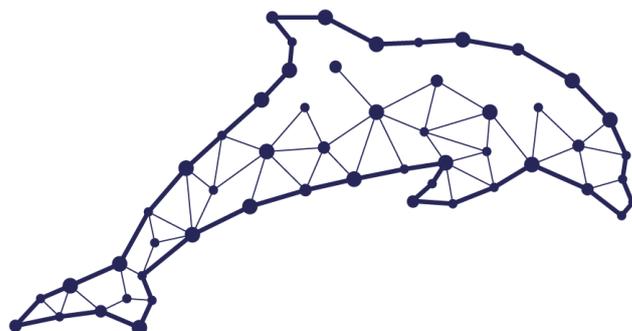


Parc Éolien en Mer de Saint-Nazaire Banc de Guérande

Suivi halieutique en phase de construction

Rapport final – Avril 2023



SINAY

MARITIME DATA SOLUTION

Parc éolien 
en mer de S^t-Nazaire


SUIVI DU DOCUMENT

Version	Date Rédaction	Rédacteurs	Relecture
1	16/03/2023	<i>Pascal HACQUEBART Laura COURAUD</i>	<i>Charles-Eric DEPLANCK</i>
2	27/04/2023	<i>Pascal HACQUEBART Laura COURAUD</i>	<i>Charles-Eric DEPLANCK</i>
3			

TABLE DES MATIERES

Synthèse des résultats.....	13
1 Présentation de l'étude	16
1.1 Contexte	16
1.2 Objet du document.....	17
1.3 Synthèse des connaissances issues de la bibliographie.....	19
2 Rappel du contexte environnemental du site	20
2.1 Habitats d'espèces.....	20
2.2 Espèces caractéristiques de la zone	20
2.3 Rôles fonctionnels du site du banc de Guérande	22
3 Matériel et méthodes.....	23
3.1 Planification et Réalisation – Déroulement de l'étude de Suivi	27
3.1.1 Calendrier des campagnes	27
3.1.2 Travaux d'installation des fondations	27
3.1.3 Qualité de l'eau (MSu1).....	28
3.1.4 Campagne de collecte de zooplancton en mer (MSu6)	29
3.1.5 Campagnes métiers (MSu3 et MSu5).....	32
3.2 Modalités d'interprétation.....	39
3.2.1 Généralités	39
3.2.2 Méthode pour la détermination de l'effet « bruit des travaux » sur les prélèvements	41
3.2.3 Analyse multivariée	45
3.2.4 Glossaire des travaux en milieu marin	46
4 Limites de la présente étude.....	48
5 Résultats des suivis qualité des eaux marines	50
5.1 Rappel des objectifs.....	50
5.2 Contexte hydrologique	50
5.3 Mesures physico-chimiques	52
5.3.1 Température de l'eau	57
5.3.2 Salinité	63
5.3.3 Turbidité	64
5.3.4 Oxygène dissous	64
5.3.5 Fluorescence.....	65
5.3.6 Comparaison des résultats avec ceux de l'état de référence	65
6 Résultats des suivis de l'ichtyoplancton	68

6.1	Rappel des objectifs	68
6.2	Œufs de poissons	68
6.2.1	Abondance des œufs.....	68
6.2.2	Indices de diversité biologique.....	69
6.2.3	Fréquence d'occurrence.....	71
6.2.4	Assemblages des espèces.....	73
6.2.5	Analyse multivariée.....	77
6.2.6	Synthèse « Œufs de poissons »	78
6.3	Larves de Poissons	78
6.3.1	Abondance des larves.....	78
6.3.2	Indices de diversité biologique.....	79
6.3.3	Fréquences d'occurrence.....	81
6.3.4	Assemblage des espèces.....	83
6.3.5	Analyse multivariée.....	85
6.3.6	Synthèse « Larves de poissons »	86
6.4	Zooplancton hors ichthyoplancton	87
6.4.1	Abondance du zooplancton.....	87
6.4.2	Indices de diversité biologique.....	88
6.4.3	Fréquence d'occurrence.....	90
6.4.4	Assemblage des espèces.....	91
6.4.5	Analyse multivariée.....	93
6.4.6	Synthèse « Autre zooplancton »	93
7	Résultats des suivis halieutiques	95
7.1	Rappel des objectifs	95
7.2	Campagnes métiers « filets à poissons et crustacés »	95
7.2.1	Abondance totale par mission.....	95
7.2.2	Indices de diversité biologique.....	96
7.2.3	Fréquence d'occurrence.....	97
7.2.4	CPUE	98
7.2.5	Assemblage des espèces.....	101
7.2.6	Étude monospécifique.....	103
7.2.7	Analyse multivariée.....	110
7.2.8	Comparaison des résultats avec ceux de l'état de référence des campagnes « filets à poissons et crustacés ».....	111
7.3	Campagnes métier « Casier à crustacés » (MSu5)	112
7.3.1	Abondance totale par mission.....	112

7.3.2	Indice de diversité biologique	113
7.3.3	Fréquence d'occurrence.....	115
7.3.4	CPUE	116
7.3.5	Assemblage des espèces	120
7.3.6	Étude monospécifique.....	122
7.3.7	Analyse multivariée	132
7.3.8	Comparaison des résultats avec ceux de l'état de référence des campagnes « casier à crustacés »	133
7.4	CAMPAGNES METIERS « PALANGRES À POISSONS »	134
7.4.1	Abondance totale par mission.....	134
7.4.2	Indice de diversité biologique	135
7.4.3	Fréquence d'occurrence.....	136
7.4.4	CPUE	137
7.4.5	Assemblage des espèces	140
7.4.6	Étude monospécifique.....	142
7.4.7	Analyse multivariée	146
7.4.8	Comparaison des résultats avec ceux de l'état de référence des campagnes « palangre à poissons »	147
8	Synthèse et Conclusion	148
8.1	Qualité de l'eau lors des campagnes.....	148
8.2	Ichtyo- et zooplancton – Fonction Frayère	148
8.2.1	Œufs de poissons.....	148
8.2.2	Larves.....	148
8.2.3	Autre zooplancton.....	148
8.3	Filet à poissons et crustacés	148
8.4	Casier à crustacés	149
8.5	Palangre à poissons	150
9	ANNEXES	151
10	Bibliographie	152
	Annexe 1 : ESPECES PRESENTES DANS L'ESTUAIRE DE LA LOIRE	159
	Annexe 2 : CPUE moyennes calculées par mission.....	162
	Annexe 4 : RAPPORT DE L'EXPERTISE TAXONOMIQUE DU MNHN SUR LES ECHANTILLONS DE LA CAMPAGNE ICHTYOPLANCTON	182

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de localisation du projet éolien en mer du Banc de Guérande et de son raccordement électrique.	16
Figure 2: Situation de la présente étude de suivi en période de travaux dans la vie du parc éolien. ..	17
Figure 3 : Répartition des habitats benthiques connus du Banc de Guérande.....	20
Figure 4 : Cartographie des habitats benthiques du parc éolien en mer de Banc de Guérande.	25
Figure 5 : Schéma de l’approche BACI (source : Secor D. 2017. Priorities and challenges of monitoring).	26
Figure 6 : Calendrier des campagnes pour les années 2021 et 2022 pendant la phase de construction.	27
Figure 7: Chronologie des travaux de préparation de sol et d’installation, fermetures de zones et période couverte par le suivi en phase travaux.	28
Figure 8 : Utilisation de la sonde multi-paramètres lors d'une campagne en mer pour les besoins des missions MSu1.....	28
Figure 9 : Cartographie des stations d'échantillonnage prévues pour les missions zooplanctoniques (MSu6) et modifications du plan d'échantillonnage apportées en avril et août 2021.	29
Figure 10 : Présentation du filet Bongo utilisé lors de la campagne de collecte.	30
Figure 11 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions ichthyoplanctoniques (MSu6) en 2021.....	31
Figure 12 : Cartographie des zones de prélèvements prévues pour les campagnes métiers (MSu3 et MSu5).	32
Figure 13 : Casiers utilisés pour les campagnes MSu3 à l'arrière du navire	33
Figure 14 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions aux casiers (MSu3) en 2021-2022.....	34
Figure 15 : Parc à l'arrière du navire rassemblant les filières utilisées pour les campagnes MSu5a....	35
Figure 16 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions aux filets (MSu5a) en 2021-2022.....	36
Figure 17 : Préparation des appâts sur les séries de palangres par un marin lors des campagnes MSu5b.	37
Figure 18 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions aux palangres (MSu5b) en 2021-2022.	38
Figure 19. Illustration graphique de l'indicateur SEL-24H.....	42
Figure 20 : Distances d'effet du battage après forage pour les fondations concernées.....	44
Figure 21: Distance d'effet des ateliers de battage après forage pour les travaux réalisés avant ou pendant la mission 2022-05 de la campagne de suivi au casier.	45
Figure 22 : Positionnement des stations DCE/REPHY au large de la Loire (en vert lieux de surveillance actifs, en gris station expérimentale non activée ; Le Merrer et al., 2022).	51
Figure 23 : Évolution de la température de surface au large de la Loire (Collin K. et al., 2020).....	57
Figure 24 : Évolution de la stratification thermique à « Basse Michaud » entre 2016 et 2018 (Le Merrer et al., 2022).....	58

Figure 25 : Profils de température dans la colonne d'eau à Basse Michaud entre 2017 et 2019, les points représentent les mesures de profil de la sonde (Le Merrer et al., 2022).	59
Figure 26 : Évolution de la valeur moyenne de température (°C) en surface et au fond (couche de 5 m) entre 2019 et 2022, présentées en fonction des quartiles.	61
Figure 27 : Profils des températures relevées sur les stations d'échantillonnage du parc éolien Banc de Guérande en 2019,2021 et 2022 (SINAY, 2022).....	62
Figure 28 : Boîtes de dispersion de l'évolution saisonnière (2016 à 2019) de la salinité mesurée à l'échelle des stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Le Merrer et al., 2022).	63
Figure 29 : Profils de salinité relevée à l'échelle des stations d'échantillonnage du parc éolien Banc de Guérande en 2019,2021 et 2022 (SINAY, 2022).....	64
Figure 30: Abondance du nombre d'œufs de poisson prélevés par 1000 m3 par mission.....	68
Figure 31 : Évolution la richesse spécifique S des œufs de poisson au cours des missions.....	69
Figure 32 : Évolution de l'indice H de diversité biologique des œufs de poisson au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	70
Figure 33 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique des œufs de poisson au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé)	70
Figure 34 : Rouquié (<i>Ctenolabrus rupestris</i>).	71
Figure 35 : Pourcentage d'abondance totale des œufs des 10 espèces de poissons les plus fréquemment observées par mission.	73
Figure 36 : Abondance des œufs des 10 espèces de poissons les plus fréquentes.	73
Figure 37 : Répartition des CPUE des œufs des 8 espèces de poisson les plus fréquemment observées sans ceux du Rouquié.....	74
Figure 38 : Représentation de l'assemblage des espèces d'œufs sans ceux du Rouquié, en fonction de l'abondance par mission.	75
Figure 39 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet bongo entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,216.....	77
Figure 40 : Abondance des larves de poissons prélevées par mission.....	78
Figure 41 : Évolution de l'indice S de richesse spécifique moyen des larves au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	79
Figure 42 : Évolution de l'indice H de diversité biologique moyen des larves au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	80
Figure 43 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique moyen des larves au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	80
Figure 44 : Assemblage des 12 espèces de poissons dont les larves ont été les plus fréquemment observées par mission.....	83
Figure 45 : Assemblage des 12 espèces de poissons dont les larves ont été les plus fréquemment observées par mission, en n/1000m ³ . La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.	83
Figure 46 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet bongo entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc)	

et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,169.....	85
Figure 47 : Abondance du zooplancton par mission.	87
Figure 48 : Évolution de l'indice S de richesse spécifique du zooplancton au cours des missions.	88
Figure 49 : Évolution de l'indice H de diversité biologique du zooplancton au cours des missions.	88
Figure 50 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique du zooplancton au cours des missions.	89
Figure 51 : Assemblage des 15 espèces de zooplancton les plus fréquemment observées par mission.	91
Figure 52 : Représentation de l'assemblage des espèces de zooplancton en fonction de l'abondance par mission.	91
Figure 53 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet bongo entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,102.....	93
Figure 54 : Abondance de poissons et crustacés prélevés par mission.	95
Figure 55 : Indice S de richesse spécifique moyen au fil des missions.....	96
Figure 56 : Indice H de diversité biologique moyen au fil des missions.....	96
Figure 57 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique moyen au fil des missions.....	97
Figure 58 : Carte des CPUE au filet (n/1000m*24h) en 2019.....	98
Figure 59 : Carte des CPUE au filet (n/1000m*24h) en 2021.....	99
Figure 60 : Carte des CPUE au filet (n/1000m*24h) en 2022.....	100
Figure 61 : Assemblage des 10 espèces les plus fréquemment observées par mission. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.....	101
Figure 62 : Assemblage des 10 espèces les plus fréquemment observées en fonction de l'abondance (n/1000m*24h) par mission. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.	101
Figure 63 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des Vieilles communes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	103
Figure 64 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des Tacauds communs au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	104
Figure 65 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des lieux jaunes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	105
Figure 66: Ventes annuelles de Lieu Jaune à la criée du Croisic pour la période 2010-2022. Source FranceAgriMer.....	105
Figure 67 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des petites roussettes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	108
Figure 68 : Évolution de la longueur (mm) des Araignées de mer au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).	109
Figure 69 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet entre 2019 et 2022.	110

Figure 70: CPUE en nombre d'individus, toutes espèces confondues pour les missions aux casiers.	112
Figure 71 : Indice S de richesse spécifique au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).	113
Figure 72 : Indice H de diversité spécifique au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).	114
Figure 73 : Indice J d'équitabilité spécifique au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).	114
Figure 74 : Carte des CPUE au casier (n/100 casiers*24h) en 2019.	117
Figure 75 : Carte des CPUE au casier (n/100 casiers*24h) en 2021.	118
Figure 76 : Carte des CPUE au casier (n/100 casiers*24h) en 2022.	119
Figure 77: Assemblage des espèces observées par mission en pourcentage de CPUE. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.	120
Figure 78: CPUE par espèce et par mission (en n/100 casiers*24h). La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.	120
Figure 79 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des Homards au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol/déroctage en foncé).	122
Figure 80: Ventes annuelles de Homard Européen à la criée du Croisic sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.	122
Figure 81: Ventes de Homard Européen à la criée du Croisic par trimestre sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.	123
Figure 82: Structure de population par sexe des homards prélevés en 2019 - État de référence.	124
Figure 83: Structure de population par sexe des Homards prélevés en 2021.	124
Figure 84: Structure de population par sexe des homards prélevés en 2022.	125
Figure 85 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des Araignées de mer au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	127
Figure 86 : Ventes annuelles d'Araignée de Mer à la criée du Croisic sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.	127
Figure 87 : Ventes d'araignée de Mer à la criée du Croisic par trimestre sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.	128
Figure 88 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des Tourteaux au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	129
Figure 89 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des étrilles au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	130
Figure 90: Ventes annuelles d'étrille à la criée du Croisic pour la période 2010-2022.	130
Figure 91 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet entre 2019 et 2022.	132
Figure 92 : Abondance des espèces prélevées à la palangre par mission.	134
Figure 93 : Évolution de l'indice de richesse spécifique (S) au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	135

Figure 94 : Évolution de l'indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver (H) au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	136
Figure 95 : Évolution de l'indice d'équitabilité de Piélou (J) au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	136
Figure 96 : Carte des CPUE palangre (n/1000 hameçons*24h) en 2019.	137
Figure 97 : Carte des CPUE palangre (n/1000 hameçons*24h) en 2021.	138
Figure 98 : Carte des CPUE au casier (n/1000 hameçons*24h) en 2022.	139
Figure 99 : Assemblage des espèces observées par mission en pourcentage de CPUE. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en grisé.....	140
Figure 100 : CPUE par espèce et par mission (en n/1000 hameçons*24h). La période affectée par les travaux d'installation est superposée en grisé.....	141
Figure 101 : Évolution des CPUE (n/1000 hameçons * 24h) des bars au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	142
Figure 102 : Évolution des CPUE (n/1000 hameçons * 24h) des lieux jaunes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	143
Figure 103: Ventes annuelles de Lieu Jaune à la criée du Croisic pour la période 2010-2022. Source FranceAgriMer.....	143
Figure 104 : Évolution des CPUE (n/1000 hameçons * 24h) des Tacauds au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).	145
Figure 105 : Résultats de l'analyse multivariée (PCO) réalisée à partir des données de captures à la palangre entre 2019 et 2022.	146
Tableau 1: Jalons des études réalisées.....	17
Tableau 2: Espèces échantillonnées à au moins deux étapes du développement depuis 2013. La couleur bleu-ciel signifie que l'espèce a été présente à ce stade de développement.....	21
Tableau 3 : Positions géographiques des stations à échantillonner dans le cadre des campagnes ichtyoplanctoniques (MSu6).	30
Tableau 4 : Caractéristiques des missions ichtyoplanctoniques (MSu6) réalisées en 2021.	31
Tableau 5 : Caractéristiques des missions aux casiers (MSu3) réalisées pour le suivi.....	33
Tableau 6 : Caractéristiques des missions aux filets (MSu5a) réalisées pour le suivi.	35
Tableau 7 : Caractéristiques des missions aux palangres (MSu5b) réalisées pour le suivi.	37
Tableau 8: Seuils acoustiques et distances d'effet pour les Poissons et Crustacés, par type de travaux. F : fréquence.....	41
Tableau 9: Type de travaux et nombre d'ateliers identifiés comme ayant potentiellement impacté les prélèvements réalisés lors des différentes missions réalisées pour le suivi (colonne de gauche).	43
Tableau 10 : Moyennes des mesures de qualité de l'eau pour les 5 premiers mètres de la colonne d'eau (surface).....	52
Tableau 11 : Moyennes des mesures de qualité de l'eau pour les 5 derniers mètres de la colonne d'eau (fond).....	54

Tableau 12 : Moyennes mensuelles de précipitation totale, température, rayonnement solaire et rafales sur le parc éolien du Banc de Guérande (2019 à 2022) et débit moyen de la Loire (Météoblue history+, 2019-2022 ; GIP Loire Estuaire 2019-2022 ; DREAL Pays de la Loire 2019-2022).....	56
Tableau 13 : Indices de richesses spécifiques des œufs de poisson par mission.....	69
Tableau 14 : Fréquence d'occurrence des œufs des 10 espèces les plus fréquemment observées. ...	71
Tableau 15: Période de frai des principales espèces et prélèvements d'oeufs en 2019 (état de référence) et 2021 (phase travaux).....	76
Tableau 16 : Indices de diversité biologique moyens des larves de poisson prélevées par mission. ...	79
Tableau 17 : Fréquence d'occurrence des 12 espèces de poissons dont les larves ont été les plus fréquemment observées.....	81
Tableau 18 : Indices de diversité biologique du zooplancton par mission.....	88
Tableau 19 : Fréquence d'occurrence des espèces de zooplancton les plus observées.....	90
Tableau 20 : : Indices de diversité biologique moyens en fonction des missions S : richesse spécifique, H : indice de diversité de Shannon-Weaver ; J : indice d'équitabilité de Piélou).....	96
Tableau 21 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des prélèvements des 10 espèces les plus fréquemment calculées par année et valeur moyenne de la période 2019-2022 avec l'écart-type associé.	97
Tableau 22 : Synthèse des tailles (mm) relevées de la Vieille commune au cours des missions.....	103
Tableau 23 : Synthèse des tailles (mm) relevées du Taucud Commun au cours des missions.	104
Tableau 24 : Synthèse des tailles (mm) relevées du Lieu Jaune au cours des missions.	106
Tableau 25 : Synthèse des tailles (mm) relevées de la petite roussette au cours des missions.....	108
Tableau 26 : Synthèse des tailles (mm) relevées de l'Araignée de mer au cours des missions.....	109
<i>Tableau 27: Indice de diversité biologique des espèces prélevées par mission 2013-2022.</i>	<i>113</i>
<i>Tableau 28 : Fréquence d'occurrence de l'ensemble des espèces observées en pourcentage du nombre de prélèvements.</i>	<i>115</i>
<i>Tableau 29: CPUE (n/100 casiers * 24h) par espèce et par mission.</i>	<i>116</i>
Tableau 30 Synthèse des tailles (mm) relevées du Homard au cours des missions.	126
Tableau 31: Taille moyenne des Homards dans et à l'extérieur de la zone de parc éolien.	126
Tableau 32 : Synthèse des tailles (mm) relevées de l'Araignée de mer au cours des missions.....	128
Tableau 33 : Synthèse des tailles (mm) relevées du tourteau au cours des missions.	129
Tableau 34 : Synthèse des tailles (mm) relevées de l'étrille au cours des missions.	131
Tableau 35: Indices de diversité moyens par mission.....	135
Tableau 36: Fréquence d'occurrence moyenne (en % des prélèvements) des 7 espèces les plus fréquemment identifiées dans les prélèvements à la palangre.....	136
Tableau 37 : Synthèse des tailles (mm) relevées du bar au cours des missions.....	142
Tableau 38 : Synthèse des tailles (mm) relevées du lieu au cours des missions.....	144
Tableau 39 : Synthèse des tailles (mm) relevées du Taucud au cours des missions.....	145
Tableau 40 : CPUE des œufs de poisson prélevés par espèces pour 1000 m ³ pour chaque mission .	162

Tableau 41: CPUE des larves de poisson prélevées par espèces pour 1000 m3 pour chaque mission	166
Tableau 42: CPUE du reste du zooplancton prélevé par espèce ou groupe d'espèces pour 1000 m3 pour chaque mission.....	173
Tableau 43: CPUE en n pour 1000 mètres de filets et par 24 heures des espèces de poissons et de crustacés par mission	177
Tableau 44: CPUE en n pour 100 casiers et par 24 heures des espèces de crustacés par mission ...	180
Tableau 45: CPUE en n pour 1000 hameçons par 24 heures des poissons prélevés à la palangre, par mission.....	181

SYNTHESE DES RESULTATS

Un parc éolien composé de 80 éoliennes a été installé entre 2020 et 2022 en mer au large de Saint-Nazaire.

Le site d'implantation est principalement constitué d'un banc rocheux et est fréquenté de manière régulière par différentes espèces de Poissons et Crustacés. Une partie de ces espèces utilise la zone pour leur reproduction (fonction de frayère), leur croissance avant maturité (fonction de nourricerie) et/ou leur alimentation, leur habitat. La zone ne représente toutefois pas une zone exceptionnelle au titre de l'une ou l'autre de ces fonctionnalités, comme indiqué dans l'étude d'impact et confirmé dans l'étude de l'état de référence.

Les travaux génèrent différents effets susceptibles de perturber la faune marine par la modification des conditions de milieu (bruit, qualité des eaux, etc.). Les activités identifiées comme ayant les effets les plus notables sont :

- Les travaux d'installation :
 - Battage de pieux de fondations d'éoliennes,
 - Forage de la roche pour y installer les pieux de fondations d'éoliennes ;
- Les travaux de préparation du sol :
 - Déroctage et arasement du fond.

Le suivi de la construction du parc éolien en mer de Saint-Nazaire repose sur le principe BACI¹ réalisé sur la base de comparaisons temporelles (état référent/état perturbé) et spatiales (zone impactée/zone « témoin »). Cependant cette méthode a été adaptée pour tenir compte de la difficulté de trouver des zones « témoin » à l'échelle du site de Saint-Nazaire. Le résultat est détaillé dans le document. Cinq types de campagne ont été menés :

- Suivi de la qualité des eaux (MSu1) :
 - Par des mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau à la sonde multi-paramètres lors de toutes les campagnes de pêche ;
 - Par des prélèvements d'eau pour analyser les teneurs en MES et Chlorophylle *a* lors des campagnes ichtyoplancton. ;
- Des campagnes d'échantillonnage ichtyo-planctonique (MSu6) ciblant les œufs et les larves de poissons par l'utilisation de filets à plancton de type « bongo » ;
- Des campagnes « métiers » ciblant les grands Crustacés (adultes et juvéniles) d'intérêt halieutique avec l'utilisation de casiers (MSu3) ;
- Des campagnes « métiers » ciblant les espèces benthodemersales par l'utilisation de filets à poissons (MSu5) ;
- Des campagnes « métiers » ciblant les espèces benthodemersales par l'utilisation de palangres à Bars et Lieus (MSu5).

Pour chaque mission, un minimum de 6 stations sont échantillonnées à l'intérieur de la zone du parc éolien et 4 stations à l'extérieur de la zone. Les suivis ont été réalisés d'avril 2021 à octobre 2022 durant toute la durée des travaux.

L'interprétation consiste en une comparaison spatio-temporelle des différents indicateurs d'abondance, de richesse spécifique, assemblages, à l'échelle des peuplements et des espèces. Les plans d'échantillonnage et l'analyse sont basés sur la carte des habitats benthiques. En parallèle, une étude acoustique a été menée par Quiet Oceans pour suivre le bruit sous-marin généré par le chantier.

¹ Before-After-Control-Impact

Ces données ont servi d'information pour qualifier les effets sur les ressources halieutiques dans le cadre du présent travail. Une analyse multivariée est réalisée afin de mettre en relation d'éventuels effets des travaux d'installation sur la qualité physico-chimique des eaux et les résultats d'observations biologiques.

Des limites dans la portée et l'interprétabilité de l'étude et des difficultés ont été constatées :

- La difficulté à trouver une zone témoin représentative, d'où l'adaptation des méthodes d'échantillonnage ;
- Certaines missions réalisées avec les mêmes engins de pêche (ex : casiers) n'ont pas été systématiquement effectuées aux mêmes positions en lien avec les contraintes de l'organisation du projet ;
- L'approche utilisée pour évaluer si les prélèvements ont pu ou non subir l'effet du bruit des travaux n'a encore jamais été utilisée et ne fait pas encore l'objet d'un protocole standardisé ;
- La zone du parc éolien en mer de Saint-Nazaire a fait l'objet d'une fermeture progressive puis complète à la navigation et notamment à la pêche professionnelle pendant la période des travaux. Nous avons donc suivi les effets des travaux et de l'absence de pêche en même temps.

Pour l'ensemble de l'ichtyoplancton, les différences d'abondance totale constatées sont le plus souvent liées aux variations d'abondance d'une espèce dominante les prélèvements (telle que les œufs de Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*)).

Dans le cas des prélèvements au casier, l'Araignée de Mer et l'Étrille ont vu leur présence fortement diminuée en comparaison avec l'état de référence (avant travaux) ; les facteurs pouvant l'expliquer sont multiples : variation naturelle, biais d'échantillonnage, effet des travaux. L'analyse des tailles moyennes de Homard plus gros à l'intérieur de la zone qu'à l'extérieur, laisse supposer un effet de report de l'effort de pêche additionné d'un effet de relative protection : les Homards de la zone hors parc éolien ont subi une plus importante pression de pêche alors que la zone de parc éolien a été laissée sans exploitation le temps des travaux. Il est attendu que cet effet se résorbe rapidement après la réouverture de la zone de parc éolien à la pêche.

Au filet, les abondances spécifiques calculées sont inférieures après la période de travaux, en 2022 alors qu'elles sont fortes ou moyennes avant et pendant ces derniers. La diversité et l'équitabilité spécifiques évoluent peu au cours du suivi, avant pendant et après les travaux.

À la palangre à Poissons, l'abondance des captures montre une valeur plus faible que les autres en 2021 alors que la diversité et l'équitabilité des peuplements n'évoluent pas au cours du suivi. Un événement de très faible abondance de Lieu Jaune au cours du suivi laisse envisager un effet d'effarouchement temporaire des individus, avec comme résultat qu'ils n'ont pas été prélevés (n'ont pas mordu à l'hameçon). Cet effet n'a pas pu être confirmé avec l'analyse multivariée.

La comparaison des résultats de l'état de référence et du suivi en phase travaux n'a pas mis en exergue d'impact permanent ou distinct des variations naturelles sur le compartiment halieutique. On peut observer un effet de report de pêche très ponctuel probablement lié à la fermeture de la zone de parc éolien à la pêche. Cet effet est détecté au moyen de l'analyse des tailles moyennes de Homard dans les prélèvements au casier. L'effet d'effarouchement par les travaux est envisagé pour expliquer l'absence de Lieu Jaune lors de prélèvements réalisés au cours du suivi quand des travaux (forage et battage) avaient lieu simultanément.

Les paramètres de diversité sont restés identiques. Les assemblages d'espèces ne semble pas influencés par autre chose que des facteurs environnementaux (température, teneur en oxygène...).

La poursuite du suivi en phase d'exploitation du parc éolien en mer de Saint-Nazaire devrait permettre de préciser ces résultats.

1 PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

1.1 CONTEXTE

La société Parc du Banc de Guérande (PBG) bénéficie depuis le 17 mars 2016 d'un arrêté autorisant, au titre de l'article L214-3 du code de l'environnement, l'aménagement et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire.

Le projet consiste en l'implantation de 80 éoliennes d'une puissance de 6MW localisées sur le banc de Guérande, banc de hauts fonds situé au sud-ouest de la presqu'île de Guérande à environ 12 km de la pointe du Croisic et de la pointe de Penchâteau, au large de l'embouchure de la Loire. Le banc de Guérande s'étend sur environ 22km de long et 14km de large et est orienté selon une direction nord-ouest – sud-est. Les profondeurs y varient entre 13 et 23m CM. Les fonds rocheux, majoritaires sur le site du parc éolien, abritent des espèces dépendantes des habitats de substrats durs. C'est le cas notamment des grands crustacés, des congres, des lieus et des labridés.

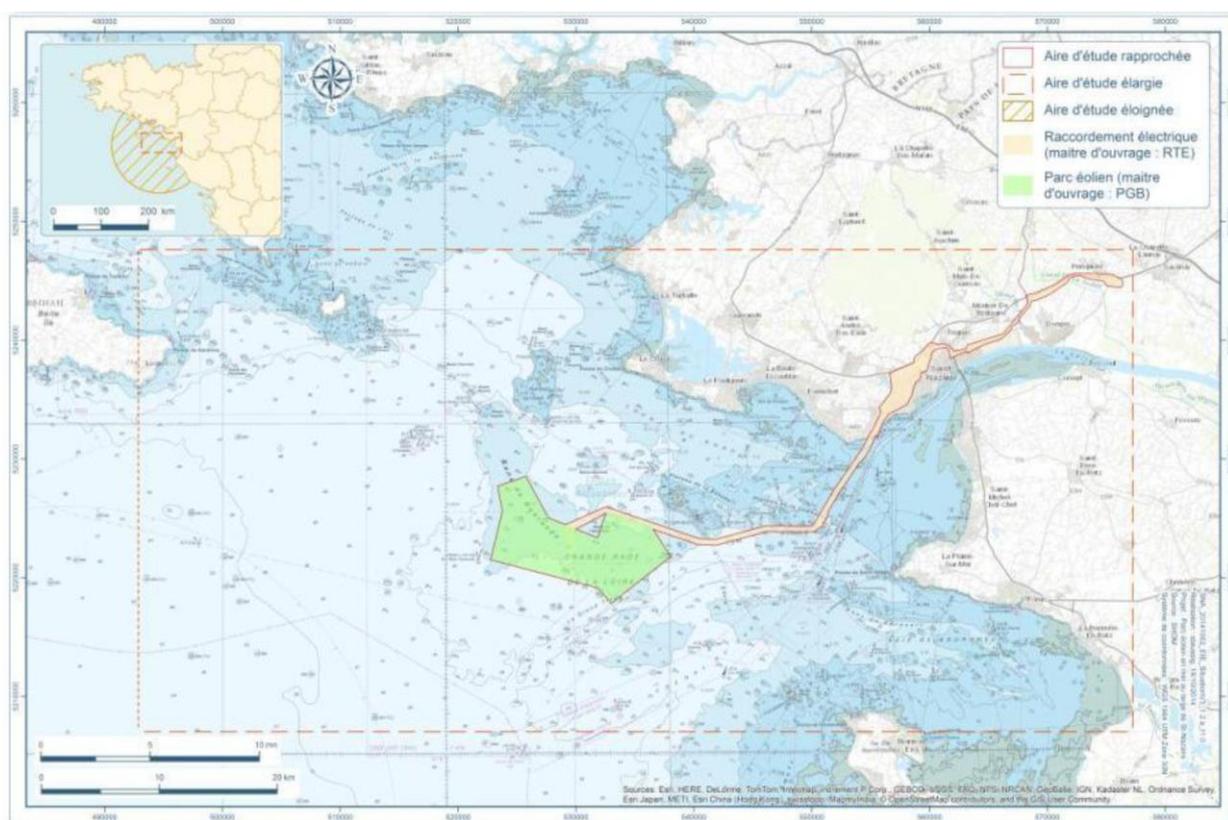


Figure 1 : Carte de localisation du projet éolien en mer du Banc de Guérande et de son raccordement électrique.

L'article 2.5 de l'arrêté préfectoral d'autorisation décrit les suivis environnementaux à réaliser dans le cadre du projet (Annexe 1). Ces suivis concernent plusieurs compartiments de l'environnement marin, dont les ressources halieutiques – objet de la présente étude - et doivent être réalisés pendant la phase de construction et tout au long de la période d'exploitation du parc éolien.

L'enjeu est de suivre et documenter les impacts de la construction sur le milieu en général ainsi que sur la ressource halieutique en particulier ;

1.2 OBJET DU DOCUMENT

L'objet du présent document est de présenter les résultats des suivis en phase de construction sur la ressource halieutique. Il répond à la question : « Quels sont les effets avérés des travaux de construction du parc éolien sur les ressources halieutiques, l'ichtyo-plancton et la qualité des eaux marines, au regard des données existantes (état initial ; état de référence, retours d'expériences) et des acquisitions prévues (pêches, mesures de bruit sous-marin, qualité de l'eau) ? ».

Le compartiment étudié est celui de la ressource halieutique et plus particulièrement les espèces piscicoles et les grands crustacés. L'étude correspond aux mesures de suivi Msu3, Msu5 et Msu6 de l'étude d'impact environnemental et est complétée par la mesure MSU1 – suivi de la qualité des eaux.

De manière opérationnelle, il s'agit d'analyser les résultats de ces campagnes de suivi au regard des effets de la construction du parc, en particulier du bruit sous-marin et de la turbidité générés par l'installation des fondations, et de vérifier l'absence d'impacts notables à l'échelle des populations halieutiques, benthiques et planctoniques. Pour cela, les résultats seront mis en perspective avec les résultats des suivis d'état de référence (2019-2020).

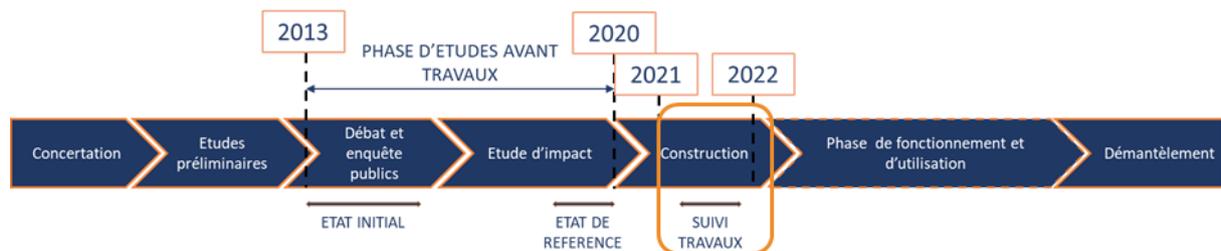


Figure 2: Situation de la présente étude de suivi en période de travaux dans la vie du parc éolien.

Le tableau ci-dessous retrace des différentes étapes relatives au développement, à la mise en œuvre et à l'évolution des mesures MSU3 – 5 – 6. Il liste également les documents qui font référence dans la progression de ces mesures de suivi.

Tableau 1: Jalons des études réalisées.

Date	Jalon – Rapport
2014	Étude de la faune marine, dont les ressources halieutiques, pour la description de l'État Initial du site
2015	Étude d'Impact Environnementale, incluant :
	- Identification des impacts au regard des travaux prévus
	- Mesures d'évitement par l'adaptation du tracé des câbles
	- Proposition de mesures de suivi environnemental

mars-16	Arrêté préfectoral autorisant le projet de parc éolien en mer de Saint-Nazaire, incluant la liste des mesures environnementales et de suivi à mettre en œuvre tout au long de la vie du projet
août-19	Protocoles d'état de référence validé en CTE
sept-20	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour présentation des résultats du suivi en État de Référence
nov-20	CTE n°5 : - réception de l'étude MSU3-5-6 - État de référence - protocole de suivi halieutique (MSU 3 – 5 – 6) en phase de construction
nov-21	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour échanger sur la méthodologie d'interprétation des résultats de suivi en phase de construction
Prochaines échéances...	
nov-22	CTE n°9 : réception du protocole de suivi MSU3-5-6 en phase d'exploitation.
Mars-23	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour présenter les résultats des suivis halieutiques en phase de construction.

Les protocoles soumis à validation auprès du CTE sont identiques à ceux mis en œuvre au cours des phases « État initial », « État de Référence » et « Phase de Construction », dans la continuité des principes mentionnés dans la Note Halieutique T0+36 requise au paragraphe **6.4.2 mises en œuvre des engagements du cahier des charges de l'appel d'offres n°2011/S 126-208873²**, à savoir :

- La définition des protocoles d'étude est inspirée des guides et des protocoles de référence publiés par l'Ifremer, institut scientifique national de référence en science halieutique. Ces protocoles ont été adaptés aux caractéristiques environnementales du Banc de Guérande et discutés avec l'Ifremer dans le cadre de réunions techniques au cours de la phase de développement.
- La consultation des bureaux d'étude spécialisés, sur la base d'un cahier des charges intégrant les protocoles expérimentaux, a permis de sélectionner des experts sur des éléments préalablement ciblés. Les experts des bureaux d'études ont par ailleurs contribué à enrichir les protocoles en proposant des compléments techniques dans leurs offres.
- En lien avec le COmité RÉgional des Pêches et des Élevages Marins des Pays de Loire (COREPEM), les professionnels de la pêche ont été informés et impliqués très amont de ces études. Ces échanges ont permis de réaliser un véritable diagnostic partagé.

² « Le candidat retenu communique au représentant de l'État référent pour le lot, à l'IFREMER et aux comités des pêches maritimes et des élevages marins concernés par le projet, les études d'impact et de suivi de la ressource halieutique qu'il réalisera conformément aux spécifications susmentionnées. En particulier, il communique au plus tard à T0+36 mois l'étude déterminant l'état initial de la ressource halieutique. »

1.3 SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ISSUES DE LA BIBLIOGRAPHIE

Parmi les différents parcs éoliens d'ores et déjà construits (notamment en mer du Nord), peu de suivis halieutiques ont été réalisés durant les travaux et sur des milieux naturels similaires au banc de Guérande. Les impacts alors observés sont les bruits générés par l'installation du parc et l'effet « réserve » généré par la fermeture temporaire ou permanente des sites en construction. À Westermost Rough (Yorkshire), parc le plus proche des conditions du Banc de Guérande, le suivi Poissons, Mollusques et Crustacés avant / après la construction a démontré des changements importants dans les stocks des espèces commerciales de crustacés clés (*Homarus gammarus*, *Cancer pagurus* et *Necora puber*). Certains de ces changements peuvent être attribués à la présence même du chantier ; d'autres peuvent résulter de l'interdiction temporaire de la pêche sur le site de construction³, puis d'un retour des activités de pêche ; enfin d'autres effets peuvent être liés à des variations naturelles déconnectées de l'existence d'un parc éolien.

³ Fermeture totale du site à la pêche, ce qui n'a pas été le cas sur le parc éolien du Banc de Guérande.

2 RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU SITE

2.1 HABITATS

Le banc de Guérande constitue une zone favorable à un certain nombre d'espèces, en raison de la présence d'habitats de fonds rocheux de faible profondeur (< 20 m CM) dans sa partie Nord-Ouest ; cette configuration bathymétrique donne des habitats de laminaires clairsemés ou denses en partie Nord-Ouest alors que la majorité du banc rocheux, plus profonde, est plutôt couverte d'algues encroûtantes, d'éponges (*Cliona celata*) et de « coraux mous » (*Alcyonium digitatum*).

La plupart des espèces de poissons fréquemment rencontrées sur le site est sédentaire : gobies, blennies, labridés, crustacés. Parmi elles, seule la Vieille et les crustacés sont pêchés. La Vieille est présente sur l'ensemble de la zone tout au long de l'année et sa répartition ne semble être régie que par la disponibilité dans son habitat, de proies et de refuges pour pondre. Les grands crustacés présents sur et autour du banc de Guérande ont un intérêt halieutique fort. Cependant, seul le Homard semble y résider de manière permanente, avec une préférence pour les fonds rocheux à laminaires.

Les poissons démersaux d'importance halieutique forte (Lieu Jaune, Bar, Merlan, Maquereau) semblent utiliser le banc de Guérande et ses alentours comme aire de nourrissage, au même titre que la majorité des sites de l'Atlantique Nord-Est présentant les mêmes caractéristiques d'habitats.

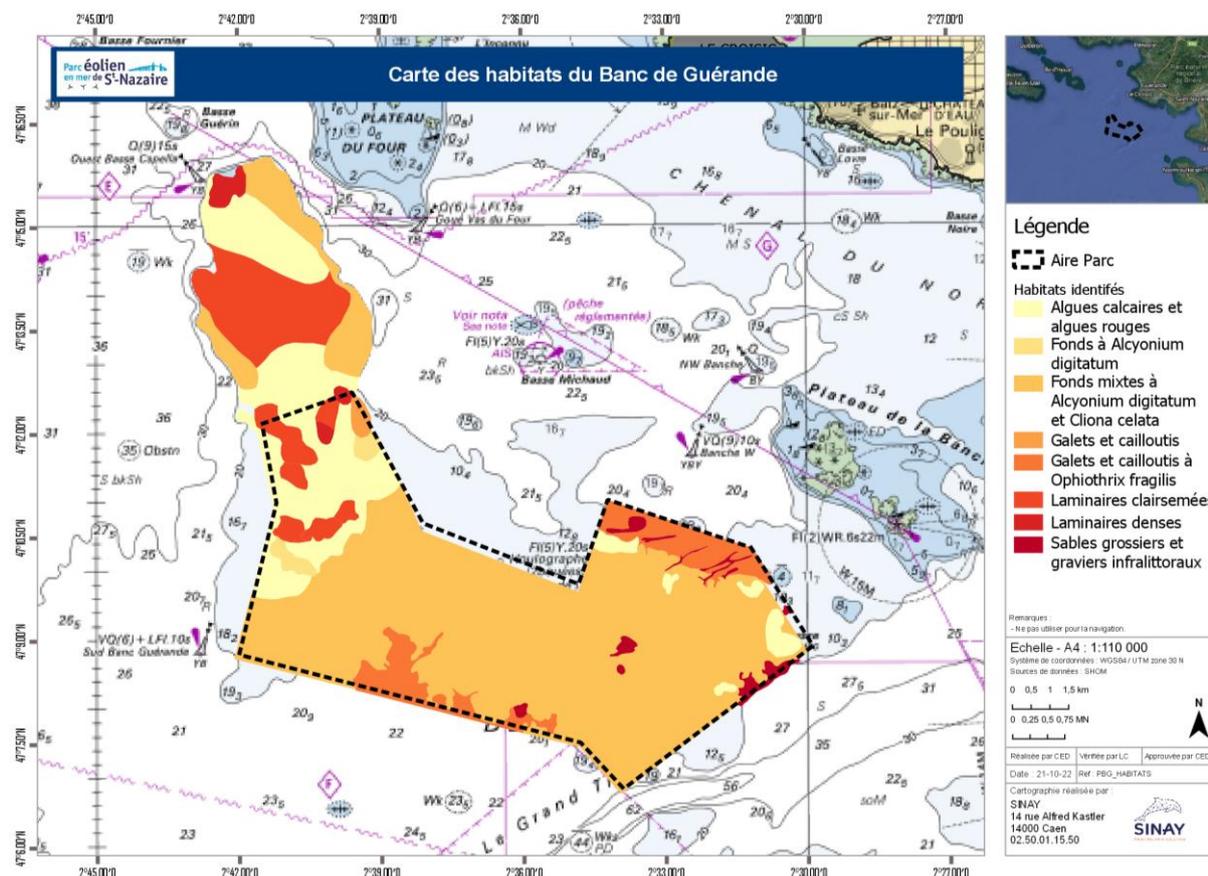


Figure 3 : Répartition des habitats benthiques connus du Banc de Guérande.

2.2 ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE

93 espèces appartenant à 46 familles, dont 75 espèces de Téléostéens, 9 espèces de Chondrichthyens, 6 espèces de Crustacés et 3 espèces de Mollusques ont été identifiées dans la zone d'étude via les

campagnes de prélèvements. Avec 8 espèces, la famille des Sparidés est la plus représentée. Viennent ensuite les familles des Gadidés, des Labridés et des Lotidés, avec chacune 5 espèces. De toutes ces espèces, 22 ont été échantillonnées à au moins deux stades de leur développement (œuf, larve, juvénile/adulte).

Tableau 2: Espèces échantillonnées à au moins deux étapes du développement depuis 2013.
La couleur bleu-ciel signifie que l'espèce a été présente à ce stade de développement.
Les espèces en gras sont celles qui présentent une valeur commerciale.

Famille	Nom latin	Nom vernaculaire	Stade de développement		
			Œufs	Larves	Adultes et juvéniles
Gadidae	<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan			
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine			
Scombridae	<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau commun			
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard commun			
<i>Bothidae</i>	<i>Arnoglossus sp.</i>	Arnoglosse			
<i>Soleidae</i>	<i>Buglossidium luteum</i>	Petite Sole Jaune			
<i>Lotidae</i>	<i>Ciliata mustela</i>	Motelle à 5 barbillons			
<i>Lotidae</i>	<i>Ciliata septentrionalis</i>	Motelle nordique			
<i>Trachinidae</i>	<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive			
Clupeidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois			
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	Flet commun			
<i>Clupeidae</i>	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat			
Lotidae	<i>Molva molva</i>	Lingue franche			
Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud Commun			
<i>Labridae</i>	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouqué			
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun			
Labridae	<i>Labrus bergylta</i>	Vieille commune			
Gadidae	<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu Jaune			
Soleidae	<i>Solea solea</i>	Sole commune			
Sparidae	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Griset			
<i>Labridae</i>	<i>Symphodus bailloni</i>	Crénilabre de Baillon			
<i>Scophthalmidae</i>	<i>Zeugopterus punctatus</i>	Targeur			
Nephropidae	<i>Homarus gammarus</i>	Homard européen			

La liste ci-dessus comprend 14 espèces d'intérêt commercial. 5 d'entre elles sont retrouvées à tous les stades de leur cycle de vie : le merlan, la sardine, le maquereau commun, le chinchard commun et le homard. Cela signifie pour les poissons que les zones de frayère pour ces espèces incluent (ou sont situées non loin de) la zone d'étude et que les juvéniles et adultes utilisent la zone, ce qui est en accord avec la bibliographie. Ces espèces sont typiquement très mobiles, avec une aire de répartition très étendue et ne sont pas inféodées aux habitats de la zone d'étude. En effet, 3 de ces espèces (Sardine, Chinchard, Maquereau) sont pélagiques et leurs zones de reproduction sont vastes : une grande partie du Golfe de Gascogne (Quéro & Vayne, 2003). Le merlan se reproduit toute l'année et ses zones de reproduction pour le Golfe de Gascogne sont situées respectivement au large des estuaires de la Loire et de la Gironde (Quéro & Vayne, 2003), ce qui rend la présence des œufs et larves de cette espèce cohérente. En ce qui concerne le Homard, des femelles grainées ont été observées lors des deux missions d'échantillonnage aux casiers, et une larve zoé a été identifiée dans le plancton collecté en juin 2019. Les autres grands crustacés sont très certainement dans le même cas que le Homard,

présents à tous les stades de leur cycle de vie, mais l'observation de ces espèces sur le terrain s'est limitée au sexage, sans prendre en considération le caractère « grainé / non-grainé » des femelles. Les larves n'ont pas pu être identifiées en raison de leur similarité avec celles d'autres espèces de Crustacés Eumalacostracés.

2.3 ROLES FONCTIONNELS DU SITE DU BANC DE GUÉRANDE

- Frayère :

Au regard de la bibliographie et des campagnes de terrain réalisées dans le cadre du projet, la fonctionnalité frayère du banc de Guérande n'est pas considérée comme majeure pour la plupart des espèces d'importance halieutique. Elle est importante pour les espèces résidentes à savoir les grands Crustacés benthiques (Araignée de mer, Homard, Étrille, Tourteau) et les espèces inféodées aux substrats rocheux (Crénilabre de Baillon, Cténolabre, Petite vieille et Vieille commune) mais la large distribution géographique de ces espèces et la grande disponibilité d'habitats favorables n'en fait pas un site particulier. Il faut toutefois noter que, comme les campagnes « plancton » ne permettent pas la récoltes des œufs benthiques, la présence d'espèces benthiques résidentes peut être sous-estimée.

Pour les autres espèces (non-résidentes, non-inféodées au banc de Guérande), le site est identifié comme une zone de transit des larves entre les frayères situées plus au large et les nourriceries côtières voire estuariennes.

Les conditions du milieu et les facteurs biologiques régissent fortement la présence des larves/œufs et induisent une très forte variabilité saisonnière et interannuelle de la composition en espèces du zooplancton.

