ d'étude ne présente pas de différence significative (Figure 149).

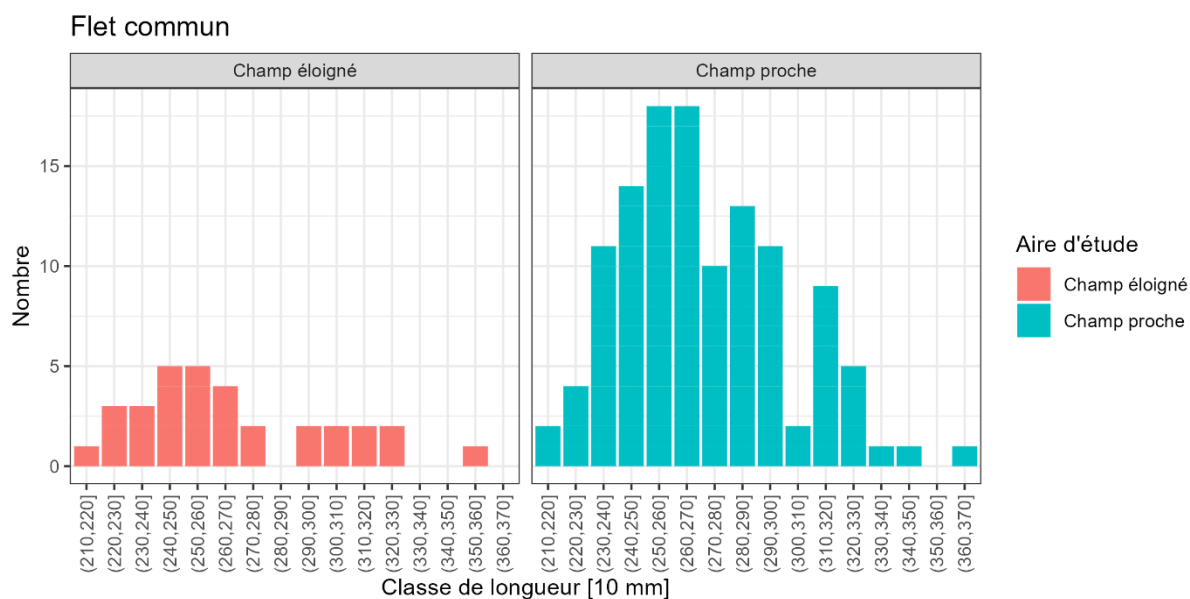


Figure 148. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) du flet commun par champ d'étude

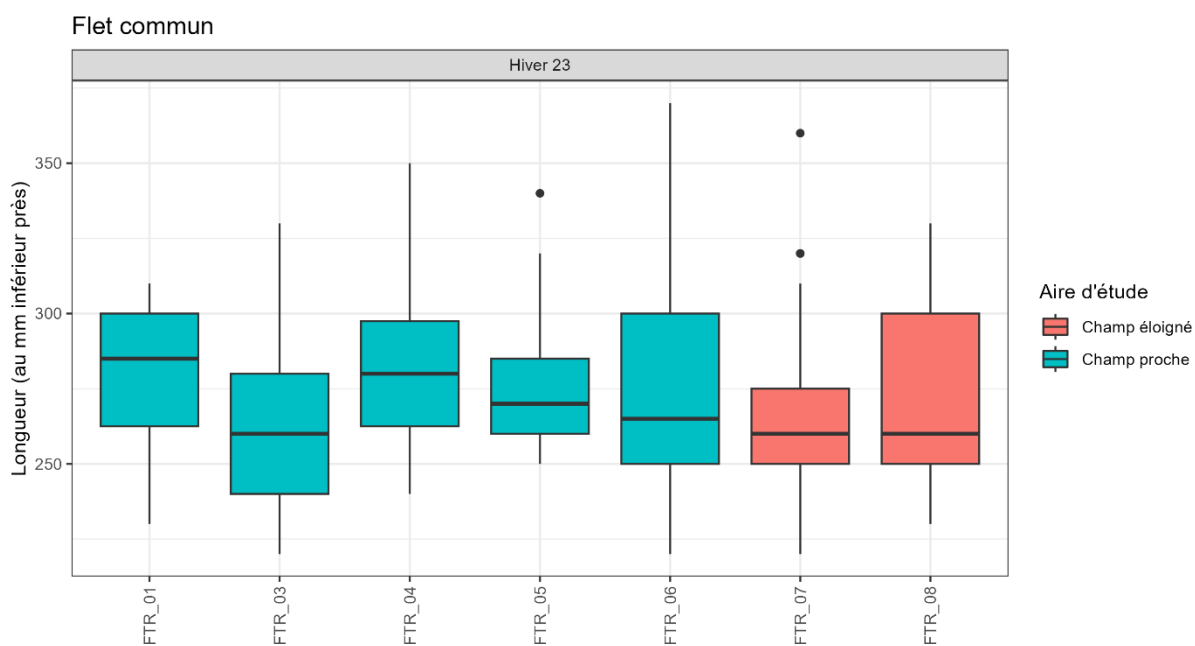


Figure 149. Distribution des tailles (LT en mm) pour le flet commun, par campagne et par station

Limande sole *Microstomus kitt*



La limande sole a été capturée de manière abondante et relativement homogène, et en hiver exclusivement (Figure 150).

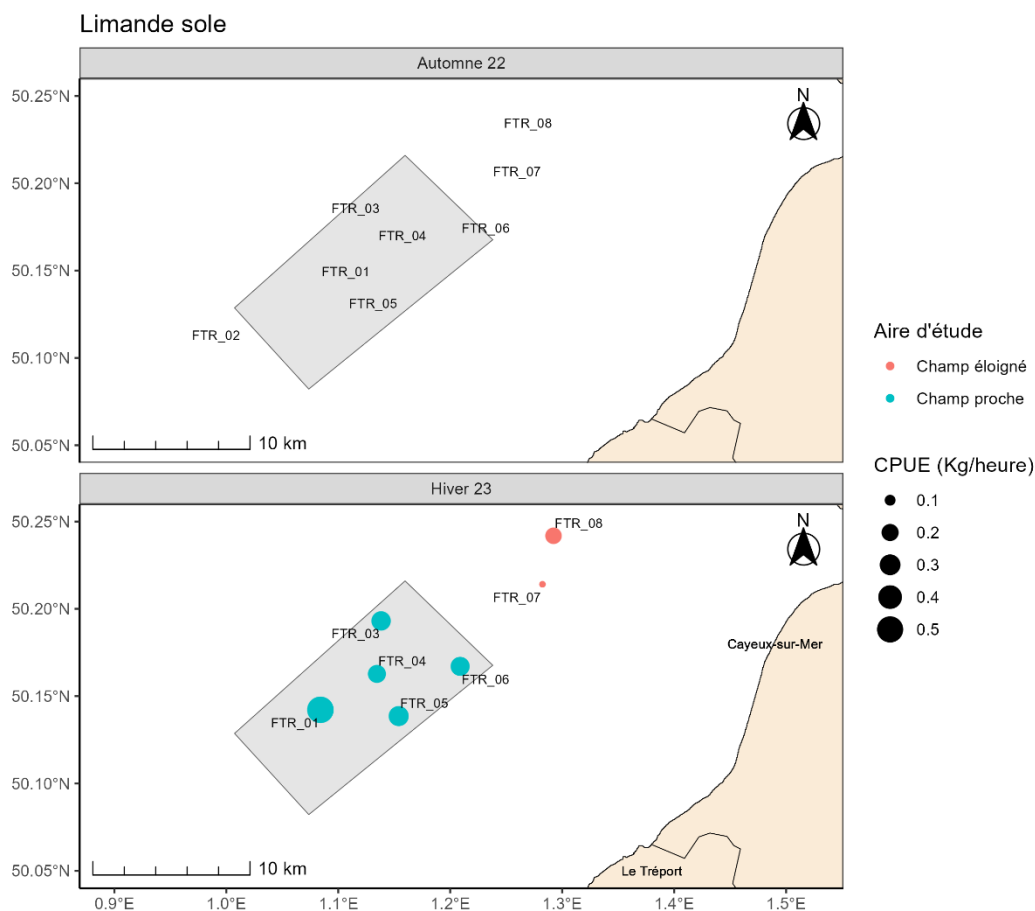


Figure 150. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la limande sole

Sa distribution en classes de taille est symétrique et atteint un pic vers 20 cm (Figure 151). La longueur moyenne des individus par station ou par champ d'étude ne présente pas de différence significative (Figure 152).

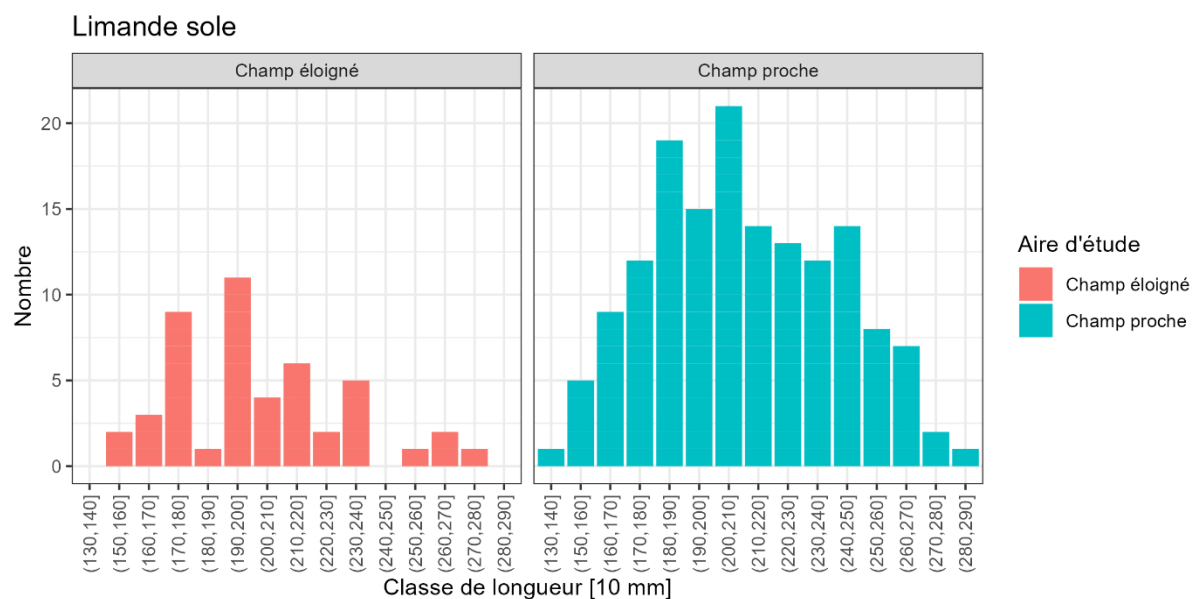


Figure 151. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la limande sole par champ d'étude

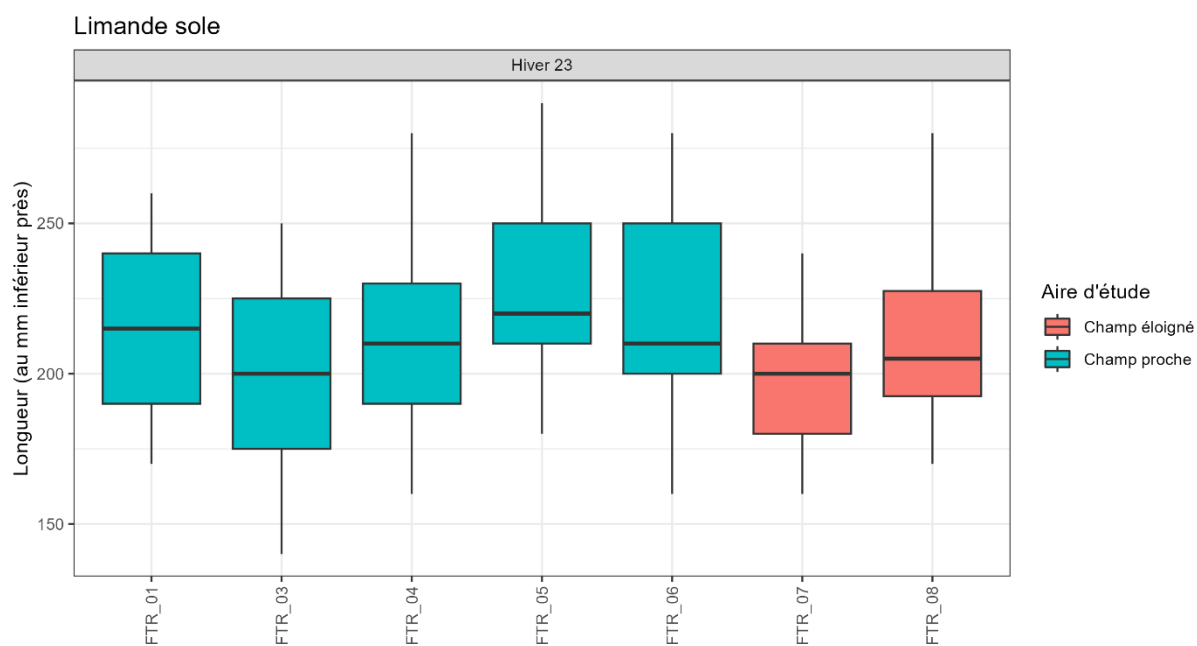


Figure 152. Distribution des tailles (LT en mm) pour la limande sole, par campagne et par station