- Nourricerie :

Le banc de Guérande n'est pas reconnu comme une nourricerie à proprement parler dans la mesure où il ne rassemble pas une concentration importante de juvéniles. Toutefois, les juvéniles des grands crustacés (tourteau, homard et araignée de mer) et espèces inféodées aux substrats rocheux sont nécessairement présents sur le plateau rocheux. Les campagnes en mer n'ont cependant pas permis de le confirmer, les engins n'étant pas adaptés à la capture des juvéniles.

À une échelle élargie, les données bibliographiques montrent que l'estuaire de la Loire, la baie de Vilaine et la baie de Bourgneuf sont reconnus comme des zones essentielles pour la vie et la croissance de juvéniles de poissons, notamment pour les espèces benthiques (Sole, Céteau) et démersales (Bar, Tacaud, Merlan, Rougets...).

- Migration :

Hormis la Lamproie marine, retrouvée comme parasite sur des Lieux jaunes et Bars, aucune des espèces migratrices amphihalines d'intérêt communautaire recensées à l'annexe 2 de la Directive « Habitat, Faune et Flore » et protégées via le réseau Natura 2000 n'a été recensée sur le banc de Guérande.

Certaines espèces migratrices vivant toute l'année dans l'estuaire de la Loire viennent se reproduire en mer, c'est le cas du Mulet porc. D'autres espèces comme le Flet se reproduisent au large, d'où les juvéniles rejoignent les estuaires. Les voies migratoires de ces deux espèces peuvent transiter sur le banc de Guérande.

3 MATERIEL ET METHODES

Les données nécessaires aux différentes études ont été obtenues par cinq campagnes de pêche scientifique ciblant à différents stades d'évolution (ichtyoplancton, juvénile et adultes) les grands Crustacés, les Poissons démersaux, les Poissons benthopélagiques, et les Poissons pélagiques :

- **Campagnes de suivi de la qualité des eaux (MSu1) :**
 - o Par des mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau à la sonde multi-paramètres lors de toutes les campagnes de pêche ;
 - o Par des prélèvements d'eau pour analyser les teneurs en MES et Chlorophylle A lors des campagnes ichtyo-plancton.
- **Campagnes ichtyo-plancton (MSu6) :** Des prélèvements mensuels entre avril et août sur chaque station ciblant les œufs et les larves de poissons par l'utilisation de filets à plancton de type « bongo ».
- **Campagnes métier casiers (MSu3) :** Trois campagnes de deux jours ciblant les grands crustacés (adultes et juvéniles) d'intérêt halieutique en fonction de la saisonnalité des principales espèces.
- **Campagnes métiers filets (MSu5a) et palangres (MSu5b) :** Trois campagnes de deux jours ciblant les principaux assemblages halieutiques (espèces bento-demersales) recensés sur le site par l'utilisation de filets à poissons et de palangres à bars et lieus.

Les protocoles de suivi mis en œuvre sont soumis à validation auprès du CTE : ils sont identiques à ceux mis en œuvre au cours des phases « État initial », « État de Référence », dans la continuité des principes mentionnés dans la Note Halieutique T0+36 requise au paragraphe **6.4.2 mises en œuvre des engagements du cahier des charges de l'appel d'offres n°2011/S 126-208873⁴**, à savoir :

- La définition des protocoles d'étude est inspirée des guides et des protocoles de référence publiés par l'Ifremer, institut scientifique national de référence en science halieutique. Ces protocoles ont été adaptés aux caractéristiques environnementales du Banc de Guérande et discutés avec l'Ifremer dans le cadre de réunions techniques au cours de la phase de développement.
- La consultation des bureaux d'étude spécialisés, sur la base d'un cahier des charges intégrant les protocoles expérimentaux, a permis de sélectionner des experts sur des éléments préalablement ciblés. Les experts des bureaux d'études ont par ailleurs contribué à enrichir les protocoles en proposant des compléments techniques dans leurs offres.
 - o En lien avec le Comité Régional des Pêches et des Élevages Marins des Pays de Loire (COREPEM), les professionnels de la pêche ont été informés et impliqués : sur la rédaction des protocoles d'évaluation de la ressource halieutique ; l'expertise des productions de Homards dans la zone d'étude et l'analyse et la caractérisation des larves et œufs de Poissons, Crustacés et Céphalopodes prélevés sur le site d'étude en 2014.
 - o Le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) : pour l'analyse ichtyologique des larves prélevées à l'échelle du site d'étude en 2013.

⁴ « Le candidat retenu communique au représentant de l'État référent pour le lot, à l'IFREMER et aux comités des pêches maritimes et des élevages marins concernés par le projet, les études d'impact et de suivi de la ressource halieutique qu'il réalisera conformément aux spécifications susmentionnées. En particulier, il communique au plus tard à T0+36 mois l'étude déterminant l'état initial de la ressource halieutique. »

Un effort d'échantillonnage à la mesure de l'enjeu a été respecté en termes de nombre de jours de campagne et de stations d'échantillonnage afin de garantir une cohérence et une qualité scientifique entre toutes les études qui ont été réalisées et qui seront réalisées au cours de la vie du parc.

Pour rappel, l'aire d'étude du projet correspond à la surface de la concession du parc éolien alors que l'aire d'étude témoin (ou éloignée) englobe l'aire d'étude rapprochée et s'étend au-delà des limites du parc. La localisation des sites de suivi est adaptée à la réalité des sensibilités du site conformément aux recommandations des membres du Comité Technique et Environnemental. Pour ce faire le plan d'échantillonnage se base sur la carte des habitats benthiques, comme l'illustre la Figure 4.

Ces campagnes ont été réalisées à bord de navires de pêche professionnelle du Croisic, de Saint-Nazaire et de la Turballe. Ils ont été sélectionnés en concertation avec le Comité Régional des Pêches et des Élevages Marins des Pays de la Loire (COREPEM), PBG et SINAY. Les prestations nautiques, assurées par des marins pêcheurs professionnels, se sont déroulées sur les navires suivants :

- DEN HELIGA du Croisic, commandé par Théo COUEDEL (missions MSu6) ;
- MADMAN de Saint Nazaire, commandé par Loïc LOTODE (missions MSu6) ;
- ATLANTIDE du Croisic, commandé par Dominique DEBEC (missions MSu3) ;
- AR TARZH du Croisic, commandé par Fabrice et Lucas CHARLOT (missions MSu5a) ;
- KIOSGA du Croisic, commandé par Christopher QUEMENER (missions MSu5b) ;

Les poissons et crustacés prélevés présentant un intérêt commercial ont été conservés à bord car fruits du travail des marins-pêcheurs ; les animaux non-commercialisables ont été relâchés après mesure, le plus rapidement après leur exondation.

L'expertise scientifique et technique nécessaire à la réalisation de l'étude a été apportée par l'équipe pluridisciplinaire de Sinay dédiée au projet. L'identification des œufs et larves de poissons ainsi que du zooplancton a été réalisée par les experts de la station marine de Concarneau du Muséum National d'Histoire Naturelle. L'analyse de la qualité des eaux a été assurée par la société Eurofins.

Le détail des moyens mis en œuvre pour le déploiement de ces campagnes et les modalités de traitement des échantillons est présenté en **annexe**.

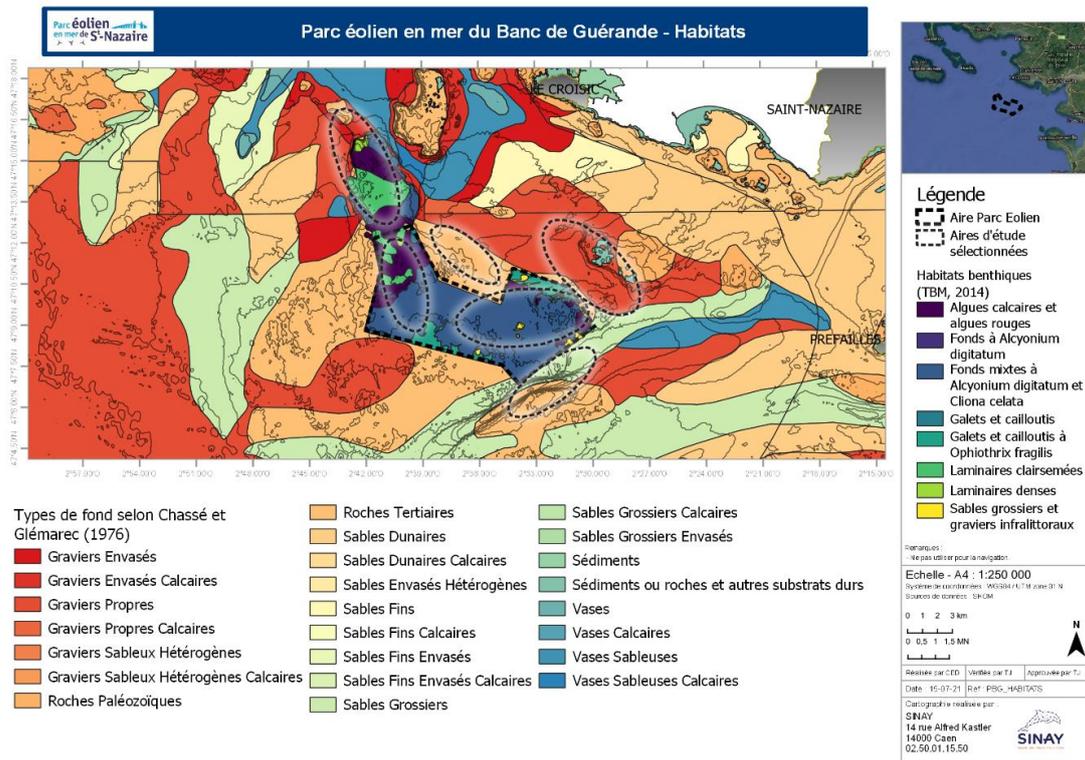


Figure 4 : Cartographie des habitats benthiques du parc éolien en mer de Banc de Guérande.

Le suivi repose sur le principe BACI (Before-After Control-Impact) c'est-à-dire qu'il est réalisé sur la base de comparaisons temporelles (état référent/état perturbé) et spatiales (zone plus ou moins impactée selon la distance à la source de perturbation). Il faut noter la difficulté rencontrée dans le cadre de ce projet de retenir des zones témoins ayant des conditions environnementales comparables à la zone du parc, tout en étant en dehors de la portée du bruit sous-marin, compte tenu de la situation très « délimitée/contenue » du Banc de Guérande (platier rocheux peu profond entouré de zones de sédiments meubles plus profondes – paléo-vallées).

La présente étude est basée sur une approche BACI. Cette approche, de l'acronyme anglais pour *Before-After-Control-Impact*, a été introduite en 1979 lors de la publication de l'œuvre « *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*, (Green, 1979) ». Comme le spécifie le titre de l'œuvre de Green, BACI est une approche statistique qui sert à définir la structure d'une étude environnementale et en particulier le plan d'échantillonnage : position, période et fréquence des activités de collecte de données, qui doivent être fonctionnelles aux méthodes d'analyse statistiques employées.

BACI est aujourd'hui une approche standard pour les processus de prise en compte des aspects environnementaux lors des développements industriels et est préconisée pour les mesures MSu1, MSu3 et MSu5 des programmes de suivi des travaux de construction des parcs éoliens en mer.

Le concept à la base de BACI est la comparaison de paramètres (environnementaux, biologiques, écologiques) mesurés dans deux situations géographiques et deux moments différents (Figure 5 ci-dessous) :

- Une zone impactée (proche des travaux par exemple) ;
- Une zone témoin (non impactée, normalement loin des travaux) ;
- Avant que les impacts se vérifient (c'est à dire avant les travaux) ;
- Après le début des activités ayant un impact potentiel.

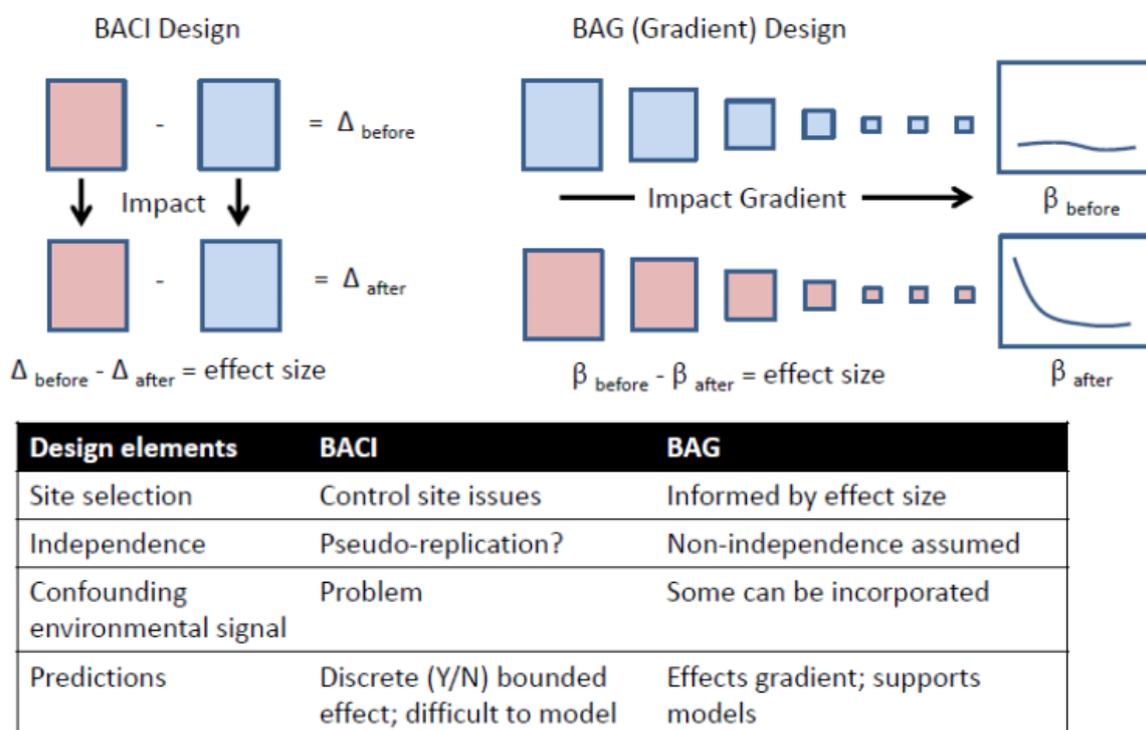


Figure 5 : Schéma de l'approche BACI (source : Secor D. 2017. Priorities and challenges of monitoring).

Depuis l'œuvre de Green (1979), un nombre de révisions de cette approche, ainsi que des critiques et des suggestions d'amélioration ont été présentées par plusieurs auteurs (Underwood, 1992) (Benedetti-Cecchi, 2001). Les questions soulevées dans ces documents comprennent la difficulté à déterminer la causalité entre les variations mesurées et l'origine anthropique de ces variations ; aussi, le faible nombre de sites de mesures, réduit potentiellement la fiabilité des statistiques appliquées. Par conséquent, le besoin de plusieurs sites de contrôle et/ou impact (et non seulement un de chaque comme dans l'approche BACI classique), est évoqué. Les études ainsi construites sont basées sur une approche dite « par gradient spatial » (nommée BAG dans plusieurs travaux sur ce sujet, de l'acronyme anglais *Before After Gradient*, Figure 5) car la collecte de données est réalisée dans plusieurs sites établis selon un gradient spatial.

De plus, quand la collecte de données est répliquée plusieurs fois dans le temps (plusieurs périodes avant, pendant et après les travaux) on parle également d'approche par « gradient temporel ». L'ensemble de ces approches peuvent tout de même être considérées comme des évolutions ou des variantes de l'approche BACI classique, et non pas des approches différentes. À cet égard, il est bien possible de combiner une approche classique avec des méthodes par gradient spatial et temporel lors d'une même étude, grâce à la mise en œuvre de plusieurs techniques et technologies complémentaires.

Pour cela, les conclusions d'autres études scientifiques récentes affirment que l'approche BACI reste solide pour les études et suivis environnementaux, du moment que les analyses statistiques sont menées soigneusement, en vérifiant les hypothèses, en explorant la sensibilité de ces analyses, en identifiant la part de variation naturelle et/ou aléatoire, et en vérifiant les modèles et les résultats (Smokorowski & Randall, 2017) (Methratta, 2020).

L'approche BACI mise en œuvre par Sinay prend en considération l'ensemble de ces raisonnements scientifiques pour produire les éléments nécessaires pour établir le suivi halieutique de l'impact des travaux en mer. Ces éléments sont produits à partir de mesures effectuées dans deux zones, à l'intérieur de la zone de construction du parc et en dehors. Pour cela, des prélèvements sont effectués

dans les deux zones à l'échelle de nombreuses stations à des périodes représentatives de la variabilité naturelle.

3.1 PLANIFICATION ET REALISATION – DEROULEMENT DE L'ETUDE DE SUIVI

3.1.1 CALENDRIER DES CAMPAGNES

Le suivi en phase de construction du parc éolien du Banc de Guérande a été prévu tout au long des travaux et s'est étalés sur 2021 et 2022. Les mois préférentiels ont été identifiés au regard des jeux de données existants issus de l'État initial (2013-2014) et de l'État de référence (2019-2020). Un ajout de six missions de prélèvements (2 filets, 2 palangres, 2 casiers) a été également réalisé sur 2022 afin de disposer d'une série temporelle potentiellement plus complète au regard du programme des travaux d'installation des fondations.

Parc éolien en mer de S ^t -Nazaire	PLANNING - MESURES DE SUIVI MSU1-3-5-6 - PHASE CONSTRUCTION																							
	2021												2022											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MSU3 - Casiers							(x2)																	
MSU5 - Palangre (P) Filet (F)						F P			P	F	F	P						F P				P	F	
MSU6 - Ichtyoplancton																								
MSU1 - Qualité des eaux																								
Données passées existantes	janv.	fev.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fev.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
MSU3 - Casiers					2014 2019	2013	2014 2019		2013 2014								2014 2019	2013 2021	2014 2019 (x2)		2013 2014			
MSU5 - Filets						2014	2019		2013 2019	2014		2014						2014 2021	2019		2013 2019	2014 2021	2021	2014
MSU5 - Palangres	2020			2019		2014		2013	2019			2014	2020			2019		2014 2021		2013	2019	2021		2014 2021
MSU6 - Ichtyoplancton			2013	2013 2014 2019	2013 2014 2019	2013 2014 2019	2013 2014 2019	2013 2014	2013 2014						2013	2013 2014 2019	2013 2014 2019	2013 2014 2019 (x2)	2013 2014 2019	2013 2014 2019	2013 2014			

Figure 6 : Calendrier des campagnes pour les années 2021 et 2022 pendant la phase de construction.

3.1.2 TRAVAUX D'INSTALLATION DES FONDATIONS

Les travaux pouvant avoir un effet sur la ressource halieutique sont les suivants :

- Les travaux de préparation de sol, effectués par un navire équipé d'une drague rotative ; ces travaux ont concerné 72 des 80 fondations d'éoliennes et ont eu lieu entre le 24 juin et le 24 août 2022 en 208 ateliers d'une durée moyenne de 6h49 ;
- Les travaux d'installation des pieux de fondations des éoliennes de différentes natures :
 - Forage simple – 43 fondations concernées, 71 ateliers d'une durée moyenne de 5h49 entre le 7 juin 2021 et le 25 mai 2022 ;
 - Forage puis battage – 30 fondations concernées, 46 ateliers de forage d'une durée moyenne de 4h05 et 35 ateliers de battage d'une durée moyenne de 0h52 entre le 7 juin 2021 et le 8 mai 2022 ;
 - Battage simple – 6 fondations concernées, 9 ateliers d'une durée moyenne de 1h40 entre le 20 mai 2021 et le 5 avril 2021.

N.B. : Afin d'assurer la sécurité, la zone de parc éolien a progressivement été fermée à tout type de navigation hormis celle dédiée au chantier. Cette information est discutée dans les limites de l'étude.

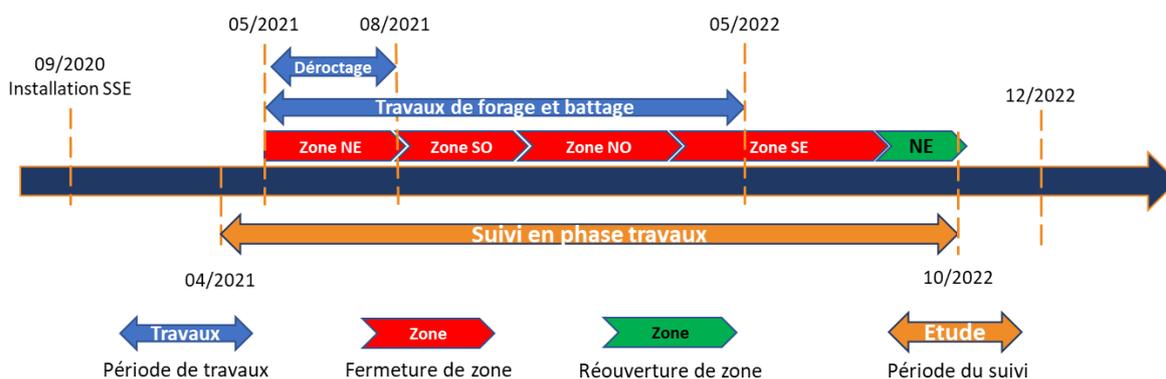


Figure 7: Chronologie des travaux de préparation de sol et d'installation, fermetures de zones et période couverte par le suivi en phase travaux.

3.1.3 QUALITE DE L'EAU (MSu1)

Pour chaque campagne en mer (ichtyoplancton et métiers) et à chaque station de pêche, la mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau a été réalisée. Cette mesure s'effectue à la sonde multiparamètres sur un double profil ascendant et descendant dans l'ensemble de la colonne d'eau (vitesse inférieure à 1m/s).

Les paramètres à relever sont les suivants :

- **Paramètres hydrologiques** : température et salinité de la colonne d'eau ;
- **Paramètres descriptifs de la turbidité** : mesure optique (NTU : nephelometric turbidity unit) ;
- **Paramètres biologiques** : concentration en fluorescence et en oxygène dissous ;



Figure 8 : Utilisation de la sonde multi-paramètres lors d'une campagne en mer pour les besoins des missions MSu1.

3.1.4 CAMPAGNE DE COLLECTE DE ZOOPLANCTON EN MER (MSu6)

3.1.4.1 Planification

L'objectif principal de la campagne est le suivi de l'évolution de la ressource dans le temps, basée sur la collecte d'ichtyoplancton (œufs et larves de poissons) mais aussi d'œufs et larves de grands crustacés. Cette étape est critique dans le cycle de vie des espèces concernées car les œufs et les larves par leur mode de vie planctonique présentent une forte sensibilité aux conditions du milieu, notamment la qualité de l'eau, les ressources alimentaires ou encore la prédation. Le suivi à différentes échelles spatiales et temporelles a pour but d'évaluer l'effet éventuel des travaux sur la fonction « frayère » pour les espèces résidentes de la zone d'étude.

Cinq missions ont été réalisées de manière mensuelle à l'échelle de 5 stations d'échantillonnage d'avril à août. Cette période a été identifiée comme la plus intéressante lors de l'étude de l'état initial. Ceci est un choix dans le but de représenter au mieux la diversité des espèces dont les œufs et larves peuvent être collectés dans l'aire d'étude. Il est inévitable que certaines espèces ne soient pas prélevées du fait du décalage de leur période de reproduction qui serait plutôt hivernale, notamment pour 3 espèces d'intérêt commercial : le bar, le Lieu Jaune et la sole commune ; la période sélectionnée est toutefois intéressante concernant les espèces de poissons pélagiques telles la Sardine, l'Anchois, le chinchard. Les stations d'échantillonnage ciblées lors de chaque mission de cette campagne sont les mêmes que celles des campagnes de collecte de plancton de l'étude de l'état de référence.

Deux modifications du plan d'échantillonnage ont eu lieu depuis le début des campagnes pour la station D, ceci dans le but de respecter une distance de sécurité vis-à-vis des navires d'installation présents sur le site. Un décalage de quelques centaines de mètres en a résulté. Ce décalage est considéré comme mineur au regard de la distance entre les stations et considérant que la localisation du zooplancton fluctue au gré des courants et des vents.

La Figure 9 ci-dessous illustre la localisation des stations d'échantillonnage pour les campagnes MSu6.

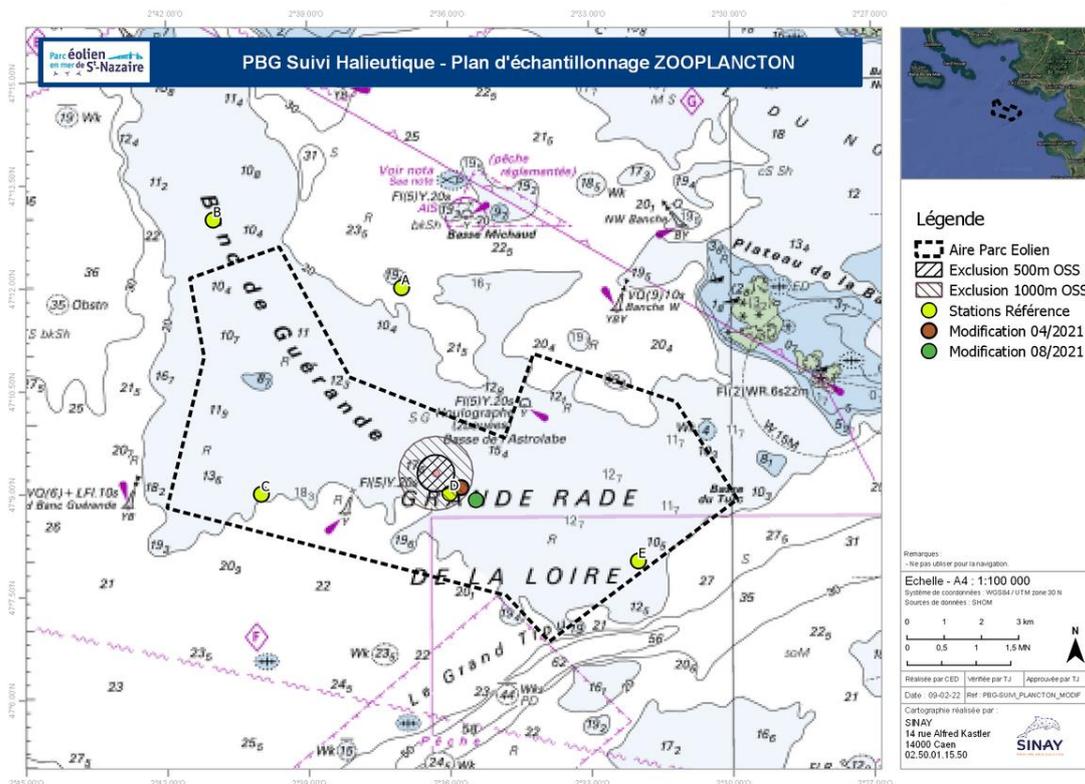


Figure 9 : Cartographie des stations d'échantillonnage prévues pour les missions zooplanctoniques (MSu6) et modifications du plan d'échantillonnage apportées en avril et août 2021.

Les positions géographiques des stations à échantillonner sont résumées dans le Tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Positions géographiques des stations à échantillonner dans le cadre des campagnes ichtyoplanctoniques (MSu6).

Station	Latitude	Longitude
Référence A	47°12,000'N	2°37,000'W
Référence B	47°13,000'N	2°41,000'W
Parc C	47°09,000'N	2°40,000'W
Parc D	47°09,000'N	2°36,000'W
Parc E	47°08,000'N	2°32,000'W

Afin d'avoir une continuité et une comparabilité entre les différentes études sur le site, le moyen de collecte d'échantillons de zooplancton est identique en termes de dimensions à celui mis en œuvre lors de l'état initial et de l'état de référence : il s'agit d'un filet à plancton à double collecte de type BONGO (Figure 6) comme recommandé pour l'étude de l'ichtyo-plancton (Smith & Richardson, 1977). Il se compose de deux lunettes de 60 cm de diamètre sur chacune desquelles est adapté un filet à plancton de forme conique. Le vide de maille des filets est de 500 μm ; car cette dimension permet de collecter des œufs de poissons et elle est celle qui est utilisée dans les protocoles de référence (NOAA, IFREMER, FAO). La collecte d'ichtyoplancton s'effectue entre la surface et environ 12m de profondeur, avec une moyenne entre 5 et 7m ; afin de s'assurer du succès d'un prélèvement, le filet Bongo est équipé d'un ordinateur de plongée qui indique la profondeur moyenne et la profondeur maximale du trait.

Les échantillons sont ensuite conservés dans une solution adaptée (formol ou autre) et ont été livrés à la Station Marine du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) de Concarneau.

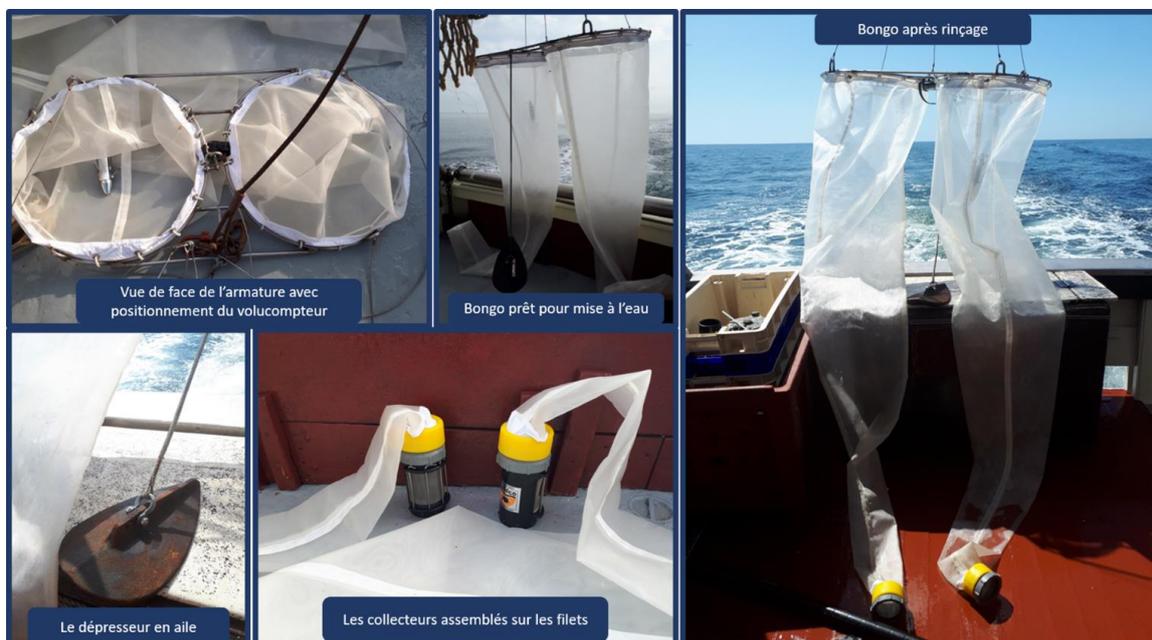


Figure 10 : Présentation du filet Bongo utilisé lors de la campagne de collecte.

3.1.4.2 Réalisation

Le Tableau 4 : Caractéristiques des missions ichtyoplanctoniques (MSu6) réalisées en 2021. ci-dessous résume les caractéristiques de chacune des missions réalisées pour les campagnes ichtyoplanctoniques (dates effectives, port d'embarquement, navire affrété, coefficient de marée et

les conditions météo-océaniques). Ces missions se sont bien déroulées d'avril à août comme prévu dans le plan d'échantillonnage.

Tableau 4 : Caractéristiques des missions ichtyoplanctoniques (MSu6) réalisées en 2021.

Mission	Date	Lieu d'embarquement	Navire	Coef. de marée	État de la mer
2021-04	20/04/2021	Le Croisic	DEN HELIGA	32	Mer ridée (vagues <0,1m)
2021-06/1	03/06/2021	Saint Nazaire	MADMAN	45	Mer belle (vagues entre 0,1 et 0,5m)
2021-06/2	19/06/2021	Saint Nazaire	MADMAN	53	Mer peu agitée (vagues entre 0,5 et 1,25m)
2021-07	19/07/2021	Saint Nazaire	MADMAN	45	Mer peu agitée (vagues entre 0,5 et 1,25m)
2021-08	18/08/2021	Saint Nazaire	MADMAN	45	Mer peu agitée (vagues entre 0,5 et 1,25m)

La figure ci-dessous présente les stations échantillonnées sur les cinq missions effectuées en 2021 sur l'aire d'étude rapprochée et l'aire d'étude éloignée.

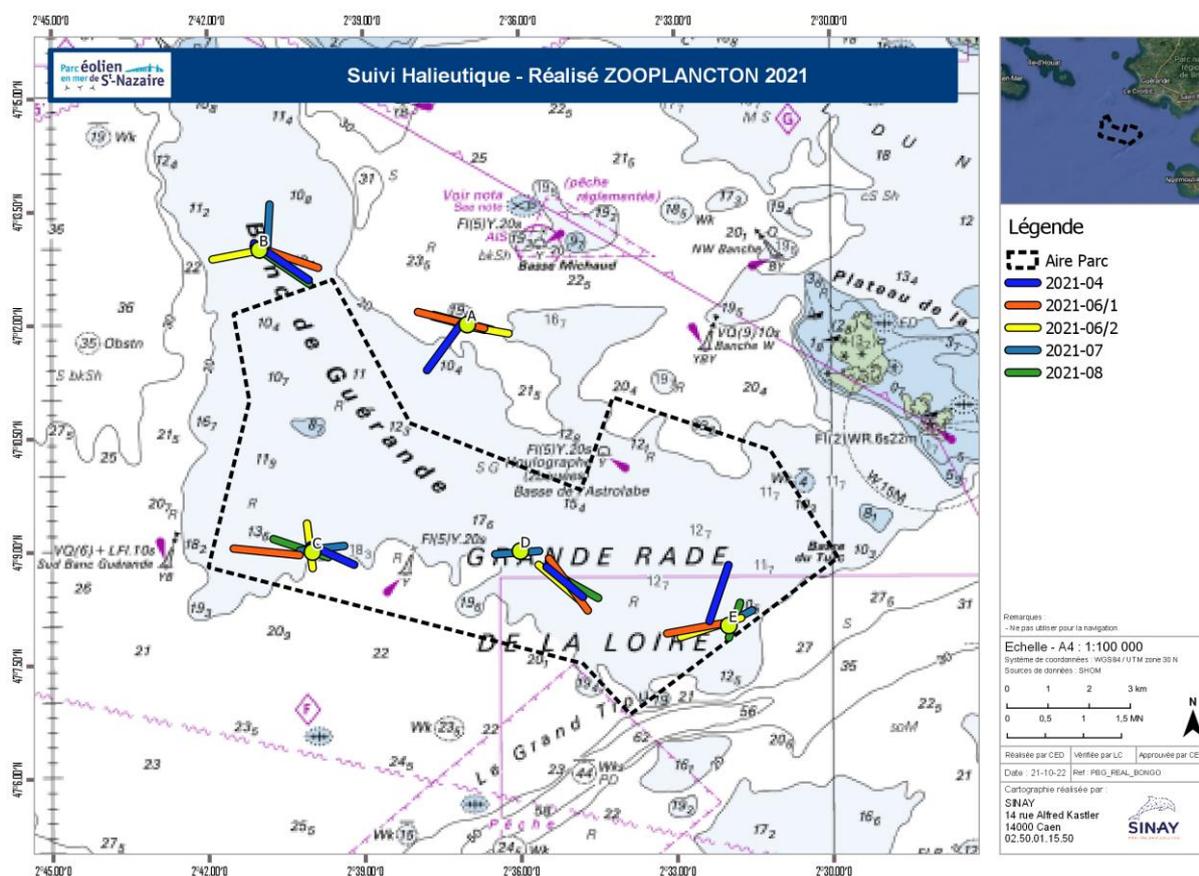


Figure 11 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions ichtyoplanctoniques (MSu6) en 2021.

3.1.5 CAMPAGNES METIERS (MSU3 ET MSU5)

Afin de toujours disposer d'une partie de stations à l'intérieur du parc (aire d'étude rapprochée) et à l'extérieur des limites du parc éolien (aire d'étude éloignée), des zones préférentielles de filage sont planifiées, elles apparaissent sur la figure 7 ci-dessous. Ce choix s'explique par la mobilité des espèces ciblées et les variabilités des conditions météo-océanologiques rendant certaines parties de la zone d'étude non praticables à des périodes de l'année.

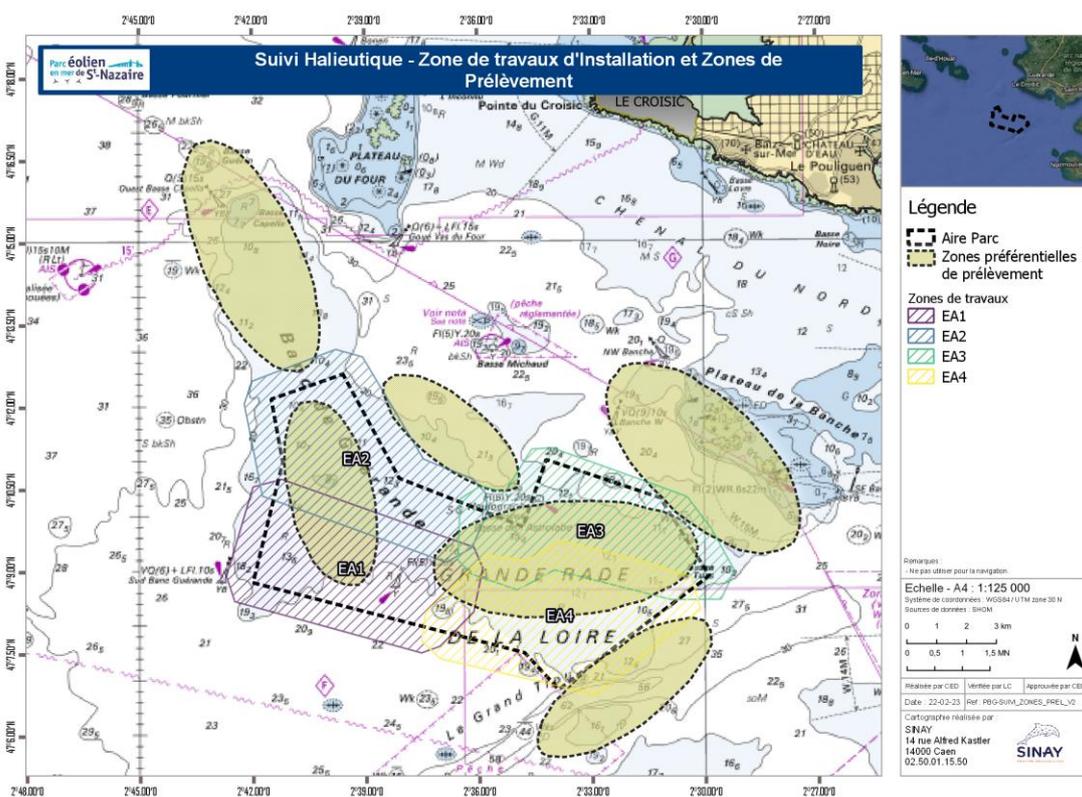


Figure 12 : Cartographie des zones de prélèvements prévues pour les campagnes métiers (MSu3 et MSu5).

3.1.5.1 Campagne casiers (MSu3) - Planification

L'objectif de cette campagne est le suivi des populations des Poissons et Crustacés présents sur la zone d'étude par l'échantillonnage d'adultes et juvéniles. Pour cette campagne, 3 missions de 2 jours ont été prévues : une mission au printemps, une mission en été et une mission en automne.

Pour chaque campagne, un minimum de 6 stations étaient à échantillonner à l'intérieur de la zone du parc éolien et 4 stations à l'extérieur de la zone (stations de référence) au moyen de filières d'au moins 40 casiers à crustacés.



Figure 13 : Casiers utilisés pour les campagnes MSu3 à l'arrière du navire
En arrière-plan le navire d'installation d'éoliennes Vol Au Vent.

3.1.5.1 Campagne casiers (MSu3) - Réalisation

Les caractéristiques de chacune des missions réalisées pour les campagnes métiers aux casiers (dates effectives, port d'embarquement, navire affrété, coefficient de marée et les conditions météo-océaniques) sont présentées dans le tableau ci-dessous. L'ensemble de ces missions se sont déroulées sur la période estivale avec le même navire.

Tableau 5 : Caractéristiques des missions aux casiers (MSu3) réalisées pour le suivi.

Mission	Date	Lieu d'embarquement	Navire	Coef. de marée	État de la mer
2021-06	10/06/2021	Le Croisic	ATLANTIDE	72	Mer belle (vagues entre 0,1 et 0,5m)
2021-07A	09/07/2021	Le Croisic	ATLANTIDE	66	Mer ridée (vagues <0,1m)
2021-07B	29/07/2021	Le Croisic	ATLANTIDE	53	Mer belle (vagues entre 0,1 et 0,5m)
2022-06	18/05/2022	Le Croisic	ATLANTIDE	98	Mer agitée (vagues entre 1,25 et 2,5m)
2022-07	20/07/2022	Le Croisic	ATLANTIDE	51	Mer peu agitée (vagues entre 0,5 et 1,25m)

La figure ci-dessous présente les stations échantillonnées sur les trois missions aux casiers effectuées en 2021 sur l'aire d'étude rapprochée et l'aire d'étude éloignée.

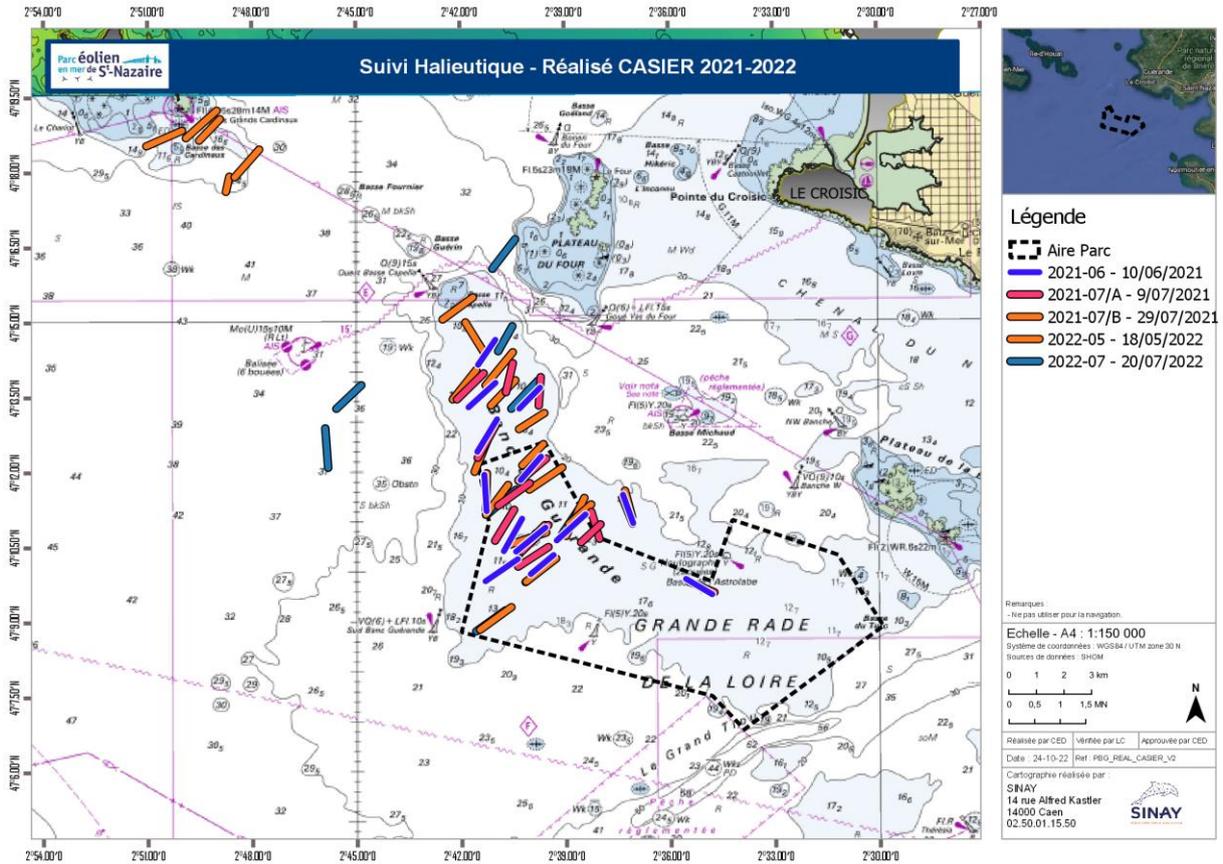


Figure 14 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions aux casiers (MSU3) en 2021-2022.

3.1.5.2 Campagnes filets (MSU5a) - Planification

L’objectif de cette campagne est le suivi des populations d’adultes et juvéniles des différentes espèces de grands crustacés en fonction de la saisonnalité des principales espèces du site (homard, araignée et tourteau) et présentant un intérêt halieutique. Trois missions ont été prévues : une mission en été, une mission en automne et une mission en hiver.

Pour chaque campagne, un minimum de 6 stations est échantillonné à l’intérieur de la zone du parc éolien et 4 stations à l’extérieur de la zone (stations de référence) avec des séries de filets type trémail ou « pêche-tout » de 300 m chacun. La connaissance du pêcheur partenaire est déterminante afin de déployer le matériel à des endroits présentant le minimum de risque de perte par croche ou casse, tout en couvrant au maximum la zone d’étude, sans considération de potentiel de capture.



Figure 15 : Parc à l'arrière du navire rassemblant les filières utilisées pour les campagnes MSu5a.

3.1.5.1 Campagnes filets (MSu5a) - Réalisation

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de chacune des missions réalisées pour les campagnes métiers aux filets (dates effectives, port d'embarquement, navire affrété, coefficient de marée et les conditions météo-océaniques). Deux missions sur trois ont été effectuées en été et une en automne avec le même navire.

Tableau 6 : Caractéristiques des missions aux filets (MSu5a) réalisées pour le suivi.

Mission	Date	Lieu d'embarquement	Navire	Coef. de marée	État de la mer
2021-06	16/06/2021	Le Croisic	AR TARZH	58	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)
2021-10	18/10/2021	Le Croisic	AR TARZH	77	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)
2021-11	29/11/2021	Le Croisic	AR TARZH	42	Mer peu agitée (vague entre 0,5 et 1,25m)
2022-06	10/06/2022	Le Croisic	AR TARZH	51	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)
2022-10	07/10/2022	Le Croisic	AR TARZH	73	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)

La figure ci-dessous présente les stations échantillonnées sur les trois missions aux filets effectuées en 2021 sur l'aire d'étude rapprochée et l'aire d'étude éloignée.

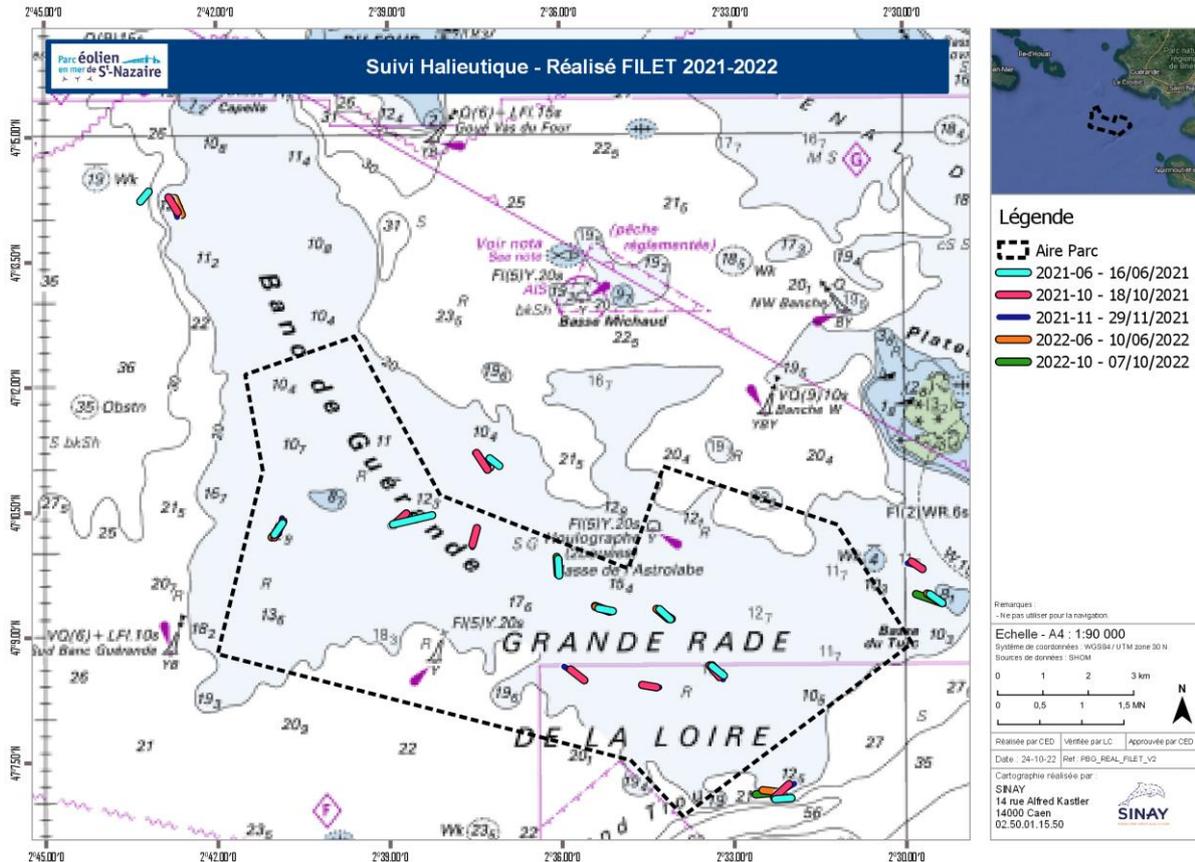


Figure 16 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions aux filets (MSu5a) en 2021-2022.