Petite roussette *Scyliorhinus canicula*



La petite roussette a essentiellement été capturée en petite quantité, plus abondamment en hiver qu'en été où elle n'a été observée que sur une station (Figure 153).

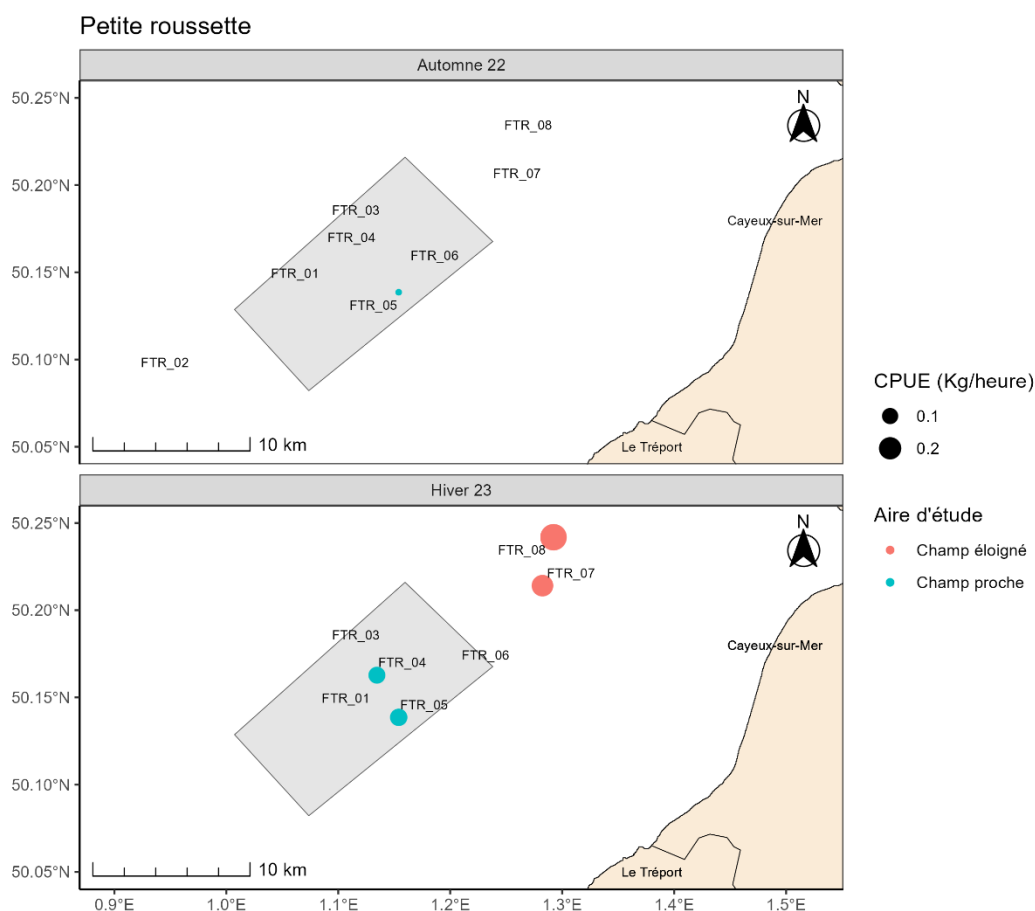


Figure 153. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la petite roussette

L'effectif total est faible et ne permet pas d'observer une distribution en classes de taille précise, néanmoins, un pic semble observable pour la classe 53-54 cm (Figure 154). De même, bien que les effectifs soient faibles, La longueur moyenne des individus par station ou par champ d'étude ne présenteraient pas de différence significative (Figure 155).

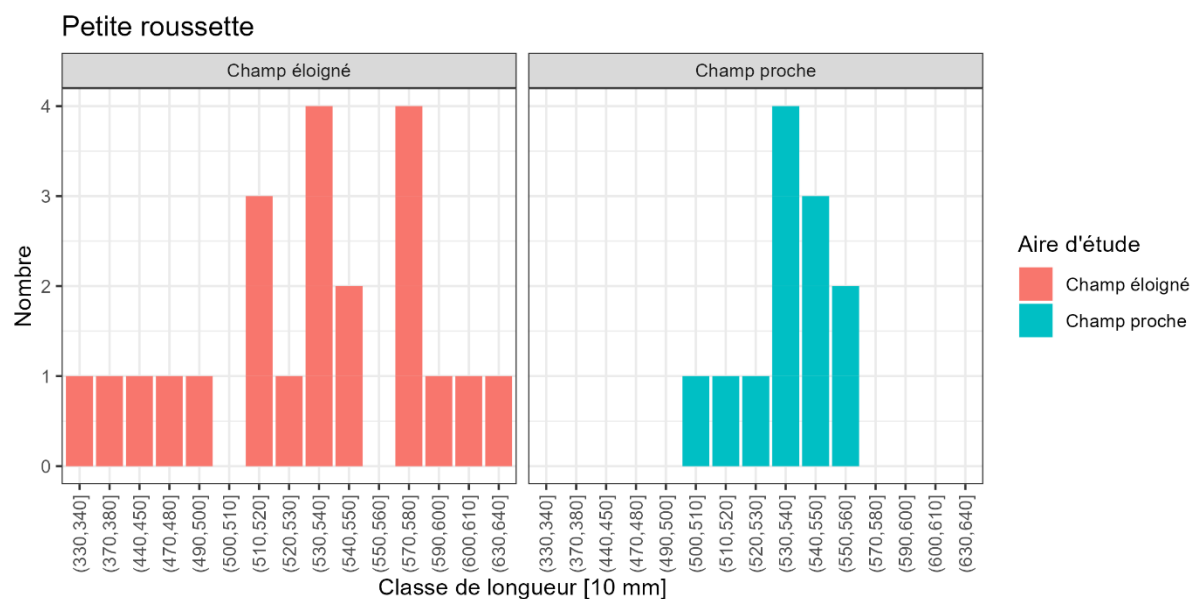


Figure 154. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la petite roussette par champ d'étude

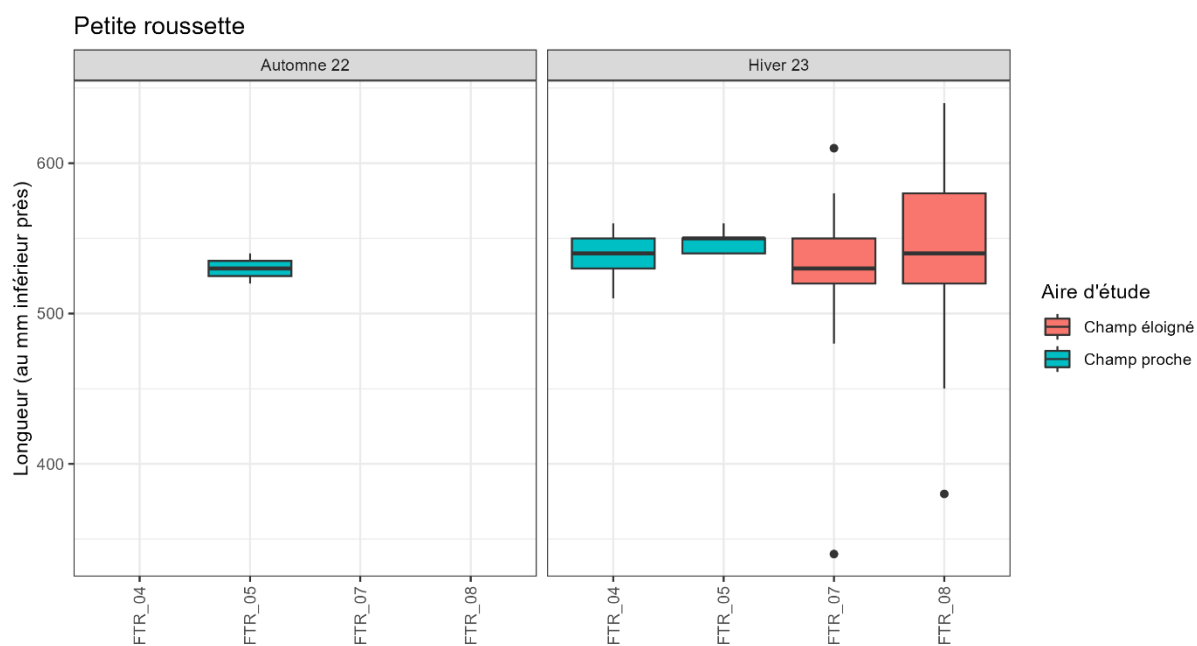


Figure 155. Distribution des tailles (LT en mm) pour la petite roussette, par campagne et par station

Plie commune *Pleuronectes platessa*



La plie commune a été capturée en abondance équivalente sur les deux campagnes, de manière ponctuelle et variable selon les stations (Figure 156).

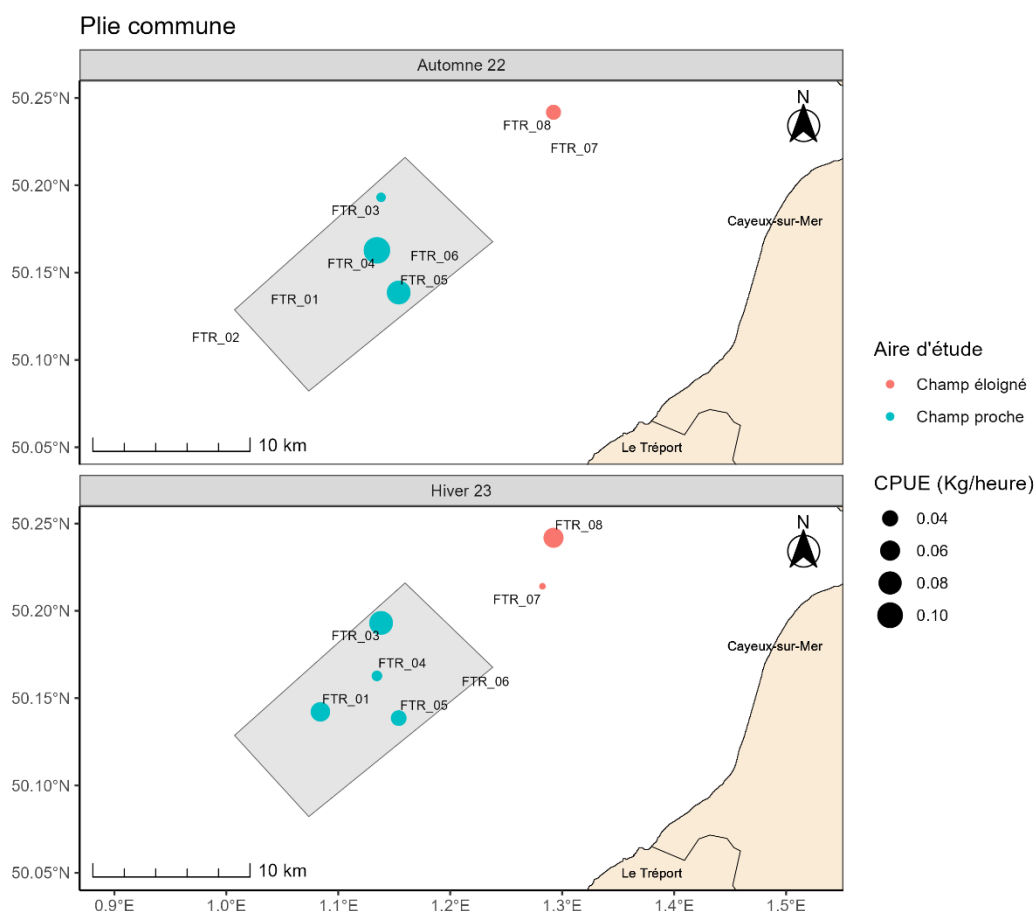


Figure 156. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la plie commune

Sa distribution en classe de taille montre un pic autour de 25 cm, plus visible dans le champ proche étant donné qu'il y a plus de stations, et donc potentiellement plus de captures (Figure 157). Toutefois la longueur moyenne des individus par station ou par champ d'étude ne présente pas de différence significative (Figure 158).