3.1.5.2 Campagnes palangres (MSu5b) - Planification

L’objectif de cette campagne est le suivi des populations de poissons utilisant l’aire d’étude comme site de nourrissage ; pour ce faire des palangres avec hameçons appâtés sont utilisées. Les espèces principalement ciblées sont le bar commun (*Dicentrarchus labrax*) et le lieu jaune (*Pollachius pollachius*). Trois missions ont été prévues : une mission au printemps, une mission en automne et une mission en hiver. Au cours de chaque mission, il est prévu de déployer un minimum de 10 palangres mixtes, permettant de cibler les espèces démersales et comportant chacune au minimum 50 hameçons fournies par le pêcheur partenaire. Parmi ces 10 palangres, 6 doivent être installées dans l’aire d’étude rapprochée, 4 dans l’aire éloignée.



Figure 17 : Préparation des appâts sur les séries de palangres par un marin lors des campagnes MSu5b.

3.1.5.1 Campagnes palangres (MSu5b) - Réalisation

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de chacune des missions réalisées pour les campagnes métiers aux palangres (dates effectives, port d'embarquement, navire affrété, coefficient de marée et les conditions météo-océaniques). Les missions aux palangres respectent bien la saisonnalité du plan d'échantillonnage prévu pour ce métier : chaque mission s'est déroulée sur une saison différente.

Tableau 7 : Caractéristiques des missions aux palangres (MSu5b) réalisées pour le suivi.

Mission	Dates (filage et virage)	Lieu d'embarquement	Navire	Coef. de marée	État de la mer
2021-05	27/05/2021 28/05/2021	Le Croisic	KIOSGA	58	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)
2021-09	08/09/2021 09/09/2021	Le Croisic	KIOSGA	97	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)
2021-12	14/12/2021 15/12/2021	Le Croisic	KIOSGA	54	Mer belle (vague entre 0,1 et 0,5m)
2022-06	14/06/2021 15/06/2021	Le Croisic	KIOSGA	91	Mer belle à peu agitée (0,5 à 1,25m)
2022-09	15/09/2021 16/09/2021	Le Croisic	KIOSGA	77	Mer belle à peu agitée (0,5 à 1,25m)

La figure ci-dessous présente les stations échantillonnées sur les trois missions aux palangres effectuées en 2021 sur l'aire d'étude rapprochée et l'aire d'étude éloignée.

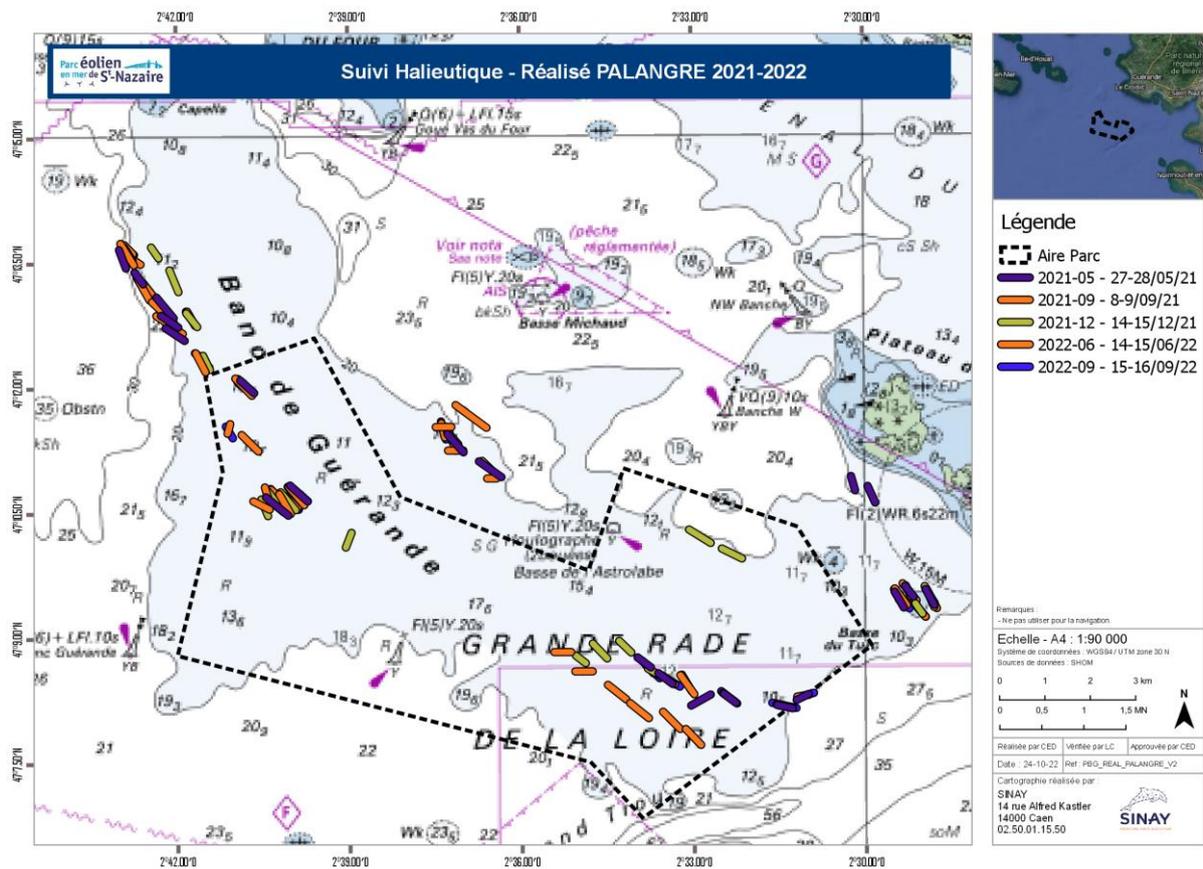


Figure 18 : Localisation des stations échantillonnées au cours des missions aux palangres (MSu5b) en 2021-2022.

3.2 MODALITÉS D'INTERPRÉTATION

3.2.1 GENERALITES

3.2.1.1 Analyses standard

L'analyse est réalisée à l'échelle des peuplements et des espèces et/ou groupe d'espèces d'importance (abondance, intérêt halieutique, patrimonial, etc.) capturées par chaque type d'engin (filet, palangre, casier et filet bongo). Dans le cas des captures au filet bongo, les œufs, les larves et le reste du zooplancton sont distingués :

- L'analyse à l'échelle des peuplements permet une caractérisation spatio-temporelle des peuplements présents à l'échelle de la zone d'étude. Elle porte principalement sur :
 - o Les richesses spécifiques, indices de diversité et d'équitabilité et fréquences d'occurrences ;
 - o Les abondances (via les CPUE pour les captures au filet, à la palangre et au casier) ;
 - o L'analyse des assemblages spatio-temporels ;
- L'analyse à l'échelle des espèces et/ou groupe d'espèces permet de décrire de façon détaillée les populations en présence. Elle porte principalement sur l'abondance (via les CPUE) et l'analyse des classes de tailles ;

3.2.1.2 Définitions

- Richesse spécifique (S)

C'est la mesure de la diversité la plus simple, fondée sur le nombre total d'espèces observées pour un échantillon donné. Elle permet également de distinguer des variations spatiales et des variations temporelles

- Diversité spécifique (H) à Indice de Shannon (H')

L'indice de Shannon permet de donner un poids aux différentes espèces en fonction de leur abondance ou leur biomasse. Ainsi il reflète plus justement la diversité d'un échantillon que la richesse spécifique simple. Cet indice est la base de calcul de l'équitabilité.

Indice de Shannon calculé sur la base des effectifs :
$$H'_N = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \times \log_2 \frac{n_i}{N}$$

n_i représente le nombre d'individus de l'espèce i ; N est l'effectif total

- Équitabilité spécifique (J)

L'indice d'équitabilité de Pielou dérive de l'indice de diversité et renseigne sur la distribution du nombre d'individus (ou de la biomasse) par espèce ; il est le rapport entre la diversité spécifique et la diversité maximale théorique.

$$J = \frac{H'}{H_{max}} \quad \text{avec } H_{max} = \log_2 S$$

La valeur de J varie entre 0 et 1, tendant vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont même abondance. L'indice de l'équitabilité détermine soit le rapprochement soit l'éloignement entre H' et H_{max} . Cet aspect est indicateur de la diversité, en raison du rapprochement ou de l'éloignement d'indice de diversité de la valeur 1.

- Fréquence d'occurrence

Ce descripteur permet d'identifier le nombre de fois qu'une espèce est identifiée dans l'échantillon. E_i correspond au nombre de fois qu'une espèce a été observée dans un nombre N de prélèvements. FO est la fréquence des observations de l'espèce E dans un nombre N de prélèvements. Si une espèce est observée à toutes les stations, FO = 1 (ou 100%).

$$FO = 100 \times \frac{E_i}{N}$$

- Captures par unité d'effort (CPUE)

Les effectifs et biomasses brutes ne permettent pas, tels quels, de comparer les stations entre elles. En effet, l'effort d'échantillonnage n'est pas le même selon les campagnes, missions, voire les stations. Il est donc nécessaire de pondérer les données brutes avec les moyens mis en œuvre pour les obtenir. Les CPUE sont calculées pour chaque espèce et station à partir des effectifs et biomasses.

Le calcul des CPUE est différent en fonction de la technique de collecte utilisée. Les CPUE suivantes ont été retenues pour cette étude :

Casiers : nb/100casiers/24h et kg/100casiers/24h

Filet : nb/1000m de filet/24h et kg/1000m de filet/24h

Palangre : nb/1000hameçons/h et kg/1000hameçons/24h

- Analyse de la structure en taille

Dans un premier temps, les tailles moyennes, minimales et maximales sont calculées par espèce. Dans un second temps, l'étude de la composition démographique des populations est réalisée à l'aide d'une analyse des classes de tailles. La décomposition polymodale (courbe Gaussienne) des populations est obtenue par la division des écart-types selon le pas de taille souhaité. Le nombre de cohortes, l'effectif et la taille moyenne de chacune d'entre elles sont ainsi obtenus par analyse visuelle simple. Lorsque les classes de tailles se recouvrent entre elles, une analyse basée sur la méthode de (Battacharya, 1967) permet dans certains cas de déterminer différents modes. Cette analyse ne peut être réalisée lorsque le nombre de mesures individuelles est trop faible (pour cette étude un minimum de 100 individus a été choisi).

Une attention particulière est portée aux espèces (ou groupes d'espèces) qui présentent les sensibilités les plus importantes vis-à-vis des effets induits par les travaux (bruit, turbidité, dérangement). Les espèces les plus sensibles aux effets de la construction du parc éolien sont principalement les espèces dépendantes des fonds rocheux et peu mobiles : le Homard, le Tourteau, la Vieille commune (et autres Labridés), le Congre, les Raies, les Roussettes (petite et grande), ainsi que les juvéniles d'autres espèces (notamment Lieu Jaune et Tacaud, dont la présence a été démontrée lors de l'étude d'état de référence).

Les interprétations des campagnes en mer intègrent autant que possible les paramètres suivants afin de mettre en évidence d'éventuelles relations entre eux :

- Type d'ateliers menés (principalement déroctage, battage et forage,) et incidents potentiels ;
- Dates, durées, fréquence, stand-by des ateliers ;
- Intensités d'émission au regard des valeurs naturelles habituelles (par exemple de la turbidité et du bruit sous-marin) ;
- L'interprétation cartographique des effets par compartiments ou types d'espèces, comme les cartes d'effet au regard des gammes de fréquence des espèces sensibles ;
- Les conditions océano-météorologiques ;
- Les données de suivi de la qualité des eaux disponibles (Atlas DCE Loire-Bretagne, état des lieux 2019, suivi de la qualité des eaux superficielles en Loire-Atlantique, entre autres).

Chaque prélèvement se voit attribuer dans la base de données une valeur des variables « Type d'habitat », « Impact » (nommé ainsi mais correspondant au type de travaux ayant affecté le prélèvement), et la valeur moyenne de chacun des paramètres physico-chimiques de l'eau dans la zone proche de la surface ainsi que proche du fond. Le traitement effectué par variables permettra d'obtenir des résultats regroupant les stations d'un même habitat. Afin de rester comparable aux résultats des suivis d'état initial (2014) et d'état référent (2019-2020), l'analyse reprend la même structure de plan que ceux-ci, à savoir par type de campagne « métier ». Ainsi pour chaque campagne (plancton, casier, filet, palangre.), seront présentés les résultats obtenus et leur comparaison avec ceux de l'état de référence.

3.2.2 METHODE POUR LA DETERMINATION DE L'EFFET « BRUIT DES TRAVAUX » SUR LES PRELEVEMENTS

Chacun de ces types de travaux émet du bruit et des vibrations pouvant affecter les poissons et crustacés. En fonction du type de travaux et de la sensibilité du récepteur (poissons ou crustacés), des seuils acoustiques à partir desquels une modification du comportement peut avoir lieu sont définis ; à partir de ces seuils, les « distances d'effet » peuvent être calculées à partir de modèles de propagation. La définition de ces distances a été réalisée avec le concours de Quiet Oceans qui a réalisé des mesures de bruit du chantier dans le cadre de la mesure de suivi MSU8.

Tableau 8: Seuils acoustiques et distances d'effet pour les Poissons et Crustacés, par type de travaux. F : fréquence.

Atelier	Récepteur	Seuil retenu Modification du comportement	Distance d'effet
Battage intégral	Poissons	SPL pk >153 dB F >300 Hz et < 3 kHz	11,000 km
	Crustacés	SPL pK 201 dB < 3 kHz	0,100 km
Forage (Dans tous les cas)	Poissons	SEL 150 dB (durant 24h) < 3 kHz	15,000 km
	Crustacés	SEL > 150 dB (durant 24h) < 3 kHz	15,000 km
Battage (Après forage)	Poissons	SPL pk >153 dB F >300 Hz et < 3 kHz	5,200 km
	Crustacés	SPL pK 201 dB < 3 kHz	0,011 km

Préparation du sol (déroctage)	Poissons	SEL 150 dB (durant 24h) < 3 kHz	14,000 km
	Crustacés	SEL > 150 dB (durant 24h) < 3 kHz	14,000 km

Aide à la compréhension des termes utilisés :

- Décibel (dB) :

La plage de pression donnant un niveau sonore utile s'étale sur un rapport d'un à plusieurs millions. Pour cette raison, la mesure de bruit convertit très généralement la pression acoustique en décibels. Le niveau en décibels d'une pression acoustique est le niveau de pression sonore sur une échelle logarithmique pour représenter la pression, l'intensité ou la puissance sonore d'un son.

- Hertz (Hz) :

C'est l'unité de mesure de la fréquence. Elle désigne le nombre de répétitions par seconde d'un événement périodique. La fréquence d'un événement qui se répète une fois par seconde est 1 Hertz (1 Hz) et la fréquence d'un événement qui se répète 1 000 fois par seconde est 1 kilohertz (1 kHz).

- Niveau d'exposition sonore SEL (Sound Exposure Level) :

C'est une mesure acoustique qui fournit une indication de la quantité d'énergie acoustique contenue dans un événement sonore. Elle correspond à l'énergie totale du bruit, produite à partir d'un seul événement de bruit.

Le SEL est aussi défini comme l'intégration de toute l'énergie acoustique contenue dans un événement en prenant en compte à la fois l'intensité et la durée du bruit rayonné. En acoustique sous-marine elle est calculée en (dB re 1 µPa².s).

$$SEL = 10 \log_{10} \left(\int_0^T P(t)^2 dt \right)$$

Le SEL-24H a pour fonction de mesurer l'impact du bruit continu.

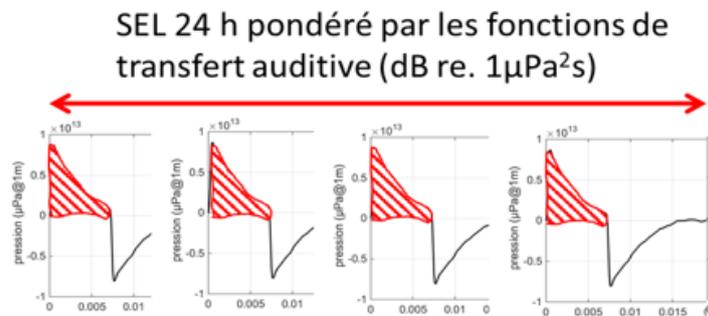


Figure 19. Illustration graphique de l'indicateur SEL-24H

Impact bruit non-impulsif ou continu : il consiste à mesurer le niveau d'impact sur les mammifères marins en appliquant les niveaux de perception de ces espèces sur le niveau sonore reçu ainsi qu'en prenant en compte l'effet du temps d'exposition à ce niveau sonore. Pour cette raison, l'indicateur SEL est utilisé.

- Niveau de pression sonore (SPL : Sound Pressure Level) :

C'est une mesure logarithmique de la pression effective d'un son par rapport à une valeur de référence, soit l'expression du niveau de la pression acoustique, en décibels, relatif à 1 Micropascal à 1 mètre (dB re 1 µPa@1m). 1 mètre est la distance de référence standard entre une source sous-marine et un récepteur.

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)$$

Où P est la pression sonore de l'onde sonore et p_{ref} est la pression sonore de référence.

- Sound Pressure Level zero-to-peak (SPL_{pk}):

La pression sonore maximale pendant un intervalle de temps donné est mesurée entre zéro et le pic maximum du signal ; elle peut être positive ou négative. Cette valeur est généralement utile en tant que métrique pour une forme d'onde pulsée, pour les mesures de bruit impulsif (explosion, battage de pieux, etc.), bien qu'elle puisse également être utilisée pour décrire une forme d'onde périodique.

Les travaux ayant le plus grand rayon de modification du comportement pour les poissons et crustacés sont ceux de forage : 15 km.

Le planning complet des travaux a été fourni par la société PBG afin de pouvoir comparer la réalisation des travaux et celle des campagnes de prélèvements. Pour chaque mission, les calendriers ont été comparés. Si des travaux de préparation ou d'installation ont eu lieu dans les 5 jours précédant la mission, celle-ci est considérée comme ayant potentiellement été affectée par une nuisance sonore.

La valeur de 5 jours retenue est arbitraire, elle permet simplement de définir une durée consécutive à l'arrêt de l'atelier après laquelle on considère que l'effet est résorbé. Par exemple, après 5 jours on considère que les animaux qui ont fui la zone sont revenus et ont repris un comportement habituel, si tant est qu'il ait changé de comportement lors du dérangement supposé.

Ainsi est établie la liste des missions théoriquement affectées par des travaux ci-dessous.

Tableau 9: Type de travaux et nombre d'ateliers⁵ identifiés comme ayant potentiellement impacté les prélèvements réalisés lors des différentes missions réalisées pour le suivi (colonne de gauche).

Campagne / Mission	Type de travaux / Nombre d'ateliers			
	DEROCTAGE	BATTAGE INTEGRAL	FORAGE	BATTAGE APRES FORAGE
BONGO	28		5	1
2021-06			1	1
2021-07	17		2	
2021-08	11		2	
CASIER	15		8	3
2021-06			1	1
2021-07A	5		1	1
2021-07B	10		2	1
2022-05			4	
FILET			9	4
2021-06			3	1
2021-10			3	1
2021-11			3	2
PALANGRE		1	6	1
2021-05		1		
2021-09			4	1
2021-11			2	

Pour savoir quels prélèvements sont issus de milieux impactés, il faut connaître également l'emplacement des travaux qui ont eu lieu afin de cartographier le(s) rayon(s) d'effet. Le planning des

⁵Atelier : désigne une opération réalisée sans interruption ; par exemple, une opération de battage d'une durée d'une heure ou une opération de forage d'une durée de 14 heures sont considérés comme ateliers. Il est donc possible que pour l'installation d'un pieu de fondation d'une éolienne, plusieurs ateliers de natures différentes soient nécessaires.

travaux détaille l'emplacement de chaque atelier. La création d'un calque SIG pour chaque type de travaux permet de représenter le rayon d'effet sous forme d'un cercle centré sur la position de la fondation concernée. La carte représentée Figure 20 représente un exemple de calque :

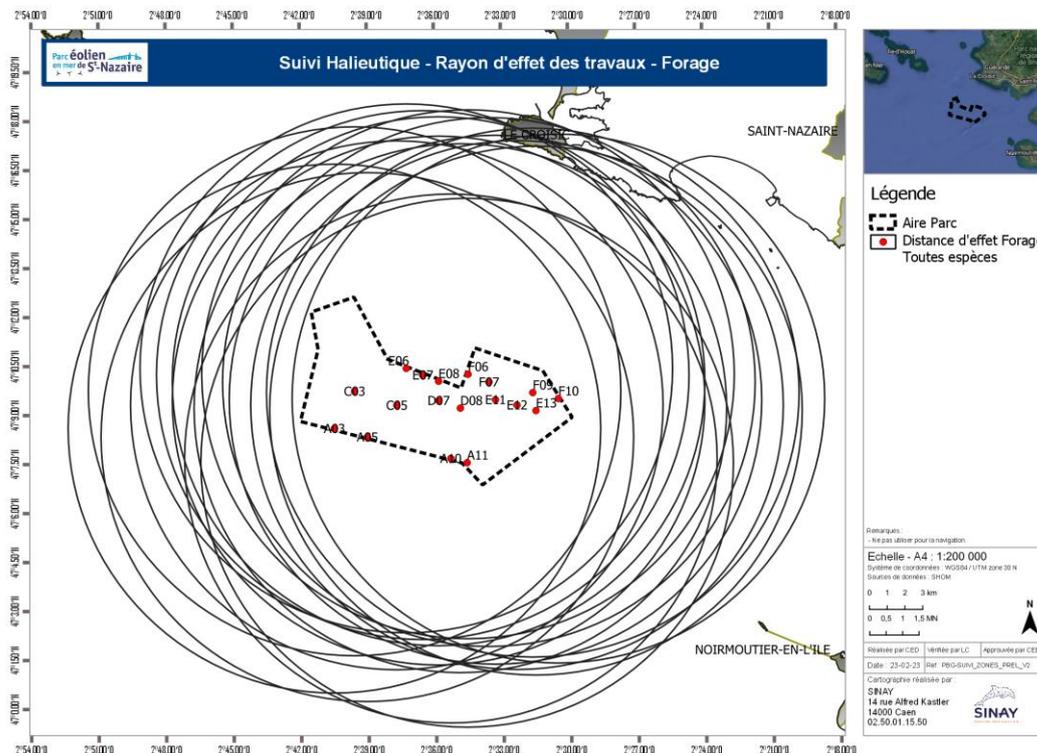


Figure 20 : Distances d'effet du battage après forage pour les fondations concernées.

Enfin, il est possible de superposer les prélèvements réalisés pour une mission donnée et les fondations pour lesquelles des travaux ont eu lieu pendant les 5 jours précédant la mission :

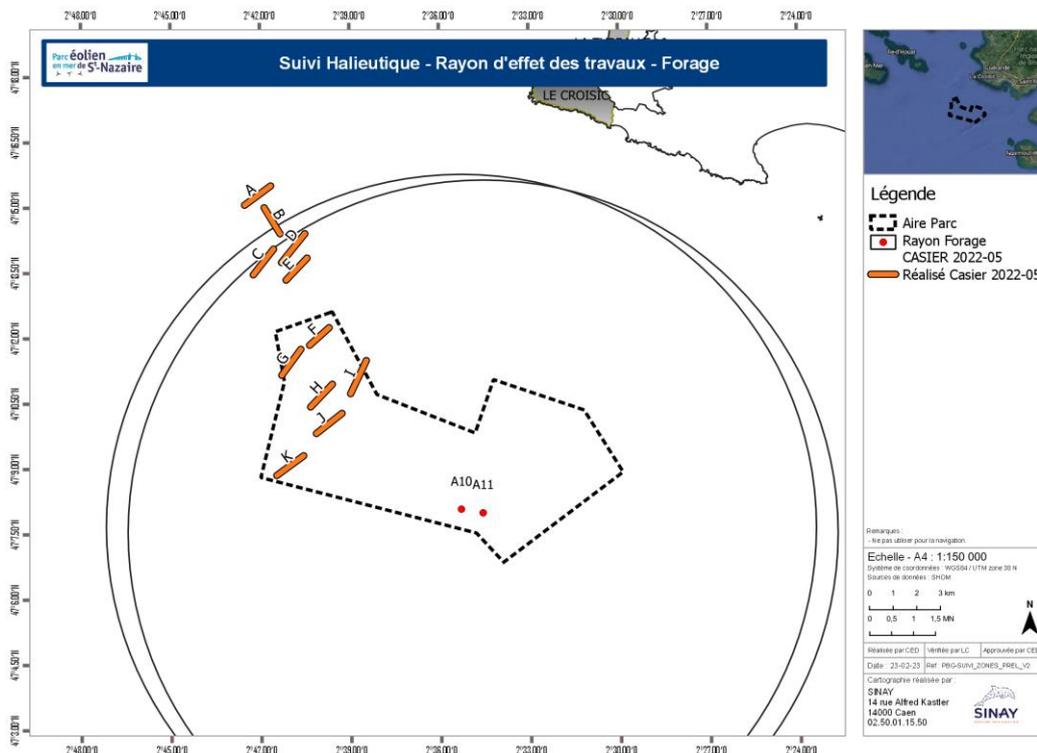


Figure 21: Distance d'effet des ateliers de battage après forage pour les travaux réalisés avant ou pendant la mission 2022-05 de la campagne de suivi au casier.

Dans la Figure 21, les prélèvements réalisés à la station A sont considérés comme n'ayant pas été affectés par le bruit des travaux de forage des fondations d'éoliennes A10 et A11 ; les autres auront la mention « Forage-Battage » dans la base de données, car c'est dans le cadre de travaux d'installation nécessitant l'intervention consécutive des ateliers de forage puis de battage que ces forages ont été réalisés.

À noter : cette approche, basée sur des valeurs issues de la modélisation acoustique, est toutefois largement simplifiée et tient compte seulement de la distance maximale d'effet des travaux considérés ; en réalité, les obstacles rencontrés par les ondes sonores peuvent atténuer sa propagation mais ce paramètre n'est pas pris en compte afin de faciliter l'analyse.

3.2.3 ANALYSE MULTIVARIEE

Afin de normaliser et de rendre aussi objective que possible la comparaison des prélèvements entre eux, pour chaque type de campagne, une analyse multivariée sous la forme d'un nMDS ou d'une PCO est réalisée. La même analyse a été pratiquée à chaque fois à une exception près (résultats des campagnes « palangre »). Ce changement de méthode est motivé par la facilité d'interprétation des résultats produits. Elle est meilleure avec la PCO dans ce cas qu'avec la nMDS qui est plus avantageuse dans l'ensemble du document.

Cette analyse a pour objectif de synthétiser au mieux la variance totale de la matrice de distance (Bray-Curtis). L'unique représentation graphique est le graphe des individus qui montre la position de ces individus (stations d'échantillonnage) dans un plan factoriel composé de deux axes.

Les distances interindividuelles dans l'espace multivarié créé par l'analyse sont bien représentatives des distances interindividuelles réelles. C'est-à-dire que plus les individus (stations) sont proches à l'échelle de cette représentation graphique, plus les valeurs de leurs paramètres (leur peuplement en particulier) sont similaires. Selon le même principe, plus elles sont éloignées, plus ces valeurs sont différentes. Le graphique des individus (stations) permet donc d'identifier s'il existe une structuration

dans le jeu de données (en groupes de stations, le long d'un gradient...). Si des groupes sont suspectés, ils peuvent ainsi être déterminés de façon objective.

Les modalités de réalisation des suivis ainsi que les plans d'échantillonnage proposés ont tenu compte de l'ensemble des objectifs, enjeux et retours d'expériences précédemment présentés. Ils ont été adaptés à la réalité des sensibilités du site conformément aux recommandations des autorités et instances scientifiques dont l'Ifremer. Pour ce faire le plan d'échantillonnage se base sur la carte des habitats benthiques. Les campagnes de suivi ont été prolongées en 2022 afin d'assurer une continuité de recouvrement avec les travaux d'installations sur site.

3.2.4 GLOSSAIRE DES TRAVAUX EN MILIEU MARIN⁶

- **Battage** : le battage de pieux consiste à enfoncer un pieu en acier dans le substrat à l'aide d'un marteau (hydraulique dans la plupart des cas). Cette activité génère de forts niveaux de bruit sous-marin. Cependant, ces niveaux dépendent de nombreux paramètres dont les plus notables sont :
 - Le diamètre du pieu ;
 - La nature du sol ;
 - La bathymétrie ;
 - La profondeur à laquelle le pieu doit être enfoncé dans le sol ;
 - L'énergie transmise par le marteau (et donc le type de marteau).
 La vitesse d'enfoncement. Le diamètre du pieu semble toutefois être le facteur le plus important
- **Campagne (de prélèvement/d'échantillonnage)** : la présente étude est décomposée en campagnes de suivi dédiées à différents métiers de pêche, ainsi qu'à la qualité physico-chimique de l'eau et à l'ichtyoplancton (soit 5 campagnes). Chacune de ces campagnes représente un volet entier de l'étude avec ses propres stations et missions de prélèvements, analyses et résultats.
- **C.P.U.E.** : Capture par Unité d'Effort (Catch Per Unit Effort).⁷
- **Déroctage** : le déroctage consiste à fragmenter puis à déblayer les débris d'un substrat rocheux. Il peut être réalisé à l'aide d'explosifs, d'un brise-roche hydraulique, ou d'une dent de déroctage.
- **Forage** : le forage est réservé aux fonds rocheux ou hétérogènes et peut être utilisé comme alternative au battage pour des pieux de moins de 5 m de diamètre.
- **Mission** : Les missions correspondent à l'ensemble des sorties en mer dédiée à l'échantillonnage d'une campagne à une période spécifique du plan d'échantillonnage.
- **nMDS (Non-metric MultiDimensional Scaling)** : méthode d'analyse statistique multivariée permettant de regrouper des points (stations) en classes de similarité en se basant sur une série de variables mesurées.
- **PCO (Principal Composant analysis)** : méthode statistique de réduction de dimensions permettant de visualiser sur un graphique à plusieurs dimensions des données décrites sur plus de dimensions.

⁶ Guide « Préconisation pour limiter l'impact des bruits sous-marins sur la faune marine » (2020). Ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20preconisations%20pour%20limiter%20l%20impact%20des%20bruits%20sous-marins%20sur%20la%20faune%20marine.pdf>

⁷ <https://peche.ifremer.fr/Glossaire/Glossaire/CPUE>

- **Prélèvement** : l'ensemble des individus capturés par un engin de pêche à un endroit précis (station) et à une date unique constituent un prélèvement.
- **Station (de prélèvement/d'échantillonnage)** : l'endroit précis où est positionné un engin de prélèvement à une ou plusieurs dates précises représente une station de prélèvement.

4 LIMITES DE LA PRESENTE ETUDE

Nous décrivons ci-dessous les limites de l'étude, c'est-à-dire les points importants de cadrage des résultats attendus, les difficultés liées à la mise en œuvre des campagnes et la possibilité d'interprétation des résultats.

- Le suivi repose sur le principe BACI (Before-After Control-Impact) c'est-à-dire qu'il est réalisé sur la base de comparaisons temporelles (état référent/état perturbé) et spatiales (zone impactée/zone témoin). Sur ce dernier point, il faut noter la difficulté rencontrée de définir des zones témoins avec des conditions environnementales comparables à la zone impactée, tout en étant en dehors de la portée du bruit sous-marin. En effet la nature du banc de Guérande est très différente de celle du milieu qui l'entoure. Il est constitué d'un platier rocheux peu profond entouré de zones de sédiments meubles plus profondes (paléo-vallée de la Loire).
- Les prélèvements de certaines campagnes (ex : pêche aux casiers) ont pu être localisés à des positions différentes d'une campagne à l'autre, pour les raisons suivantes : zones inaccessibles à la pêche pour cause de travaux en cours, difficulté pour le pêcheur de relocaliser ses équipements dans des zones totalement différentes de celles en cours d'usage. Dans tous les cas, un effort a été réalisé pour chercher à localiser les stations de pêche sur des habitats similaires à ceux faisant l'objet du suivi.
- Dans le cadre des données de captures au filet, il apparaît un biais dans le calcul des CPUE en lien avec la durée d'immersion des engins de pêche. En effet, rapporté à l'unité de temps, le nombre d'individus prélevés par un filet immergé 2 heures est quatre fois supérieur à celui prélevé par un filet immergé 8 heures. Or les captures avec ces engins se font majoritairement en un temps relativement court autour du lever ou du coucher de soleil.

Il est nécessaire de veiller à ce que l'ensemble des engins posés au cours d'une même mission soient immergés pendant une durée identique, et de manière générale, que la durée d'immersion des engins soit identique entre les missions. Ceci représente une difficulté importante en termes opérationnels et devra être discuté avec les intervenants concernés au moment de la planification de l'échantillonnage. Une autre approche proposerait de s'affranchir totalement de la durée d'immersion des engins dans le traitement des données, ceci devra être discuté avec l'Ifremer pour juger de la pertinence d'un tel changement.

- Il est important de relativiser les effets observés au regard des durées/effets maximum par rapport aux durées réelles des travaux. Il apparaît que les travaux susceptibles d'avoir des effets directs sur les ressources halieutiques (déroctage, battage, forage) sont de courte durée, ce qui rend difficile la perception de leurs conséquences sur le compartiment ciblé.
- Un prolongement des suivis en 2022 a été proposé par le maître d'ouvrage afin de couvrir l'ensemble de la période de travaux. Cette démarche contribue également à pallier la variabilité interannuelle des observations.
- L'approche qui consiste à utiliser des « distances d'effet » concernant le bruit des différents travaux ayant pu avoir un effet sur la ressource halieutique n'est pas standardisée et ne fait pas l'objet d'un protocole établi ; cette méthode constitue un test de détection d'un éventuel signal « effet du bruit ou des vibrations des travaux » dans l'analyse multivariée.

Les données concernant les seuils acoustiques de modification du comportement des Poissons et Crustacés sont issus de la littérature disponible la plus récente. Les distances d'effet ont été calculées à partir de simulations de propagation simplifiées, issues de l'étude acoustique de Quiet Oceans et ne tiennent pas compte de la bathymétrie ni de la nature des fonds. Elles sont probablement supérieures à celles de la propagation réelle *in situ*.

- La zone du parc éolien en mer de Saint-Nazaire a fait l'objet d'une fermeture progressive puis complète à la navigation et notamment à la pêche professionnelle. Ceci représente un biais majeur dans l'analyse des résultats, puisque l'activité de pêche sur le banc de Guérande aura été radicalement différente entre l'état de référence et le suivi en phase travaux. La possibilité d'interprétation des résultats en est nécessairement impactée, avec un report de l'activité de pêche sur d'autres zones périphériques et ses implications possibles (pour les espèces sédentaires comme le Homard) : diminution de l'abondance sur les zones sujettes au report d'effort de pêche, modification de la structure de population.

5 RESULTATS DES SUIVIS QUALITE DES EAUX MARINES

5.1 RAPPEL DES OBJECTIFS

La fréquence du suivi ne permet pas de décrire le fonctionnement hydrologique au cours d'une année en revanche il s'agit ici *a minima* de vérifier si les données acquises intègrent la gamme de valeur habituelle ou si des valeurs inhabituelles ont été obtenues.

Pour répondre aux objectifs ci-dessus il est nécessaire de :

- Présenter le contexte hydrologique de la zone en tenant compte notamment des débits des fleuves influençant le secteur d'étude et en s'appuyant sur la bibliographie existante ;
- Resituer les années de suivi dans ce contexte hydrologique : année normale ou atypique ;
- Préciser les éventuelles variations spatiales relatives à l'homogénéité ou la stratification de la colonne d'eau.

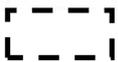
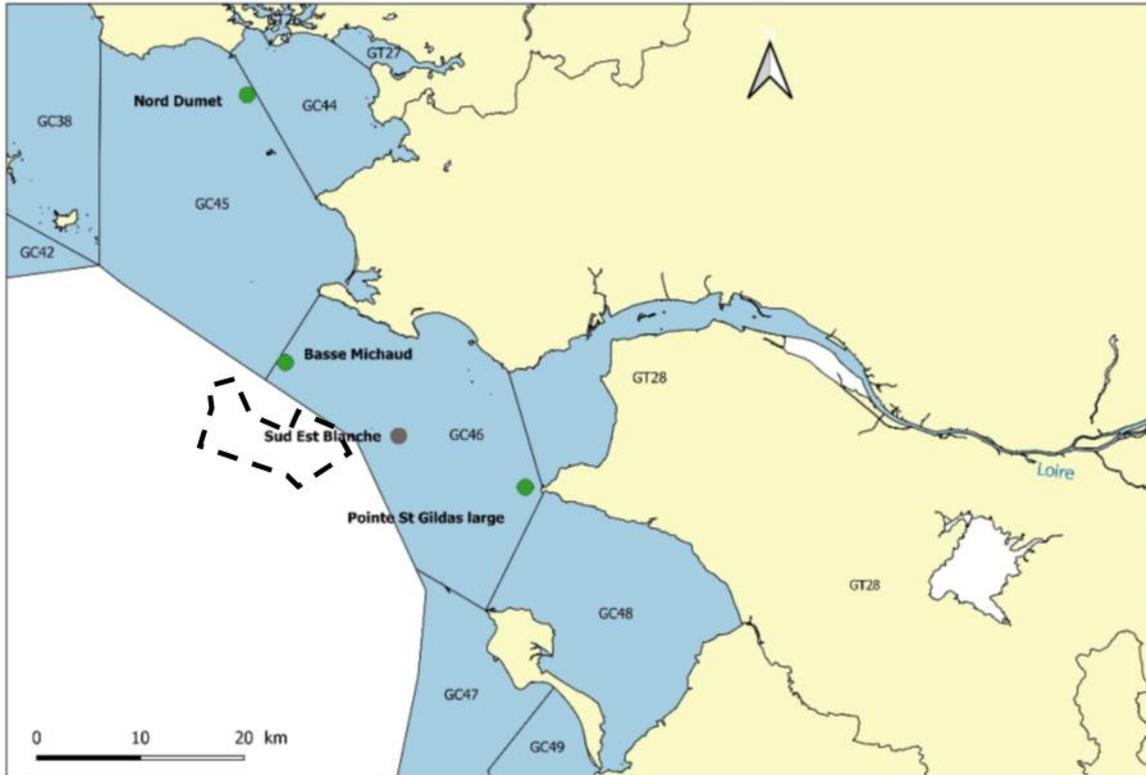
5.2 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Dans le cadre du suivi de la qualité de l'eau sur le parc éolien en mer banc de Guérande, les stations échantillonnées sont situées au large de l'embouchure de la Loire, dans la partie Nord de la masse d'eau « Loire Large » (GC 46). Cette masse d'eau est délimitée à la côte par la Pointe Saint-Gildas, la Pointe de Chemoulin, la Pointe de Noirmoutier et la Pointe du Croisic, elle s'étend sur une superficie de 430km² (Figure 22) (*Le Merrer et al., 2022*).

Lorsque les débits de la Loire sont importants, principalement en période hivernale, la direction de propagation et la dispersion du panache dépendent de l'équilibre entre les forces de courants et le vent (*Le Merrer et al., 2022*). Pendant cette période, le régime principal des vents de Sud-Ouest oriente le panache de la Loire vers le nord en le plaquant vers la côte. Lorsque les débits faiblissent comme au printemps et par vent de nord-ouest, le panache peut s'étaler vers le large et vers le sud, (*Lazure et al, 1998, Iman Khojasteh, 2015*).

La station « Basse Michaud » retenue par le réseau Rephy en 2015, est située à proximité du parc éolien en mer de Saint-Nazaire, entre le plateau du Four et le plateau de la Banche (Figure 22). Sa localisation permet de comprendre l'influence de la Loire et de La Vilaine sur ce secteur. Cette station est soumise à un hydrodynamisme auquel la Loire participe fortement. La profondeur du fond d'environ de 30m permet à la colonne d'eau en été un potentiel de stratification thermique et haline plus important. Cette stratification thermique limite les échanges entre la surface et le fond et entraîne un appauvrissement en oxygène dissous au fond. Ainsi, les concentrations d'oxygène dissous estivales sont plus faibles au fond. Les pics de Chlorophylle *a* les plus importants sont observés au printemps sur cette station. Compte tenu de la taille de la masse d'eau, de sa répartition de part et d'autre de l'estuaire, l'influence du panache de la Loire sur les caractéristiques hydrologiques et biologiques de la masse d'eau pourrait être hétérogène (*Le Merrer et al., 2022*).

La station « Basse Michaud » est considérée comme station de référence lors des comparaisons des données physico-chimiques acquises à l'échelle du parc éolien en mer Banc de Guérande.



Contour du parc éolien en mer de Saint Nazaire

Figure 22 : Positionnement des stations DCE/REPHY au large de la Loire (en vert lieux de surveillance actifs, en gris station expérimentale non activée ; Le Merrer et al., 2022).

5.3 MESURES PHYSICO-CHIMIQUES

La température de l'eau reflète l'ensoleillement et le temps de résidence des masses d'eau. La salinité trace les mélanges entre les apports d'eaux douces des fleuves et l'eau de mer. La transparence de l'eau évaluée par la turbidité intervient sur la quantité de lumière disponible pour la production primaire. L'oxygène dissous est un paramètre qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La mesure de l'oxygène dissous permet de suivre les éventuelles hypoxies liées à la décomposition du phytoplancton à la suite des efflorescences.

Les valeurs présentées dans les tableaux ci-dessous sont des moyennes de l'ensemble des mesures réalisées pour une mission donnée. Les valeurs dites de surface représentent la moyenne dans les 5 premiers mètres de la colonne d'eau, celles du fond sont la moyenne des 5 mètres au-dessus du fond.

Tableau 10 : Moyennes des mesures de qualité de l'eau pour les 5 premiers mètres de la colonne d'eau (surface).

CASIER	Mission	Date	Localisation	Température (°C)	Salinité (g/L)	Turbidité (NTU)	Oxygène (mg/L)	Fluorescence (ppb RWT)
BONGO	2019-04	13/04/2019	Surface	11,58±0,09	32,88±0,32	0,56±0,11	10,58±0,1	0,3±0,34
PALANGRE	2019-04	29/04/2019	Surface	13,06±0,05	33,06±0,06	0,28±0,39	10,93±0,07	25,82±149,28
BONGO	2019-05	23/05/2019	Surface	14,7±0,29	33,7±0,24	0,12±0,07	10,51±0,22	13,74±12,66
CASIER	2019-05	31/05/2019	Surface	14,86±0,68	34,32±0,13	0,04±0,06	9,30±0,35	16,55±15,54
BONGO	2019-06	25/06/2019	Surface	17,43±0,25	33,35±0,42	0,16±0,28	9,93±0,37	18,73±6,89
FILET	2019-07	02/07/2019	Surface	17,57±0,36	33,45±0,55	0,25±0,41	8,95±0,42	2,8±2,86
CASIER	2019-07	09/07/2019	Surface	16,91±0,63	34,36±0,15	0,10±0,14	8,77±0,37	14,53±10,39
BONGO	2019-07	25/07/2019	Surface	20,51±0,75	34,68±0,11	0,34±0,64	9,2±0,39	15,71±4,75
BONGO	2019-08	22/08/2019	Surface	18,4±0,39	34,88±0,1	0,85±1,45	8,74±0,22	20,53±1,54
PALANGRE	2019-09	04/09/2019	Surface	17,65±0,1	35,1±0,04	0,23±0,92	8,82±0,13	13,02±12,07
FILET	2019-09	23/09/2019	Surface	16,1±0,16	35,11±0,09	0,07±0,05	9,25±0,18	11,01±6,98
PALANGRE	2020-01	07/01/2020	Surface	10,36±0,21	28,14±0,7	2,29±0,35	10,53±0,06	0,57±4,94
BONGO	2021-04	20/04/2021	Surface	12,05±0,2	34,24±0,3	0,1±0,06	12,24±0,49	20,81±10,05
PALANGRE	2021-05	27/05/2021	Surface	14,02±0,12	33,24±0,53	0,39±0,16	9,35±0,05	1,63±1,68
BONGO	2021-06A	03/06/2021	Surface	15,8±0,34	32,55±0,67	0,2±0,12	9,08±0,25	7,63±5,76
CASIER	2021-06	10/06/2021	Surface	17,08±0,64	33,20±0,49	0,13±0,32	8,99±0,33	8,51±1,82

FILET	2022-06	10/06/2021	Surface	16,97±0,15	34,26±0,09	0±0	8,24±0,11	43,99±36,17
BONGO	2021-06B	19/06/2021	Surface	16,92±0,54	33,04±0,46	0,12±0,07	8,67±0,52	30,99±10,31
CASIER	2021-07A	09/07/2021	Surface	17,06±0,27	33,87±0,46	0,68±1,67	9,18±0,27	29,09±14,96
BONGO	2021-07	19/07/2021	Surface	19,47±0,18	32,58±0,74	0,15±0,19	9,75±0,59	44,75±27,31
CASIER	2021-07B	29/07/2021	Surface	18,97±0,69	33,10±,42	0,00±0 ;00	8,12±0,39	10,85±6,90
BONGO	2021-08	18/08/2021	Surface	18,27±0,11	33,62±0,18	0,01±0,02	9,24±0,45	25,41±12,96
PALANGRE	2021-09	08/09/2021	Surface	17,24±0,35	34,07±0,1	0,19±0,31	8,97±0,2	51,66±25,82
FILET	2022-10	07/10/2021	Surface	16,51±0,2	34,95±0,3	0±0	7,09±0,06	11,71±9,9
FILET	2021-10	18/10/2021	Surface	15,93±0,11	32,76±0,77	0,09±0,11	8,55±0,17	7,52±3,62
FILET	2021-11	29/11/2021	Surface	11,77±0,21	34,88±0,17	0,12±0,19	9,2±0,22	0,04±0,09
PALANGRE	2021-12	14/12/2021	Surface	10,53±0,12	34,93±0,7	1,12±0,2	10,04±0,03	0±0
CASIER	2022-05	18/05/2022	Surface	14,35±0,39	33,99±0,10	0,03±0,06	7,63±0,17	21,19±18,34
PALANGRE	2022-06	14/06/2022	Surface	16,04±0,17	34,22±0,15	0,14±0,86	7,52±0,14	40,55±11,33
CASIER	2022-07	21/07/2022	Surface	18,15±0,43	34,60±0,09	0,00±0,00	7,35±0,24	8,84±17,84
PALANGRE	2022-09	16/09/2022	Surface	18,55±0,07	34,88±0,04	0±0,01	6,85±0,19	17,37±1,95

Tableau 11 : Moyennes des mesures de qualité de l'eau pour les 5 derniers mètres de la colonne d'eau (fond).