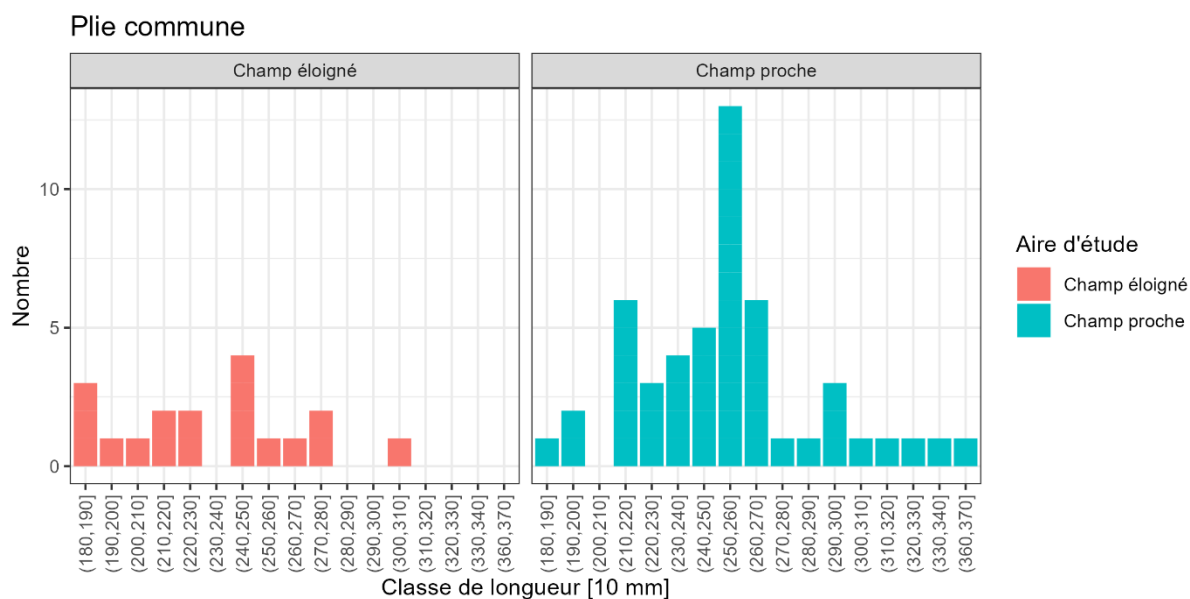


Figure 157. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la plie commune par champ d'étude

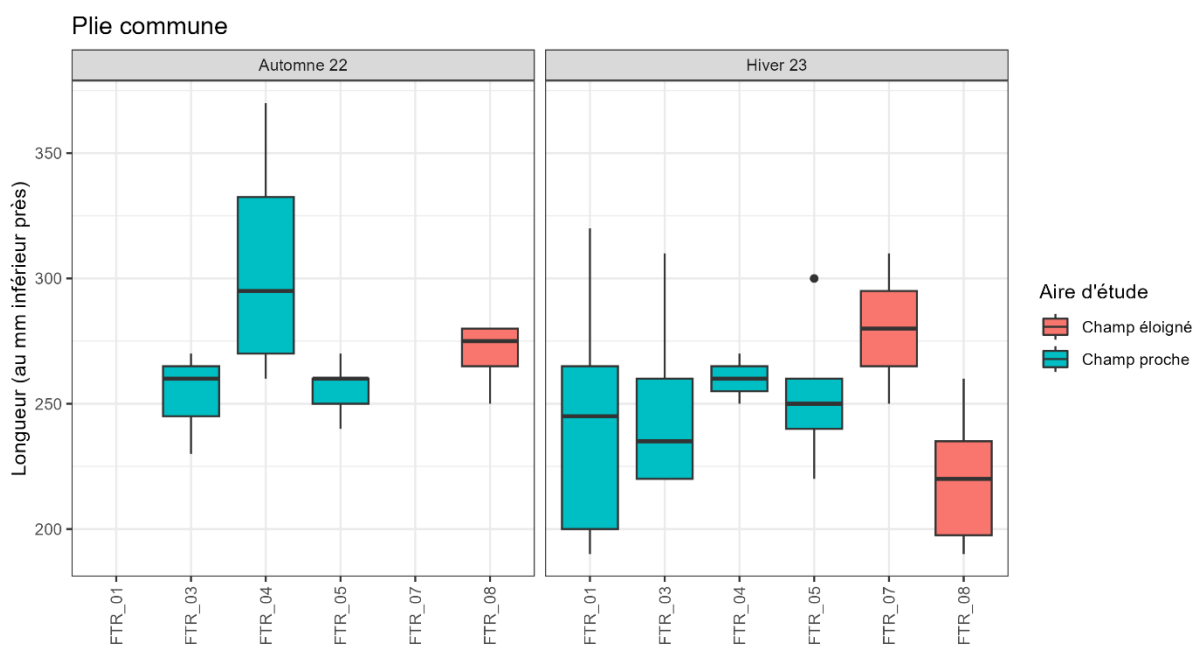
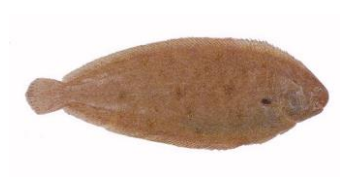


Figure 158. Distribution des tailles (LT en mm) pour la plie commune, par campagne et par station

Sole commune *Solea solea*



La sole commune a été capturée de manière fréquente et régulière lors des deux campagnes (Figure 159).