Engin	Mission	Date	Localisation	Température (°C)	Salinité (g/L)	Turbidité (NTU)	Oxygène (mg/L)	Fluorescence (ppb RWT)
BONGO	2019-04	13/04/2019	Fond	11,32±0,04	33,78±0,28	4,27±2,35	10,47±0,18	0,6±0,75
PALANGRE	2019-04	29/04/2019	Fond	12,7±0,04	33,81±0,11	0,03±0,07	10,64±0,06	2,73±3,22
BONGO	2019-05	23/05/2019	Fond	13,76±0,25	34,04±0,1	0,86±1,35	10,6±0,11	44,94±8,03
CASIER	2019-05	31/05/2019	Fond	13,22±0,14	34,54±0,06	0,38±0,74	9,90±0,40	14,52±7,58
BONGO	2019-06	25/06/2019	Fond	15,42±0,36	34,24±0,08	2,64±2,87	9,46±0,23	4,38±3,69
FILET	2019-07	02/07/2019	Fond	15,25±0,76	34,38±0,18	1,47±2,88	9,17±0,14	3,35±2,7
CASIER	2019-07	09/07/2019	Fond	15,78±0,80	34,52±0,13	0,14±0,23	9,03±0,17	17,88±8,71
BONGO	2019-07	25/07/2019	Fond	15,85±0,93	34,8±0,06	1,17±1,62	9,06±0,39	33,29±18,71
BONGO	2019-08	22/08/2019	Fond	17,52±0,48	34,95±0,07	0,17±0,13	8,88±0,17	22,06±6,74
PALANGRE	2019-09	04/09/2019	Fond	16,19±0,18	35,14±0,08	0,15±0,16	9,14±0,14	9,81±3,45
FILET	2019-09	23/09/2019	Fond	15,75±0,31	35,16±0,07	1,33±1,15	9,55±0,1	5,71±2,8
PALANGRE	2020-01	07/01/2020	Fond	11,32±0,05	33,06±0,04	4,63±1,68	10,68±0,04	0±0
BONGO	2021-04	20/04/2021	Fond	11,43±0,02	34,77±0,22	0,35±0,58	11,16±0,19	77,03±12,15
PALANGRE	2021-05	27/05/2021	Fond	13,6±0,04	34,05±0,06	0,23±0,26	9,65±0,05	1,33±2,75
BONGO	2021-06A	03/06/2021	Fond	13,72±0,24	34,09±0,24	0,17±0,2	9,15±0,13	6,54±7,01
CASIER	2021-06	10/06/2021	Fond	13,97±0,55	34,27±0,25	0,40±1,05	9,51±0,38	2,56±2,67
FILET	2022-06	10/06/2021	Fond	14,45±0,62	34,55±0,13	0±0	5,86±3,02	25,84±18,15
BONGO	2021-06B	19/06/2021	Fond	13,94±0,22	34,41±0,16	0,35±0,48	8,83±0,4	2,66±2,95
CASIER	2021-07A	09/07/2021	Fond	16,52±0,30	34,20±0,07	1,62±2,87	9,46±0,45	16,19±5,05
BONGO	2021-07	19/07/2021	Fond	15,66±0,91	34,19±0,4	0,04±0,04	8,88±0,36	34,23±16,67
CASIER	2021-07B	29/07/2021	Fond	16,01±1,42	34,06±0,40	0,08±0,15	8,39±0,25	9,16±10,35
BONGO	2021-08	18/08/2021	Fond	15,87±0,98	34,46±0,22	0±0,01	8,52±0,31	16,52±20,25
PALANGRE	2021-09	08/09/2021	Fond	16±0,08	34,3±0,04	0,19±0,54	8,93±0,1	22,93±2,25

FILET	2022-10	07/10/2021	Fond	16,35±0,11	35,11±0,11	0±0	6,99±1,27	6,44±2,85
FILET	2021-10	18/10/2021	Fond	16,04±0,03	33,96±0,21	0,07±0,09	8,89±0,22	3,82±4,26
FILET	2021-11	29/11/2021	Fond	12,04±0,15	35,1±0,19	0,74±1,3	9,66±0,44	0±0
PALANGRE	2021-12	14/12/2021	Fond	10,62±0,01	35,36±0,05	1,75±0,34	10,64±0,03	0±0
CASIER	2022-05	18/05/2022	Fond	13,47±0,52	34,19±0,11	1,18±1,97	7,89±0,64	15,29±3,58
PALANGRE	2022-06	14/06/2022	Fond	13,91±0,07	34,69±0,02	0,02±0,11	8,08±0,12	4,35±2,1
CASIER	2022-07	21/07/2022	Fond	15,43±1,66	34,82±0,21	0,00±0,00	7,86±0,29	9,32±7,33
PALANGRE	2022-09	16/09/2022	Fond	18,34±0,04	34,94±0,02	0,04±0,11	7,34±0,02	14,23±1,28

Tableau 12 : Moyennes mensuelles de précipitation totale, température, rayonnement solaire et rafales sur le parc éolien du Banc de Guérande (2019 à 2022) et débit moyen de la Loire (Meteoblue history+, 2019-2022 ; GIP Loire Estuaire 2019-2022 ; DREAL Pays de la Loire 2019-2022).

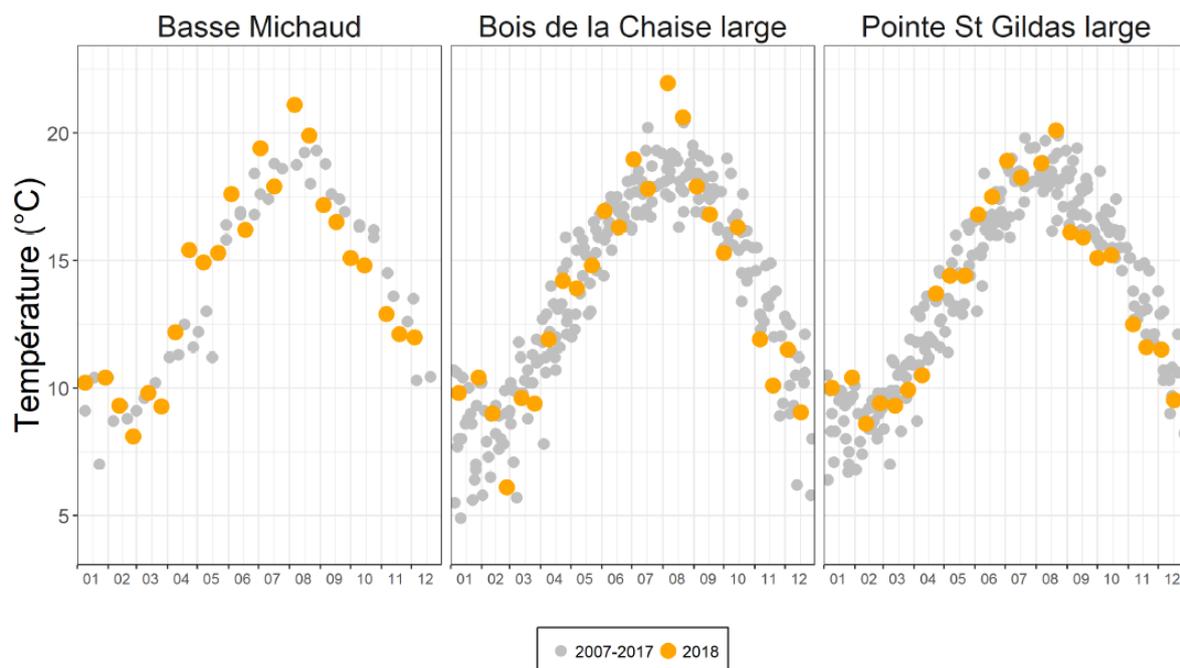
Mois	Année	Débit moyen de la Loire (m ³ /s)	Précipitation totale moyenne (mm)	Température atmosphérique moyenne (°C)	Rayonnement solaire moyen (W/m ²)	Rafales de vent (km/h)
Mai	2019	373	0,02	12,2	255,9	24,8
	2020	578	0,01	14,6	285	25,4
	2021	567	0,06	11,9	222,5	32
	2022	261	0,008	14,3	284	22,8
Juin	2019	264	0,05	15,24	259,9	22,9
	2020	405	0,08	15,5	231,4	23,3
	2021	422	0,04	16,1	270,8	20,9
	2022	198	0,05	16,4	265,9	24,4
Juillet	2019	121	0,03	18,6	288,3	23,8
	2020	198	0,002	17,1	274,86	23,9
	2021	716	0,03	17,35	245,71	26,11
	2022	206	0,00	18,7	317,47	25
Août	2019	106	0,02	17,35	221,33	22,5
	2020	133	0,04	18,2	221,33	23,1
	2021	288	0,02	16,8	234,3	25,9
	2022	-	0,01	18,9	245,38	22,9
Septembre	2019	113	0,06	16,3	179,93	30,6
	2020	135	0,05	16,6	180,61	24,9
	2021	278	0,03	17,1	183,7	23,7
	2022 (1 ^{ère} quinzaine)	-	0,03	18,4	174,81	25,9

5.3.1 TEMPÉRATURE DE L'EAU

5.3.1.1 Température en sub-surface

Pour l'ensemble des campagnes de suivi réalisées à l'échelle du parc éolien en mer Banc de Guérande, les températures moyennes enregistrées en sub-surface suivent une dynamique saisonnière comparable à celle de la station « Basse Michaud » (Figure 23).

On constate que les températures moyennes échantillonnées en mai 2019 et 2022 sont légèrement plus hautes que la tendance des années 2007 à 2017 et se rapprochent des valeurs de mai 2018.



Source : Données validées Quadrige@ifremer

Figure 23 : Évolution de la température de surface au large de la Loire (Collin K. et al., 2020).

5.3.1.2 Température moyenne dans la colonne d'eau

La stratification thermique est la création d'une différence de densité entre deux ou plusieurs couches d'eau superposées, engendrée uniquement par la température. Cette stratification est plus ou moins importante et permanente en fonction des conditions météorologiques (Collin K. et al., 2020).

Les écarts moyens de températures observés sur le parc éolien Banc de Guérande, se situent dans les fourchettes saisonnières des valeurs relevées sur la station Basse Michaud entre 2016-2018 (Figure 24). L'été 2018 présente des valeurs nettement supérieures (entre 2°C et 8°C) qui s'expliquent par une période caniculaire.

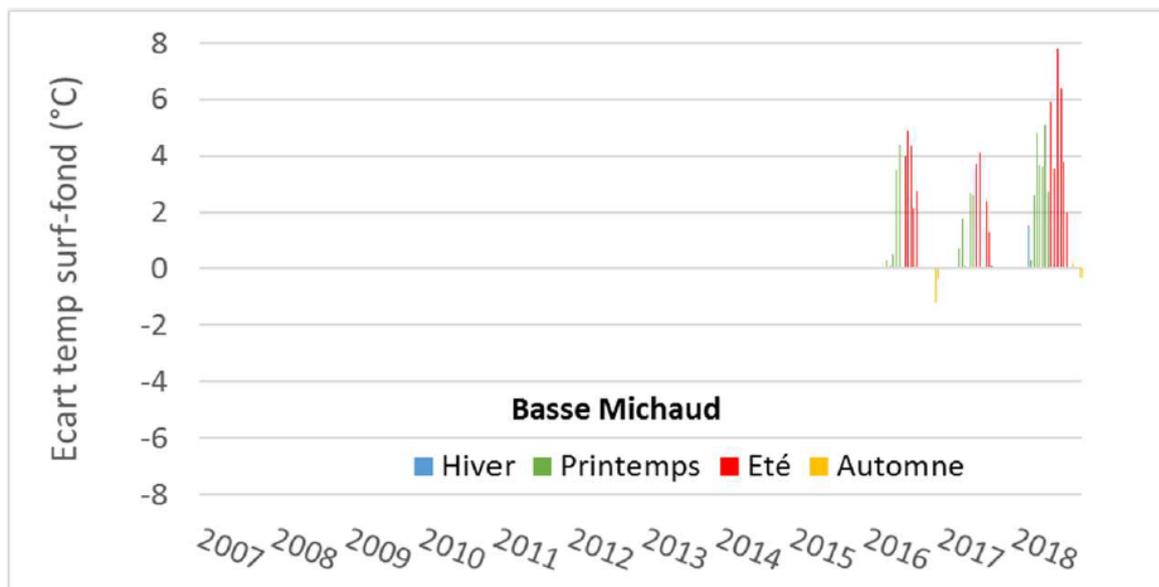


Figure 24 : Évolution de la stratification thermique à « Basse Michaud » entre 2016 et 2018 (Le Merrer et al., 2022).

D'après les profils relevés entre 2016 et 2018 à « Basse Michaud » (Figure 25), une stratification thermique se met en place en juin : une thermocline apparaît entre 5 et 10 m de profondeur. Puis elle se stabilise pour former deux strates thermiques, la première entre 5 et 10 m et la seconde entre 15 et 20 m environ. Si les conditions météorologiques restent stables, cette stratification peut durer jusqu'au mois de septembre (Le Merrer et al., 2022).

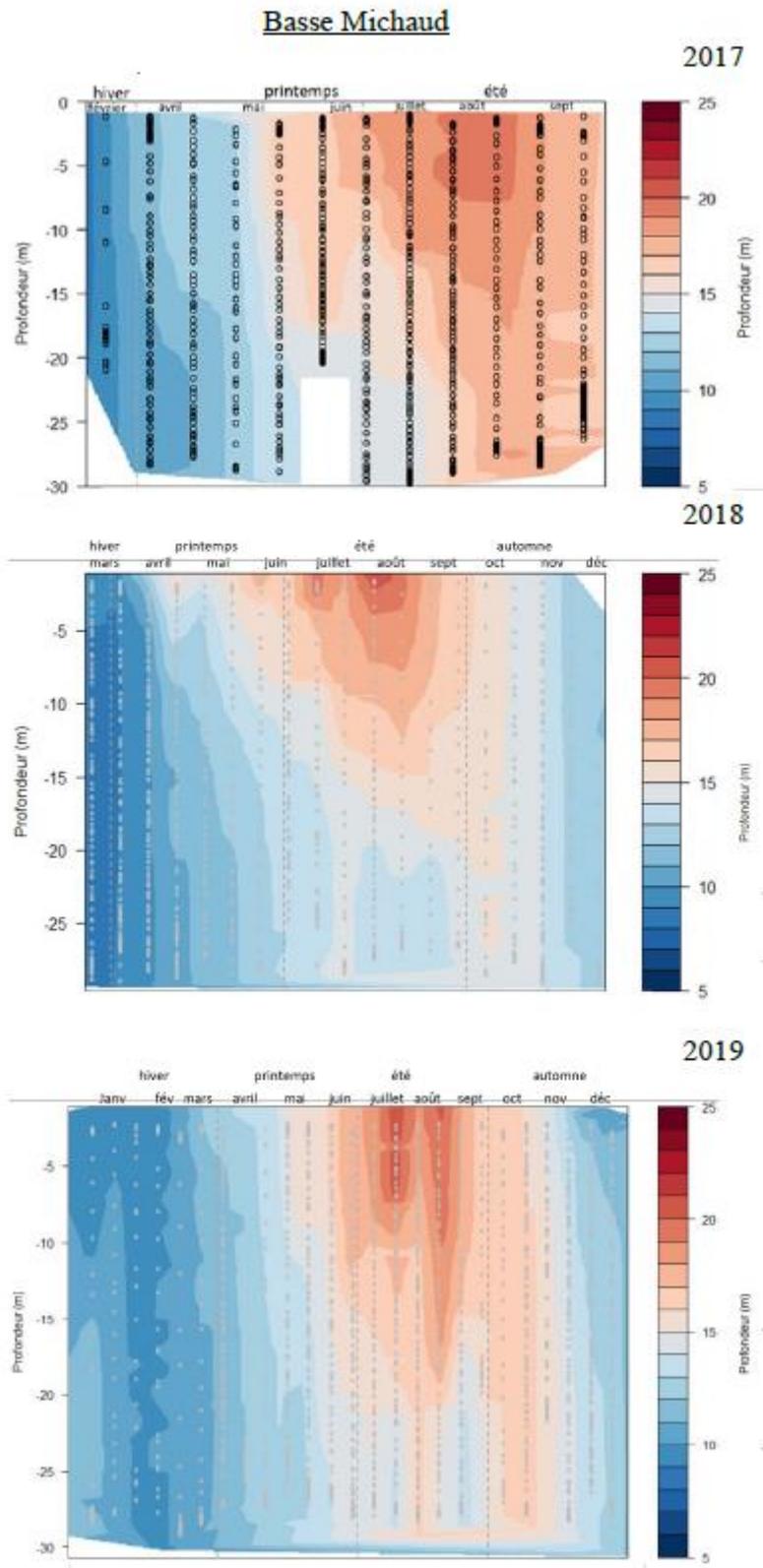


Figure 25 : Profils de température dans la colonne d'eau à Basse Michaud entre 2017 et 2019, les points représentent les mesures de profil de la sonde (Le Merrer et al., 2022).

Les profils de température des stations du parc éolien Banc de Guérande présentent également une stratification thermique pendant les périodes échantillonnées (Figure 27).

En mai 2019, la stratification thermique a débuté plus tôt par rapport à celle du mois de mai 2022, avec des écarts moyens respectifs de 1,64°C et 0,89°C.

À l'échelle de l'ensemble des campagnes, la stratification thermique maximale a été observée pendant la période estivale et a été plus importante durant le mois de juin 2021 avec un écart moyen de 3,11°C. En comparant le mois de juin 2021 aux autres années de suivi, on observe la plus forte variation de température atmosphérique entre mai et juin, avec un écart moyen de +4,11°C. Le rayonnement solaire a également été plus important avec une moyenne de 270,8 W/m² contre 222,5 W/m² en mai (*meteoblue, history +*). Le débit moyen de la Loire a quant à lui diminué (-145m³/s) mais reste le débit le plus important avec juin 2020 à l'échelle de la période échantillonnée. Le réchauffement de la Loire, combiné au réchauffement de la couche superficielle en mer peut expliquer cette stratification plus importante.

Début juillet 2021, la colonne d'eau présente une très faible stratification thermique et une salinité plus homogène que celles observées au mois de juin et à la fin du mois de juillet. À cette période une baisse du rayonnement solaire moyen (-25 W/m² en moyenne) et une forte augmentation du débit moyen de la Loire sont observées. Avec un relevé de 716 m³/s pendant cette période contre 422 m³/s et 288 m³/s respectivement pour les mois de juin et août 2021. Ce qui représente un débit près de deux fois plus important que la moyenne des mois de juillet depuis 1900 (*DREAL Pays de la Loire, 2021*). Des rafales de vent atteignant 68 km/h ont été enregistrées le 06 juillet 2021 et ont probablement permis de redistribuer la chaleur et la salinité dans la colonne d'eau (*meteoblue, history +*). La turbidité a quant à elle un peu augmenté (+0,55 NFU en surface et +1,22 NFU dans le fond par rapport aux valeurs de juin), ce qui correspondrait à une remobilisation des MES du fond dans la colonne d'eau. Cette stratification s'est remise en place à la fin du mois de juillet 2021.

En 2022, les différences de températures avec la moyenne et les années précédentes est faible ; on constate tout de même un écart important entre les températures mesurées au mois de septembre par rapport à celles du même mois l'année précédente. De fortes chaleurs aux mois d'août et septembre et un ensoleillement important ont mené à une température de l'eau de mer plus élevée que la moyenne. La stratification de la colonne n'en semble pas affectée.

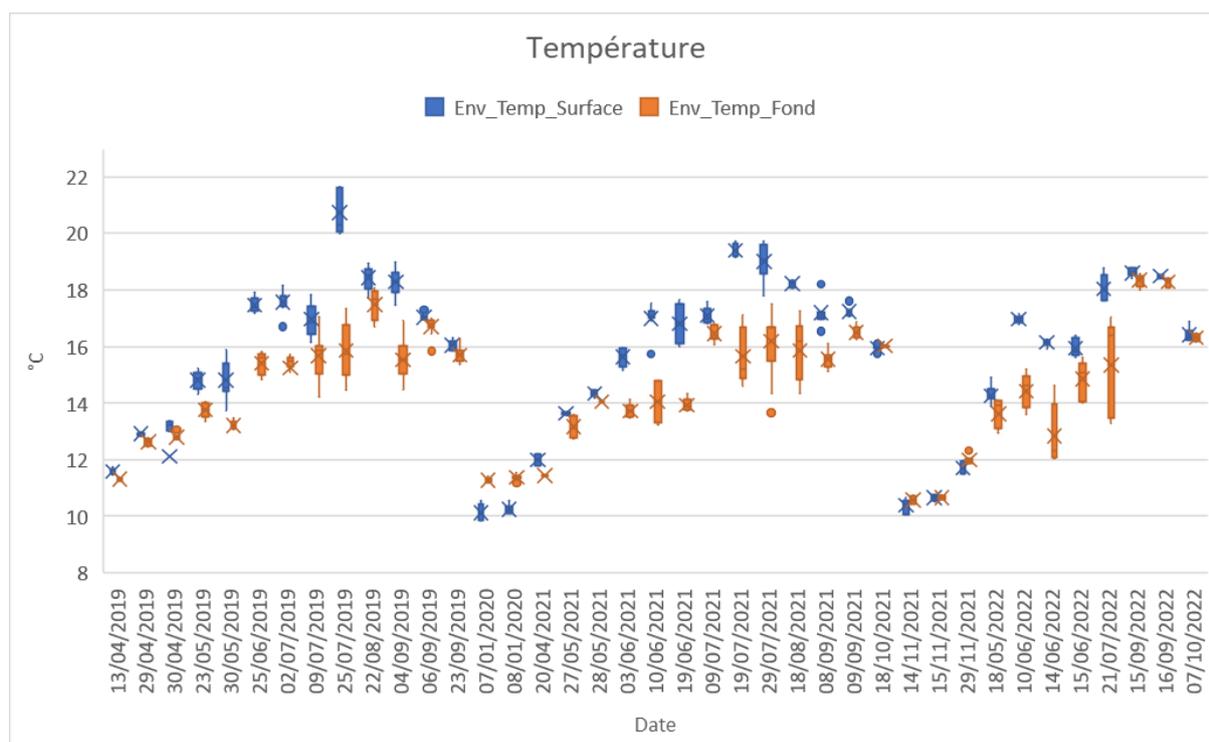


Figure 26 : Évolution de la valeur moyenne de température (°C) en surface et au fond (couche de 5 m) entre 2019 et 2022, présentées en fonction des quartiles.

La Figure 26 présente l'évolution de la valeur moyenne de température mesurée à la surface et au fond de la colonne d'eau de 2019 à 2022. En fonction des saisons les températures de surface et de fond suivent la même séquence. Les valeurs mesurées en surface sont supérieures à celles du fond, sauf pendant l'hiver 2021 et en janvier 2020. Ce cas particulier pourrait être associé à un épisode de basse température atmosphérique qui refroidirait la température de surface de la mer.

Cette différence de température entre la surface et le fond (stratification) est plus évidente à partir de la fin du printemps et en été. En hiver, la masse d'eau présente des températures basses et homogènes.

Les valeurs les plus basses sont observées dans les eaux les plus profondes et la variabilité de la profondeur d'échantillonnage semble induire une variabilité plus forte de ces valeurs au fond (Figure 27).

La valeur la plus forte est mesurée en été 2019. Les autres valeurs de températures estivales semblent homogènes. La stratification thermique est plus ou moins marquée en fonction des saisons.

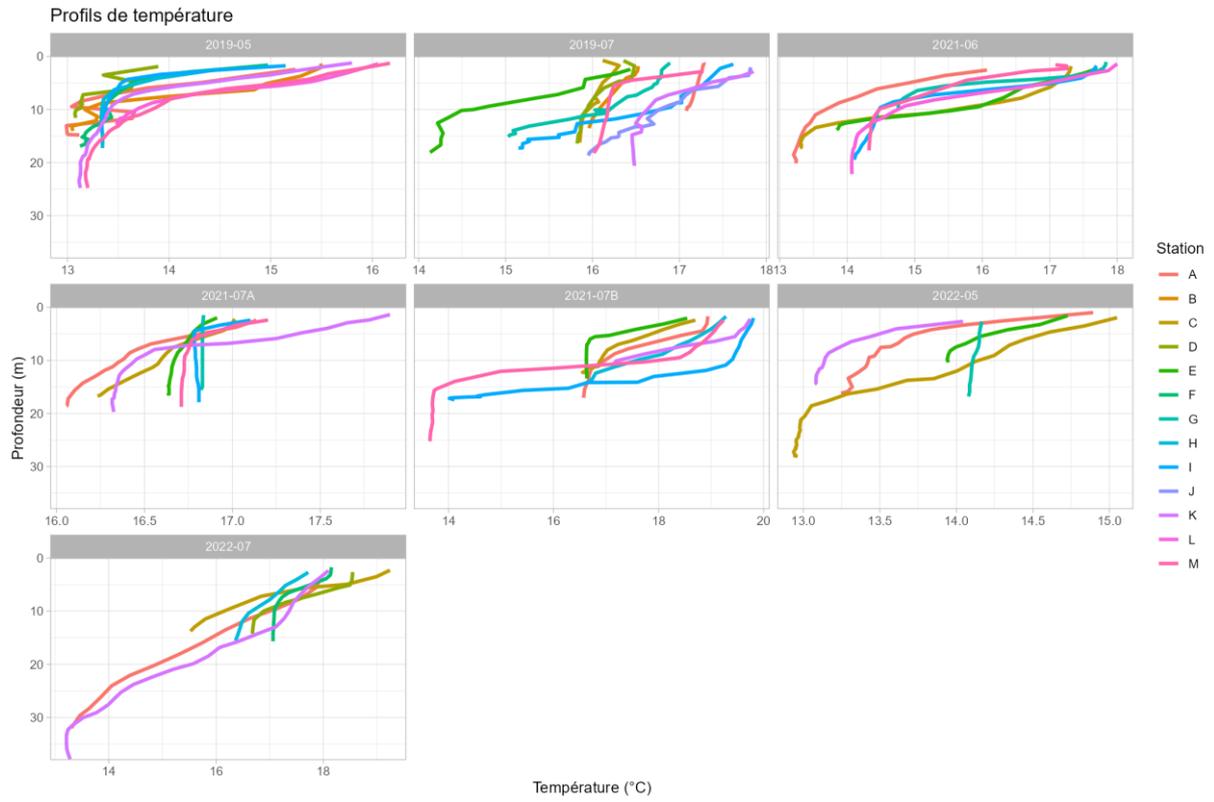


Figure 27 : Profils des températures relevées sur les stations d'échantillonnage du parc éolien Banc de Guérande en 2019, 2021 et 2022 (SINAY, 2022).

5.3.2 SALINITÉ

5.3.2.1 Salinité en sub-surface

Les stratifications halines peuvent être plus marquées en fonction des événements hydrologiques et climatiques. Elles varient alors dans le temps, en profondeur, en fonction des épisodes pluvieux en amont, de la stabilisation de la colonne d'eau et de la localisation du panache de la Loire (**Figure 12**) (Le Merrer *et al.*, 2022).

En période estivale, les dessalures sont moins fréquentes et moins marquées qu'en période hivernale, ce qui correspond aux épisodes de débit les plus faibles de la Loire. La moyenne des valeurs de salinité collectées dans le parc Banc de Guérande varie entre 33,10 et 35,16 psu. Elles suivent l'évolution saisonnière observée à l'échelle de la station « Basse Michaud » avec un pic de salinité à la fin de l'été.

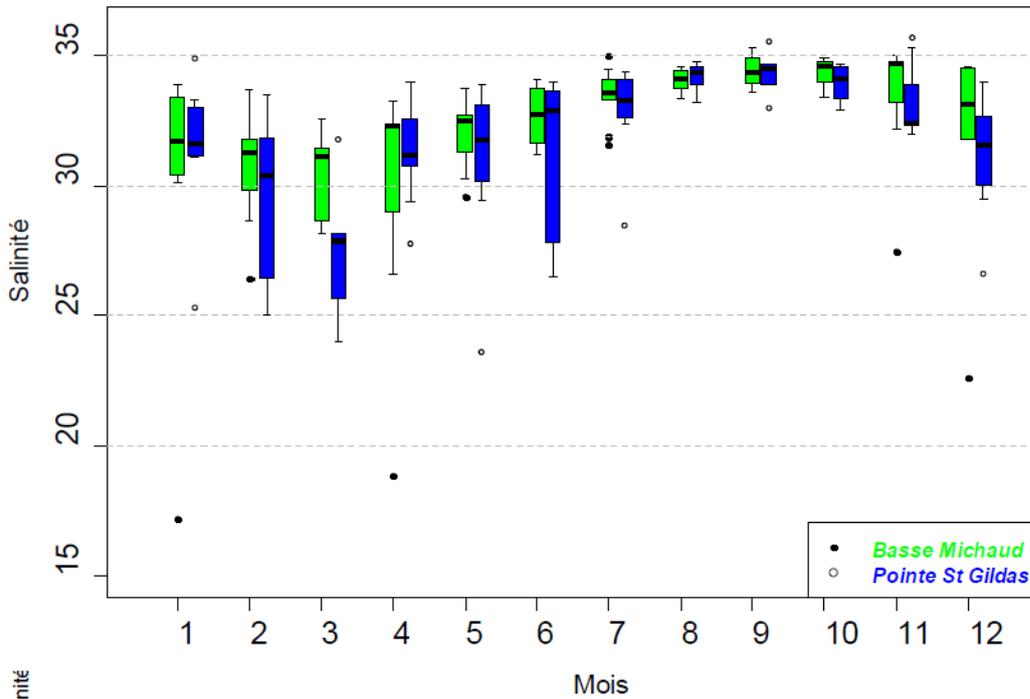


Figure 28 : Boîtes de dispersion de l'évolution saisonnière (2016 à 2019) de la salinité mesurée à l'échelle des stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Le Merrer *et al.*, 2022).

5.3.2.2 Salinité dans la colonne d'eau

À l'échelle de l'ensemble des campagnes, l'écart de salinité entre la surface et le fond varie entre -0,04 et -1,08 psu.

L'année 2021 présente des écarts moyens de salinités les plus importants notamment en juin (-1,08 psu) et fin juillet (-0,96 psu). Les profils de salinité et température permettent d'observer une légère stratification thermo-haline entre 5 et 10 m (Figure 29).

Ces variations de salinité dans la colonne d'eau suivent la tendance des écarts de température observés pendant cette même période. Elles correspondent au changement des conditions hydrologiques et climatiques, décrit dans le paragraphe précédent, lié à un débit de la Loire et des rafales plus importants.

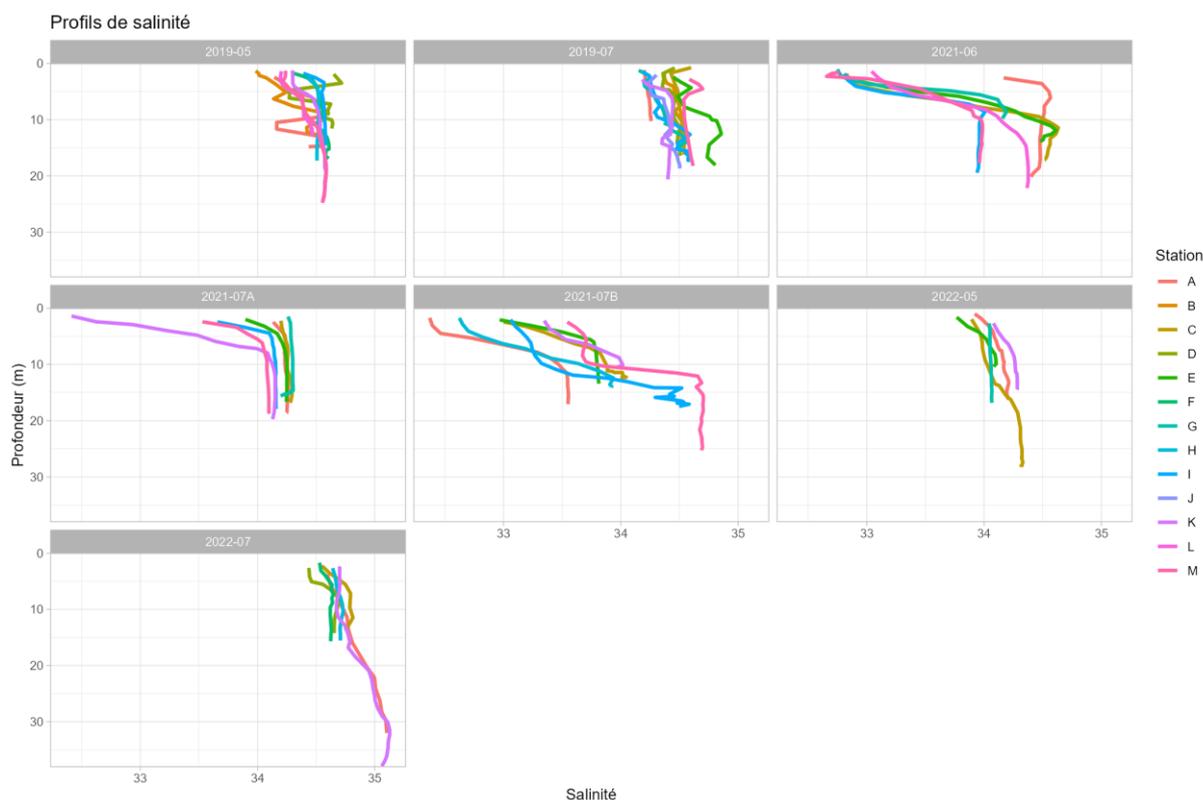


Figure 29 : Profils de salinité relevée à l'échelle des stations d'échantillonnage du parc éolien Banc de Guérande en 2019, 2021 et 2022 (SINAY, 2022).

5.3.3 TURBIDITÉ

La turbidité est globalement faible voire très faible ($< 2,5$ NTU) pour les mesures réalisées du printemps à l'automne ; elle est plus élevée en hiver, notamment lors des missions en décembre et janvier. En hiver, les apports d'eau continentale des fleuves, notamment de la Loire, charriant des alluvions augmente la turbidité.

5.3.4 OXYGÈNE DISSOUS

La concentration en oxygène dissous est un bon indicateur de la qualité du milieu. L'oxygène dissous dans l'eau résulte des échanges eau/atmosphère, de la photosynthèse, de la respiration et de la demande chimique dans l'eau (Collin K. et al., 2020).

Les années de suivi ne présentent pas de variations mensuelles et interannuelles importantes de la concentration d'oxygène dissous. Les concentrations sont relativement homogènes dans la colonne d'eau. Les valeurs maximales d'oxygène dissous ont été observées en avril 2021 avec $12,17$ mg/L de moyenne en surface lors d'une mission de collecte de zooplancton, la biomasse étant à son maximum en saison printanière. Le début du mois de juillet 2021 présente des concentrations similaires au mois de mai, qui sont probablement en lien avec l'épisode de fluorescence élevée enregistrée sur cette période.

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme dissoute, d'autant plus que les eaux sont froides et douces : la salinité et surtout la température régissant la capacité de l'eau à emmagasiner de l'oxygène. L'oxygène est indispensable à la respiration des animaux et des végétaux aquatiques. Quand il vient à manquer (hypoxie), les conditions de vie pour les organismes aquatiques deviennent défavorables, surtout pour les poissons (ichtyofaune), plus sensibles que le macrobenthos (mollusques, vers puis crustacés). Ces déficits sont liés à une consommation de l'oxygène due à la dégradation de grandes quantités de matière organique (MO) contenues dans la masse turbide de l'estuaire. Les températures

élevées favorisent cette dégradation et augmentent aussi la demande biologique en oxygène des poissons. La matière organique végétale produit de l'oxygène en présence de lumière (photosynthèse), mais la turbidité des eaux de l'estuaire, causée par la remise en suspension de l'ensemble des matières solides, limite la photosynthèse, réduisant ainsi la production d'oxygène (GIP Loire Estuaire, 2012).

Le seuil d'hypoxie cité dans ce document se situe à 3 mg/l. Aucun épisode d'hypoxie n'est observé dans les données de mesures de l'oxygène dissous.

5.3.5 FLUORESCENCE

L'analyse des données de fluorescence est réalisée avec précaution car ce paramètre est influencé par lumière. Les données acquises dans les premiers mètres de la colonne d'eau en plein jour ne peuvent être facilement comparées avec les données de fond.

Les valeurs de fluorescence mesurées lors des campagnes métiers dans la colonne d'eau durant l'état de référence et la phase de travaux sont globalement similaires. Seules. En juillet 2022 un phénomène isolé à l'échelle de la colonne d'eau est observé à l'échelle d'une seule station.

5.3.6 COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DE L'ÉTAT DE REFERENCE

Pour rappel, les campagnes « métiers » de l'état de référence se sont déroulées d'avril à septembre 2019, à raison d'une fois par mois ainsi qu'une mission en janvier et septembre 2020. Celles durant les phases de travaux ont eu lieu pendant les mêmes périodes (avril à décembre 2021) avec un doublon au cours du mois de juin en remplacement de la mission du mois de mai.

Pour le suivi de l'ichtyoplancton, 5 missions se sont déroulées d'avril à août 2019 à raison d'une fois par mois. Celles de 2021 ont également eu lieu sur les mêmes périodes avec un doublon au cours du mois de juin en remplacement de la mission du mois de mai.

Les résultats sont ainsi représentatifs de l'ensemble des variations saisonnières.

Les moyennes des températures mesurées par les campagnes « métier » durant toutes les saisons sont globalement similaires entre l'état de référence (2019-2020) et la phase de travaux (2021) à l'échelle de la zone du parc éolien.

À l'échelle des saisons, un réchauffement progressif des eaux de surface est observé : les **températures** évoluent de 11-13°C en moyenne au printemps, puis à 15-16°C en début de l'été et atteignent un maximal de 17 à 20°C au milieu de l'été. L'eau se refroidit ensuite avec des températures de l'ordre de 11°C à 12°C en automne et 9°C à 11 °C en hiver. Pendant ces deux années de campagne, les eaux suivent donc des tendances attendues de température en lien avec les changements climatiques annuels. Les températures des eaux du fond sont également similaires entre les différentes années. En effet, celles-ci diminuent rapidement avec la profondeur puis se stabilise à l'approche du fond avec une moyenne annuelle de 14°C. L'évolution de la température des eaux profondes avec les variations saisonnières est donc moins marquée que pour les eaux de surface. Cependant, la température moyenne des eaux de surface est supérieure de presque 0,7°C entre 2019 et 2021 (2020 ne comportant des données que pour deux missions). Ceci pourrait s'expliquer par deux épisodes caniculaires et le climat exceptionnellement chaud observés en été 2019 réchauffant directement la masse d'eau de surface ainsi que l'eau venue de la Loire qui subit en amont un réchauffement encore plus important.

La **turbidité** mesurée lors des différentes missions est considérée comme faible pour les années 2019 à 2022 puisqu'inférieure à 1 NTU dans l'ensemble de la colonne d'eau. Quelques valeurs exceptionnelles induisant des eaux légèrement plus turbides ont été relevées en profondeur en notamment en juin 2019 et décembre 2021 ainsi qu'en surface en décembre 2021. De manière générale, les eaux de surface restent peu turbides pendant l'établissement de l'état de référence et pendant la phase de travaux (0,63 NTU en moyenne). Les plus fortes valeurs de turbidité sont celles

d'une mission réalisée lors de l'étude d'état initial au mois de janvier 2020. Aucune augmentation de la turbidité à proximité du fond ni dans le reste de la colonne d'eau pendant ou peu de temps après des opérations susceptibles d'avoir cet effet n'est détectée même à proximité de l'atelier ayant eu lieu.

Les valeurs de **salinité** relevées entre 2019 et 2021 pour les deux années indiquent que les valeurs augmentent avec l'augmentation des températures et la diminution des précipitations. Les mesures observées dans la colonne d'eau progressent de 33 ‰ à 35 ‰. Une seule valeur fait figure d'exception avec une salinité à 27 ‰ en surface pour la mission de janvier 2020. Globalement, le fond de la colonne d'eau présente des valeurs de salinité plus élevées que celles de la surface probablement en raison des apports d'eaux douces de l'estuaire du mélange entre les masses d'eau. La position des stations échantillonnées par rapport à l'estuaire de la Loire pourrait expliquer les variations locales et saisonnières ayant pu être observées.

La **fluorescence** présente cependant des valeurs différentes entre 2019 et 2021 : l'état de référence présente une fluorescence de 1,54 ppb RTW en surface et 1,14 ppb RTW alors que la phase travaux indique une fluorescence de 19,42 ppb RTW en surface et 13,25 ppb RTW. Les valeurs relevées en 2020 sont jugées trop faibles pour être considérées comme valables. De plus, les plus petites valeurs ont été relevées au cours de la mission d'avril pour 2019. Elles ont ensuite atteint un premier pic en mai puis un second en juillet. À l'inverse, les plus fortes valeurs de fluorescence en 2021 sont observées en avril puis pendant les mois estivaux. La progression des données relevées reste cependant linéaire tout au long de l'été. En 2021, les mesures effectuées en profondeur révèlent que la fluorescence est plus faible en profondeur (13,25 ppb RTW) qu'en surface (19,42 ppb RTW) à l'opposé des données de 2019 quand les valeurs sont globalement similaires le long de la colonne d'eau (entre 8 et 11 ppb RTW).

La **concentration en oxygène dissous** semble rester stable et favorable pour les besoins physiologiques des espèces marines entre l'état de référence et la phase de travaux. Les valeurs moyennes s'étalent de 8 à 12 mg/L selon les périodes soit une valeur moyenne générale de 9,62 mg/L pour les deux années. Les variations entre la surface et le fond sont similaires bien que les valeurs moyennes soient plus élevées en profondeur (9,66 mg/L) qu'en surface (9,55 mg/L). Un pic de diminution semble localisé entre 10-15 mètres de profondeur. L'ensemble de ces données relevées coïncident avec l'augmentation de la température et des valeurs de fluorescence : la diminution en oxygène dissous serait donc un phénomène normal en période estivale.

Les valeurs des paramètres physico-chimiques relevées lors des campagnes métiers dans la colonne d'eau durant l'état de référence et la phase de travaux sont globalement similaires. Seules les valeurs de fluorescence au printemps se distinguent. La stratification est plus ou moins marquée en fonction des saisons. La zone d'étude ne semble pas avoir été marquée par des variations interannuelles même si des légères différences sont observées. Celles-ci seraient essentiellement liées aux apports d'eau de l'estuaire de la Loire. En conséquence, les variations annuelles des températures dans l'air, ainsi que de la pluviométrie joueraient des rôles importants en influençant directement la Loire et indirectement la zone étudiée.

Compte-tenu des mesures effectuées, l'étude de suivi n'a pas mis en évidence d'augmentation de la turbidité à proximité du fond pendant ou peu de temps après des opérations susceptibles d'avoir cet effet, même à proximité de l'atelier ayant eu lieu.

Les principales conclusions peuvent être résumées ainsi :

- **Pas de variations interannuelles marquées dans les différentes aires d'étude ;**

- Les variations de la température atmosphérique chaque année, ainsi que de la pluviométrie joueraient des rôles importants en influençant directement la Loire et indirectement la zone étudiée⁸ ;
- L'influence de la Loire seule ne peut expliquer les paramètres mesurés. Des facteurs environnementaux peuvent entraîner des conséquences directes sur les paramètres mesurés dans la colonne d'eau (ensoleillement, stabilisation de la colonne d'eau, tempête)
- Les exceptions pouvant apparaître sur les paramètres de certaines stations s'expliqueraient par leur proximité avec l'estuaire de la Loire et par conséquent les apports en eau saumâtre ;
- Aucune indication de l'influence des travaux sur la qualité de l'eau de mer n'est observée à travers l'étude des mesures réalisées lors des campagnes de suivi.

6 RESULTATS DES SUIVIS DE L'ICHTYOPLANCTON

6.1 RAPPEL DES OBJECTIFS

L'objectif principal de la campagne est le suivi de l'évolution de la ressource dans le temps, basée sur la collecte d'ichtyoplancton (œufs et larves de poissons) mais aussi d'œufs et larves de grands crustacés. Cette étape est critique dans le cycle de vie des espèces concernées car les œufs et les larves par leur mode de vie planctonique présentent une forte sensibilité aux conditions du milieu, notamment la qualité de l'eau, les ressources alimentaires ou encore la prédation.

Le présent suivi a pour but d'évaluer l'impact éventuel des travaux sur la fonction « frayère » pour les espèces résidentes de la zone d'étude.

6.2 ŒUFS DE POISSONS

6.2.1 ABONDANCE DES ŒUFS

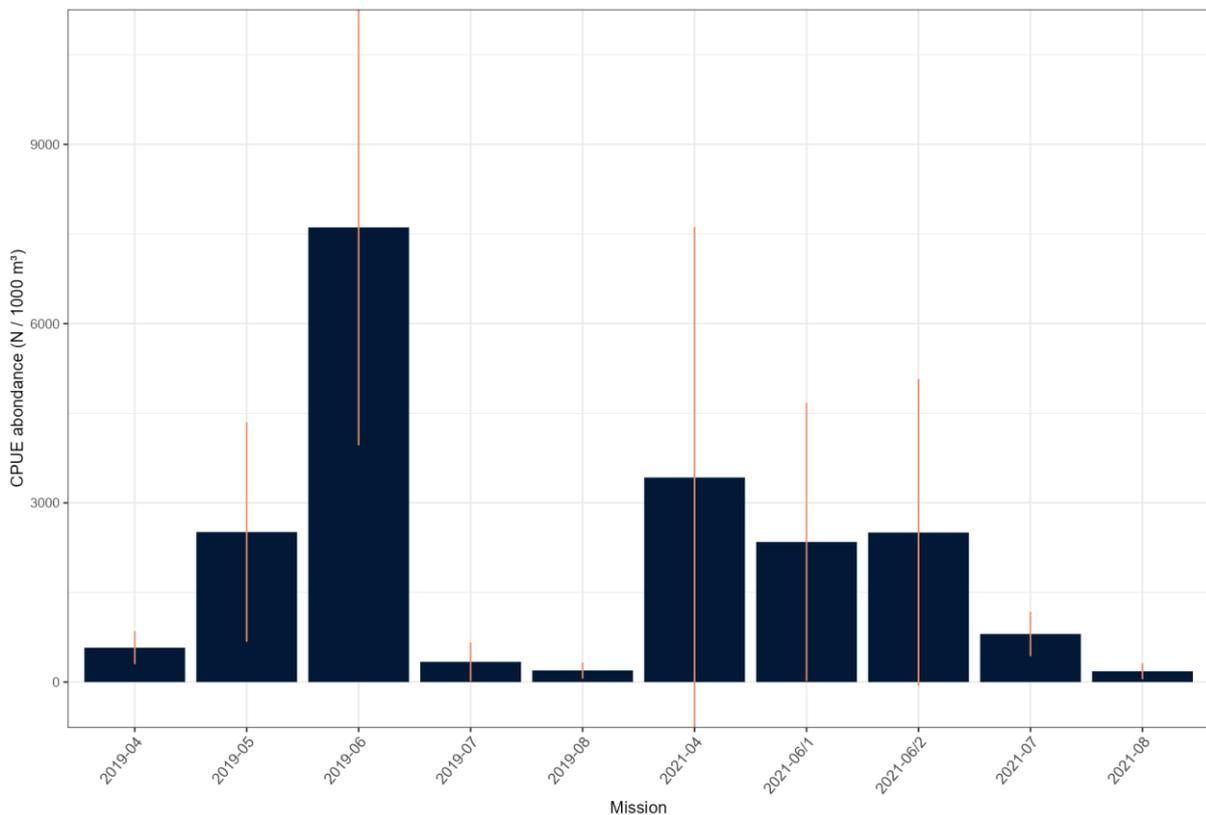


Figure 30: Abondance du nombre d'œufs de poisson prélevés par 1000 m³ par mission.

L'abondance des œufs de poissons présentée ici, est exprimée en Captures Par Unité d'Effort (CPUE).

La mission de juin 2019 est la mission pendant laquelle le plus d'œufs de poissons a été prélevé, c'est-à-dire 7 611 œufs pour 1 000 m³. A l'inverse, les missions d'avril, juillet, août 2019 et août 2021 sont celles pendant lesquelles les nombres d'œufs ont été les plus faibles, ne dépassant pas les 600 œufs pour 1000 m³ prélevés. Les prélèvements des missions de mai 2019, avril et celles de juin 2021 se situent autour de 2 500 œufs pour 1 000 m³. On peut conclure que globalement, les œufs se retrouvent plus dans l'eau pendant les mois de printemps (avril, mai, juin), alors que les œufs seront moins présents dans l'eau pendant les mois d'été (juillet, août).

La forte abondance observée au cours de la mission de juin 2019 s'explique par une forte présence d'œufs de Rouquié. En effet, au cours de cette mission, 97,34% des œufs prélevés sont des œufs de Rouquié.

6.2.2 INDICES DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

La diversité est exprimée par le nombre d'espèces observées (S), par l'indice de diversité biologique de Shannon-Weaver (H) et par l'indice d'équitabilité de Pielou (J).

Tableau 13 : Indices de richesses spécifiques des œufs de poisson par mission

Année / Mission	S	H	J
2019	7,56 ± 2,16	0,96 ± 0,6	0,48 ± 0,28
04-19	9 ± 0,63	1,75 ± 0,08	0,8 ± 0,02
05-19	9,4 ± 1,74	0,6 ± 0,21	0,27 ± 0,1
06-19	6,8 ± 1,94	0,19 ± 0,12	0,1 ± 0,05
07-19	5,8 ± 1,72	0,97 ± 0,16	0,57 ± 0,07
08-19	6,8 ± 1,83	1,29 ± 0,52	0,66 ± 0,21
2021	8,92 ± 2,87	1,04 ± 0,39	0,51 ± 0,2
04-21	12,4 ± 1,02	0,92 ± 0,44	0,36 ± 0,17
06-21/1	9,2 ± 1,47	1,01 ± 0,39	0,46 ± 0,17
06-21/2	10,4 ± 1,36	1,19 ± 0,51	0,5 ± 0,21
07-21	7 ± 1,9	0,91 ± 0,17	0,48 ± 0,1
08-21	5,6 ± 1,85	1,15 ± 0,23	0,74 ± 0,13

- Richesse spécifique (S)



Figure 31 : Évolution la richesse spécifique S des œufs de poisson au cours des missions
Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé)

Le nombre moyen d'espèces dont les œufs ont été prélevés au filet Bongo est plus important pour l'année 2021 que pour 2019 : 7,56 espèces différentes en 2019 et 8,92 espèces différentes en 2021.

En 2019, on note que les missions d'avril et de mai ont été celles où l'on observe le plus d'espèces différentes, avec 9 et 9,40 espèces différentes observées, alors que celles de juin et d'août, 6,80 espèces d'œufs différentes ont été observées pour les deux missions. Enfin la mission de juillet 2019 est celle où la plus faible richesse spécifique dans les œufs prélevés a été observée, avec seulement 5,8 espèces différentes.

En 2021, les missions d'avril et de juin révèlent une valeur de richesse spécifique supérieure avec 12,40 espèces différentes observées en avril, 9,20 pour la première mission du juin et 10,40 pour la seconde mission de juin. Enfin, les missions de juillet (7 espèces différentes observées) et d'août (5,60 espèces différentes) sont celles au cours desquelles la plus faible richesse spécifique a été observée.

Ainsi, on observe une saisonnalité dans la diversité spécifique des œufs prélevés. Lors des missions de printemps 2019 et 2021 (avril, mai et juin), le nombre d'espèces différentes dans les œufs prélevés a été plus important que lors des missions d'été (juillet et août) 2019 et 2021.

La richesse spécifique semble suivre une tendance similaire avant et pendant les travaux du parc éolien en mer. Dans le cadre de cette étude, aucun impact ne peut être clairement observé sur la richesse spécifique des œufs de poissons.

- Indice de diversité biologique Shannon-Weaver (H)



Figure 32 : Évolution de l'indice H de diversité biologique des œufs de poisson au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Entre les missions des années 2019 et celles des années 2021, l'indice H moyen est assez similaire. C'est-à-dire que d'une année sur l'autre, la diversité biologique des œufs prélevés est relativement similaire (0,96 pour 2019, 1,04 pour 2021).

En 2019, les valeurs moyennes de H par mission sont très hétérogènes. En effet, la valeur la plus forte pour la mission d'avril est de 1,75 et l'indice le plus faible pour la mission de juin est de 0,19. Comme l'indique la Figure 32, il y a eu une forte baisse de l'indice au cours du printemps 2019 puis une remontée au cours des mois d'été.

En 2021, l'analyse de la diversité spécifique des œufs de poissons prélevés révèle une certaine homogénéité entre missions, l'indice le plus fort pour la seconde mission de juin étant 1,19 et le plus faible pour juillet étant 0,91.

Les indices moyens de diversité spécifique des campagnes 2019 et 2021 ne semblent pas suivre la même tendance au fil du temps ; il n'est pourtant pas observé de baisse ni d'augmentation remarquable. Dans le cadre de cette étude, aucun impact des travaux sur la diversité spécifique des œufs de poissons n'est observé.

- Indice d'équitabilité de Piélou(J)



Figure 33 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique des œufs de poisson au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé)

L'indice d'équitabilité des espèces des œufs prélevés (J) est relativement proche pour les missions de 2019 (0,48) et de 2021 (0,51). De plus, l'indice J semble suivre la même tendance que pour l'indice H.

En 2019, l'hétérogénéité observée de la diversité biologique des œufs prélevés est visible également pour la répartition du nombre d'œufs pour chaque espèce. En effet, la mission d'avril est celle qui a montré un plus grand équilibre dans la répartition du nombre d'œufs par espèce avec un indice de 0,79. Alors que la mission de juin révèle une répartition très peu équitable avec un indice à 0,10.

En 2021, l'homogénéité observée des valeurs de diversité biologique des œufs prélevés semble moins marquée pour l'indice J. En effet, la valeur la plus élevée est de 0,74 pour la mission d'août et la plus basse est de 0,36 pour la mission d'avril.

Les indices moyens d'équitabilité des campagnes 2019 et 2021 ne semblent pas suivre la même tendance au fil du temps ; il n'est pourtant pas observé de baisse ni d'augmentation remarquable. Dans le cadre de cette étude, aucun impact des travaux sur l'équitabilité des peuplements d'œufs de poissons n'est clairement observé.

6.2.3 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Tableau 14 : Fréquence d'occurrence des œufs des 10 espèces les plus fréquemment observées.

FREQUENCE D'OCCURRENCE				
ESPECE (Nom scientifique)	Nom commun	2019	2021	2019-2021 ⁹
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouquié	64	100	82
<i>Buglossidium luteum</i>	Petite Sole Jaune	68	72	70
<i>Callionymus sp.</i>	Callionyme sp.	56	80	68
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois	44	88	66
<i>Arnoglossus sp.</i>	Arnoglosse sp.	16	84	50
<i>Phrynorhombus norvegicus</i>	Targeur	20	68	44
<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard commun	28	60	44
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	40	44	42
<i>Raniceps raninus/Ciliata sp.</i>	Grenouille de mer / Motelle sp.	72	0	36
<i>Unidentified</i>	Non-identifié	40	20	30

Le tableau ci-dessus indique que le Rouquié est l'espèce dont les œufs ont été le plus fréquemment retrouvés dans les prélèvements réalisés en 2019 et 2021.

Une information importante est à porter à l'attention des lecteurs : lors de l'étude de l'état de référence, une forte abondance d'œufs de Flet (*Platichthys flesus*) a été notée. Cela a pu laisser penser qu'une frayère de cette espèce se situe à proximité de l'aire d'étude. Cette identification a finalement été revue et les œufs précédemment identifiés comme Flet sont en fait des œufs de Rouquié.

- Description du Rouquié



Figure 34 : Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*).

Le Rouquié est un petit labridé dont la taille excède rarement les 15 cm (18 cm max). Son museau, ses opercules et son dos sont uniformément orange-brun, parfois rougeâtres. Le dos est parcouru par une nageoire dorsale unique, dont le lobe postérieur est plus haut. Les flancs sont parcourus, en arrière des pectorales transparentes, d'épaisses travées écailleuses longitudinales jaunes-orangées séparées par de fines bandes blanches parfois peu visibles. La mandibule inférieure et le ventre sont blancs. Le pédoncule caudal est comprimé latéralement, et de chaque côté de celui-ci on

⁹ Cette fréquence d'occurrence « totale » est calculée pour l'ensemble des prélèvements réalisés au cours des deux études ; elle correspond également à la moyenne de FO des deux études car le nombre de prélèvements réalisés au cours de l'une et l'autre est identique.

observe, au-dessus de la ligne latérale, une tache circulaire noire caractéristique.

- Biotope du Rouquié

Le Rouquié fréquente communément les petits fonds rocheux, le plus souvent couverts d'algues, depuis la surface jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur, rarement plus (50 m max). Il affectionne notamment les zones où anfractuosités et cachettes sont abondantes. Les Rouquiés âgés vivent plus profondément que les jeunes. (ZIEMSKI Frédéric, *Ctenolabrus rupestris* (Linnaeus, 1758), 2021)

Ensuite, la Petite Sole Jaune, le Callionyme *sp.*, l'Anchois et l'Arnoglosse *sp.* sont les espèces que l'on considère comme « communes », car leurs œufs ont été retrouvés dans 50 à 74 % des prélèvements.

Le Targeur, le Chinchard commun, la Sardine, la Grenouille de mer ou une espèce de Motelle (identification incertaine) et des espèces non identifiées sont considérées comme « occasionnelles », car leurs œufs ont une fréquence d'occurrence entre 25 et 49 %.

À noter que pour toutes ces espèces, sauf grenouille de mer / motelle *sp.* et les espèces non identifiées, les fréquences d'occurrence sont plus importantes pour les missions de 2021 que de celles de 2019.

6.2.4 ASSEMBLAGES DES ESPÈCES

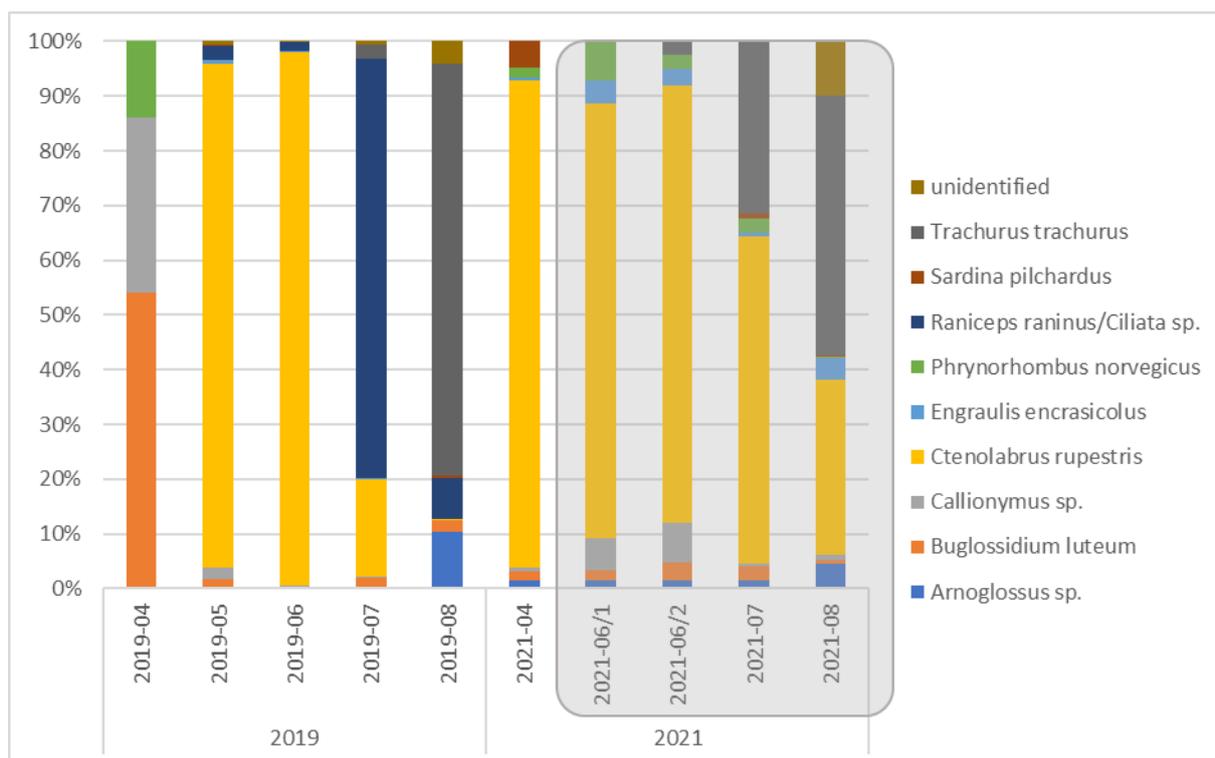


Figure 35 : Pourcentage d'abondance totale des œufs des 10 espèces de poissons les plus fréquemment observées par mission.

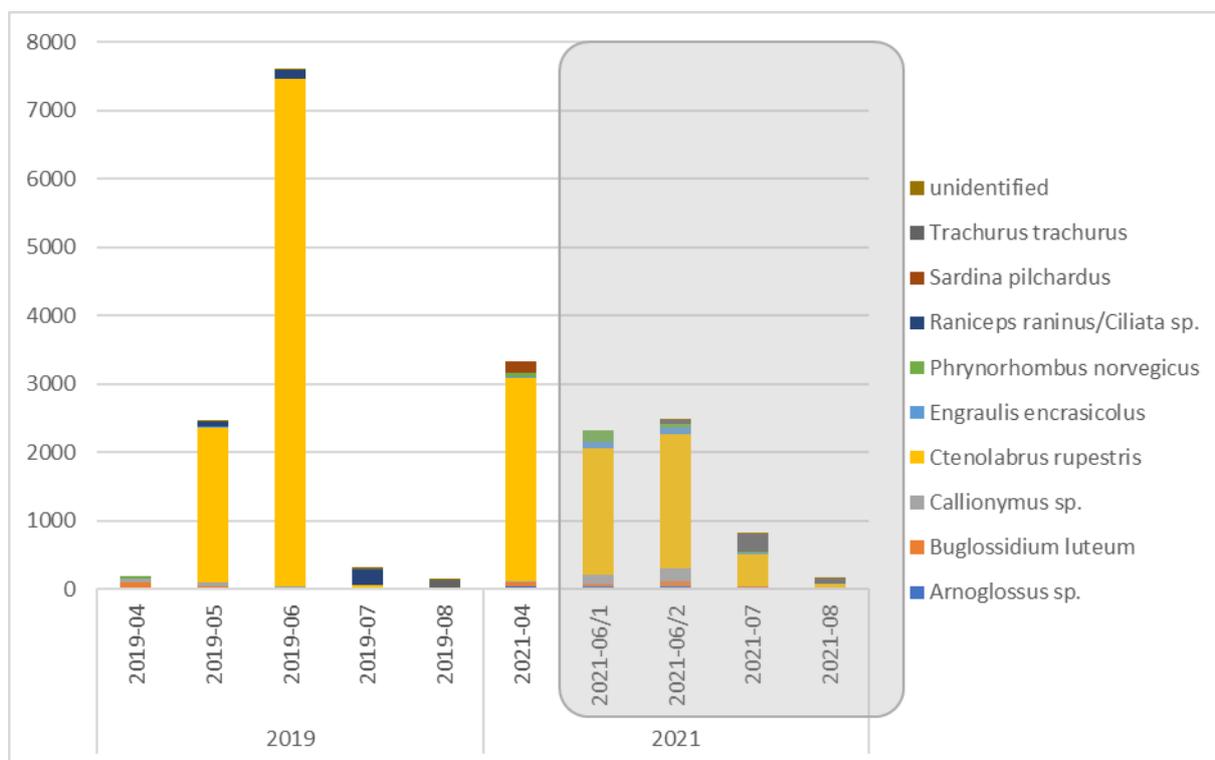


Figure 36 : Abondance des œufs des 10 espèces de poissons les plus fréquentes.

Tout d'abord, on observe que la présence des œufs de Rouqué explique systématiquement les fortes abondances relevées.

En 2019, cette espèce est très largement majoritaire aux mois de mai et juin, alors qu'en 2021, elle est présente en proportions et quantités importantes dès le mois d'avril et reste l'espèce majoritaire jusqu'en juillet.

Exclure les œufs de Rouquié de l'analyse permet de produire une vision complémentaire de la répartition en espèces des œufs prélevés comme le montrent les graphiques ci-dessous :

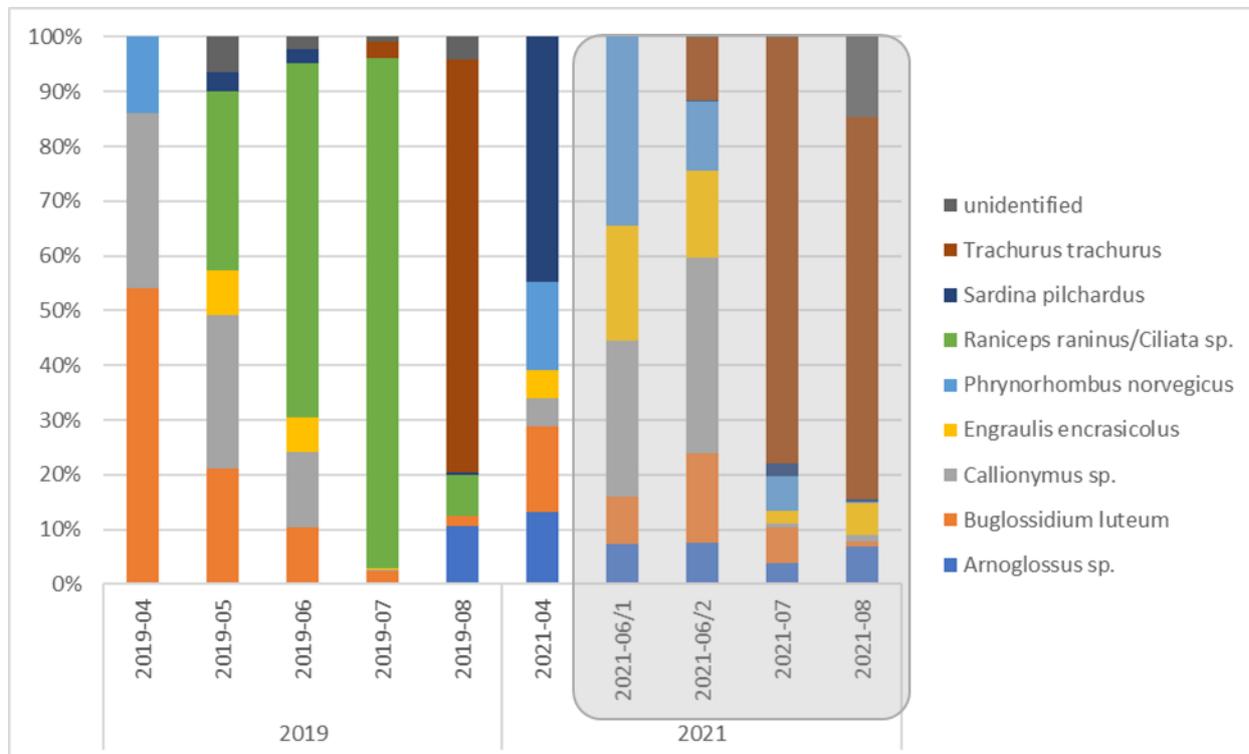


Figure 37 : Répartition des CPUE des œufs des 8 espèces de poisson les plus fréquemment observées sans ceux du Rouquié.

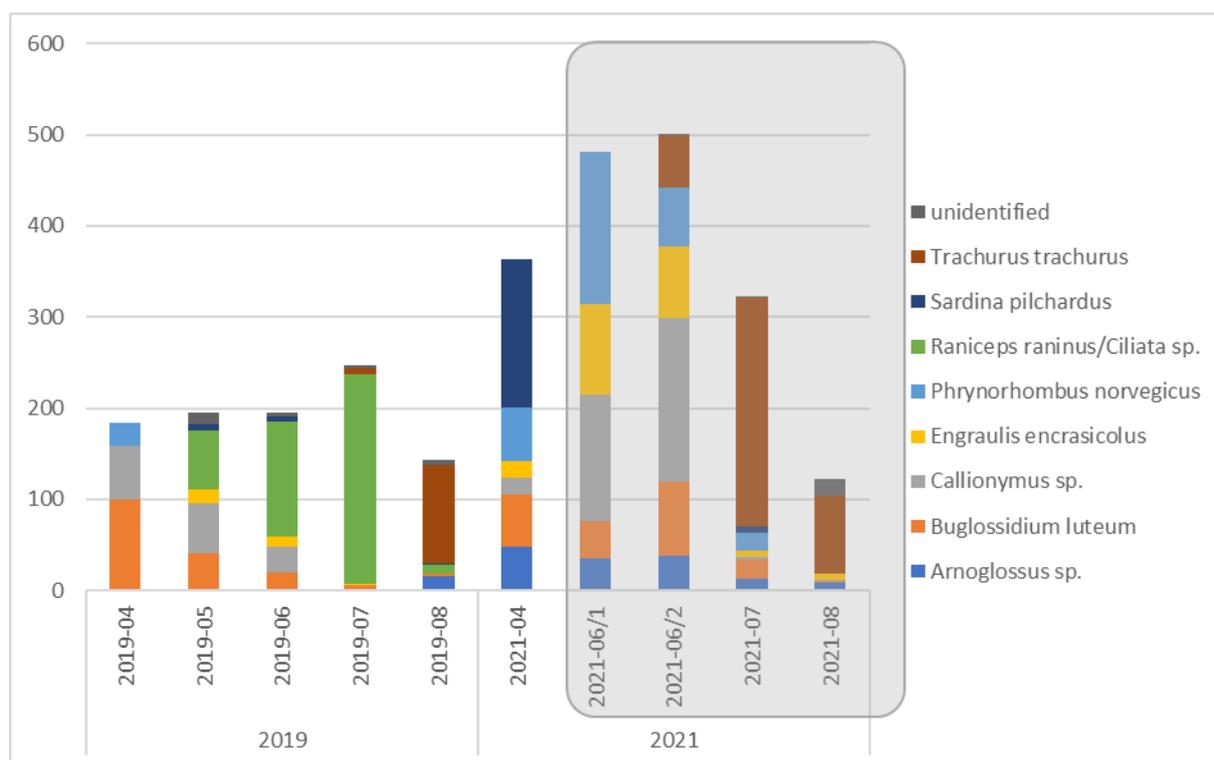


Figure 38 : Représentation de l'assemblage des espèces d'œufs sans ceux du Rouquié, en fonction de l'abondance par mission.

Les missions réalisées lors des mois de printemps montrent une certaine diversité des espèces des œufs prélevés : Petite Sole Jaune (*Buglossidium luteum*), Callionyme (*Callionymus sp.*), Sardine (*Sardina pilchardus*), Grenouille de Mer / Motelle (*Raniceps raninus/Cliata sp.*). De plus, les missions de juin et juillet 2019 ont montré une forte présence d'œufs de Grenouille de Mer ou de Motelle. Par ailleurs, les missions des mois d'été sont fortement marquées par la présence d'œufs de Chinchard, excepté pour la mission de juillet 2019.

Les prélèvements de larves des missions d'avril 2019 et 2021 ne se ressemblent pas. La mission de 2019 révèle la présence d'œufs de Petite Sole Jaune en majorité (plus de 50 %), puis de Callionyme et de Targeur (*Phrynorhombus norvegicus*). La mission de 2021 décrit un assemblage plus varié des espèces d'œufs : Arnoglosse (*Arnoglossus sp.*), Petite Sole Jaune, Targeur et Sardine en majorité, puis Callionyme et Anchois (*Engraulis encrasicolus*) en plus faible quantité.

Les missions de mai 2019 et la première de juin 2021 montrent toutes les deux la présence d'œufs de Petite Sole Jaune, de Callionyme, d'Anchois et de Sardine. Toutefois, la présence d'œufs de Sardine est plus importante en 2021 (autour de 45 % de l'assemblage) qu'en 2019 (moins de 5 %). De même, une forte présence d'œufs de Grenouille de Mer/Motelle (autour de 20 % de l'assemblage) est observée en 2019 et non en 2021.

Les missions de juin 2019 et la seconde de 2021 montrent un assemblage différent. En 2019, ce dernier est marqué par une forte présence d'œufs de Grenouille de Mer/Motelle (autour de 65 % de l'assemblage) alors qu'aucun œuf de cette espèce n'est observé en 2021, qui a un assemblage assez varié. On peut y noter la présence d'œufs d'Arnoglosse, de Petite Sole Jaune, de Callionyme en majorité, d'Anchois, de Targeur et de Chinchard (*Trachurus trachurus*), alors qu'en 2019, en plus des œufs de Grenouille de Mer/Motelle, on observe des œufs de Petite Sole Jaune, de Callionyme et d'Anchois également mais aussi de Sardine.

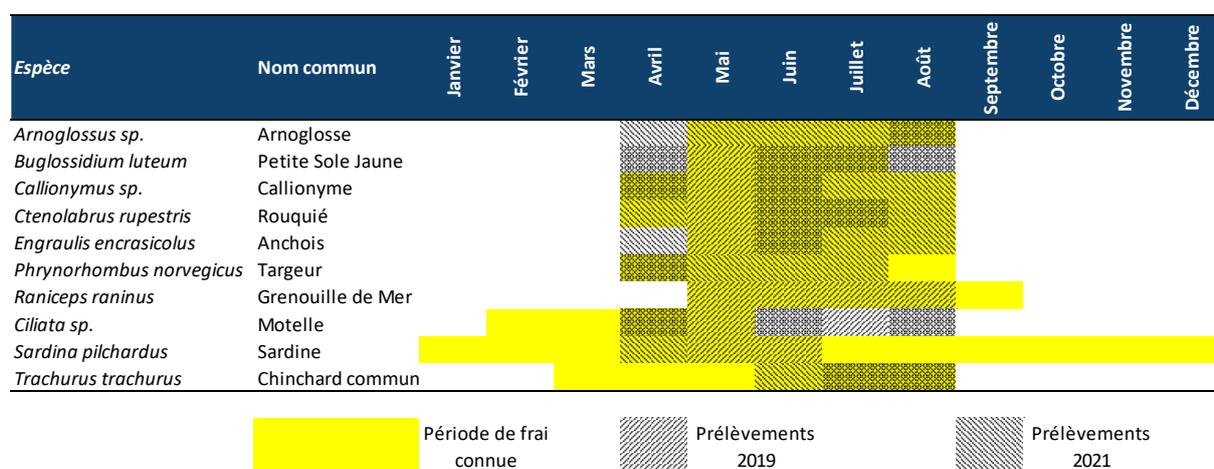
Les missions de juillet 2019 et 2021 révèlent la présence d'œufs en majorité d'une espèce ; la Grenouille de Mer/Motelle pour 2019, à plus de 90 % de l'assemblage, et le Chinchard, à presque 80 %

pour 2021. Pour 2019, le reste des œufs est composé de Petite Sole Jaune, d’Anchois et de Chinchard en faible quantité. Pour 2021, on observe également en faible quantité la présence d’œufs d’arnoglosse, de Petite Sole Jaune, d’Anchois, de targeur et de Sardine.

Enfin, les missions d’août 2019 et 2021 sont marquées par la forte présence d’œufs de Chinchard (autour de 80 % de l’assemblage). Le reste de l’assemblage est composé d’œufs d’arnoglosse, de Petite Sole Jaune, de Sardine et de Grenouille de Mer/Motelle pour 2019 et pour 2021, des œufs de Callionyme, d’Anchois et un tout petit peu de Targeur sont observés.

Outre la large dominance des œufs de Rouquié, l’analyse de la répartition en espèces des œufs prélevés nous renseigne sur les épisodes de frai de certaines espèces et leur chronologie. Ainsi, la période de reproduction du Rouquié s’étale d’avril à août, avec un pic à la fin du printemps, notamment en mai et juin. Le tableau ci-dessous résume la présence des œufs des principales espèces, en comparaison avec la période de frai connue :

Tableau 15: Période de frai des principales espèces et prélèvements d’œufs en 2019 (état de référence) et 2021 (phase travaux).



Des similarités peuvent être notées entre les deux études, mais ce sont plutôt les différences qui sont notables. En effet, la seconde espèce la plus représentée en 2019 est presque absente des prélèvements de 2021 (Grenouille de Mer / Motelle sp.) ; *a contrario* Arnoglosse sp., Callionyme sp., Anchois, Sardine, Chinchard et Targeur sont bien plus abondants en 2021 qu’en 2019.

6.2.5 ANALYSE MULTIVARIÉE

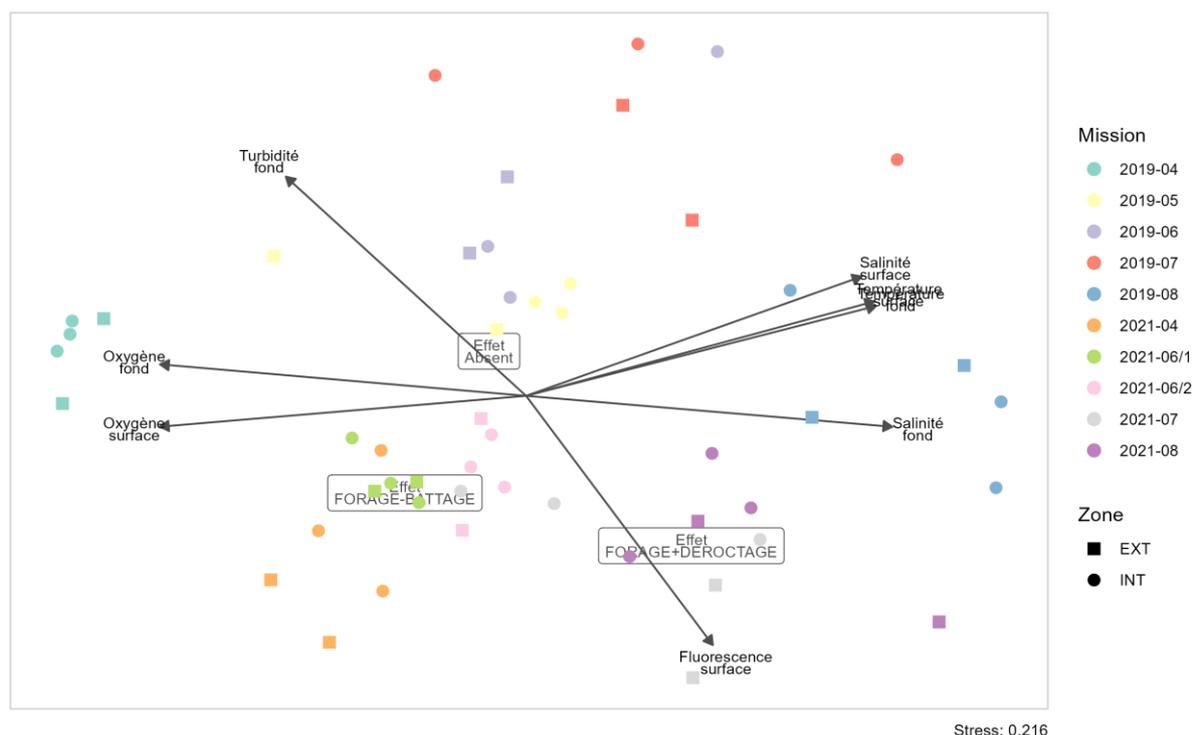


Figure 39 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet bongo entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,216.

Les points correspondent à toutes les stations échantillonnées (de A à E) pendant 10 campagnes à l'intérieur et à l'extérieur du parc entre avril 2019 et août 2021. Ils sont répartis selon un schéma au sein duquel les points des différentes campagnes d'échantillonnage se succèdent en fonction des valeurs de température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence en surface et au fond de la colonne d'eau, du type d'habitat (« sédiment », « roche », « roche avec couverture algale ») et du type de travaux¹⁰ (« Absent », « forage+déroctage » et « forage-battage »). Un seul type d'habitat a été pris en considération, « pélagique » en considérant que la nature du fond n'influence pas la qualité des assemblages d'espèces constituant le zooplancton.

La Figure 39 montre que les stations sont regroupées par date de prélèvement, indépendamment de leur localisation à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone du parc. Les stations regroupées par date se succèdent de gauche à droite chronologiquement. L'axe horizontal sépare les stations de 2019 et celles de 2021, traduisant une différence dans leurs peuplements entre les deux années.

Le premier prélèvement du suivi (avril 2019) est isolé à gauche, en lien avec les fortes valeurs de teneur en oxygène de surface et de fond. À droite du graphique, on trouve les derniers échantillons de 2019 et 2021, associés à des fortes valeurs de salinité de surface et de fond ainsi que de température.

¹⁰ Absent : Aucun atelier n'a eu lieu en même que la mission, ni dans les 5 jours qui ont précédé ;

Forage + déroctage : Un ou des ateliers de forage et de déroctage ont eu en même que la mission ou dans les 5 jours qui ont précédé, ces ateliers ont pu intervenir simultanément car opérés par des navires différents à des endroits différents ;

Forage – battage : Un ou des ateliers de forage suivis de battage ont eu lieu en même que la mission ou dans les 5 jours qui ont précédé.

Le forage-battage et le forage-déroctage présentent une influence caractérisée sur les peuplements de 2021 en lien avec les fortes valeurs de la fluorescence de surface.

Les peuplements de milieu d'année (mai et juin) sont associés à une absence d'effet des travaux.

Ces observations sont reprises dans le paragraphe suivant qui intègre l'effet d'autres évènements tels que la reproduction très marquée en termes d'abondance d'œufs d'une seule espèce, le Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*).

6.2.6 SYNTHÈSE « ŒUFS DE POISSONS »

En phase de travaux d'installation, il n'y a pas de différence majeure en termes de diversité biologique observée entre l'état de référence et le suivi.

Les différences observées en termes d'assemblage d'espèces entre les campagnes 2019 et 2021 sont fortement liées aux variations d'abondance des œufs d'une seule espèce très largement majoritaire : le Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*).

Aucun effet des travaux d'installation du parc éolien n'est clairement décelé ; en effet, les variations d'abondance sembleraient plutôt saisonnières (regroupements observés au moyen de l'analyse multivariée).

6.3 LARVES DE POISSONS

6.3.1 ABONDANCE DES LARVES

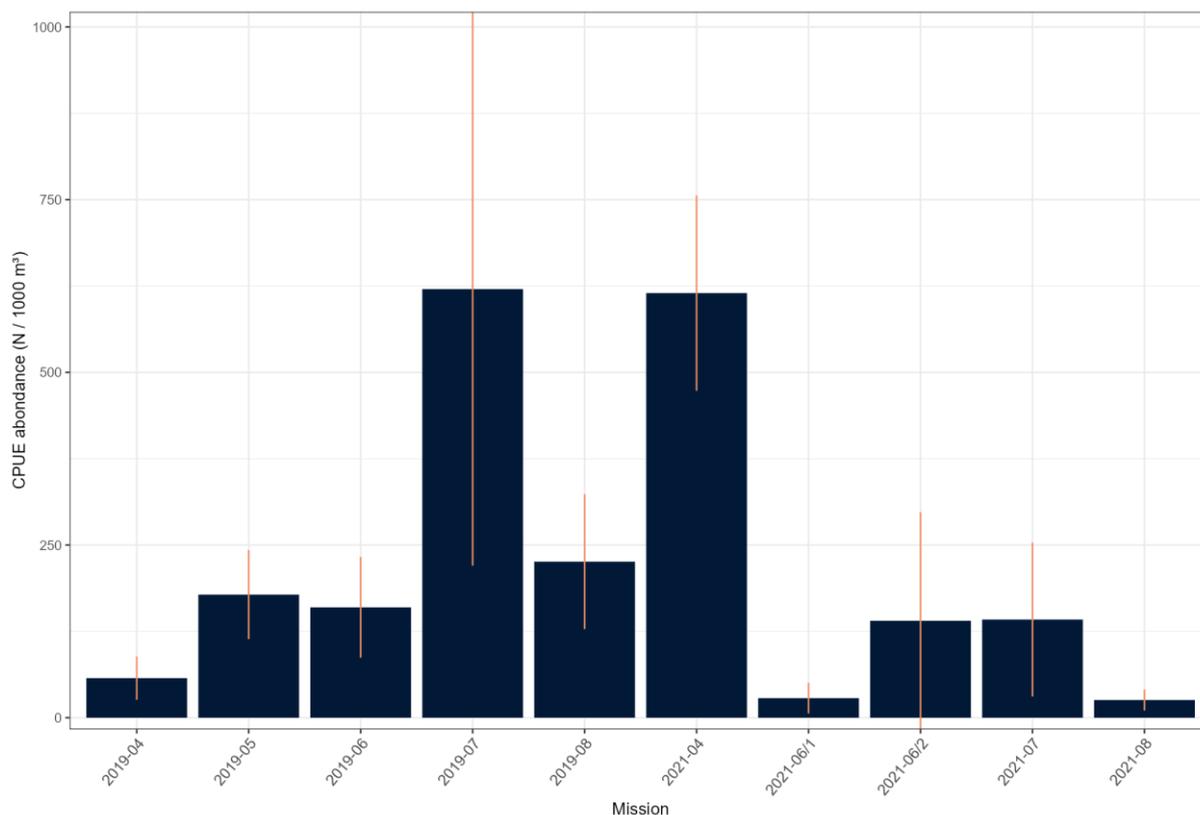


Figure 40 : Abondance des larves de poissons prélevées par mission.

Les missions de juillet 2019 et d'avril 2021 sont celles pendant lesquelles les nombres de larves de poissons prélevés ont été les plus élevés ; 620,50 larves pour 1000 m³ en juillet 2019 et 614,73 larves pour 1000 m³ en avril 2021. *A contrario*, les missions d'avril 2019, la 1^{ère} de juin et celle d'août 2021 sont celles lors desquelles le moins de larves de poisson ont été collectées avec un minimum de 25,64 larves pour 1000 m³ pour la mission d'août 2021. Enfin, les missions de mai, juin, août 2019 et la

seconde de juin et juillet 2021 révèlent une faible abondance de larves allant de 140,38 larves pour 1000 m³ en juin 2021 à 225,93 en août 2019.

On peut conclure que les prélèvements de l'année 2019 ont permis de récolter plus de larves de poissons, avec 248,35 larves pour 1000 m³ que ceux de l'année 2021, avec 19,22 larves de poissons pour 1000 m³.

6.3.2 INDICES DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Tableau 16 : Indices de diversité biologique moyens des larves de poisson prélevées par mission.

Année / Mission	S	H	J
2019	9,04 ± 3,3	1,52 ± 0,52	0,69 ± 0,19
04-19	4,2 ± 1,72	0,73 ± 0,54	0,45 ± 0,3
05-19	11 ± 1,9	1,87 ± 0,23	0,78 ± 0,05
06-19	11 ± 1,26	1,95 ± 0,07	0,82 ± 0,05
07-19	12 ± 1,1	1,72 ± 0,06	0,69 ± 0,01
08-19	7 ± 1,1	1,35 ± 0,18	0,7 ± 0,05
2021	8,08 ± 4,05	1,47 ± 0,53	0,76 ± 0,18
04-21	12 ± 0,89	1,71 ± 0,15	0,69 ± 0,05
06-21/1	5,4 ± 1,62	1,41 ± 0,21	0,88 ± 0,12
06-21/2	9,2 ± 1,72	1,59 ± 0,36	0,73 ± 0,2
07-21	11,2 ± 3,43	1,99 ± 0,29	0,85 ± 0,06
08-21	2,6 ± 0,49	0,65 ± 0,35	0,65 ± 0,26

Les chiffres des différents indices de diversité biologique sont décrits ci-dessous par type d'indice.

- Indice de richesse spécifique (S)

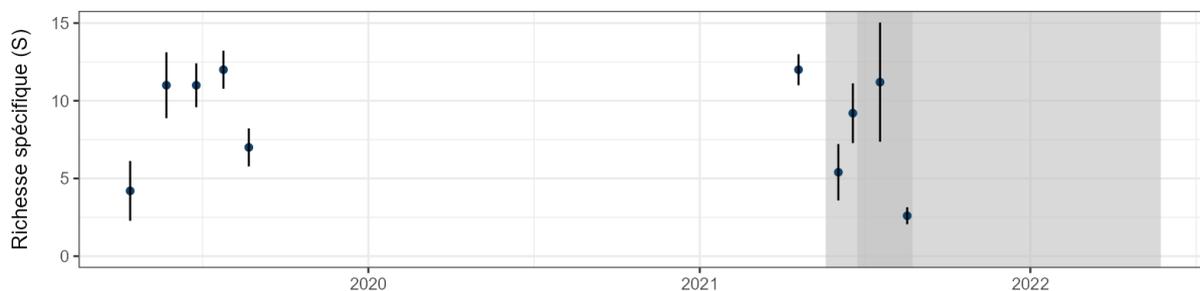


Figure 41 : Évolution de l'indice S de richesse spécifique moyen des larves au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Tout d'abord, le nombre d'espèces de larves prélevés est plus importants en 2019, avec 9,04 espèces de larves différentes, qu'en 2021 avec 8,08 espèces de larves différentes.

En 2019, les missions qui ont montré une plus grande richesse spécifique sont celles de mai, juin et juillet avec respectivement, 11, 11 et 12 espèces différentes de larves relevées. En avril, seulement 4,2 espèces de larves différentes ont été observées, représentant la plus faible richesse spécifique de l'année.

En 2021, les missions qui ont permis de prélever le plus d'espèces de larves différentes sont celles d'avril (12 espèces différentes), juillet (11,2 espèces différentes) et la seconde de juin (9,2 espèces différentes). Lors de la première mission de juin, on remarque une diminution du nombre d'espèces de larves prélevées, avec seulement 5,4 espèces différentes. Enfin, la mission d'août est celle au cours de laquelle le plus faible nombre d'espèces différentes a été prélevées avec seulement 2,6 espèces de larves.

Le nombre d'espèces moyen en 2019 a été faible en avril, a augmenté au cours du printemps pour atteindre le pic en juillet et diminuer en août. En 2021, il y a eu une diminution du nombre d'espèces de larves entre avril et la première mission de juin. Puis, le nombre d'espèces de larves a augmenté pour atteindre en juillet presque le même niveau que juillet 2019.

- Indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver (H)



Figure 42 : Évolution de l'indice H de diversité biologique moyen des larves au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Entre 2019 et 2021, l'indice de diversité biologique était proche : 1,52 pour 2019 et 1,47 pour 2021.

En 2019, on observe la même tendance que pour l'indice S, c'est-à-dire une faible diversité biologique observée lors de la mission d'avril avec un indice de 0,73, une augmentation pour atteindre le maximum annuel de 1,95 en juin puis une diminution lente jusqu'en août.

En 2021, on observe également la même tendance que pour l'indice S ; une richesse biologique relativement élevée de 1,71 observée lors de la mission d'avril, puis une diminution au cours de la mission de première mission de juin. La mission de juillet permet d'observer de nouveau une richesse biologique relativement élevée de 2 et diminue drastiquement en août pour atteindre le minimum de 0,66.

- Indice d'équitabilité de Piélou (J)



Figure 43 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique moyen des larves au cours des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

En 2019, l'indice d'équitabilité biologique des prélèvements des larves de poisson est légèrement plus faible que celui des missions de 2021. Il est de 0,69 pour 2019 et de 0,76 pour 2021.

Pour 2019, la valeur la plus faible de l'indice J est celle de la mission d'avril qui se trouve à 0,45. Elle augmente ensuite pour rester autour de 0,8 en mai et juin puis redescend à 0,7 lors des missions de juillet et d'août. Cet indice continue à suivre légèrement la tendance observée pour les indices S et H.

En 2021, la tendance n'est pas la même que celle des indices S et J. En effet, l'indice est plutôt faible (0,69 lors des prélèvements de la mission d'avril) et augmente à 0,88 lors de la première mission de juin, diminue lors de la seconde mission de juin puis augmente une nouvelle fois en juillet atteignant 0,85. Puis la mission d'août révèle un indice proche de celui d'avril (0,65), le plus bas pour cette année.

- La richesse spécifique moyenne des larves de poissons est inférieure d'une espèce en 2021 par rapport à l'état de référence ; c'est une différence importante car le nombre d'espèces moyen est inférieur à 10. Il reste difficile également de détecter une tendance saisonnière commune aux deux études.
- La diversité spécifique moyenne des larves de poissons semble identique entre les deux campagnes, bien que la tendance d'évolution au cours de chacune d'elle soit différente ; en effet en 2019 la valeur la plus basse est observée en avril alors qu'en 2021 c'est en août que la diversité spécifique est la plus faible.
- L'équitabilité ne semble pas présenter de différence évidente entre les deux campagnes.
- Dans le cadre de cette étude, aucun impact des travaux d'installation du parc éolien n'est clairement détecté sur la diversité des larves prélevées au filet Bongo.

6.3.3 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

- Les espèces de larves les plus fréquemment observées

Tableau 17 : Fréquence d'occurrence des 12 espèces de poissons dont les larves ont été les plus fréquemment observées.

FREQUENCE D'OCCURRENCE				
ESPECE		2019	2021	2019-2021 ¹¹
<i>Parablennius gattorugine</i>	Blennie Cabot	76	76	76
<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie bouquet	80	40	60
<i>Gobiidae sp.</i>	Gobiidé sp.	72	44	58
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouqué	52	52	52
<i>Callionymus sp.</i>	Callionyme sp.	44	52	48
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Griset	48	48	48
<i>Symphodus melops</i>	Vracton Croissant Noir	48	48	48
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois	40	44	42
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	44	32	38
<i>Coryphoblennius galerita</i>	Blennie Coiffée	20	48	34
<i>Buglossidium luteum</i>	Petite Sole Jaune	36	28	32
<i>Arnoglossus sp.</i>	Arnoglosse sp.	32	20	26

Le tableau ci-dessus nous indique que les larves de deux sortes de Blennie (Cabot et Bouquet) sont les plus fréquemment retrouvées dans les prélèvements réalisés en 2019 et 2021. Pour les larves de la Blennie Cabot, on observe le même niveau de fréquence d'occurrence de 76 % en 2019 et en 2021, les qualifiant de larves de « constantes ». À l'inverse, les larves de la Blennie Bouquet ont été plus retrouvées à 80 % dans les prélèvements de 2019 et à 40 % dans ceux de 2021, qualifiant ces larves de « communes ».

Les autres espèces de larves considérées comme « communes » sont le Gobiidé *sp.* et le Rouqué, avec respectivement une fréquence d'occurrence dans les prélèvements de 58 % et de 52 %.

Les larves considérées comme « occasionnelles » sont celles pour lesquelles la fréquence d'occurrence se situe entre 25 et 49 %. C'est le cas pour les larves de Griset, de Vracton Croissant Noir et d'Anchois, que l'on retrouve de manière constante dans les prélèvements de 2019 et de 2021. Les larves de Callionyme *sp.*, d'Anchois et de Blennie coiffée sont également considérées comme ayant une

¹¹ Cette fréquence d'occurrence « totale » est calculée pour l'ensemble des prélèvements réalisés au cours des deux études ; elle correspond également à la moyenne de FO des deux études car le nombre de prélèvements réalisés au cours de l'une et l'autre est identique.

fréquence d'occurrence « occasionnelle », mais que l'on retrouve plus dans les prélèvements de 2021 que dans ceux de 2019. À l'inverse, les larves de Sardine, de Petite Sole Jaune et d'Arnoglosse sp. ont été plus fréquemment observées en 2019 qu'en 2021.

À noter que des larves d'espèces à haute valeur commerciale comme la sole commune, le flet, le bar européen, le Lieu Jaune, le turbot ou le Saint-Pierre ont été observées mais avec une faible fréquence d'occurrence (de 10 % à 2 %).

6.3.4 ASSEMBLAGE DES ESPÈCES

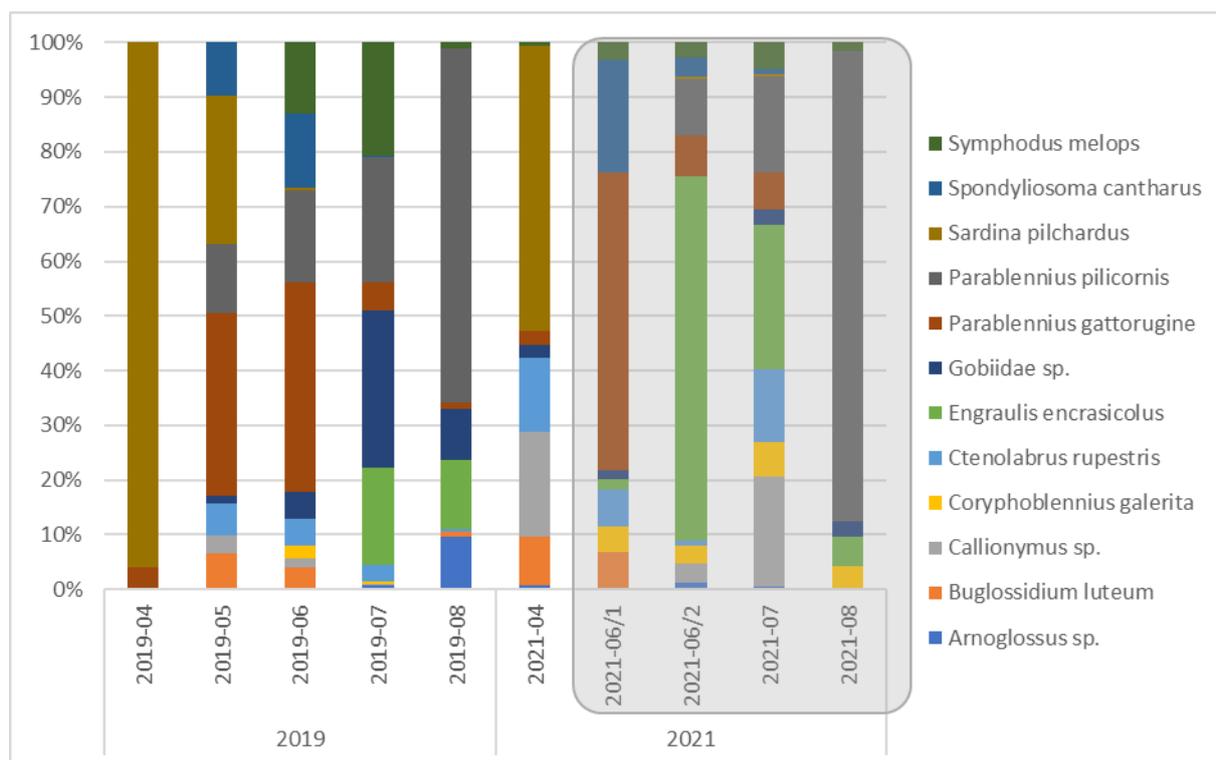


Figure 44 : Assemblage des 12 espèces de poissons dont les larves ont été les plus fréquemment observées par mission La période affectée par les travaux d’installation est superposée en gris.

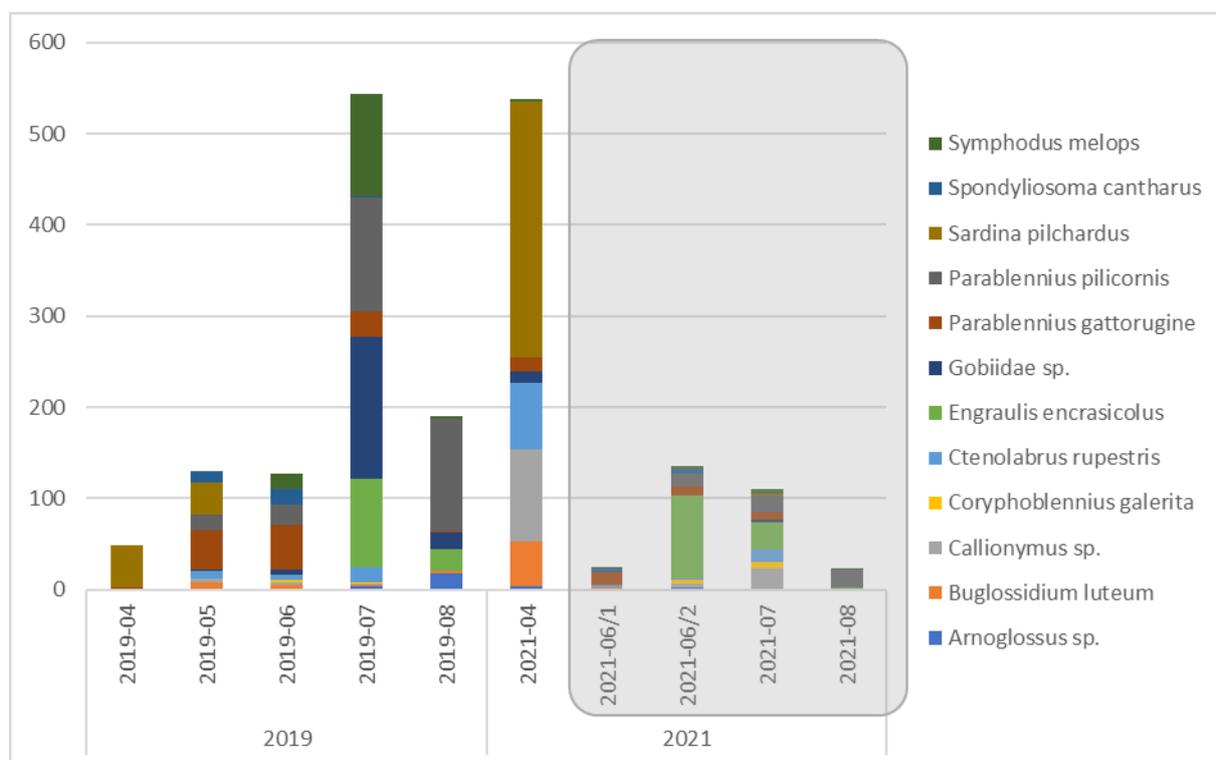


Figure 45 : Assemblage des 12 espèces de poissons dont les larves ont été les plus fréquemment observées par mission, en n/1000m³. La période affectée par les travaux d’installation est superposée en gris.