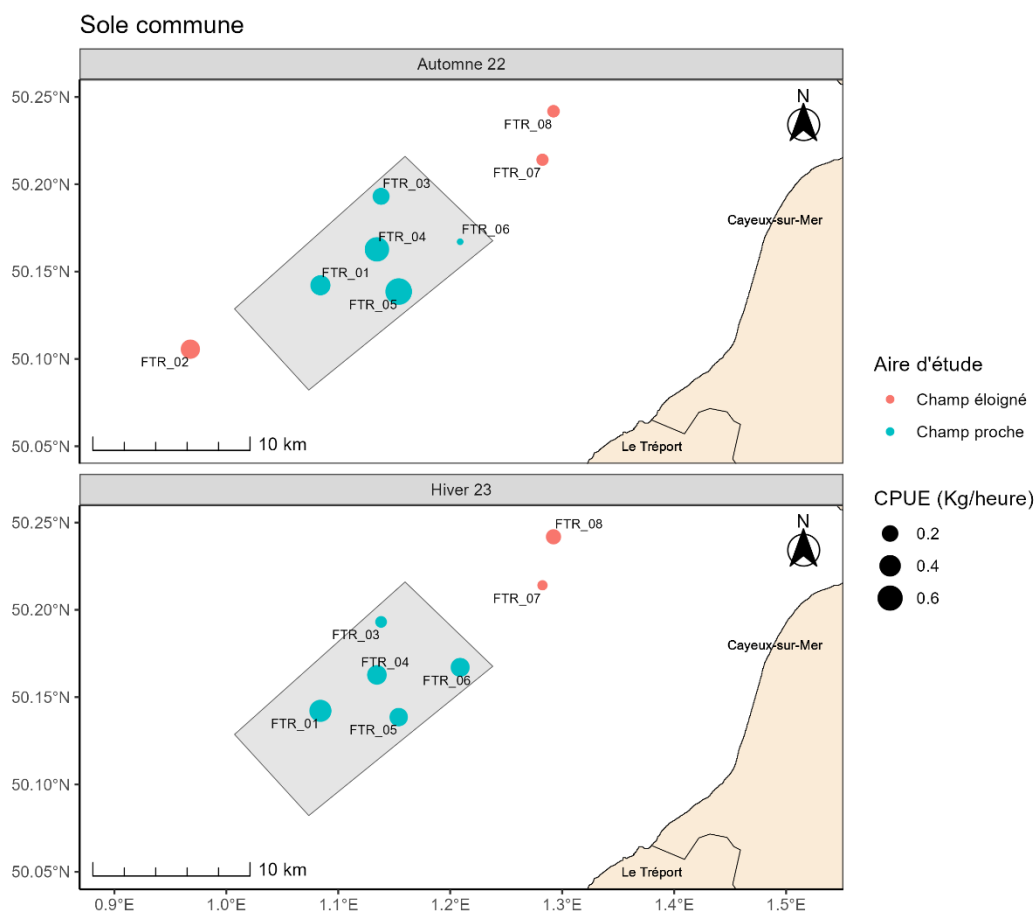


Figure 159. Carte des indices de biomasse (en kg/heure) par campagne pour la sole commune

Sa distribution en classes de taille est symétrique avec un pic autour de 30 cm (Figure 160). La longueur moyenne des individus par station ou par champ d'étude ne présente pas de différence significative (Figure 161).

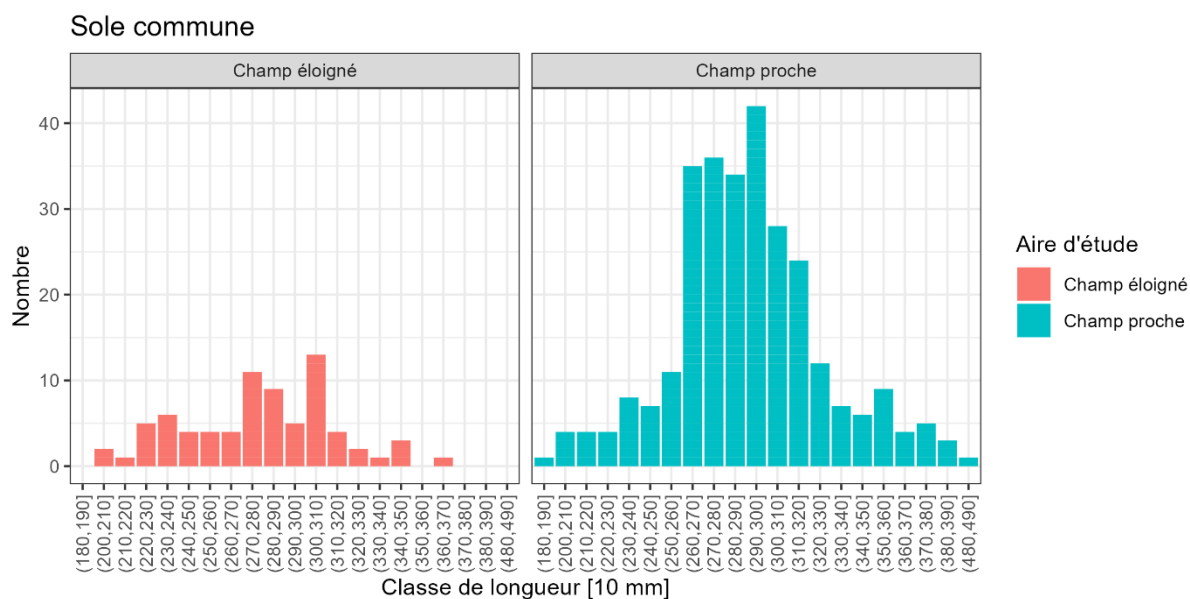


Figure 160. Distribution en classes de taille (LT au mm, classes de 10 mm) de la sole commune par champ d'étude