Les prélèvements des mois d'avril 2019 et 2021 sont marqués par une forte présence de larves de Sardine. Pour avril 2019, sur les 12 espèces de larves ayant une fréquence d'occurrence « constante », « commune » et « occasionnelle », la majorité des larves observées sont des Sardines (plus de 95 %). Pour avril 2021, il y avait moins de larves de Sardine, tout de même plus de 50 %, mais on observe également des larves de Petite Sole Jaune (*Buglossidium luteum*), de Callionyme (*Callyonimus sp.*) et de Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*). Ce qui explique la plus forte abondance observée au cours de cette mission.

Pour les missions de mai 2019 et la première de juin 2021, la composition est à peu près similaire, excepté la présence de larves de Sardine, de Blennie Bouquet (*Parablennius pilicornis*) et de Callionyme lors de la mission de 2019 et non en 2021. A l'inverse, la mission de 2021 a relevé la présence de larves de Blennie Coiffée (*Coryphoblennius galerita*) et de Vracton Croissant Noir (*Symphodus melops*) qui ne sont pas été observées en 2019. Le reste de l'assemblage pour les deux missions se compose de larves de Blennie Cabot (*Parablennius gattorugine*) en majorité, de Grisette (*Spondyliosoma cantharus*), de Rouquié, de Petite Sole Jaune et de gobiidé (*Gobiidae sp.*).

Pour les missions de juin 2019 et la seconde de juin 2021, l'assemblage est similaire : présence de larves de Callionyme, Rouquié, Blennie Cabot, Blennie Bouquet, Sardine, Grisette et Vracton Croissant Noir. Toutefois, la mission de 2021 a observé une très grande majorité de larves d'Anchois (autour de 60% de l'assemblage) et un tout petit peu d'Arnoglosse (*Arnoglossus sp.*). En 2019, la mission de juin a observé des larves de Petite Sole Jaune et de Gobiidé que l'on ne retrouve pas en 2021. Les abondances de ces deux missions sont relativement proches.

Pour les missions de juillet 2019 et 2021, les assemblages des espèces de larves observées ne se ressemblent pas. En 2019, quatre espèces de larves sont observées à parts équivalentes. Il s'agit des larves d'Anchois, de Gobiidé, de Blennie Bouquet et de Vracton Croissant Noir. Les larves d'Arnoglosse, de Blennie Coiffée de Rouquié et de Blennie Cabot sont également observées mais à plus faible quantité. En 2021, la mission de juillet a relevé la présence majoritaire de larves de Callionyme, de Rouquié, d'Anchois et de Blennie Bouquet. Le reste des larves est composé d'Arnoglosse, de Blennie Coiffée, de Gobiidé, de Blennie Cabot, de Sardine, de Grisette et de Vracton Croissant Noir en plus petite quantité. L'abondance observée de la mission de juillet 2019 est beaucoup plus élevée que celle de 2021.

Enfin, pour les missions d'août 2019 et 2021, les larves de Blennie Bouquet sont majoritaires ; autour de 60 % de l'assemblage pour 2019 et autour de 80 % pour 2021. En petite quantité, des larves d'Anchois, de Gobiidé et de Vracton Croissant Noir sont également observées pour les deux années. Pour 2019, la présence de larves de d'Arnoglosse de Petite Sole Jaune, de Rouquié et de Blennie Cabot en toute petite quantité est observée. Alors qu'en 2021, on constate la présence de larves d'Arnoglosse.

Grâce à ces observations, on remarque que l'assemblage des espèces de larves ne varie pas en fonction de l'abondance. En effet, les compositions des prélèvements sont relativement similaires et ce qui varie est surtout la quantité de larve d'une ou de plusieurs espèces.

6.3.5 ANALYSE MULTIVARIEE

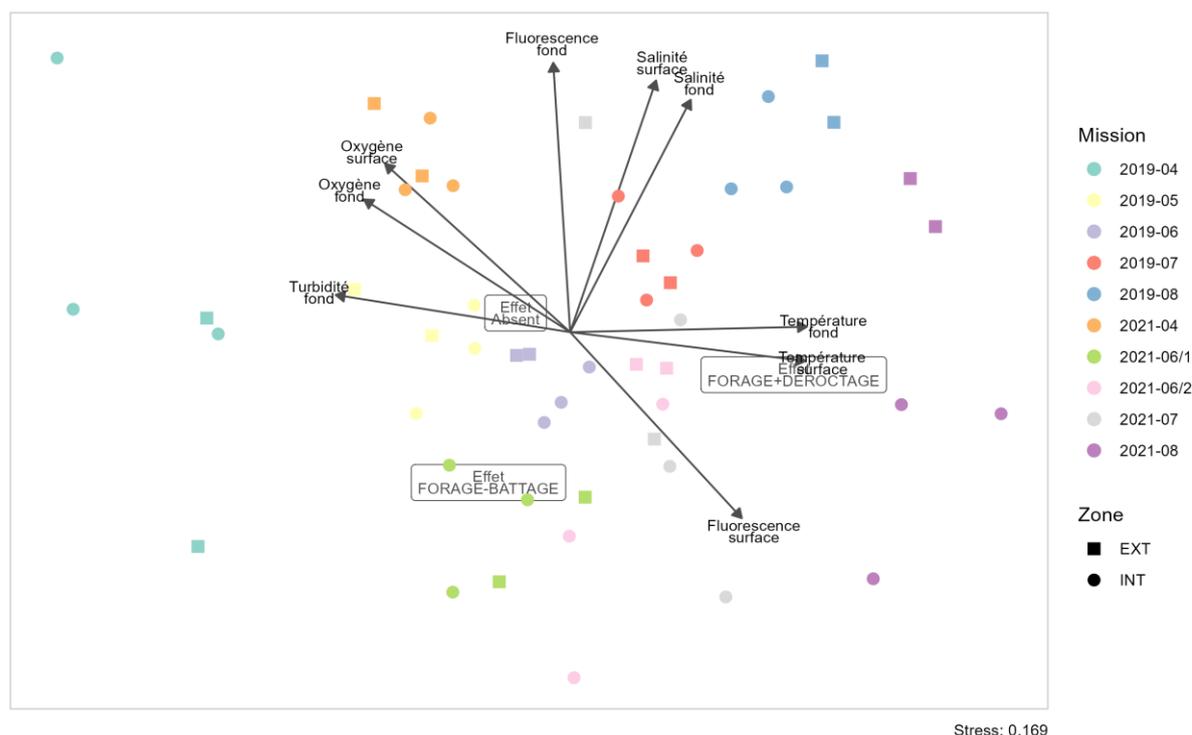


Figure 46 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet bongo entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,169.

Les points correspondent à toutes les stations échantillonnées (de A à E) pendant 10 campagnes à l'intérieur et à l'extérieur du parc entre avril 2019 et août 2021. Ils sont répartis selon un schéma au sein duquel les points des différentes campagnes d'échantillonnage se succèdent en fonction des valeurs de température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence en surface et au fond de la colonne d'eau, du type d'habitat (« sédiment », « roche », « roche avec couverture algale ») et du type de travaux¹² (« Absent », « Forage+déroctage » et « Forage -battage »). Un seul type d'habitat a été pris en considération, « pélagique » en considérant que la nature du fond n'influence pas la qualité des assemblages d'espèces constituant le zooplancton.

La Figure 46 montre que les stations sont regroupées par date de prélèvement, indépendamment de leur localisation à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone du parc. Les stations regroupées par date se succèdent de gauche à droite chronologiquement. L'axe horizontal sépare les stations de 2019 et celles de 2021, traduisant une différence dans leurs peuplements entre les deux années. Cependant, les stations échantillonnées à la première date (avril) chaque année sont inversées selon l'axe vertical, par rapport aux autres.

En avril 2021 ; l'influence de la forte teneur en oxygène de surface et de fond est marquée alors que c'est la turbidité de fond qui semble influencer les peuplements de mai 2019 (pourtant proches) et avril 2019. Les valeurs de salinité de surface et de fond associées à celles de la fluorescence de fond

¹² Absent : Aucun atelier n'a eu lieu en même que la mission, ni dans les 5 jours qui ont précédé ;

Forage + déroctage : Un ou des ateliers de forage et de déroctage ont eu en même que la mission ou dans les 5 jours qui ont précédé, ces ateliers ont pu intervenir simultanément car opérés par des navires différents à des endroits différents ;

Forage – battage : Un ou des ateliers de forage suivis de battage ont eu lieu en même que la mission ou dans les 5 jours qui ont précédé.

influencent les peuplements de fin de suivi 2019 (juillet et août) principalement. Or c'est la fluorescence de surface qui semble influencer ceux de 2021. Les stations de milieu de suivi se situent au centre du graphique associées à l'absence d'effet caractérisé.

Le forage-déroctage est associé aux peuplements de juin, juillet et août 2021, en lien avec les fortes températures de fond et de surface (qui ne sont pas associées directement aux travaux). Le forage battage est, quant à lui, associé aux peuplements de juin 2021 (1) ainsi qu'à ceux de quelques stations de juin 2021(2), mai 2019 et juin 2019. Aucun effet caractérisé d'un paramètre suivi n'est associé à ce cas de figure.

Ces observations sont reprises dans le paragraphe suivant pour intégrer d'autres événements extérieurs.

6.3.6 SYNTHÈSE « LARVES DE POISSONS »

Une différence importante de richesse spécifique moyenne semble ressortir : elle est inférieure d'une espèce pour le suivi 2021 par rapport à l'état de référence. C'est une différence importante car le nombre d'espèces moyen reste inférieur à 10. Il semble difficile également d'établir une tendance saisonnière commune aux deux études.

La diversité spécifique et l'équitabilité moyennes semblent identiques en 2019 et 2021.

Les assemblages ne diffèreraient globalement pas entre l'état de référence et la phase de construction du parc éolien en mer, les quelques variations observées seraient dues aux variations d'abondance d'une ou plusieurs espèces, notamment en raison de variations saisonnières et surtout interannuelles.

6.4 ZOOPLANCTON HORS ICTHYOPLANCTON

6.4.1 ABONDANCE DU ZOOPLANCTON

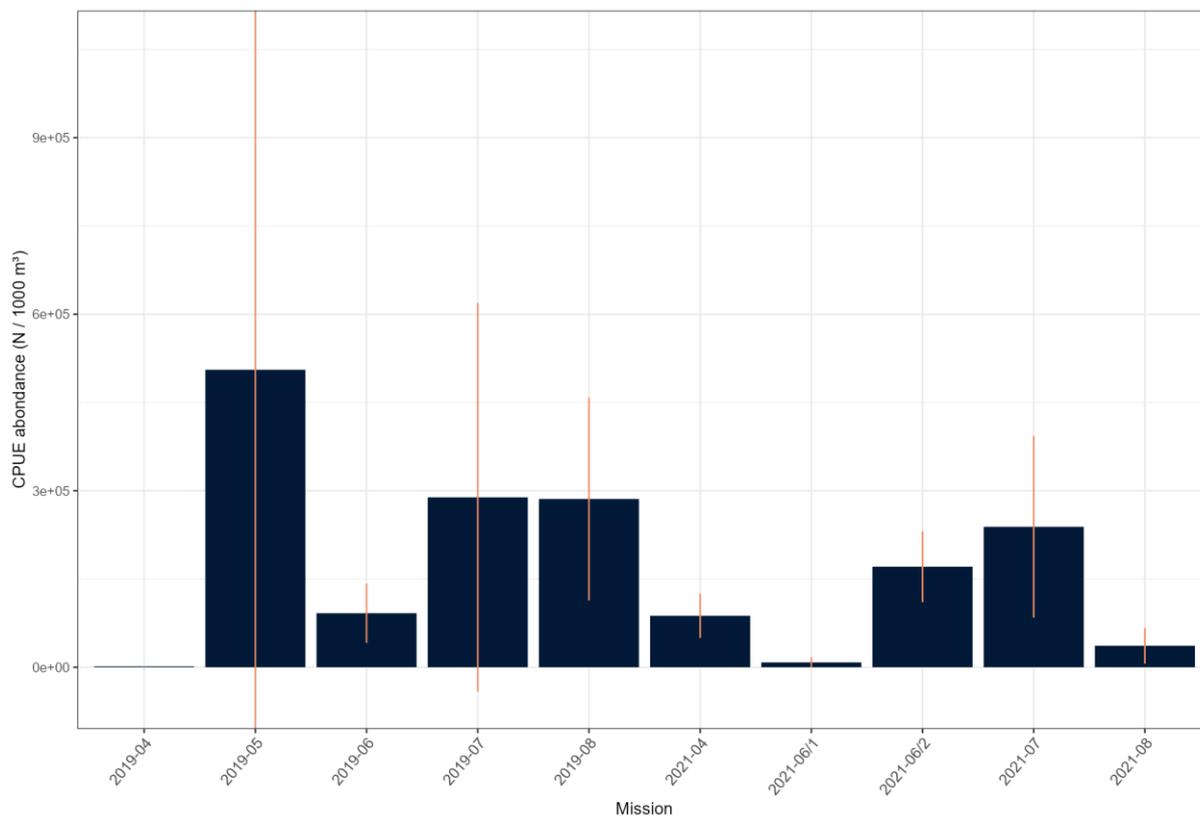


Figure 47 : Abondance du zooplancton par mission.

La mission d'avril 2019 est celle qui a récolté le moins de zooplancton, avec 1 428 microorganismes prélevés par 1 000 m³, ce qui contraste énormément avec le prélèvement suivant de mai, au cours duquel 505 567,9 microorganismes ont été prélevés pour 1000 m³. Ce sont les missions pour lesquelles le nombre de microorganismes de zooplancton sont les plus extrêmes.

Les prélèvements des missions réalisées en juillet et août 2019 ainsi que la seconde de juin et juillet 2021 ont permis d'observer un zooplancton moyennement abondant, allant de 170 844 microorganismes prélevés par 1000 m³ lors de la seconde mission de juin à 288 757 pour la mission de juillet 2019.

Enfin, les missions de juin 2019, avril, la première de juin et août 2021 révèle un niveau d'abondance de zooplancton plus faible que les autres missions, voire très faible pour avril 2019 et la première de juin 2021 (8 205 microorganismes pour 1000 m³).

Ainsi, on peut conclure que les niveaux d'abondance du zooplancton ne sont pas équivalents entre 2019 et 2021 et aucune tendance ne peut se dégager de ce graphique.

6.4.2 INDICES DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Tableau 18 : Indices de diversité biologique du zooplancton par mission.

Année / Mission	S	H	J
2019	11,6 ± 2,94	1,36 ± 0,34	0,57 ± 0,14
04-19	8 ± 1,1	1,23 ± 0,27	0,6 ± 0,15
05-19	14,4 ± 1,74	1,26 ± 0,45	0,48 ± 0,17
06-19	12,8 ± 0,98	1,69 ± 0,05	0,66 ± 0,03
07-19	13,6 ± 2,24	1,37 ± 0,26	0,53 ± 0,11
08-19	9,2 ± 0,98	1,26 ± 0,32	0,57 ± 0,13
2021	12,8 ± 2	1,46 ± 0,29	0,58 ± 0,12
04-21	13,8 ± 1,17	1,57 ± 0,12	0,6 ± 0,05
06-21/1	11,8 ± 2,4	1,27 ± 0,14	0,52 ± 0,03
06-21/2	13,6 ± 2,24	1,07 ± 0,12	0,41 ± 0,05
07-21	13 ± 1,1	1,6 ± 0,07	0,63 ± 0,04
08-21	11,8 ± 1,72	1,81 ± 0,1	0,74 ± 0,04

- Indice de richesse spécifique (S)

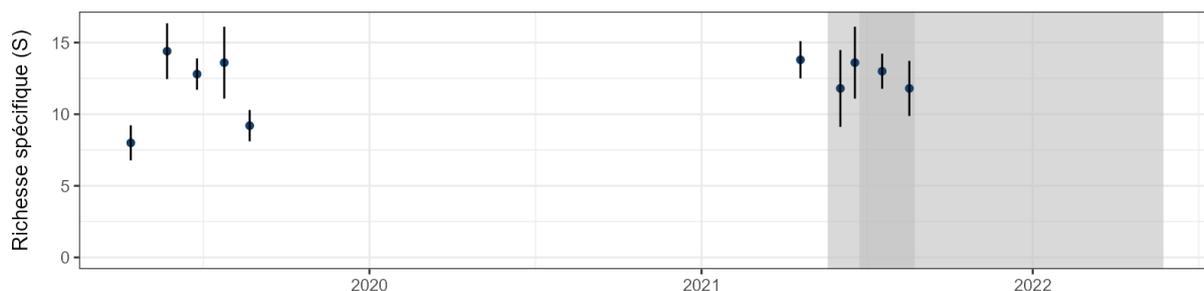


Figure 48 : Évolution de l'indice S de richesse spécifique du zooplancton au cours des missions.

En 2019, le nombre d'espèces de zooplancton recensé est de 11,6 et de 12,8 pour 2021, cette différence est d'ordre moyen, mais le fort écart-type ne permet pas de conclure à ce sujet.

Au cours de l'année 2019, le nombre d'espèce de zooplancton était bas en avril (8 espèces), a augmenté en mai (14,4 espèces, le maximum pour cette année), a rediminué en juin, à ré-augmenter légèrement en juillet pour diminuer de nouveau en août.

En 2021, le nombre d'espèces différentes dans les prélèvements est resté assez stable au fil des missions, restant entre 11,8 et 13,8 espèces différentes recensées.

- Indice de diversité biologique Shannon-Weaver (H)



Figure 49 : Évolution de l'indice H de diversité biologique du zooplancton au cours des missions.

L'indice H de diversité biologique est relativement similaire entre 2019 et 2021. Il est de 1,36 en 2019 et de 1,46 en 2021.

En 2019, la diversité biologique des microorganismes de zooplancton prélevés a augmenté d'avril, partant de 1,23, à juin, arrivant à 1,69, le maximum observé cette année. Puis l'indice a diminué lors des missions de juillet et d'août pour arriver à un indice égal à 1,26.

En 2021, la diversité biologique a une tendance plutôt inverse. C'est-à-dire qu'elle est partie assez élevée en avril (1,57), a diminué jusqu'à la seconde mission de juin pour atteindre 1,07 et a ensuite augmenté jusqu'en août pour atteindre 1,8.

- Indice d'équitabilité biologique (J)



Figure 50 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique du zooplancton au cours des missions.

Les missions des 2019 et de 2021 ont globalement permis de récolter des microorganismes de zooplancton ayant une équitabilité presque similaire ; de 0,57 pour 2019 et de 0,58 pour 2021. D'ailleurs, les deux années suivent une tendance proche de celle de l'indice H. Il reste à noter que l'équitabilité biologique des microorganismes de zooplancton prélevés en avril est de 0,6 pour les deux années.

En effet, en 2019, la mission de juin a connu un pic de l'indice J, après avoir évolué de 0,48 en mai jusqu'à 0,66 en juin. Ensuite, l'indice diminue légèrement pour atteindre 0,57 lors de la mission d'août.

En 2021, l'évolution de l'indice J reprend presque trait pour trait la courbe de l'indice H ; il part de 0,6 en avril pour arriver à 0,41 lors de la mission de juin et augmenter jusqu'à la mission d'août pour atteindre 0,74.

6.4.3 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Tableau 19 : Fréquence d'occurrence des espèces de zooplancton les plus observées.

FREQUENCE D'OCCURRENCE			
GRUPE / ESPECE	2019	2021	2019-2021 ¹³
<i>Hydroidolina</i>	60	100	80
<i>Saggitoida</i>	72	84	78
<i>Copelata</i>	56	88	72
<i>Amphipoda</i>	92	48	70
<i>Eumalacostraca Zoé / Mégalope</i>	40	100	70
<i>Bivalvia Juvénile</i>	96	28	62
<i>Cydippida</i>	100	24	62
<i>Caridea/Gebiidea</i>	20	100	60
<i>Pyllopoda</i>	24	96	60
<i>Asterozoa Juvénile</i>	96	12	54
<i>Copepoda</i>	16	88	52
<i>Phoronida Larve</i>	96	0	48
<i>Echinoidea/Holothuroidea/Asterozoa Larve</i>	4	84	44
<i>Gastropoda</i>	20	68	44
<i>Mysida</i>	84	4	44
<i>Non identifié</i>	84	0	42
<i>Errantia</i>	8	72	40
<i>Crangon crangon Juvénile</i>	0	76	38
<i>Salpida</i>	24	40	32
<i>Euphausia</i>	60	0	30
<i>Echinoidea Juvénile</i>	8	44	26

Deux familles de microorganismes de zooplancton sont les plus fréquemment observées, il s'agit de la famille d'*Hydroidolina* et de *Saggitoida*, dont les fréquences d'occurrence sont considérées comme étant « constantes », avec 80 % pour les *Hydroidolina* et 78 % pour les *Saggitoida*. Les fréquences d'occurrence sont plus élevées en 2021 qu'en 2019 pour les deux familles.

9 familles ou espèces de microorganismes de zooplancton sont considérées comme étant « communes », car ils ont une fréquence d'occurrence de 50 à 74 %. C'est le cas des *Copelata*, des amphipodes, des eumalacostracés de forme larve zoé ou mégapoles, des bivalves juvéniles ou encore des copépodes.

Enfin, 9 familles ou espèces de famille de microorganismes de zooplancton sont considérées comme étant « occasionnelles » car leur fréquence d'occurrence se situe entre 25 et 49 %.

En comparaison avec les fréquences d'occurrence des œufs et des larves analysées dans le plancton, le zooplancton est composé d'un grand nombre d'espèces ou de famille différentes que l'on retrouve fréquemment dans les prélèvements.

¹³ Cette fréquence d'occurrence « totale » est calculée pour l'ensemble des prélèvements réalisés au cours des deux études ; elle correspond également à la moyenne de FO des deux études car le nombre de prélèvements réalisés au cours de l'une et l'autre est identique.

6.4.4 ASSEMBLAGE DES ESPÈCES

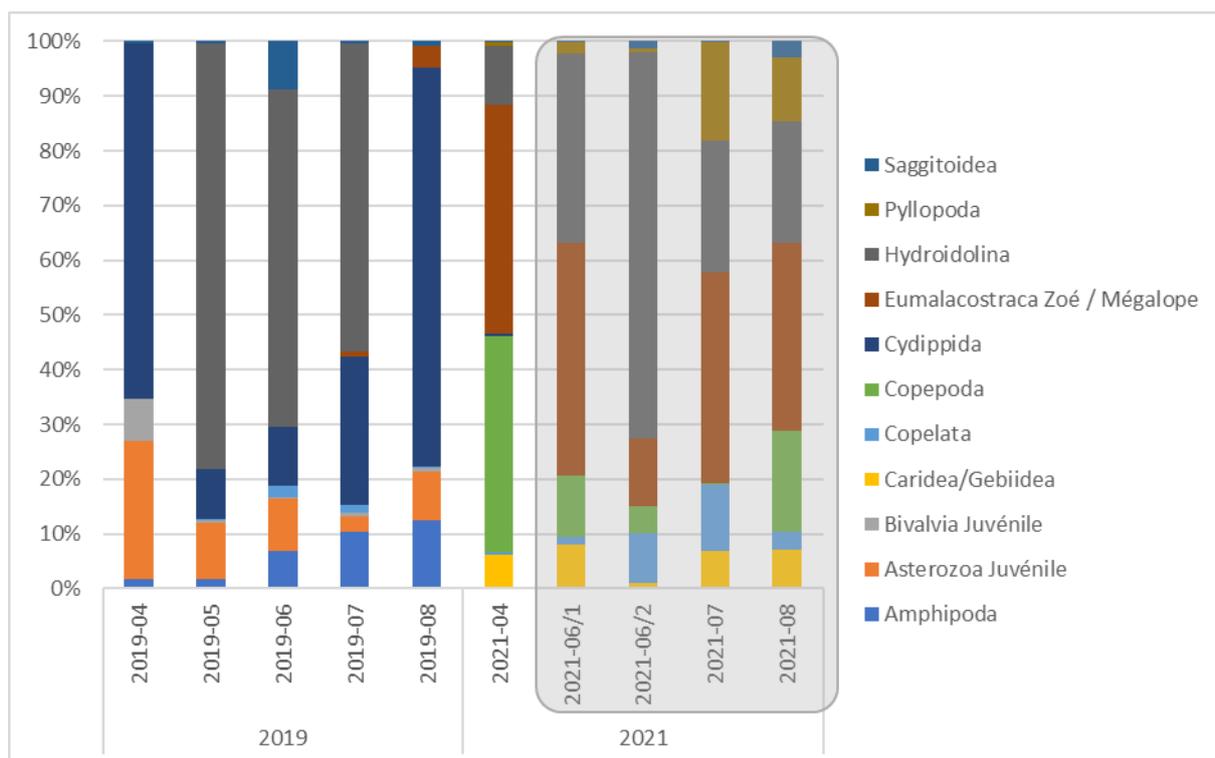


Figure 51 : Assemblage des 15 espèces de zooplancton les plus fréquemment observées par mission. La période affectée par les travaux d’installation est superposée en gris.

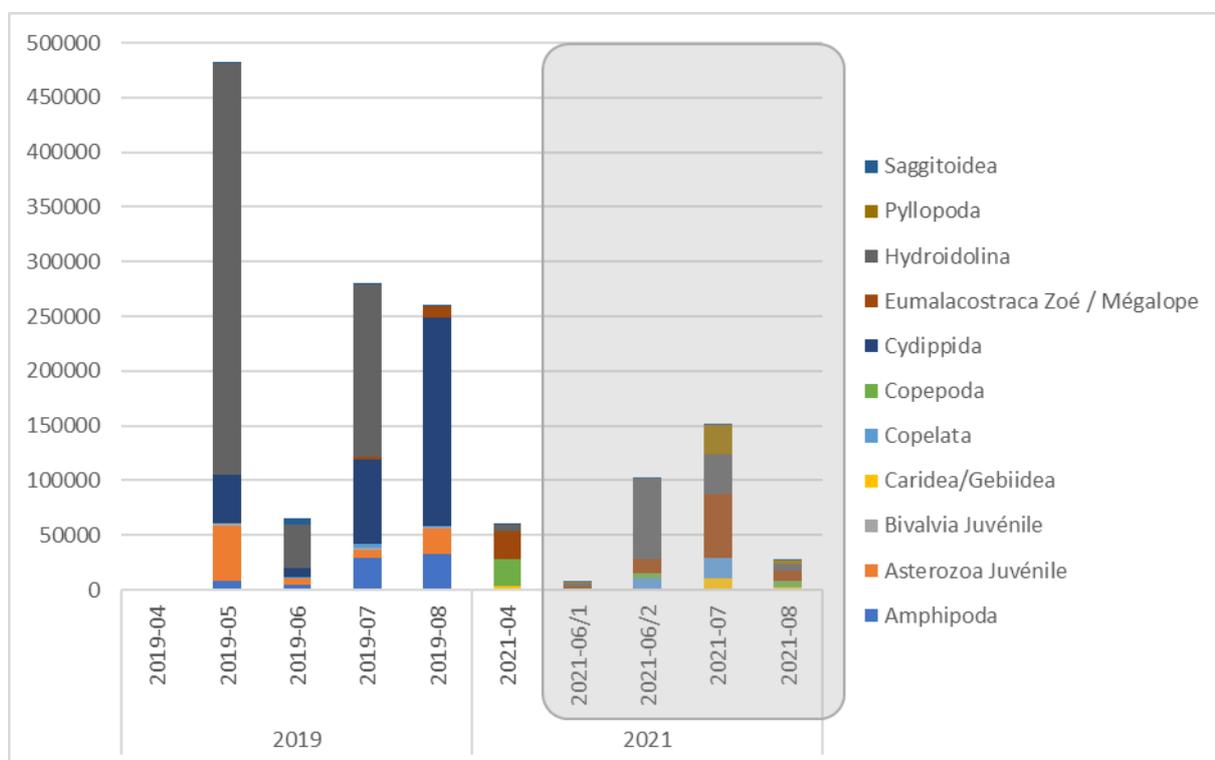


Figure 52 : Représentation de l’assemblage des espèces de zooplancton en fonction de l’abondance par mission. La période affectée par les travaux d’installation est superposée en gris.

À première vue, l'année 2019 a connu une forte présence d'*Hydroidolina*, sauf pour la mission d'avril, pour laquelle l'abondance était très faible (1 428,82 microorganismes prélevés). Pour 2021, la composition du zooplancton à l'air d'être relativement stable et variée sur les cinq missions.

D'ailleurs, pour les prélèvements réalisés en avril 2019, la famille de zooplancton la plus présente est celle des euphausiacés, expliquant la forte abondance puis celle des *Salpidae* et enfin celle des *Asterozoas* juvéniles. En 2021, les prélèvements réalisés en avril révèlent une présence assez équitable de copépodes (*Copepoda*), d'eumalacostracés de forme larve zoé ou mégapoles et de gastéropodes (*Gastropoda*).

Pour la mission de mai 2019, la famille majoritaire de zooplancton est celle des *Hydroidolina*, qui représente presque 90% de la composition du zooplancton prélevé. En 2021, les prélèvements étaient également composés d'*Hydroidolina* mais aussi à part relativement égales d'*Eumalacostracés* de forme larve zoé ou mégapoles, d'échinoïdes ou holothuries ou *Asterozoas* en forme larvaire et un peu moins de copépodes et de *Caridea* ou *Gebiidea*.

Concernant la mission de juin 2019, la présence d'*Hydroidolina* était encore marquée, mais un peu moins, car les familles des *Mysidas*, des *Euphasias* ainsi que des *Asterozoas* juvéniles étaient présents. En 2021, les prélèvements de la seconde mission de juin relèvent encore une fois la présence d'*Hydroidolina* et d'*Échinoïdes* ou *Holothuries* ou *Asterozoas* en forme larvaire mais en un peu plus grande quantité.

La mission de juillet 2019 révèle une forte présence d'*Hydrodolina* (autour de 60 % de l'assemblage) ainsi que des amphipodes. Le reste de l'assemblage du zooplancton prélevés est composé d'*Asterozoas* juvéniles, de *Copelatas* et de phoronides en larve. Pour 2021, l'assemblage reprend la composition des prélèvements de la seconde mission de juin, mais des polypodes se sont ajoutés (autour de 10 %).

Enfin, au cours de la mission d'août 2019, aucun microorganisme de la famille des *Hydroidolinas* n'a été observé. L'assemblage se compose ainsi : des Amphipodes, des *Asterozoas* juvéniles, des Eumalacostracés de forme larve zoé ou mégapoles, des *Mysidas* et des Phoronidiens en forme larvaire. Pour la mission d'août 2021, la composition de l'assemblage est assez variée, mais reprend la composition observée lors des missions précédentes : *Carideas* ou *Gebiides*, Copépodes, d'Échinoïdes ou *Holothuries* ou *Asterozoas* en forme larvaire, d'Eumalacostracés de forme larve zoé ou mégapoles, *Hydroidolina* et *Pyllopoda*.

Pour conclure, la composition du zooplancton prélevé est différente entre les deux campagnes. Mais au cours de chacune des années, la composition reste relativement stable. Le constat est le même que pour les larves. La composition de l'assemblage ne varie pas en fonction de l'abondance, mais c'est plutôt la forte présence d'une ou de plusieurs espèces qui fait varier l'abondance.

6.4.5 ANALYSE MULTIVARIEE

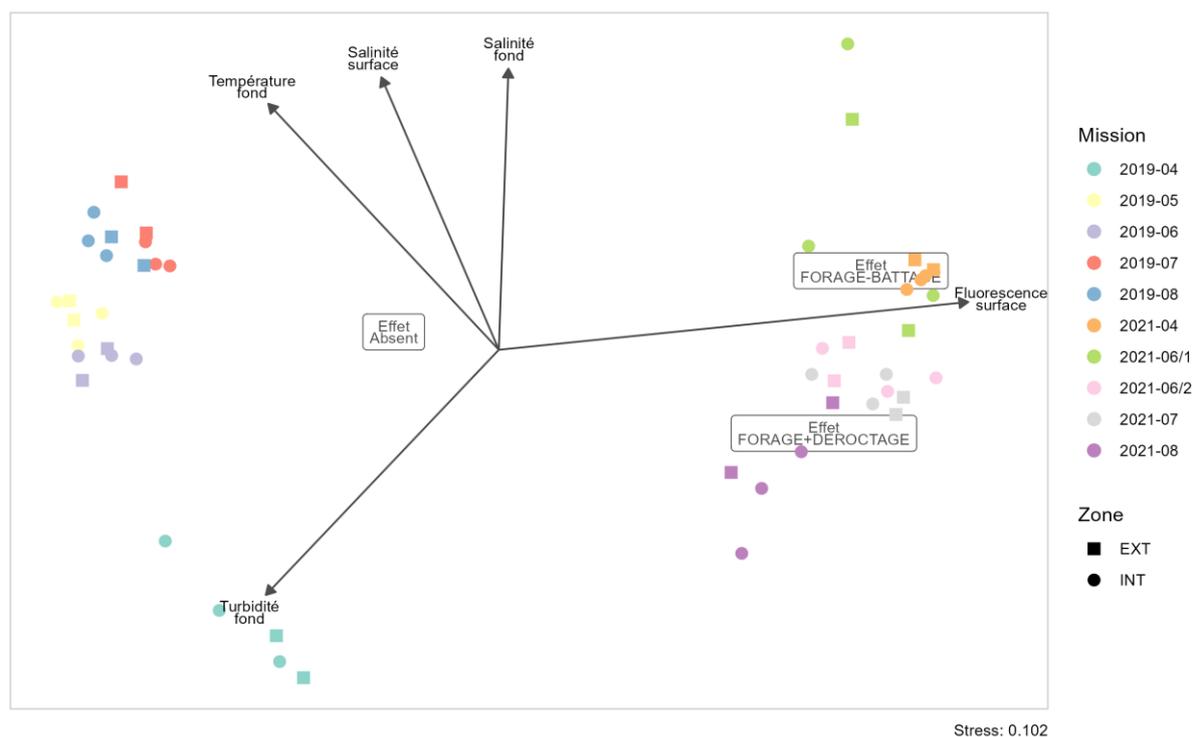


Figure 53 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet bongo entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,102.

Les points correspondent à toutes les stations échantillonnées (de A à E) pendant 10 campagnes à l'intérieur et à l'extérieur du parc entre avril 2019 et août 2021. Ils sont répartis selon un schéma au sein duquel les points des différentes campagnes d'échantillonnage se succèdent en fonction des valeurs de température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence en surface et au fond de la colonne d'eau, du type d'habitat (« sédiment », « roche », « roche avec couverture algale ») et de l'impact (« Absent », « Forage-déroctage » et « Forage-battage »). Un seul type d'habitat a été pris en considération, « pélagique » en considérant que la nature du fond n'influence pas la qualité des assemblages d'espèces constituant le zooplancton.

La Figure 53 montre que les stations sont regroupées par date de prélèvement, indépendamment de leur localisation à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone du parc. Les stations regroupées par date se succèdent de gauche à droite chronologiquement. L'axe horizontal sépare les stations de 2019 et celles de 2021, traduisant une différence dans leurs peuplements entre les deux années.

Les stations d'avril 2019 sont séparées des autres par l'axe vertical en lien avec l'influence caractérisée de la turbidité de fond. Les peuplements des stations de 2021 sont influencés par la fluorescence de surface dont les valeurs sont supérieures. Le forage-battage et le forage-déroctage jouent également un rôle caractérisé alors que l'absence d'effet concerne la partie gauche du graphique où sont regroupées les stations de 2019. L'effet de la température de fond ainsi que celle des salinités de surface et de fond concernent les stations de juillet et août 2019 ainsi que celles de juin 2021.

6.4.6 SYNTHÈSE « AUTRE ZOOPLANCTON »

Les abondances de zooplancton autre que œufs et larves de poissons ont été extrêmement variables entre les différentes missions, avec parfois des facteurs de variation de 100.

La richesse spécifique moyenne est plus importante pour les prélèvements de 2021. La diversité spécifique et l'équitabilité sont identiques entre les deux campagnes, 2019 et 2021.

Les assemblages observés sont différents entre 2019 et 2021.

En phase de travaux, des différences importantes semblent observées par rapport à l'état de référence pour le Zooplancton. En effet, les groupes d'organismes les plus présents lors de l'état de référence (2019) le seraient beaucoup moins en phase de construction (2021) et inversement. L'année 2021 serait notamment marquée par l'absence de *Cydippida* (Groseilles de mer) et une valeur d'abondance d'*Hydroidolina*¹⁴ fortement inférieure à celle constatée en 2019. Cependant, l'étude ne démontre pas que les différences observées peuvent être attribuées aux travaux d'installation du parc éolien en mer. Elles seraient à la fois saisonnières et très liées à la présence ou absence d'un groupe pouvant être majoritaire et déterminant.

¹⁴ Les Hydroidolina sont une sous-classe d'animaux aquatiques de l'embranchement des cnidaires et de la classe des hydrozoaires.

7 RÉSULTATS DES SUIVIS HALIEUTIQUES

7.1 RAPPEL DES OBJECTIFS

Il est ici question d'évaluer l'impact éventuel des travaux de préparation de sol et d'installation des fondations d'éoliennes sur les poissons et crustacés adultes et juvéniles pouvant être capturés à l'aide de matériel de pêche conventionnel.

7.2 CAMPAGNES MÉTIERS « FILETS À POISSONS ET CRUSTACÉS »

7.2.1 ABONDANCE TOTALE PAR MISSION

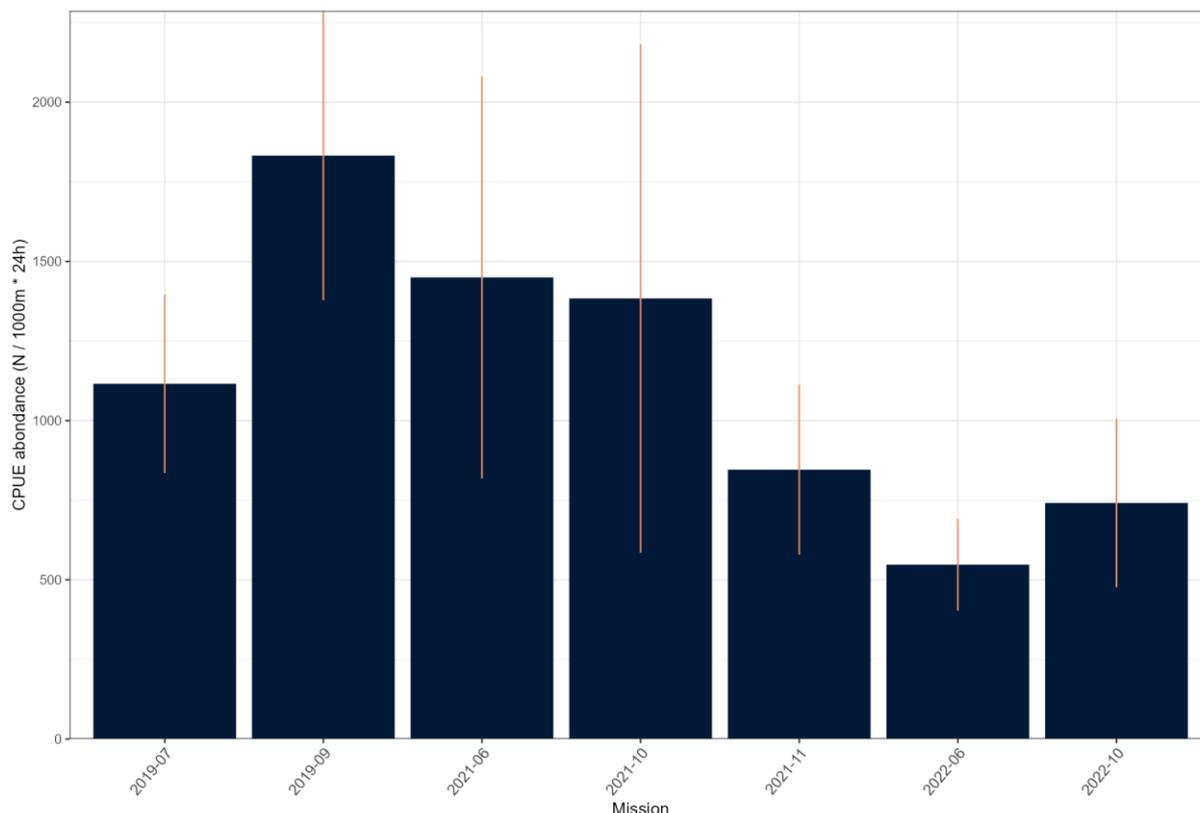


Figure 54 : Abondance de poissons et crustacés prélevés par mission.

En 2019 (pour la définition de l'état de référence) et 2021 (en phase de construction), en moyenne 2 689 individus ont été prélevés par 1000 mètres de filet et par 24 heures. La mission qui révèle la plus forte abondance est celle de septembre 2019 avec 1 820 individus prélevés par 1 000 mètres et par 24 heures (Figure 54), alors que la mission de novembre 2021 est celle pour laquelle le plus faible nombre d'individus a été prélevé (842 par 1 000 mètres et par 24 heures). Enfin, les missions de juillet 2019, de juin et d'octobre 2021 présentent une abondance moyenne à haute, avec respectivement 1 114, 1 447 et 1 377 individus de poissons et de crustacés prélevés par 1 000 mètres et par 24 heures.

7.2.2 INDICES DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Tableau 20 : Indices de diversité biologique moyens en fonction des missions S : richesse spécifique, H : indice de diversité de Shannon-Weaver ; J : indice d'équitabilité de Pielou).

Année / Mission	S	H	J
2019	8,95 ± 3,31	1,37 ± 0,29	0,66 ± 0,11
2019-07	6,7 ± 2,79	1,21 ± 0,21	0,68 ± 0,1
2019-09	11,2 ± 1,99	1,53 ± 0,28	0,64 ± 0,11
2021	5,9 ± 2,24	0,93 ± 0,39	0,54 ± 0,18
2021-06	6,5 ± 1,8	1,13 ± 0,37	0,6 ± 0,15
2021-10	5,9 ± 2,74	0,79 ± 0,31	0,48 ± 0,18
2021-11	5,3 ± 1,9	0,88 ± 0,39	0,54 ± 0,19
2022	5,15 ± 1,9	1,06 ± 0,31	0,69 ± 0,16
2022-06	5,8 ± 1,78	1,18 ± 0,26	0,7 ± 0,17
2022-10	4,5 ± 1,8	0,94 ± 0,31	0,67 ± 0,15

Les indices de diversité calculés par mission sont présentés dans le Tableau 20 et commentés ci-dessous.

- Indice de richesse spécifique (S)

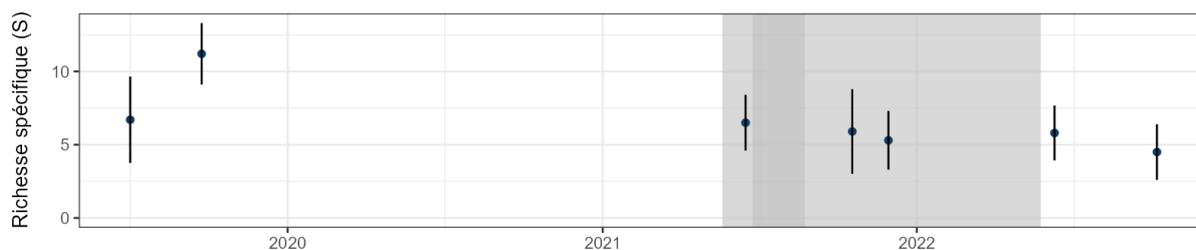


Figure 55 : Indice S de richesse spécifique moyen au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

La valeur de l'indice S de richesse spécifique évolue peu au cours du suivi. En effet, elle varie généralement de 4,6 à 6,7 avec un pic à 11,20 espèces différentes en septembre 2019 (Figure 55).

- Indice de diversité biologique Shannon-Weaver (H)

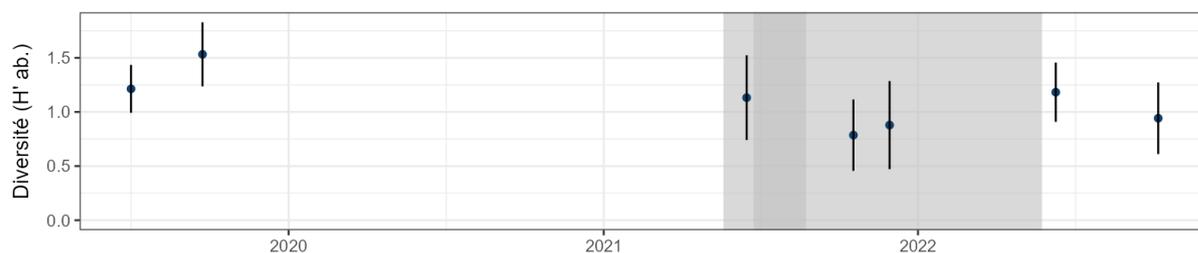


Figure 56 : Indice H de diversité biologique moyen au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

La Figure 56 présente les données de l'indice de diversité spécifique H présentées dans le Tableau 20. La valeur de l'indice de diversité biologique semble évoluer peu (entre 0,79 et 1,53).

Les valeurs d'indices calculées au cours des missions de 2019 sont assez homogènes avec 1,21 pour celle de juillet et 1,53 pour celle de septembre. Alors que les indices relevés au cours des missions de 2021 sont beaucoup plus faibles avec 1,13 pour juin, 0,79 pour octobre et 0,88 pour novembre.

- Indice d'équitabilité biologique (J)

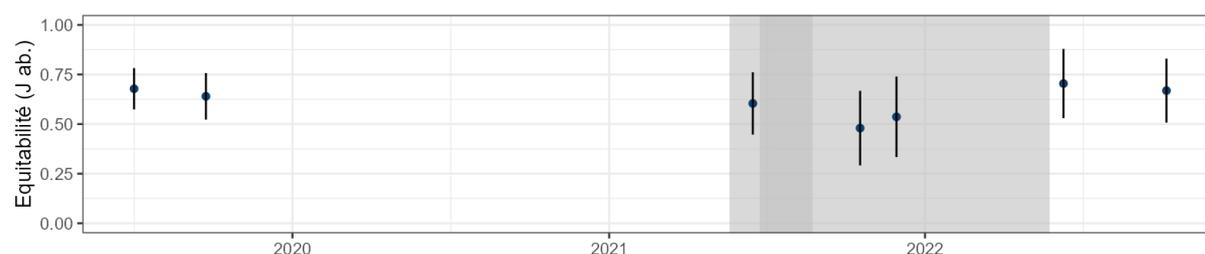


Figure 57 : Évolution de l'indice J d'équitabilité biologique moyen au fil des missions.
Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

La valeur de l'indice d'équitabilité biologique semble peu évoluer et rester relativement élevée. En effet, la valeur la plus importante est 0,86 pour la mission de juin 2019 et la plus faible est 0,48 pour celle d'octobre 2021 (Figure 57).

Les valeurs de l'indice J indiquent une diminution de l'équitabilité biologique au fur et à mesure des missions, partant de 0,68 en juillet 2019 pour arriver à 0,48 en octobre 2021. L'indice calculé pour la mission de novembre 2021 est un peu plus important avec une valeur de 0,54.

7.2.3 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Tableau 21 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des prélèvements des 10 espèces les plus fréquemment calculées par année et valeur moyenne de la période 2019-2022 avec l'écart-type associé.

Nom scientifique	Nom commun	2019	2021	2022	2019-2022 ¹⁵
<i>Labrus bergylta</i>	Vieille commune	100	93	100	98±3
<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud Commun	100	90	95	95±4
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite roussette	65	43	20	43±18
<i>Conger conger</i>	Congre d'Europe	60	30	35	42±13
<i>Maja brachydactyla</i>	Araignée de mer	100	13	0	38±44
<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu Jaune	30	37	25	31±5
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Grande roussette	15	23	40	26±10
<i>Raja undulata</i>	Raie brunette	30	27	10	22±9
<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	25	33	5	21±12
<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	35	20	5	20±12

Le Tableau 21 présente les fréquences d'occurrence des dix espèces les plus fréquemment observées au cours des prélèvements de 2019 à 2022. **La Vieille commune (97 %) et le Tacaud Commun (94 %) seraient les deux espèces qui se démarquent par leur quasi-omniprésence dans les prélèvements.**

La Petite Roussette a vu sa fréquence d'occurrence diminuer de manière importante entre l'état de référence et la phase de travaux ; en effet, présente dans 65% des prélèvements de l'état de référence, elle l'a été beaucoup moins en 2021 et 2022.