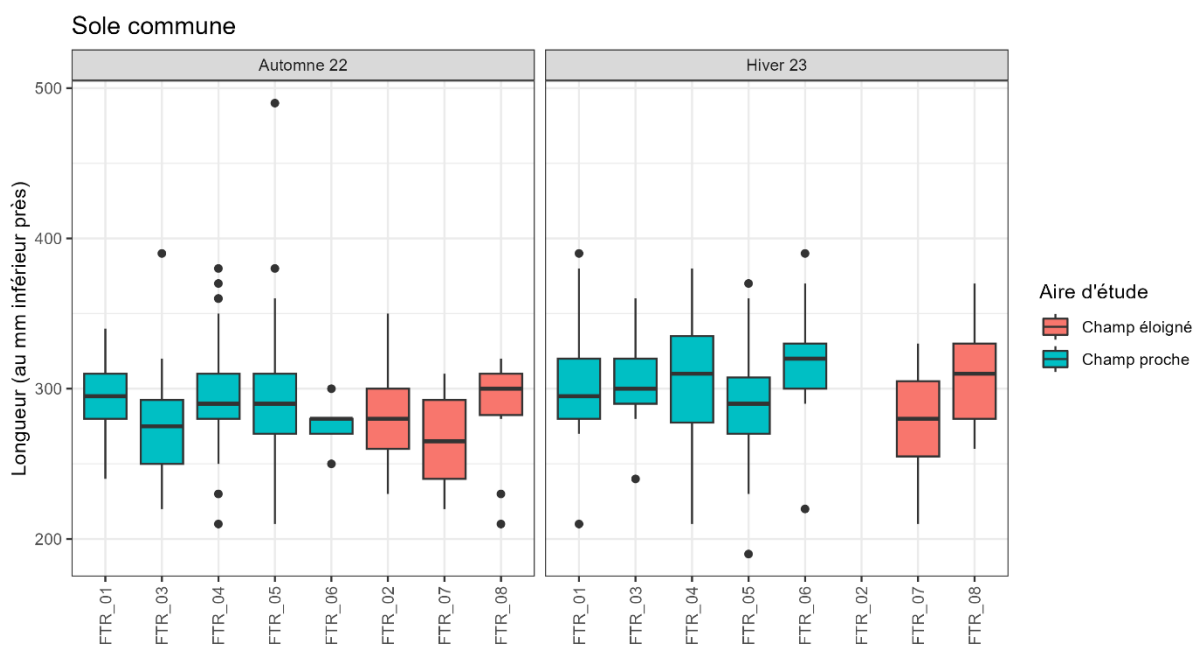


Figure 161. Distribution des tailles (LT en mm) pour la sole commune, par campagne et par station

2.6 Invertébrés benthiques

Peu d'invertébrés benthiques ont été capturés durant les campagnes d'échantillonnage (Tableau 10). Seules 5 espèces ont été observées : 2 macro-crustacés, l'araignée de mer *Maja brachydactyla* et le crabe dormeur (ou tourteau) *Cancer pagurus*, 2 bivalves, la coquille St Jacques *Pecten maximus* et l'huître plate *Ostrea edulis*, ainsi qu'un gastéropode, le bulot commun *Buccinum undatum*.

Tableau 10. : Fréquence d'occurrence des invertébrés benthiques lors des deux campagnes d'échantillonnage

Espèce		F _{tot}	Automne 2022									Hiver 2023										
			1	2	3	4	5	6	7	8	F	1	2	3	4	5	6	7	8	F		
Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	20%	•									13%	• •									29%
Coquille St Jacques	<i>Pecten maximus</i>	20%										0%	• • •									43%
Huître Pied cheval	<i>Ostrea edulis</i>	13%										0%	• •									29%
Bulot commun	<i>Buccinum undatum</i>	7%										0%	•									14%
Crabe dormeur	<i>Cancer pagurus</i>	7%										0%	•									14%
Nombre total d'espèces			0	0	0	0	0	1	0	0		1	0	3	3	1	1	0	0			

Ces espèces ont été rencontrées de manière sporadique. Pour la campagne d'automne, une seule espèce a été comptabilisée, l'araignée de mer, sur une unique station. Pour la campagne d'hiver, les cinq espèces ont été sur 1 à 3 stations.

Cette différence pourrait s'expliquer par un tri des captures d'invertébrés benthiques moins exhaustif lors de la campagne d'automne ou par une abondance ou une capturabilité moindre sur la zone pendant l'automne par rapport à l'hiver.

Sur l'ensemble de la campagne, 49 invertébrés benthiques ont été comptabilisés : 22 araignées de mer, 21 huîtres plates, 4 coquilles Saint-Jacques, et 1 bulot et 1 crabe dormeur (ou tourteau).

3. BILAN

Les campagnes aux filets trémail ont permis de compléter l'échantillonnage du compartiment étudié, en réalisant notamment la capture de poissons plats en nombre dans la zone d'étude. Les captures ont été nettement plus abondantes en hiver qu'en automne et ne font apparaître aucun schéma particulier de distribution spatiale, ni de différence entre champ d'incidence proche et éloigné.

On peut comparer les résultats de ces 2 campagnes (automne 2022 et hiver 2023) à ceux des 6 campagnes aux filets trémaux réalisées en 2016-2017 pour l'état initial (BRL ingénierie, 2018).

Les 2 campagnes d'échantillonnage réalisées pour la définition de l'état de référence ont permis de mettre en évidence une diversité spécifique de 15 espèces de poissons et céphalopodes, en majorité des benthodémersaux (13 espèces) auxquels s'ajoutent 2 pélagiques. Sur l'ensemble des campagnes, la diversité spécifique moyenne est de 4,2 espèces (+/- 2.2). Cette diversité spécifique est nettement plus faible que celle observée durant les 6 campagnes réalisées pour l'état initial, avec 36 espèces dont 4 pélagiques, ainsi qu'une richesse moyenne benthodémersale de 10 ± 2 espèces. Cela peut

s'expliquer notamment par l'effort d'échantillonnage plus important et la plus large couverture saisonnière lors de l'état initial.

Concernant la fréquence d'occurrence des espèces observées lors de l'état initial, les espèces les plus fréquemment observées lors des deux études sont les mêmes : la sole, la plie, la limande sole et le flet. On observe aussi la même tendance saisonnière dans les deux études, avec des captures par unité d'effort (en abondance et biomasse) nettement plus élevées en hiver qu'aux autres saisons. Enfin, en ce qui concerne les invertébrés benthiques, les captures réalisées lors des deux études sont comparables et dominées par l'araignée de mer.

Conclusion

L'ensemble des campagnes réalisées aux différentes saisons en 2022 et 2023 a permis de compléter les connaissances acquises entre 2015 et 2017, afin de constituer un état de référence de l'environnement du futur parc éolien au large du Tréport. La variété des engins déployés en mer (filets à plancton, chalut à perche, chalut canadien, drague à coquilles Saint-Jacques, drague à bivalves pour les amandes de mer, filets trémail) a permis de récolter des informations sur un large panel d'espèces du phytoplancton, du zooplancton, de l'ichtyoplancton, des poissons benthiques, démersaux, pélagiques, des céphalopodes, crustacés, bivalves et autres invertébrés benthiques.