La même observation peut être réalisée au sujet du Congre, de l'Araignée de mer, la Raie Brunette et le Pageot Commun.

La fréquence d'occurrence de la Grande Roussette a quant à elle augmenté en phase de construction.

¹⁵ Cette fréquence d'occurrence « totale » est calculée pour l'ensemble des prélèvements réalisés au cours des deux études.

Il existe bien une différence entre l'état de référence et le suivi en phase travaux en ce qui concerne la fréquence d'occurrence de plusieurs espèces ; cependant, il n'est pas possible à ce stade d'affirmer que les travaux du parc éolien en sont la cause.

7.2.4 CPUE

Les valeurs calculées de CPUE par espèce pour chacune des missions des études d'état de référence et de suivi en phase de construction sont présentées en Annexe 2.

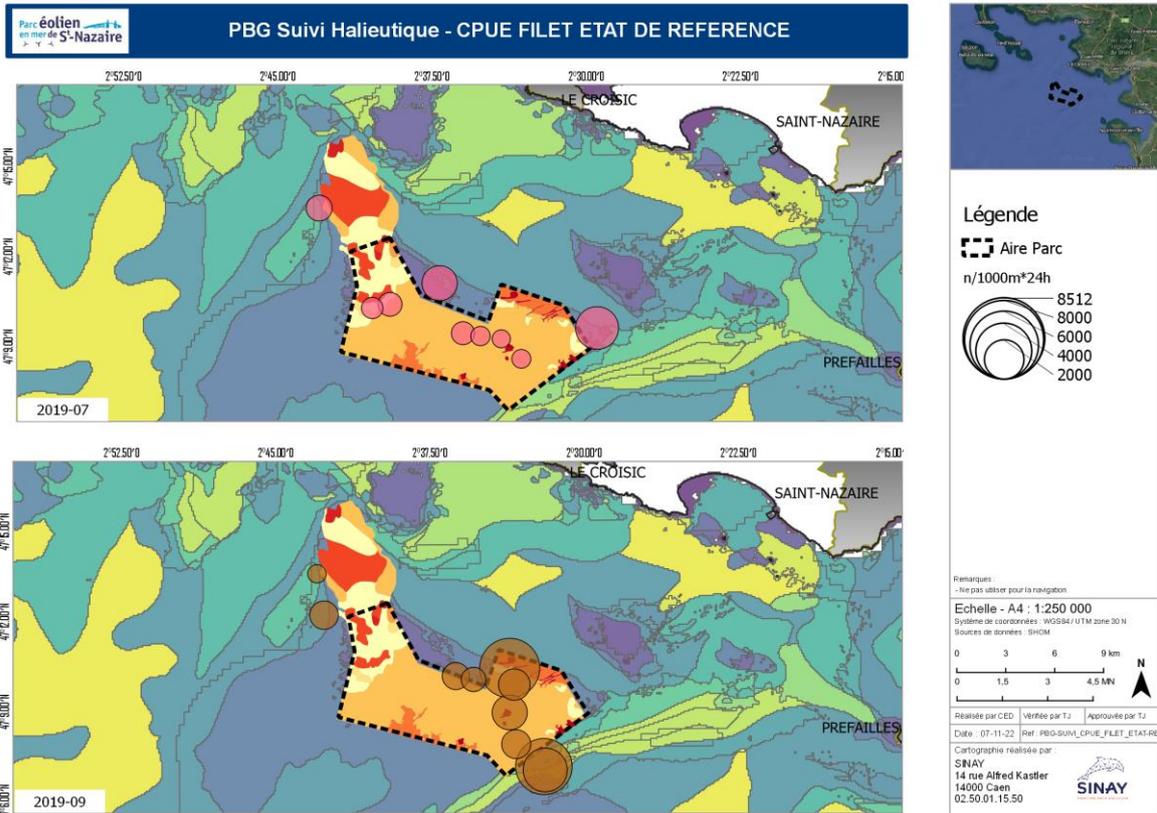


Figure 58 : Carte des CPUE au filet (n/1000m*24h) en 2019.

Le plan d'échantillonnage a sensiblement changé entre juin et septembre 2019 ; les stations sont cependant réparties sur des habitats similaires.

Il est possible d'observer des CPUE plus élevées au mois de septembre, notamment dans la partie Est de la zone de parc éolien. Des captures notables ont été réalisées ; l'étude plus en détail ci-après nous apprendra que ces captures sont constituées principalement de Vieille Commune, Lieu Jaune et Tacaud Commun, avec une abondance moyenne supérieure pour les deux dernières espèces citées en septembre par rapport à juin.

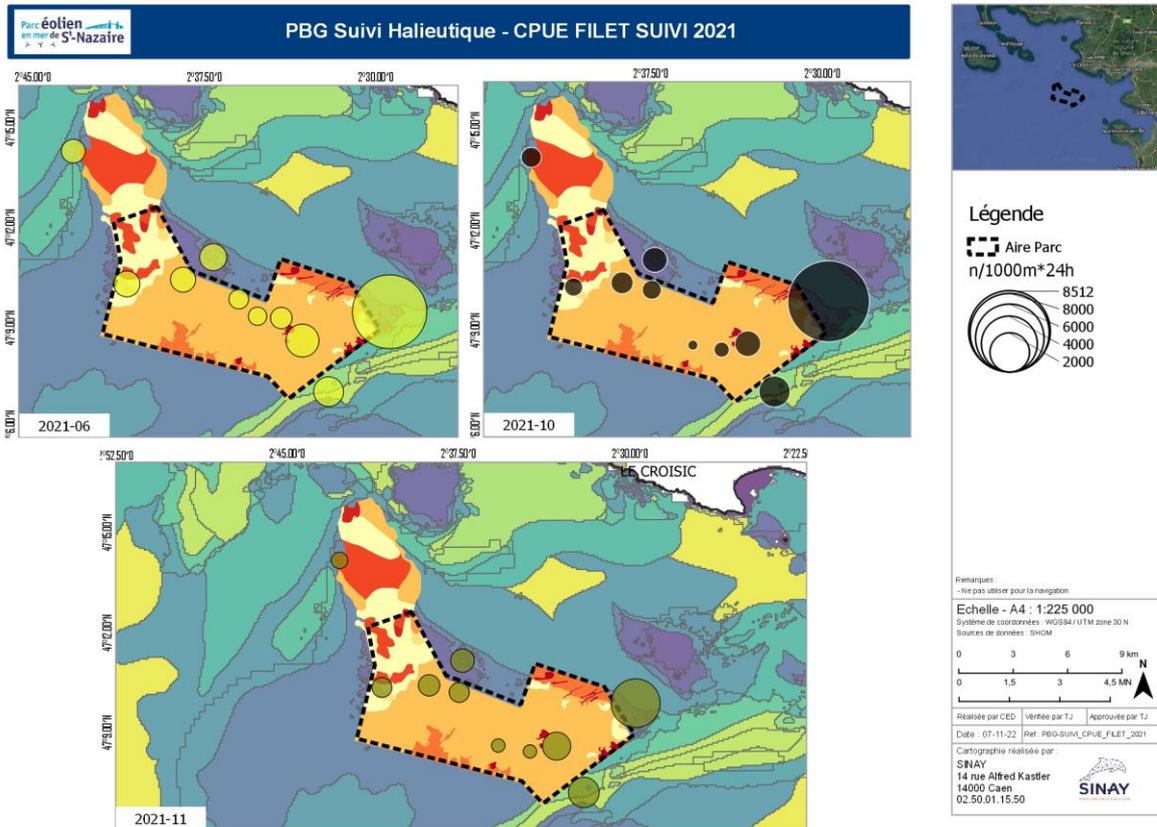


Figure 59 : Carte des CPUE au filet (n/1000m*24h) en 2021.

En 2021, les CPUE sont du même ordre de grandeur pour l'ensemble des missions en termes de répartition spatiale.

Il est à noter une plus forte abondance à l'extrême Est, pour la station située à l'extérieur de la zone de parc éolien.

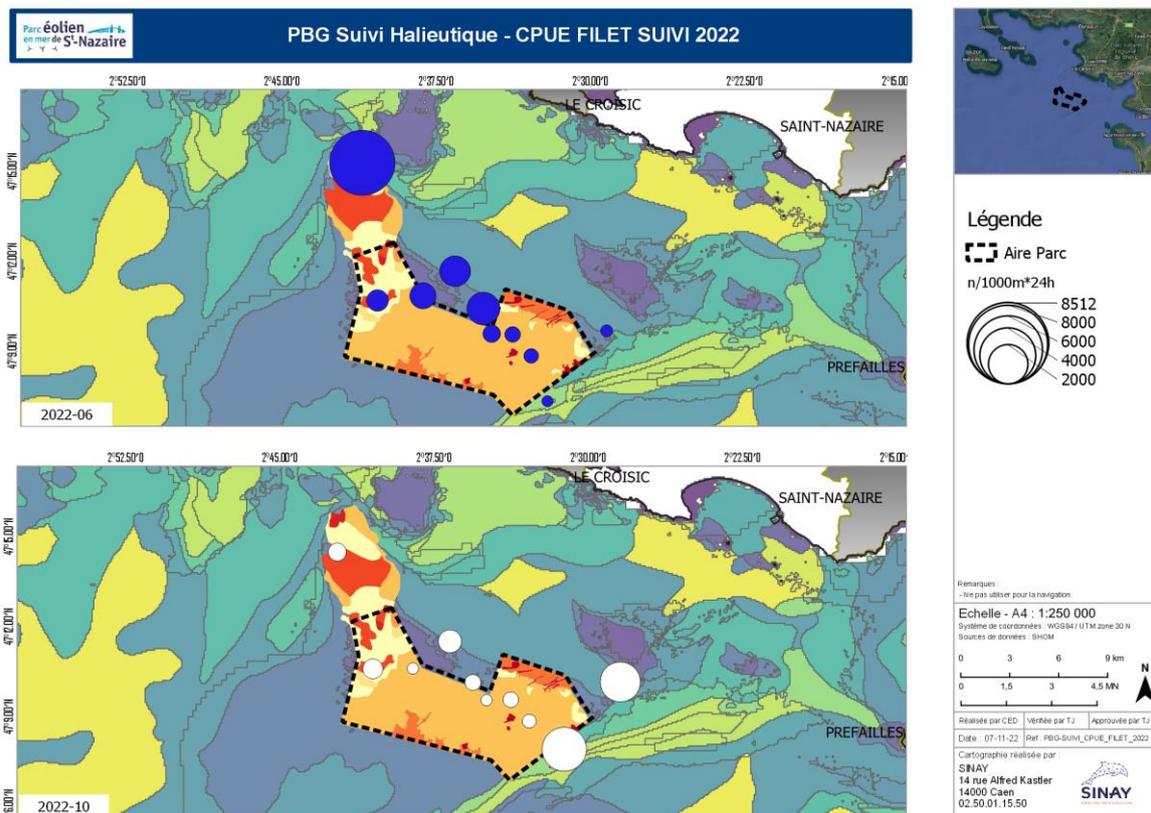


Figure 60 : Carte des CPUE au filet ($n/1000m*24h$) en 2022.

Une différence importante dans la répartition spatiale des CPUE est observable entre juin et octobre 2022. Cette différence est explicable par un biais opérationnel qui sera abordé en discussion : les filets ont été filés d'Ouest en Est (en commençant par la station la plus à l'ouest) dans les deux cas, mais virés d'Ouest en Est (donc dans le même ordre) en juin et d'Est en Ouest (donc en ordre inverse) en octobre, ce qui cause une différence de temps d'immersion.

Si l'on tient compte de cette inversion, les ordres de grandeur des CPUE de juin 2022 sont similaires à ceux constatés précédemment ; en revanche, les captures sont sensiblement inférieures en octobre 2022 en comparaison de toutes les missions précédentes.

7.2.5 ASSEMBLAGE DES ESPÈCES

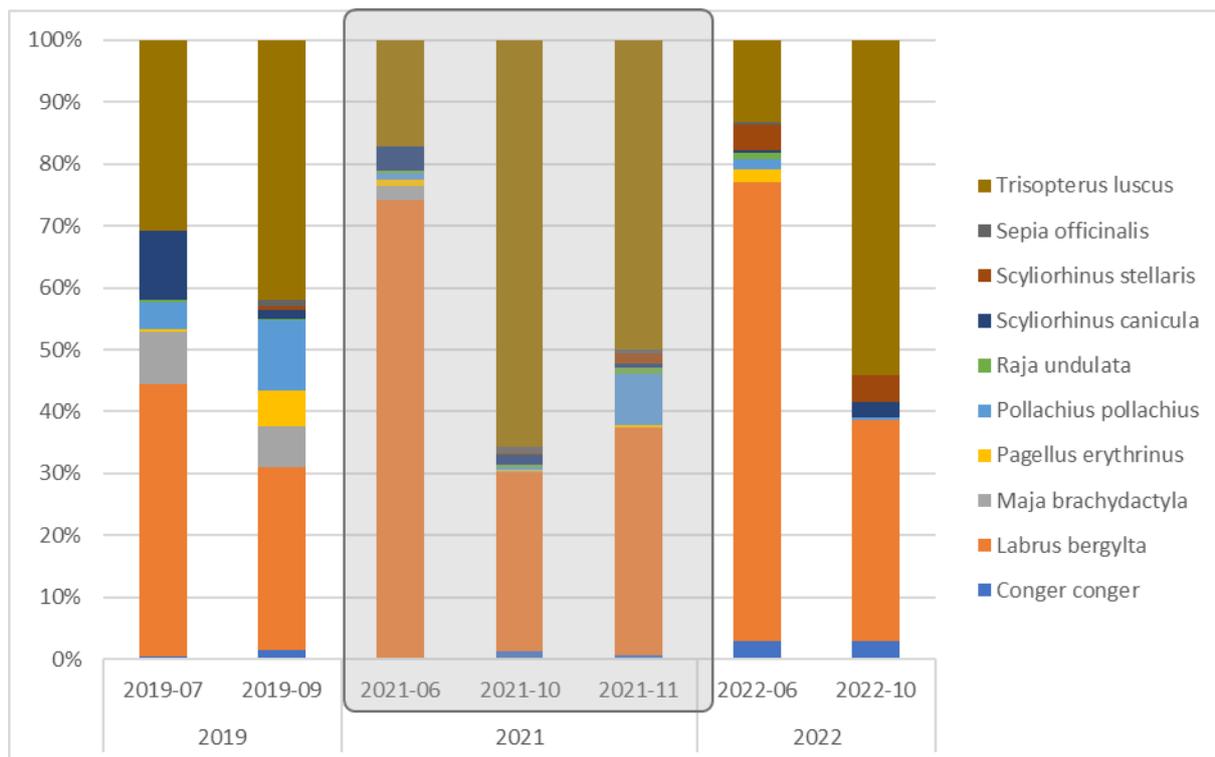


Figure 61 : Assemblage des 10 espèces les plus fréquemment observées par mission. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.

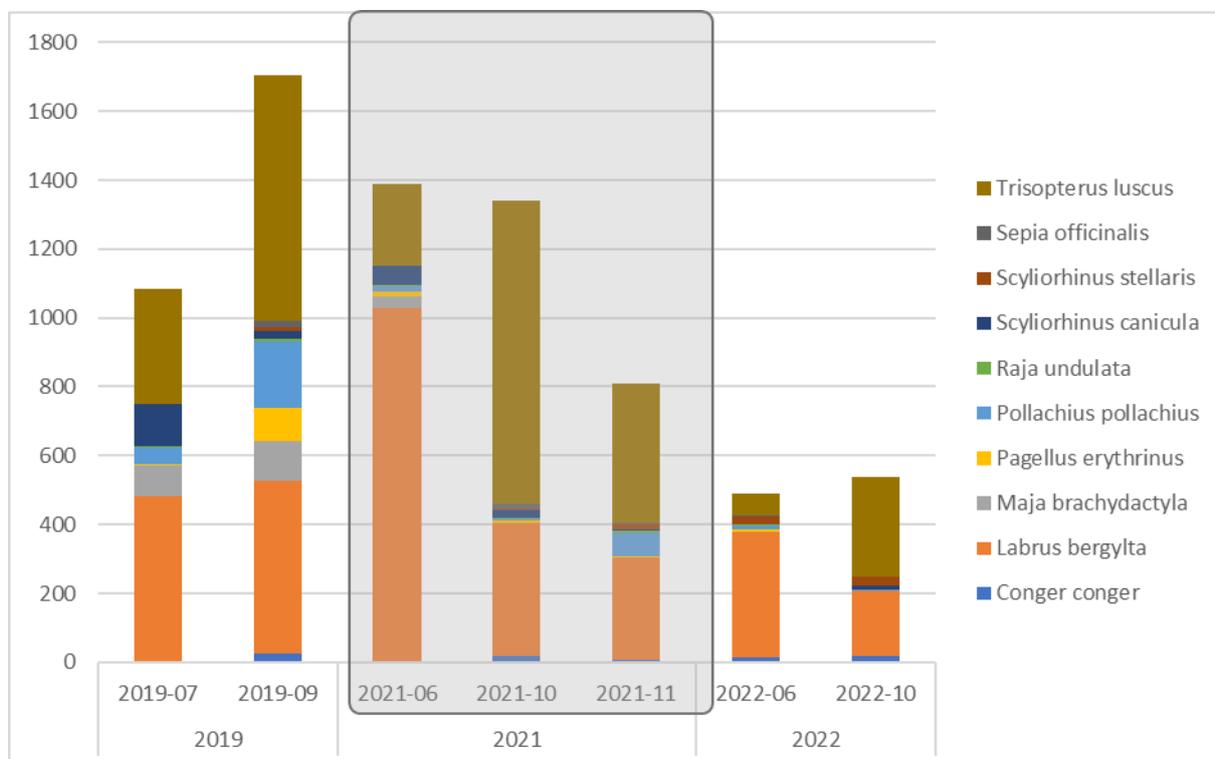


Figure 62 : Assemblage des 10 espèces les plus fréquemment observées en fonction de l'abondance (n/1000m*24h) par mission. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.

D'un point de vue général, la Vieille et le Tacaud présenteraient les valeurs de fréquence d'occurrence les plus élevées avec 41,05 et 36,97 %, soit 78,02 du total (Figure 61). Les autres espèces complétant l'assemblage observé présentent des valeurs de fréquence d'occurrence inférieures à 50,00 %. Ces espèces sont la Grande et la Petite roussettes, la Raie brunette, le Lieu jaune, l'Araignée de mer, le Pageot commun et le Congre d'Europe.

L'assemblage observé au moyen des prélèvements semble rester similaire d'une mission à l'autre.

La Figure 62 montre une diminution de l'abondance générale à partir de 2021 et les valeurs les plus faibles sont mesurées en 2022. Ainsi on peut observer une forte abondance de Vieille au début de l'étude de suivi en construction (2021-06), largement supérieure à celle constatée lors de l'état de référence, qui diminue fortement en automne 2021 et se stabilise à un niveau bas. L'abondance de Tacaud semble suivre une tendance saisonnière car pour les trois années étudiées, elle est plus élevée en automne qu'en début d'été ; on constate également que l'abondance de cette espèce atteint son maximum au cours des travaux de construction, mais aussi son minimum juste après la fin de ceux-ci. Dans ce cas, il est plus probable que des facteurs de variabilité autres que les travaux eux-mêmes soient responsables de ces différences.

La Vieille et le Tacaud restent nettement les deux espèces dominantes.

7.2.6 ÉTUDE MONOSPÉCIFIQUE

Les figures et tableaux présentés ci-dessous constituent une synthèse des CPUE et mensurations relevées pour les cinq espèces les plus fréquemment observées au cours des missions de 2013 à 2021. Les graphiques de distribution en taille sont présentés en annexe.

- La Vieille commune

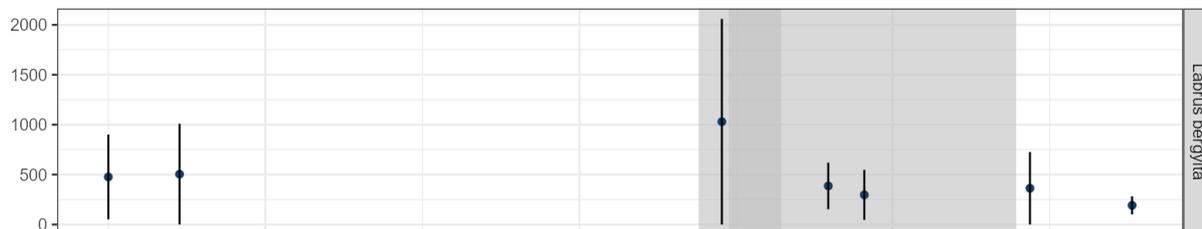


Figure 63 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des Vieilles communes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Les CPUE calculées indiquent que la Vieille est la plus abondante au début de la période de suivi en phase construction ; en revanche, cette abondance diminue fortement dès l'automne 2021, pour ne même plus atteindre le niveau de l'état de référence.

Tableau 22 : Synthèse des tailles (mm) relevées de la Vieille commune au cours des missions.

<i>Labrus bergylta</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	352 ± 48			496
2019-07	344 ± 45	200	490	285
2019-09	363 ± 50	240	520	211
2021	373 ± 61			731
2021-06	352 ± 52	180	540	279
2021-10	388 ± 63	200	500	257
2021-11	385 ± 62	200	520	195
2022	376 ± 72			245
2022-06	391 ± 68	200	490	144
2022-10	354 ± 73	240	520	101

La taille moyenne des Vieilles mesurées au cours des 7 missions est de 368,14 mm. La plus petite taille est mesurée au cours de la mission de juin 2021 (180 mm, Tableau 23). La longueur moyenne la plus grande est calculée pendant la période de travaux.

180 mm est considéré comme la taille de première maturité. Basé sur cette hypothèse, aucun individu juvénile n'a été prélevé au cours des campagnes ; cependant, une étude (Villegas-Ríos, 2013) tend à montrer une maturité de 50% des individus entre 230 et 241 mm, et une maturité de la totalité des individus à 290 mm.

- Le Tacaud Commun

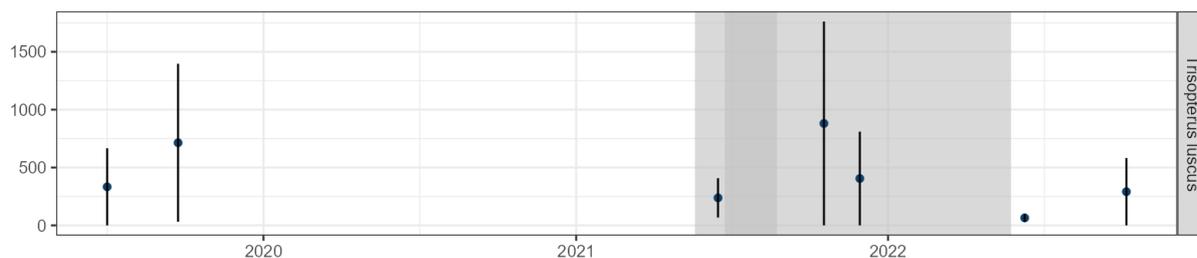


Figure 64 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des Tacauds communs au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Comme indiqué plus avant, il semble que les tacauds soient plus présents dans les prélèvements en automne. Cependant, il est à remarquer que c'est après la période de travaux que la plus faible abondance est observée pour cette espèce. Les plus fortes CPUE sont celles du mois d'octobre 2021, alors que les travaux étaient en cours.

Tableau 23 : Synthèse des tailles (mm) relevées du Tacaud Commun au cours des missions.

<i>Trisopterus luscus</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	224 ± 47			646
2019-07	227 ± 49	150	370	262
2019-09	222 ± 45	130	390	384
2021	211 ± 36			320
2021-06	212 ± 44	150	340	104
2021-10	210 ± 35	110	340	101
2021-11	211 ± 28	130	320	115
2022	218 ± 35			89
2022-06	229 ± 47	150	370	29
2022-10	213 ± 25	160	290	60

La taille moyenne des Tacauds mesurés au cours des 7 missions est de 217,71 mm. La plus petite taille de 110 mm de Tacaud est mesurée au cours de la mission d'octobre 2021.

La taille de première maturité est de 215 mm ; la taille à maturité est comprise entre 210 et 250 mm (<https://www.fishbase.de/summary/Trisopterus-luscus.html>).

L'état de référence avait conclu que la plupart des individus de cette espèce prélevés étaient des juvéniles. Il en est de même pour le suivi en phase construction.

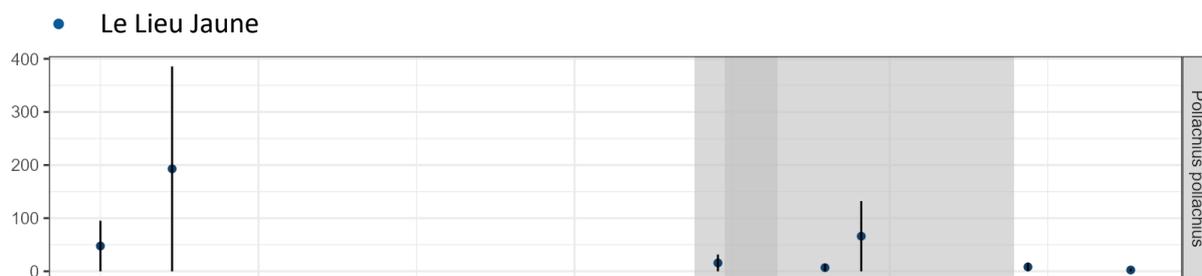


Figure 65 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des lieux jaunes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Les CPUE de cette espèce sont globalement faibles, sauf lors de la mission en automne de l'état de référence (2019-09). Très peu de captures de Lieu Jaune ont été notées lors du suivi en phase de construction. Les prélèvements de juin et octobre 2021 ont eu lieu simultanément avec des travaux de forage et de battage ; en novembre 2021, des travaux ont eu lieu la veille de la mission. L'effet d'effarouchement ne peut pas expliquer totalement les observations, car les plus faibles captures sont observées après la fin des travaux.

L'espèce, dont la ressource diminue au moins localement (Figure 66), est sensible à l'exploitation et aux atteintes au milieu naturel. La ressource disponible et vendue en criée du Croisic est en forte diminution depuis 2017. Les faibles prélèvements sont probablement liés à cette faible disponibilité.

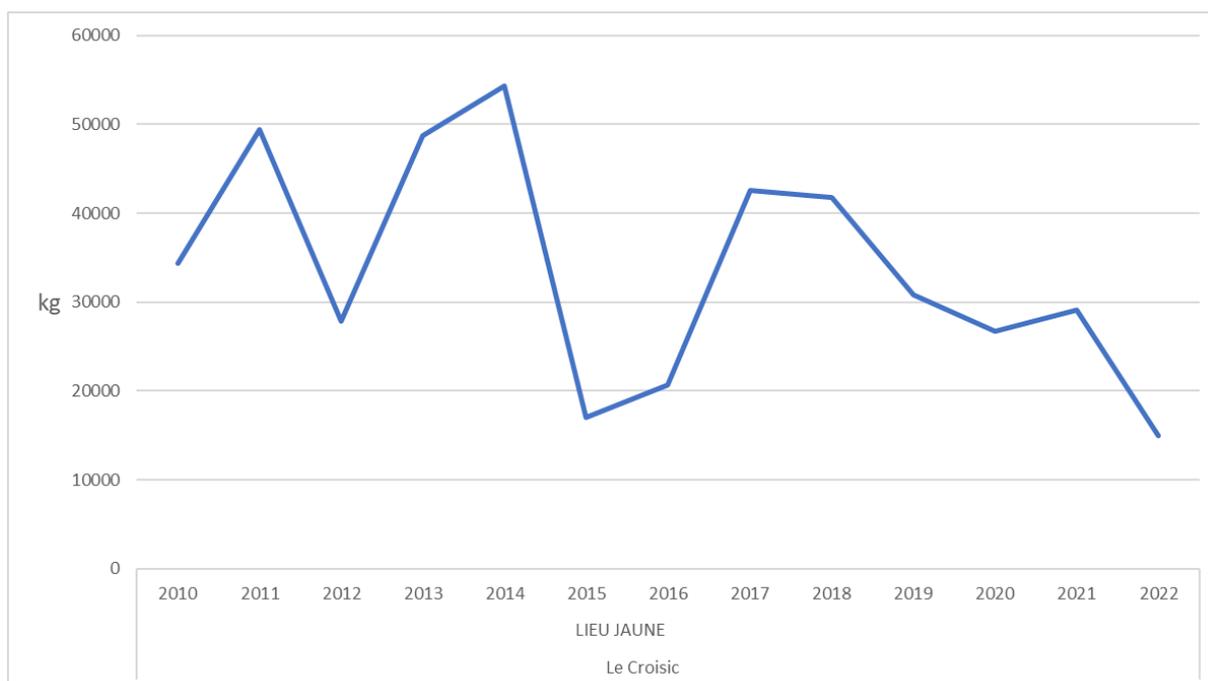


Figure 66: Ventes annuelles de Lieu Jaune à la criée du Croisic pour la période 2010-2022. Source FranceAgriMer.

Tableau 24 : Synthèse des tailles (mm) relevées du Lieu Jaune au cours des missions.

<i>Pollachius pollachius</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	481 ± 64			94
2019-07	455 ± 51	320	580	29
2019-09	493 ± 66	280	710	65
2021	514 ± 78			46
2021-06	478 ± 36	420	540	14
2021-10	440 ± 84	340	580	6
2021-11	550 ± 72	390	690	26
2022	503 ± 136			6
2022-06	510 ± 133	320	640	4
2022-10	490 ± 140	350	630	2

La taille moyenne des lieux jaunes mesurés pendant les 7 missions est de 488,00 mm (

Tableau 24). Pendant les missions de 2019 (définition de l'état de référence) et 2021 (suivi en phase de travaux), l'écart entre le plus grand et le plus petit Lieu Jaune mesuré est réduit. En effet, l'individu le plus grand est mesuré au cours de la mission de septembre 2019 avec une longueur de 710 mm.

La taille limite de capture est de 300 mm. La taille à maturité de l'espèce est estimée autour de 400 mm. La plupart des individus capturés au filet sont des adultes arrivés à maturité sexuelle. Considérant la taille minimum, une faible partie des individus sont des juvéniles.

- La Petite roussette

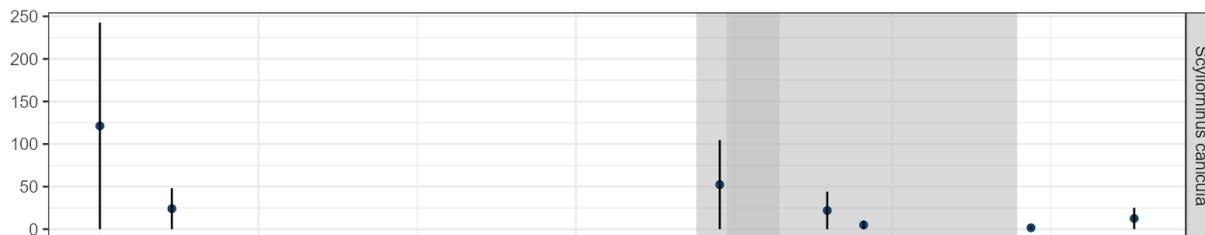


Figure 67 : Évolution des CPUE (n/1000m * 24h) des petites roussettes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Les CPUE de cette espèce ont été les plus importantes lors de la première mission de l'étude de l'état de référence (2019-06), puis ont été basses à très basses en automne 2019 et durant tout le suivi en phase de construction et après la fin des travaux.

Tableau 25 : Synthèse des tailles (mm) relevées de la petite roussette au cours des missions.

<i>Scyliorhinus canicula</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	608 ± 28			69
2019-07	610 ± 29	530	670	52
2019-09	604 ± 26	550	650	17
2021	609 ± 26			30
2021-06	613 ± 28	580	660	20
2021-10	610 ± 21	580	640	7
2021-11	587 ± 12	570	600	3
2022	618 ± 27			6
2022-06	640 ± 0	640	640	1
2022-10	614 ± 28	560	640	5

La taille moyenne des petites roussettes mesurées au cours des 7 missions est de 611,14 mm (Tableau 25). On n'observe pas de variation majeure dans les tailles mesurées des petites roussettes.

- L'Araignée de mer

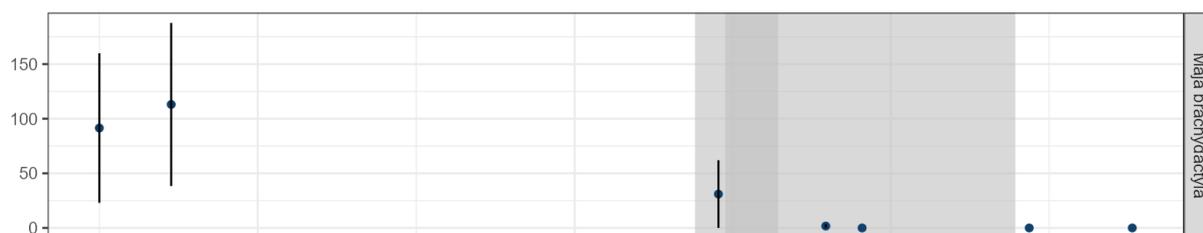


Figure 68 : Évolution de la longueur (mm) des Araignées de mer au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

Les CPUE reflètent les effectifs capturés, elles sont importantes lors de l'état de référence et faibles à nulles lors du suivi en phase de construction.

Tableau 26 : Synthèse des tailles (mm) relevées de l'Araignée de mer au cours des missions.

<i>Maja brachydactyla</i>	Taille moy. (mm)		Taille min. (mm)		Taille max. (mm)		Effectif	
	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
2019	128 ± 12	135 ± 18					81	79
2019-07	137 ± 6	138 ± 16	123	107	147	175	17	55
2019-09	126 ± 12	128 ± 20	84	101	148	167	64	24
2021	121 ± 10	119 ± 11					14	16
2021-06	120 ± 10	119 ± 11	106	98	138	147	12	16
2021-10	125 ± 13	-	112	-	138	-	2	0
2021-11	-	-	-	-	-	-	0	0
2022	-	-	-	-	-	-	0	0
2022-06	-	-	-	-	-	-	0	0
2022-10	-	-	-	-	-	-	0	0
Total	127 ± 12	132 ± 18					95	95

La taille moyenne des Araignées de mer prélevées au cours des 7 missions est de 127 mm pour les femelles et 132 mm pour les mâles (Tableau 26). Le gros des effectifs a été capturé lors de l'étude d'état de référence, très peu au cours du suivi en construction.

7.2.7 ANALYSE MULTIVARIÉE

Les analyses multivariées permettent d'identifier objectivement les ressemblances et les différences de peuplements des stations suivies au cours du temps, tout en tenant compte des conditions environnementales. Leur interprétation est rendue possible par la description des indicateurs présentés dans les parties précédentes (qualité de la colonne d'eau, richesse, abondance et diversité spécifique des peuplements). La Figure 69 montre les résultats obtenus dans le cadre de l'analyse des résultats des prélèvements au filet.

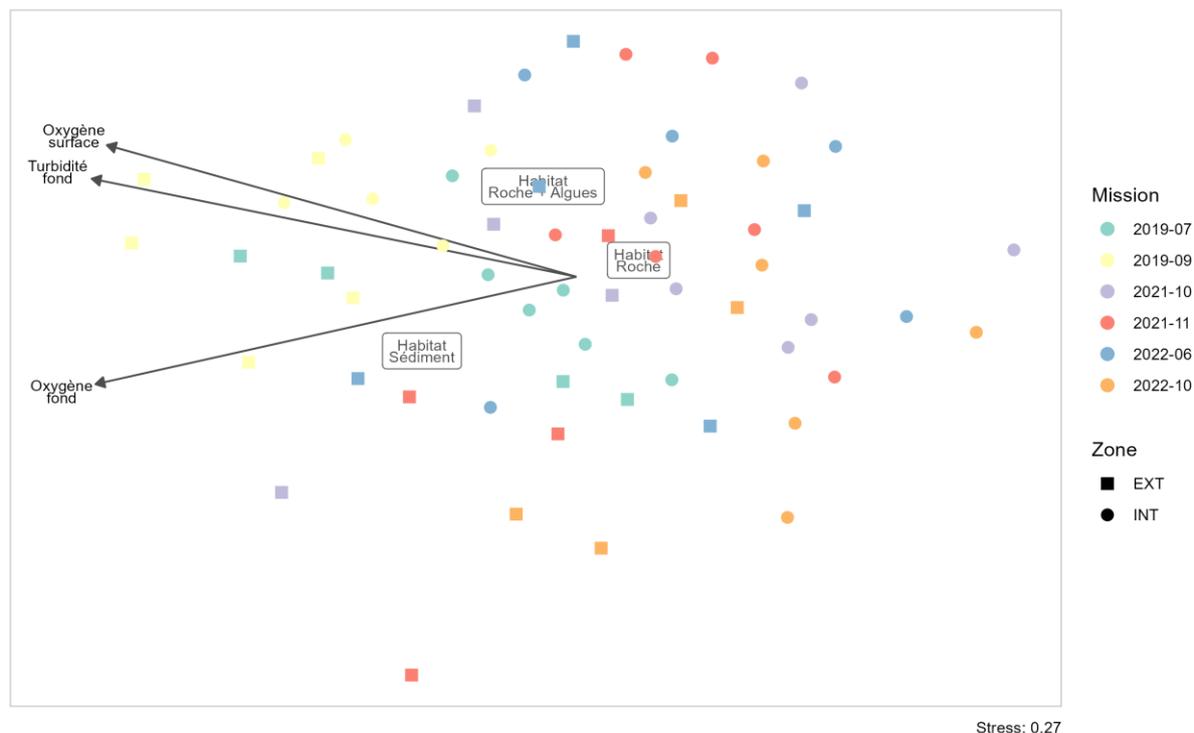


Figure 69 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,27.

Les points correspondent à toutes les stations échantillonnées (de A à J) pendant 6 campagnes à l'intérieur et à l'extérieur du parc entre juillet 2019 et octobre 2022 (Figure 69). Ils sont répartis de façon homogène dans l'ensemble du plan en fonction des valeurs de température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence en surface et au fond de la colonne d'eau, du type d'habitat (« Roches + Algues », « Roche », « Sédiment »).

Les points des stations à l'intérieur et à l'extérieur du parc ne sont pas séparés, ce qui signifie qu'aucune différence de peuplement n'est détectée en fonction de ce paramètre. De gauche à droite, se succèdent les stations regroupées entre elles en fonction de leur mois d'échantillonnage, indépendamment de l'année. L'influence de la saison sur la structuration des peuplements semble ainsi être forte.

La partie gauche du graphique est donc occupée par les stations échantillonnées en été et en début d'automne. Les paramètres associés à ces peuplements sont la teneur en oxygène de surface et de fond ainsi que la turbidité du fond. Leurs valeurs correspondantes sont supérieures à celles des autres stations.

Les différences de peuplement observées, sont donc principalement associées à une évolution saisonnière. Selon l'axe vertical, quelques stations, majoritairement extérieures au parc sont isolées. De plus, les types d'habitat « Roches + Algues », « Roche » et « Sédiment » apparaissent centre du

graphique, comme ayant une influence caractérisée sur les peuplements. Cependant, cette différence semble principalement associée à la méthode d'échantillonnage (différence de temps de capture des engins déployés et positionnement des stations).

En phase de construction, malgré une diminution globale des CPUE, aucun effet sur les ressources halieutiques capturées au filet n'est clairement identifié au moyen de l'analyse multivariée.

7.2.8 COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DE L'ÉTAT DE REFERENCE DES CAMPAGNES « FILETS A POISSONS ET CRUSTACES »

Les analyses des résultats des neuf missions effectuées montrent que les abondances spécifiques calculées seraient inférieures après la période de travaux, en 2022 alors qu'elles seraient fortes ou moyennes avant et pendant ces derniers. La diversité et l'équitabilité spécifiques évolueraient peu au cours du suivi, avant pendant et après les travaux.

- **Les espèces caractéristiques des captures au filet seraient La Vieille commune et le Tacaud Commun omniprésents dans les prélèvements. La Petite roussette serait présente dans plus de la moitié de ces derniers.**
- **En 2022 uniquement des différences seraient observées principalement du fait d'une différence dans la méthode de déploiement du matériel.**
- **Une diminution de l'abondance générale serait observée à partir de 2021 et les valeurs les plus faibles seraient mesurées en 2022. Les travaux ne semblent pas identifiés comme étant la cause de cette diminution. L'étude des ventes sous criée du Croisic démontrerait en effet une diminution des captures côtières des principales espèces observées dans l'étude, à une échelle bien plus large que celle des effets du projet.**

7.3 CAMPAGNES MÉTIER « CASIER À CRUSTACÉS » (MSU5)

7.3.1 ABONDANCE TOTALE PAR MISSION

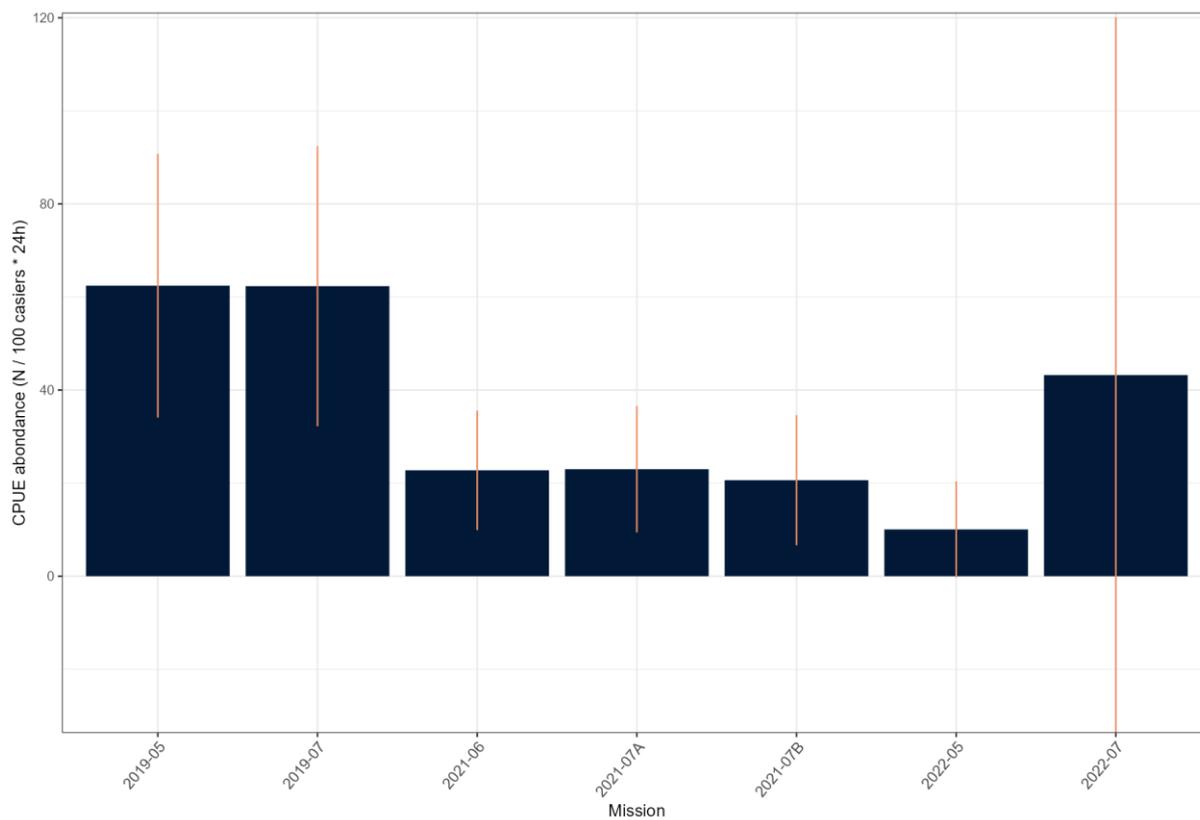


Figure 70: CPUE en nombre d'individus, toutes espèces confondues pour les missions aux casiers.

Les missions de juin 2021 et les 2 de juillet 2021 ont connu les plus faibles captures d'individus avec respectivement 22,60 ; 22,99 et 20,63 individus dans 100 casiers laissés 24h à l'eau. Enfin, les missions de 2019 révèlent une faible abondance d'espèces allant de 62,33 à 62,42 individus dans 100 casiers mis à l'eau pendant 24h.

Ces résultats sont à pondérer car les zones d'échantillonnage n'ont pas été les mêmes d'année en année du fait de plusieurs paramètres dont la météorologie.

7.3.2 INDICE DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Tableau 27: Indice de diversité biologique des espèces prélevées par mission 2013-2022.

Année / Mission	S	H	J
2019	2,92 ± 0,73	0,87 ± 0,26	0,83 ± 0,16
2019-05	2,77 ± 0,7	0,81 ± 0,27	0,81 ± 0,19
2019-07	3,08 ± 0,73	0,92 ± 0,23	0,85 ± 0,12
2021	2,00 ± 0,78	0,43 ± 0,32	0,51 ± 0,36
2021-06	1,69 ± 0,72	0,26 ± 0,24	0,33 ± 0,32
2021-07A	2,38 ± 0,74	0,61 ± 0,25	0,69 ± 0,25
2021-07B	1,92 ± 0,73	0,43 ± 0,36	0,51 ± 0,39
2022	1,64 ± 0,77	0,34 ± 0,36	0,41 ± 0,41
2022-05	1,73 ± 0,96	0,44 ± 0,43	0,5 ± 0,46
2022-07	1,55 ± 0,5	0,23 ± 0,24	0,33 ± 0,34

Les indices de diversité calculés par mission sont présentés dans le Tableau 27 et commentés ci-dessous.

- Indice de richesse spécifique (S)



Figure 71 : Indice S de richesse spécifique au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

On observe que la richesse spécifique est plus importante pendant l'étude de l'état initial avec 2,92 espèces en moyenne.

En 2019 on observe que pendant les mois de juin et juillet la richesse spécifique est plus importante. En effet en juin 23,00 espèces de crustacés sont observées et en juillet 2019 on remarque 3,08 espèces différentes.

En 2021 on remarque une nette baisse de la richesse des espèces de manière générale par rapport aux résultats de la définition de l'état de référence. On note la richesse la plus faible de toutes avec 1,69 espèces différentes en juin et 1,92 en juillet. Cette diminution du nombre d'espèces présentes dans les prélèvements est accrue dans les résultats de 2022 et la richesse spécifique la plus faible est observée hors période de travaux de construction, à la fin de l'étude de suivi.

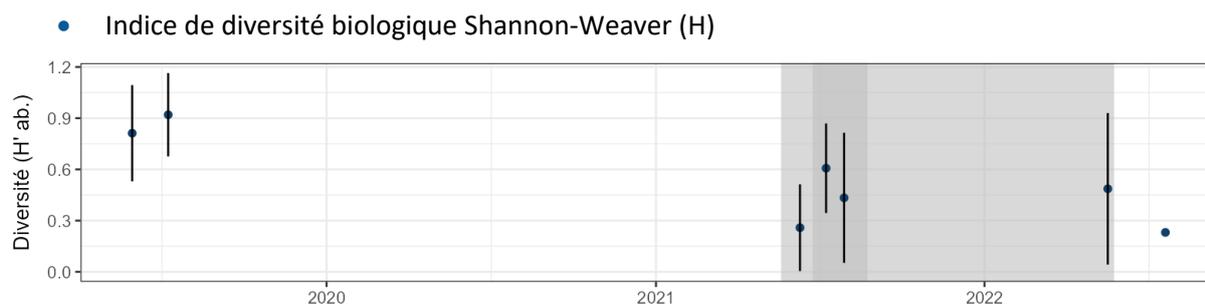


Figure 72 : Indice H de diversité spécifique au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

L'étude d'état initial de 2019 révèle un indice de diversité plus important (0,87) que celui des missions réalisées au cours du suivi en phase de construction.

Ces chiffres suivent de près la tendance de richesse spécifique (indice S) observée dans le paragraphe précédent.

En 2019 les indices sont les plus hauts pendant les deux missions réalisées en mai (0,81) et en juillet (0,92). Ces valeurs restent toutefois basses et traduisent une diversité faible, comme peut l'indiquer la richesse spécifique vue précédemment.

Les valeurs de diversité spécifique du suivi en phase de construction sont toujours largement inférieures à l'état initial, avec des valeurs très faibles notamment en début et fin de suivi.

En 2021 on relève les indices les plus faibles en termes de diversité biologique pendant l'ensemble des

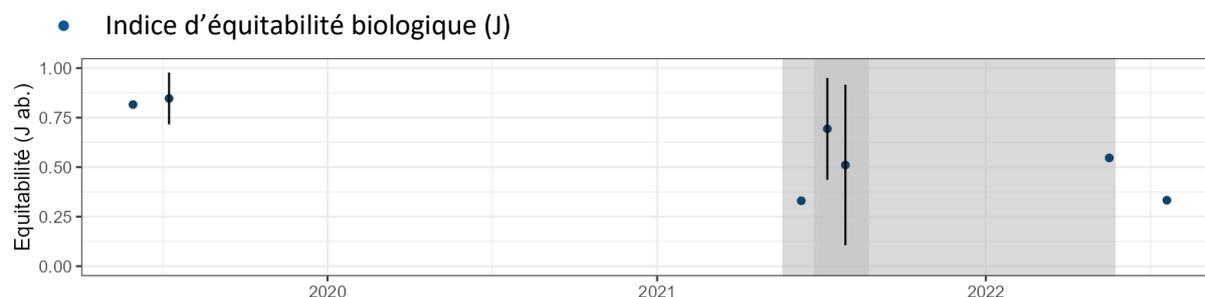


Figure 73 : Indice J d'équitabilité spécifique au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en grisé (préparation de sol en foncé).