Parmi celles-ci, plusieurs espèces d'intérêt commercial sont bien représentées sur la zone, notamment la sole, la limande sole, le flet, la plie, la limande, le merlan, le maquereau, le chinchard, le rouget barbet, la seiche, l'encornet, la coquille Saint-Jacques et l'amande de mer.

Par rapport à l'étude de l'état initial de l'environnement (2015 à 2017, BRLi 2018), on peut noter une stabilité globale de la composition spécifique des captures, une diversité spécifique et une abondance plutôt en baisse pour les données collectées au chalut à perche et au filet trémail (baisse vraisemblablement liée au plus faible nombre de campagnes et à la moins large couverture saisonnière) mais équivalentes pour les données collectées au chalut canadien, ainsi qu'une augmentation de l'abondance des coquilles Saint-Jacques, qui reste néanmoins assez faible par rapport à d'autres gisements. En ce qui concerne l'amande de mer, les densités observées ainsi que la structure en tailles sont comparables à celles observées au large de la baie de Somme (Rocroy et al., 2022).

L'analyse des données récoltées sur le compartiment plancton, poissons, mollusques et crustacés permet de mettre en évidence des variations de l'abondance des espèces étudiées, mais pas de schéma particulier de leur distribution spatiale, en dehors d'un gradient côte-large observé dans le cas des amandes de mer. Cette analyse ne révèle pas non plus de différence significative dans l'abondance, la biomasse et la diversité spécifique du compartiment étudié entre les champs d'incidence proche et éloigné du futur parc éolien. Les prochaines campagnes devraient concerner la phase travaux.

Bibliographie

Badts, V. and Bertrand, J. (2012) Guide de la mensuration des espèces en halieutique, poissons, mollusques, crustacés, reptiles marins, mammifères marins.

Belin, C., Haberkorn, H., Ménesguen, A., Artigas, L.F., Del Amo, Y., Martin-Jézéquel, V., 2012. Caractéristiques et état écologique. Manche - Mer du Nord. Etat biologique. Caractéristiques biologiques - biocénoses : communautés du phytoplancton.

Borremans, C. 1987. North Sea spawning grounds of the sole (*Solea solea*) located from the 1984 Belgian plankton survey, Proc. V Congr. europ. Ichthyol.: 187—191.

BRL ingénierie (2018) Etude d'impact du parc sur l'environnement valant document d'incidences au titre de la Police de l'eau et des milieux aquatiques. Parc éolien en mer de Dieppe-Le-Tréport.

Brylinski, J.-M., Lagadeuc, Y., Gentilhomme, V., Dupont, J.-P., Lafite, R., Dupeuble, P.-A., Huault, M.-F., Auger, Y., Puskaric, E., Wartel, M., Cabioch, L., 1991. Le « fleuve cotier »: Un phénomène hydrologique important en Manche orientale. Exemple du Pas-de-Calais. *Oceanologia Acta*.

Calu, G., 2020. Les indices de diversité en écologie des écosystèmes. Louernos Nature. URL <https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/> (consulté le 7.10.23).

Carpentier A, Martin CS, Vaz S (Eds.), (2009) Channel Habitat Atlas for marine Resource Management, final report / Atlas des habitats des ressources marines de la Manche orientale, rapport final (CHARM phase II). INTERREG 3a Programme, IFREMER, Boulogne-sur-mer, France. 626 pp. & CD-rom

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology* 18, 117-143.

Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216, 265-278

Delaunay D. et Brind'Amour A. (2018). Manuel des protocoles de campagne halieutique. Campagnes « Nourriceries ». R.ODE/VIGIES/DCSMM.

Dupont, J.-P., Lafite, R., Huault, M.-F., Dupeuble, P.-A., Brylinski, J.-M., Guegueniat, P., Lamboy, M., Cabioch, L., 1991. La dynamique des masses d'eaux et des matières en suspension en Manche Orientale. *Oceanologia Acta*.

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 D. Pauly. Editors. (2023) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (02/2023)

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).

Ifremer, 2011. Protocole conseillé pour la description de l'état initial et le suivi des ressources halieutiques dans le cadre d'une exploitation de granulats marins. 12p.

Ifremer, 2016. Les fiches thématiques de l'Observatoire National de la Mer et du Littoral. Risques et changement climatique. variabilité de la température et de la salinité dans les eaux métropolitaines.

Johnson, A.F., Jenkins, S.R., Hiddink, J.G. and Hinz, H. (2013) Linking temperate demersal fish species to habitat: scales, patterns and future directions. *Fish and Fisheries* 14: 256–280.

Mahé, K., Delpech, J.-P., & Carpentier, A. (2007) Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du Golfe de Gascogne.

Mahon, R., S.K. Brown, K.C.T. Zwanenburg, D.B. Atkinson, K.R. Buja, L. Calflin, G.D. Howell, M.E. Monaco, R.N. O'Boyle, and M. Sinclair. 1998. Assemblages and biogeography of demersal fishes of the east coast of North America. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1704-1738.

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

Not, F., Nakamura, Y., Guyard, N., 2015. La Plancton : apprendre et comprendre en images. Traduction du livre japonais ZUKAN PLANKTON produit par la Société Japonaise de plancton (Gijutsu-Hyohron Co., Ltd), Editions de la Station Biologie de Roscoff.

Oksanen, J. et al. (2018) 'vegan : Community Ecology Package. R package version 2.6-4'. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf> (Accessed: 25 July 2023).

Overholtz W.J., Tyler A.V. (1985). Long-term responses of the demersal fish assemblages of Georges Bank. *FishBull* 83 (4): 507-520.

Pezy, J.-P., 2017. Approche écosystémique d'un futur parc éolien en Manche orientale: exemple du site de Dieppe-Le Tréport.

Rocroy, M., Leprêtre, M.-A., Collard, D., Stien, F., Talleux, J.-D., Rolet, C., Viera, A. (2022). Evaluation de la ressource en Amandes de mer (*Glycymeris glycymeris*) au large de la baie de Somme, été 2022. Projet EVAMANSOM – GEMEL & CRPMEM. Rapport du GEMELn°22-016 : 45 p.

Savina, Marie. « Modélisation écologique des populations de palourdes roses (*Paphia rhomboïdes*) et d'amandes de mer (*Glycymeris glycymeris*) en Manche ». Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille II, 2004.

Umana-Villalobos G., 2010. Temporal variation of phytoplankton in a small tropical crater lake, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 58(4):1405-19.

Ward Jr., J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58:236-244

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>