L'équitabilité observée au cours de l'étude de l'état initial étaient haute (> 0,75).

Elle est faible, voire très faible pour les missions du suivi en phase de construction. Les peuplements ne sont pas équilibrés, ils sont probablement, en plus d'être faiblement diversifiés, dominés en effectifs par une espèce ; des précisions sont apportées à ce sujet dans la partie traitant des assemblages d'espèces.

7.3.3 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Tableau 28 : Fréquence d'occurrence de l'ensemble des espèces observées en pourcentage du nombre de prélèvements.

Espèce	Nom commun	2019	2021	2022	2019-2022 ¹⁶
<i>Homarus gammarus</i>	Homard	100	100	71	92
<i>Maja brachydactyla</i>	Araignée de mer	100	54	0	52
<i>Cancer pagurus</i>	Tourteau	42	33	33	36
<i>Necora puber</i>	Étrille	50	13	0	20
<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe	0	0	54	15
<i>Labrus bergylta</i>	Vieille commune	0	0	5	1
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Grande roussette	0	0	5	1
<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud Commun	0	0	5	1

Le Tableau 28 nous indique que parmi les 8 espèces observées pendant l'ensemble des missions, le Homard et l'Araignées sont les deux espèces les plus fréquemment retrouvées.

En 2019 et 2021, les Homards ont été observés dans 100 % des missions réalisées. Cependant en 2022 on remarque une baisse conséquente de leur présence avec 71 % de fréquence d'occurrence.

L'Araignée présente une fréquence d'occurrence décroissante au cours des missions avec. On la retrouve dans 100 % des prélèvements en 2019, 54 % en 2021 et 0 % en 2022.

Le Tourteau est commun et présent dans l'ensemble des prélèvements réalisés jusqu'en 2022. Sa fréquence d'occurrence est de 42 % en 2019 et 33 % en 2021 et 2022.

La fréquence d'occurrence de l'Étrille suit la même progression que celle de l'araignée. Sa valeur est de 50 % en 2019, 13 % en 2021 et elle est absente en 2022.

Les résultats de 2021 sont à pondérer. En effet les missions ont été réalisées sur un substrat différent de celui des autres années (substrat rocheux très apprécié des Homards et pas des Araignées).

Le Poulpe présente un cas particulier avec une seule année de présence et fréquence d'occurrence supérieure à la moyenne (54 %), comme dans le cas d'une prolifération. Les trois autres espèces, la Vieille, la Grande roussette et le Tacaud ne sont observés qu'en 2022 mais avec des valeurs de fréquence d'occurrence inférieures (5 %).

¹⁶ Cette fréquence d'occurrence « totale » est calculée pour l'ensemble des prélèvements réalisés au cours des deux études.

7.3.4 CPUE

Tableau 29: CPUE (n/100 casiers * 24h) par espèce et par mission.

Année / Mission	<i>Cancer pagurus</i>	<i>Homarus gammarus</i>	<i>Maja brachydactyla</i>	<i>Necora puber</i>	<i>Octopus vulgaris</i>
2019	2,00 ± 6,78	19,1 ± 18,58	29,37 ± 45,00	11,9 ± 31,33	0 ± 0,00
2019-05	1,65 ± 3,58	21,54 ± 11,71	25,54 ± 21,80	13,69 ± 19,01	0,00 ± 0,00
2019-07	2,36 ± 3,20	16,65 ± 6,87	33,21 ± 23,19	10,11 ± 12,33	0,00 ± 0,00
2021	2,87 ± 14,97	16,22 ± 29,81	2,35 ± 8,95	0,69 ± 3,17	0 ± 0
2021-06	0,61 ± 1,25	20,18 ± 12,47	1,97 ± 3,14	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
2021-07A	0,96 ± 1,59	16,92 ± 11,98	3,05 ± 3,20	2,06 ± 3,17	0,00 ± 0,00
2021-07B	7,03 ± 12,14	11,56 ± 5,37	2,04 ± 2,62	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
2022	15,12 ± 78,94	6,81 ± 13,83	0 ± 0	0 ± 0	4,44 ± 13,98
2022-05	0,40 ± 0,85	1,56 ± 1,57	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	7,55 ± 10,88
2022-07	29,83 ± 78,09	12,06 ± 12,26	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,33 ± 3,10

Les 7 missions de prélèvement réalisées entre 2019 et 2022 ont permis d'observer 8 espèces différentes dont 5 de manière autre qu'accidentelle (Tableau 29). On remarque principalement des Crustacés avec l'Araignée de mer, le Tourteau, l'Étrille, le Homard et un Mollusque, le Poulpe en 2022.

L'Araignée de mer est quasiment absente en 2021 et absente en 2022 alors qu'en 2019 ses valeurs de CPUE sont les plus fortes.

Le Tourteau est la seconde espèce la plus capturée. En 2019 et 2021 il est quasiment absent des observations.

Le Homard est observé dans l'ensemble des missions. Il est représenté en quantité équivalente lors de l'état de référence et les premiers prélèvements de l'étude en phase de construction, ensuite les CPUE diminuent.

L'Étrille est absente de la plupart des prélèvements réalisés pendant la construction.

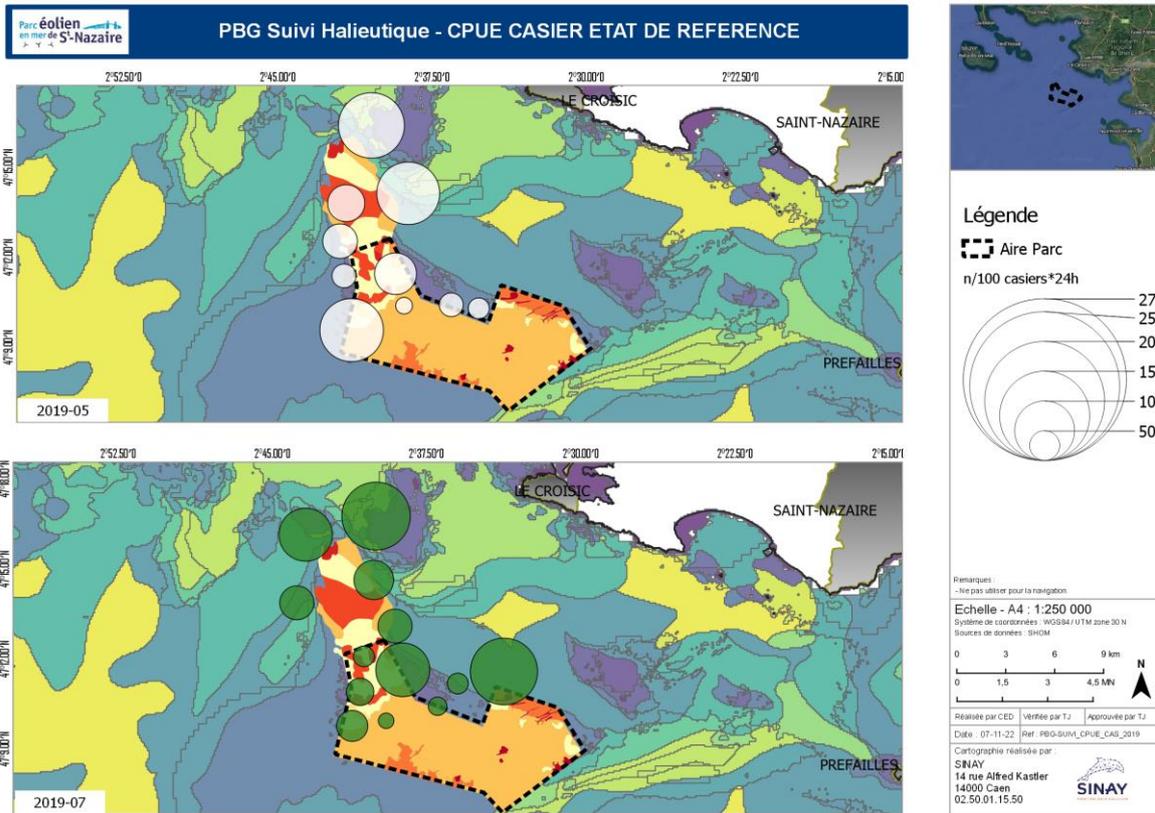


Figure 74 : Carte des CPUE au casier (n/100 casiers*24h) en 2019.

L'ordre de grandeur des CPUE pour ces missions est le même. L'année 2019, autrement dit celle de l'étude de l'état de référence, a été marquée par des CPUE plus importantes que celles du suivi en phase de construction, notamment pour l'Araignée de Mer et l'Étrille (Figure 74).

Les captures d'Araignée ont été plus importantes en juillet, notamment à la limite entre le Banc de Guérande rocheux et les fonds meubles (graviers et cailloutis) situés entre le Banc et la côte.

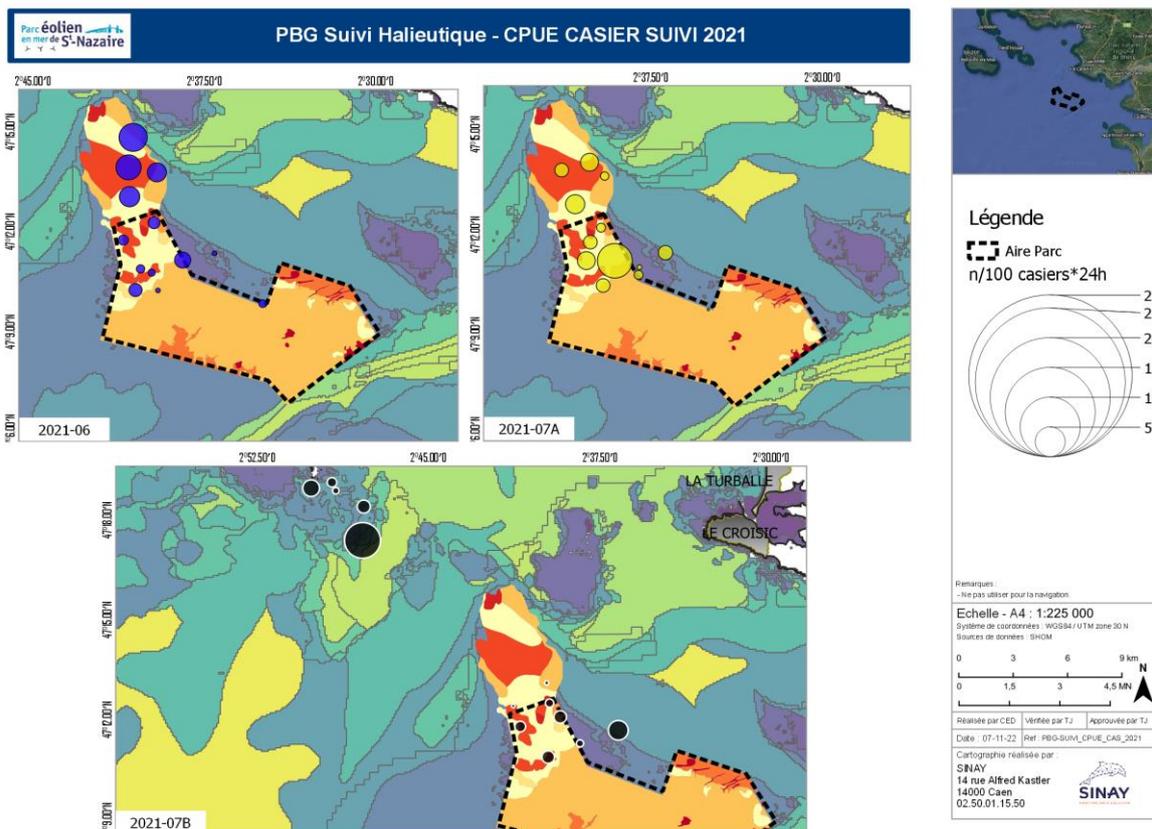


Figure 75 : Carte des CPUE au casier (n/100 casiers*24h) en 2021.

Les CPUE au cours de la première année de construction du parc éolien sont basses pour l'ensemble des missions de 2021 (Figure 75). L'absence d'Araignée de mer et d'Étrille est en majorité responsable de cette différence avec l'état de référence, en effet les CPUE de Homard et tourteau n'ont pas notablement évolué.

La seconde mission de juillet (2021-07B) a été l'occasion de prospecter une zone de sédiments située au Nord-Ouest, habituellement fréquentée par le Tourteau à cette époque (source : pêcheurs professionnels). Les résultats montrent une faible abondance de cette espèce en comparaison avec ce qui était attendu. Plus de précisions sont apportées à ce sujet dans la partie traitant des espèces individuellement.

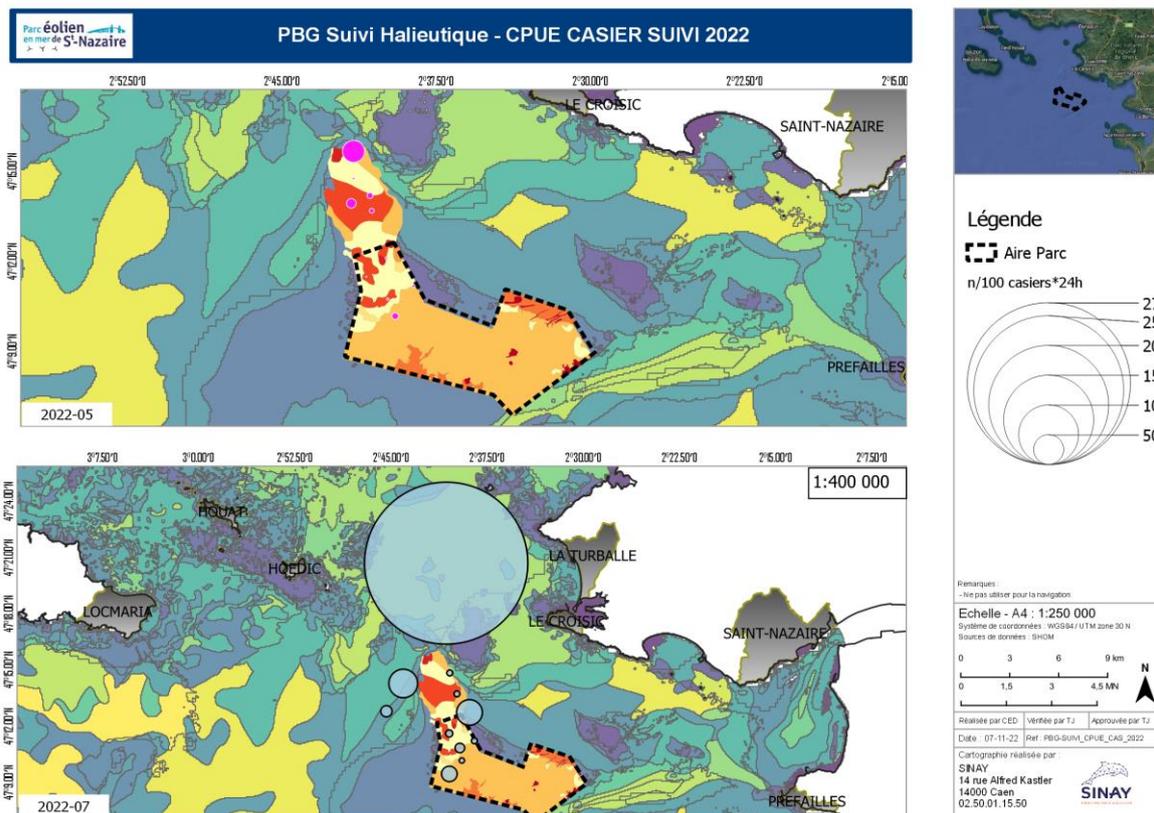


Figure 76 : Carte des CPUE au casier (n/100 casiers*24h) en 2022.

La seconde année de suivi en phase de construction est marquée par les résultats de la première mission (2022-05) pour laquelle les CPUE sont très basses pour toutes les espèces. Les conditions de mer représentent le principal facteur qui a pu impacter les captures indépendamment de leur localisation. Une forte houle aurait ainsi empêché les casiers d’attirer correctement les crustacés, eux-mêmes probablement abrités.

Lors de la seconde mission, les CPUE sont du même ordre de grandeur qu’en 2021 sauf pour une station située au Nord du Banc de Guérande, pour laquelle de fortes CPUE de Tourteau sont observées (Figure 76).

7.3.5 ASSEMBLAGE DES ESPÈCES

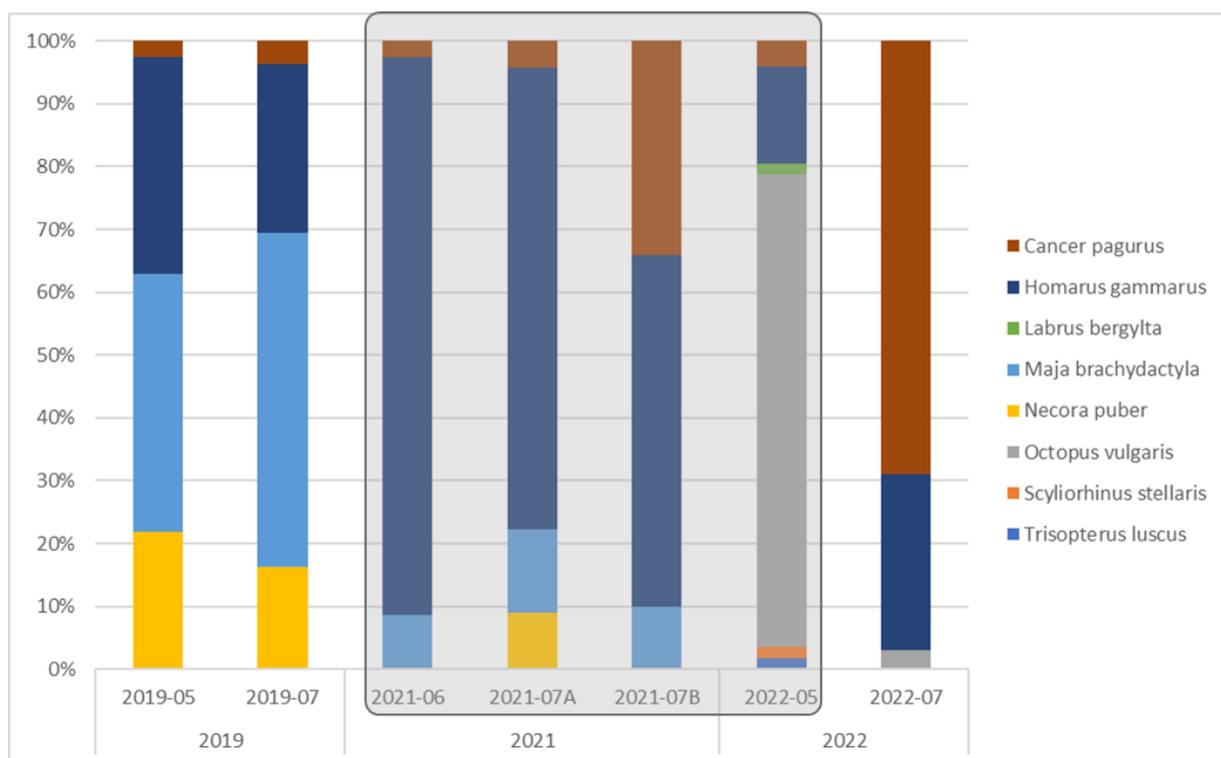


Figure 77: Assemblage des espèces observées par mission en pourcentage de CPUE. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.

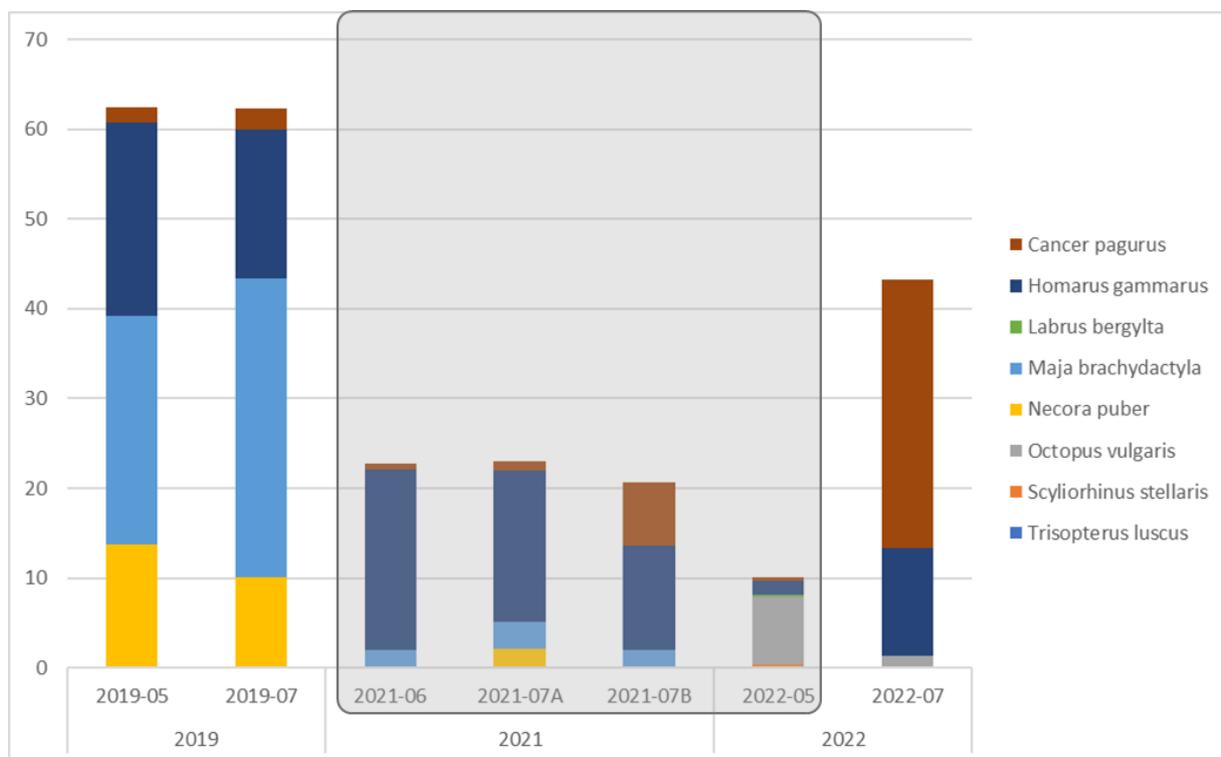


Figure 78: CPUE par espèce et par mission (en n/100 casiers*24h). La période affectée par les travaux d'installation est superposée en gris.

En analysant les Figure 77 et Figure 78, on observe des différences nettes pour chaque année de prélèvement.

Les espèces les plus fréquemment recensées d'un point de vue général sont le Homard (41,73 %), l'Araignée de mer (27,95 %), le Tourteau (16,21 %) et l'Étrille (10,98 %) représentant 96,98 % de la valeur totale. La valeur obtenue pour le poulpe représente 2,95 %.

En 2019 l'assemblage des espèces prélevées est relativement stable entre mai et juillet. L'Araignée est majoritaire dans l'ensemble des prélèvements (entre 40 % et 50 %) suivie de près par le Homard (environ 30 %). On remarque que 2019 est l'année où l'Étrille est la plus observée, représentant entre 15 et 20 % des captures. Quant au Tourteau, il est minoritaire, représentant moins de 5 % des prélèvements.

En 2021, l'assemblage nous indique clairement une forte proportion de Homard pour l'ensemble des 3 missions réalisées. Il représente plus de 90 % des captures en juin, 70 % en juillet et environs 55 % des captures en septembre. La proportion de l'Araignée de mer reste stable pour les 3 missions avec une représentativité d'environ 10 %. La présence de tourteaux reste faible dans les prélèvements de juin et de juillet (moins de 5 %) mais connaît un rebond en septembre, représentant un peu plus de 30 % de la capture.

De manière générale, on observe que la présence des différentes espèces est à peu près identique au fil des saisons, suivant leur cycle d'évolution classique. En revanche les missions de 2021 révèlent une nette différence en termes d'assemblage mais aussi de nombre de prélèvements pendant les 3 missions réalisées.

En effet les missions 2021 ont été réalisées sur un substrat rocheux (différent des années précédentes du fait de la météo...), substrat apprécié des Homards mais peu des Araignées de mer.

7.3.6 ÉTUDE MONOSPÉCIFIQUE

- Le Homard

La Figure 79 montre une diminution des CPUE du Homard au cours du suivi en construction, mais celle-ci n'est pas remarquable au regard de l'écart-type constaté. Des CPUE très faibles sont observées pour 2022-05, mission au cours de laquelle des difficultés opérationnelles ont été rencontrées, impactant la possibilité de capturer des animaux au casier.

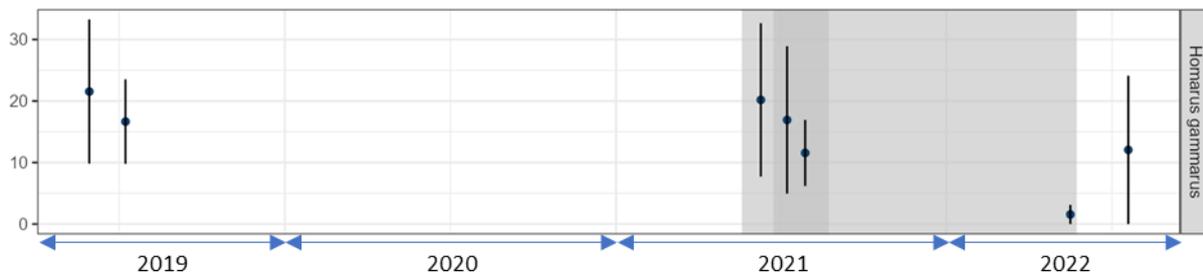


Figure 79 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des Homards au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol/déroctage en foncé).

Le Homard est une des espèces emblématiques de la pêche côtière du port du Croisic, il est ainsi possible de mettre en perspective ces captures avec les données de ventes en criée diffusées par FranceAgriMer, représentatives des captures par les pêcheurs professionnels.

Sur la figure ci-dessous, on peut voir que les ventes de Homard ont connu un pic en 2017 avant de se stabiliser au cours de années 2019-2021 ; les ventes ont chuté en 2022 à un niveau équivalent à celui de 2014-2015

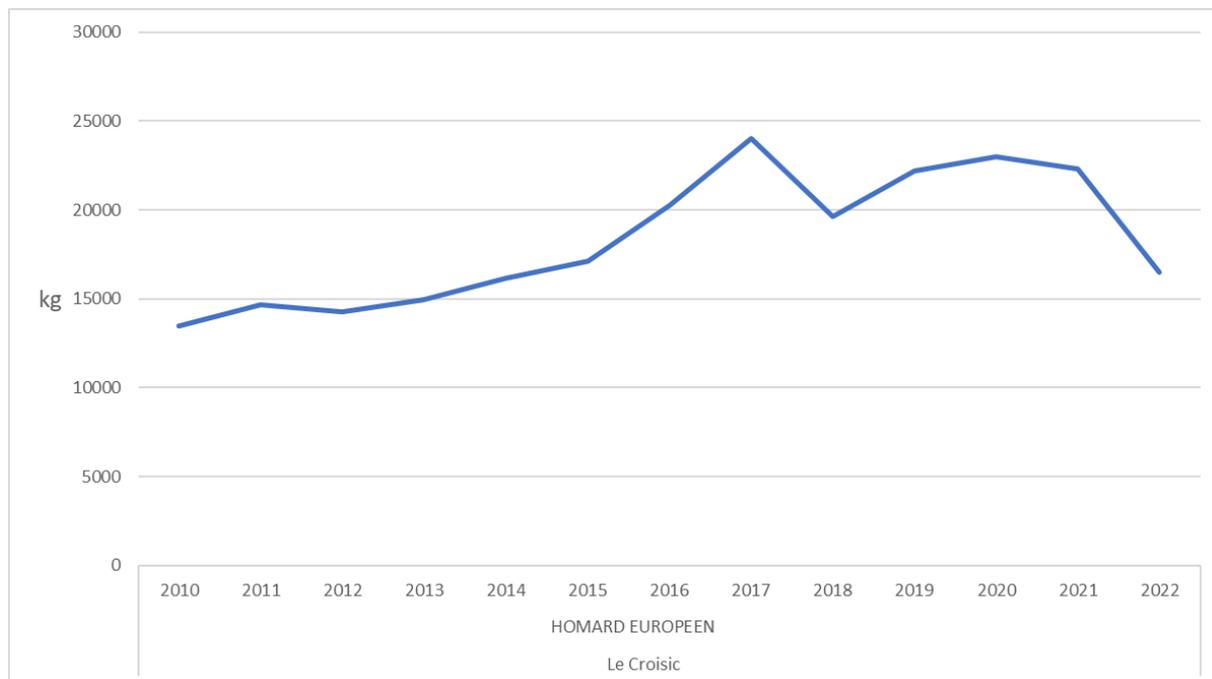


Figure 80: Ventes annuelles de Homard Européen à la criée du Croisic sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.

Sur la figure ci-dessous, une observation plus détaillée (par trimestre) des données de ventes à la criée du Croisic permet de constater les faits suivants :

- Depuis 2018, les ventes de homard sont plus importantes au 2nd trimestre qu’au 3^{ème}, ce qui correspond aux observations réalisées lors des campagnes, état de référence et suivi en phase de construction ;
- Les ventes ont fortement diminué en 2022, notamment lors du deuxième trimestre (Avril-Juin) ; au troisième trimestre (Juillet-Septembre), les ventes ont commencé à diminuer dès 2021, encore une fois cette observation correspond à celle réalisée lors du suivi.

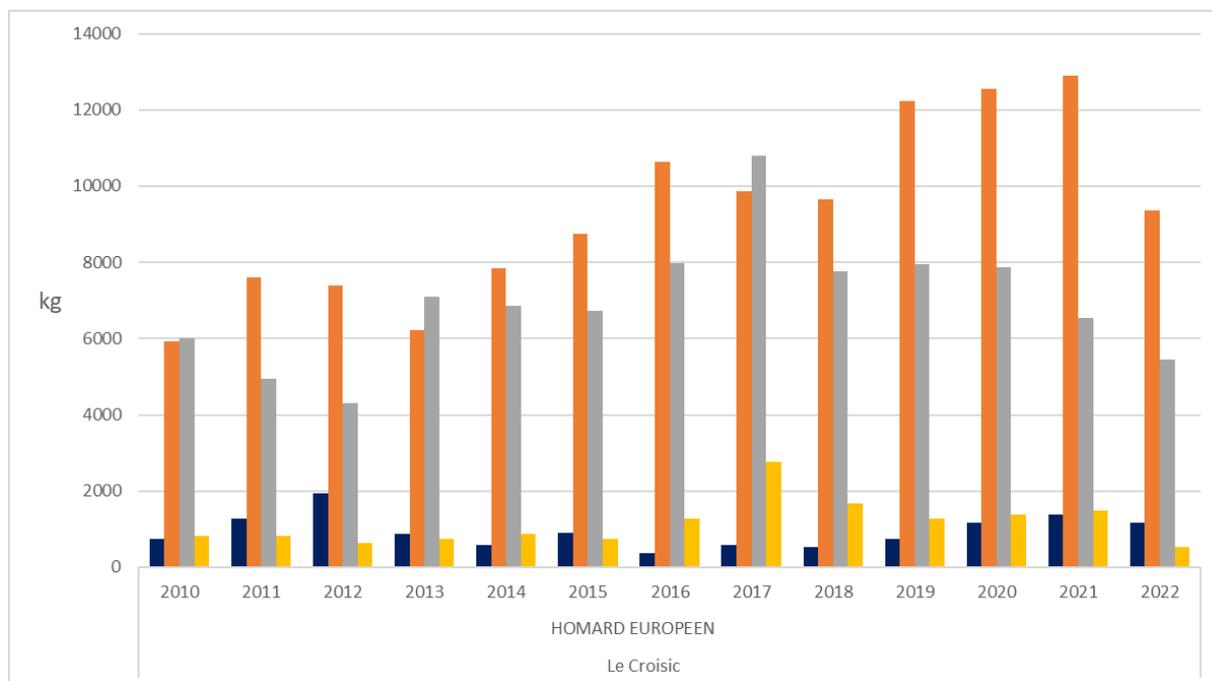
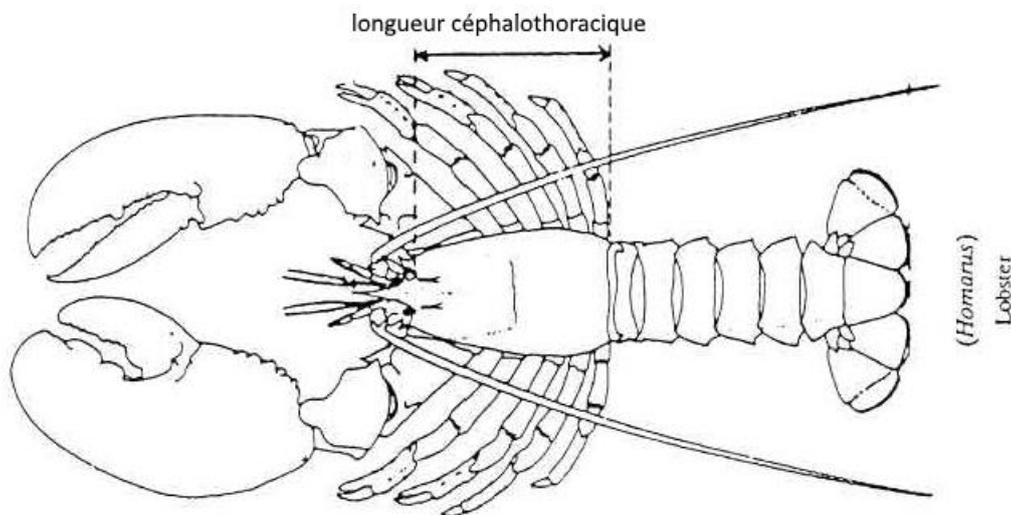


Figure 81: Ventes de Homard Européen à la criée du Croisic par trimestre sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.

Les tableaux et figures ci-dessous visent à décrire la structure de population observée du Homard au cours des campagnes.

Dans les figures suivantes, la valeur « 87 » est la taille minimale de capture en mm de longueur céphalothoracique. En-dessous de cette limite, les individus sont considérés comme immatures (ou juvéniles) et n’ont pas encore eu la possibilité de se reproduire au moins une fois.



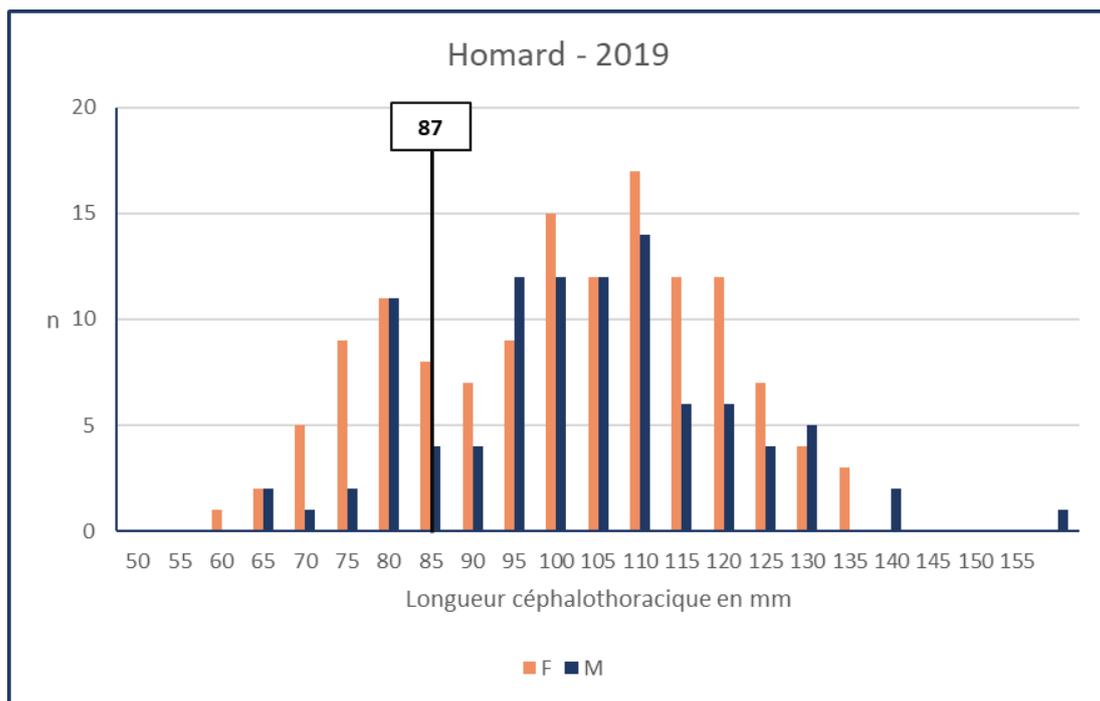


Figure 82: Structure de population par sexe des homards prélevés en 2019 - État de référence.

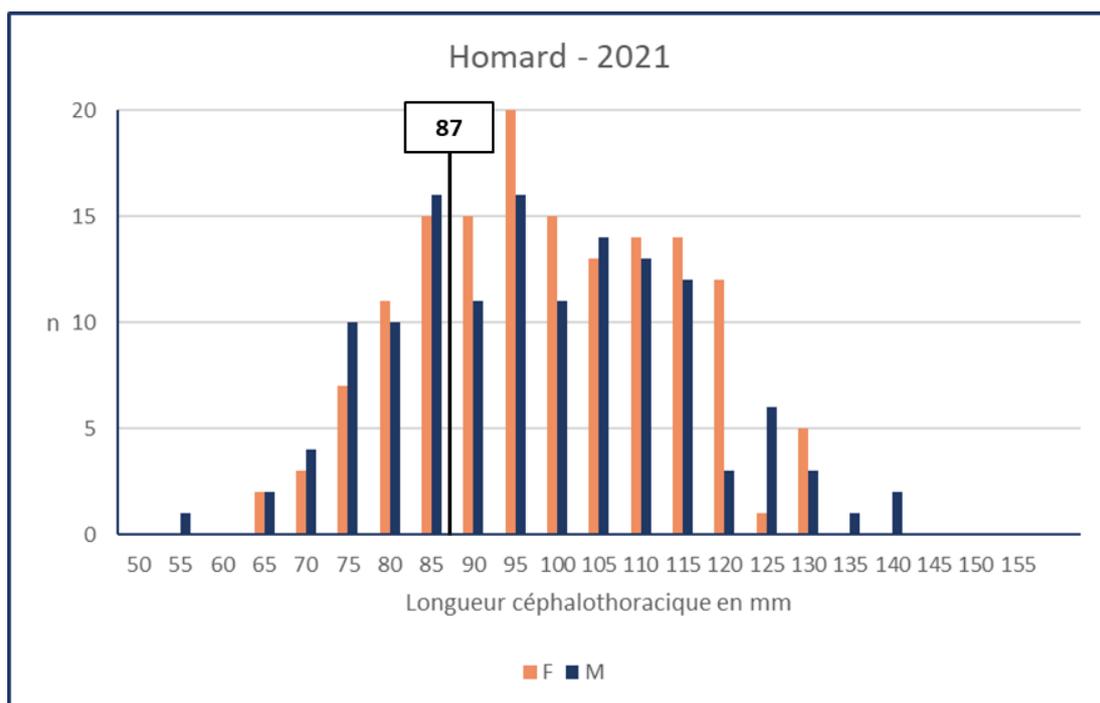


Figure 83: Structure de population par sexe des Homards prélevés en 2021.

Les structures de population observées lors de l'état de référence et le début de la période de travaux sont globalement identiques ; on peut observer une différence selon laquelle la proportion d'immatures est plus importante en 2021 soit au cours de travaux d'installation du parc éolien.

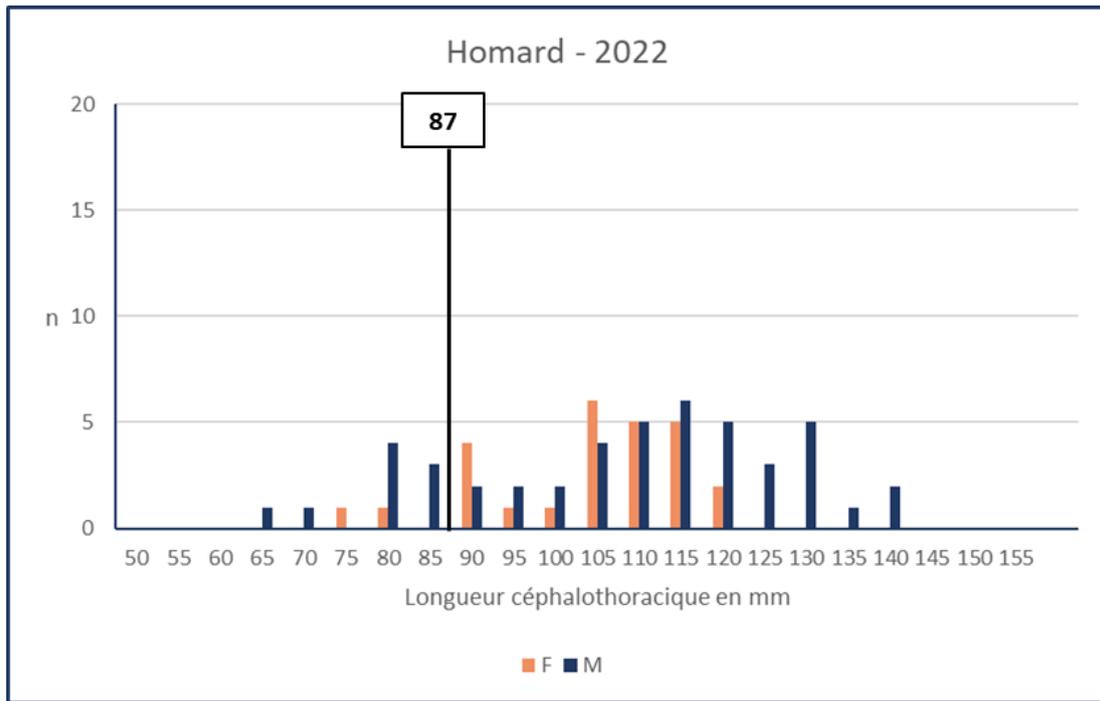


Figure 84: Structure de population par sexe des homards prélevés en 2022.

Pour cette dernière année de suivi en phase de construction, très peu d'individus prélevés ; parmi ceux-ci, peu d'immatures (11), et les adultes sont en moyenne plus gros que les années précédentes.

Le tableau ci-dessous présente les tailles moyennes, minimum et maximum, ainsi que les effectifs prélevés par mission et par sexe.

Tableau 30 Synthèse des tailles (mm) relevées du Homard au cours des missions.

Homarus gammarus	Taille moy. (mm)		Taille min. (mm)		Taille max. (mm)		Effectif	
	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
2019	99 ± 18	101 ± 17	60	61	135	157	134	98
2019-05	102 ± 16	103 ± 16	67	72	131	137	76	55
2019-07	94 ± 19	98 ± 18	60	61	135	157	58	43
2021	97 ± 15	96 ± 17	62	55	130	139	147	135
2021-06	97 ± 14	99 ± 16	62	65	120	137	57	59
2021-07A	96 ± 16	95 ± 19	69	55	127	139	53	42
2021-07B	97 ± 16	92 ± 14	74	61	130	115	37	34
2022	102 ± 12	106 ± 19	73	65	120	139	26	46
2022-05	-	94 ± 22		65		129		8
2022-07	102 ± 12	108 ± 17	73	66	120	139	26	38
2019-2022	98 ± 16	99 ± 18	60	55	135	157	307	279

La taille moyenne des Homards prélevés au cours des 7 missions est de 98,00 mm pour les femelles et 99 mm pour les mâles (Tableau 30). On remarque que les individus capturés en 2022-07 sont en moyenne plus grands que précédemment. Une comparaison de la taille des homards entre la zone de parc éolien et l'extérieur montre que à la suite de la fermeture de la zone à la pêche pour les travaux d'installation, les homards prélevés dans cette zone sont plus grands que ceux prélevés à l'extérieur (Tableau 31). La raison est la suivante : l'effort de pêche, d'habitude réparti sur l'ensemble du Banc de Guérande, a été concentré sur une zone restreinte au Nord-Ouest de ce banc, augmentant la pression de pêche sur les homards de cette zone, alors que ceux de l'aire du parc éolien ont pu bénéficier le temps des travaux d'un effet de relative protection vis-à-vis de la pêche.

Tableau 31: Taille moyenne des Homards dans et à l'extérieur de la zone de parc éolien.

Mission	Femelle		Mâle	
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
2019-05	99±15	106±16	100±14	109±17
2019-07	95±18	93±19	96±18	100±18
2021-06	97±14	97±13	99±18	99±16
2021-07A	101±15	91±15	94±18	95±19
2021-07B	98±15	97±17	93±15	90±12
2022-05			103±19	89±21
2022-07	103±12	95±11	111±14	98±21

- L'Araignée

L'espèce, capturée en quantités relativement importantes lors de l'état de référence, est quasi-absente des prélèvements réalisés en phase de construction. Aucun individu n'est observé en 2022.

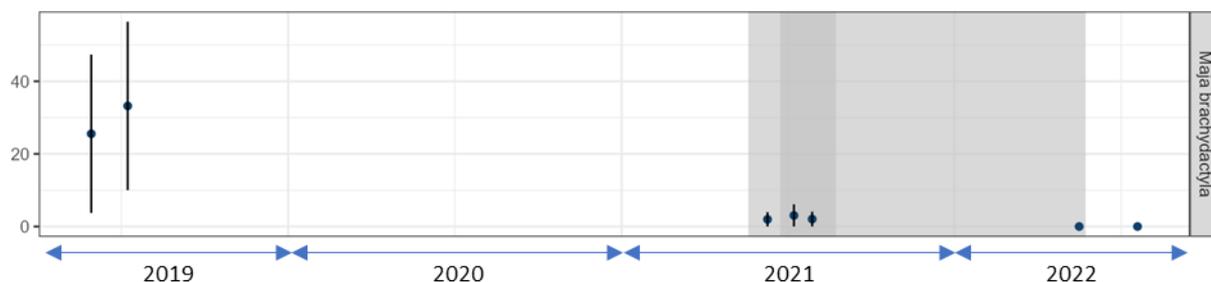


Figure 85 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des Araignées de mer au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Il est observé ci-dessous une diminution des apports en criée pour cette espèce entre 2019 (maximum de la série 2010-2022) et 2021, puis une légère augmentation en 2022.

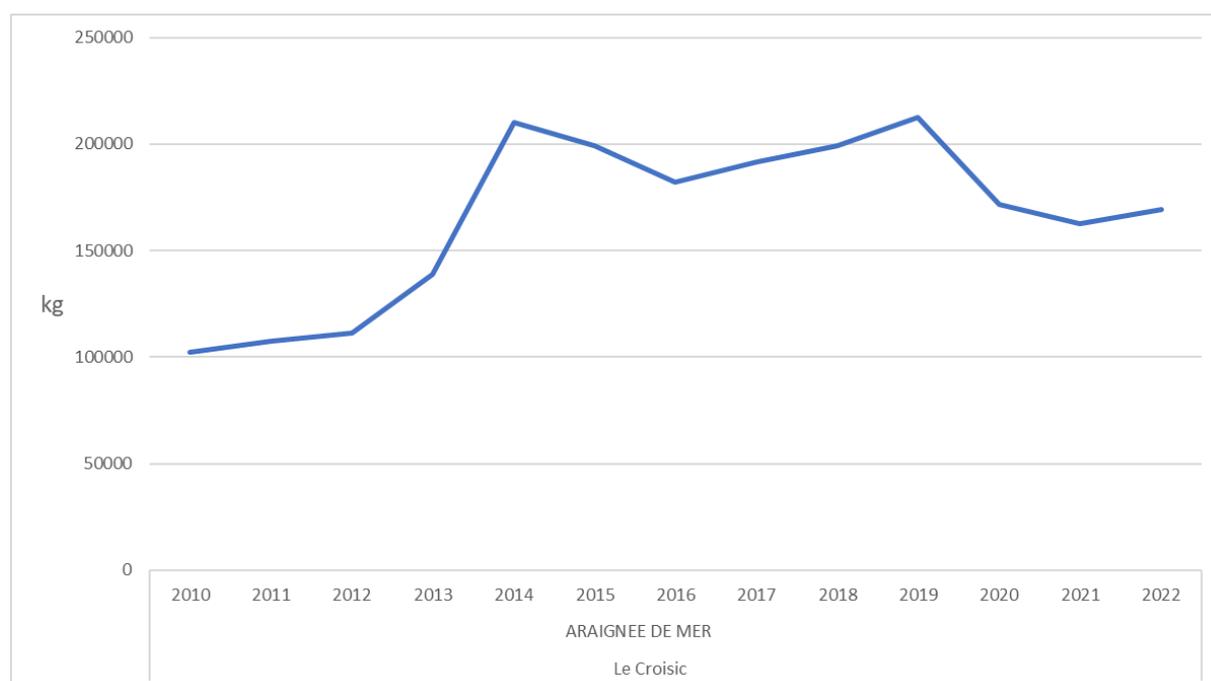


Figure 86 : Ventes annuelles d'Araignée de Mer à la criée du Croisic sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.

La différence entre 2019 (état de référence) et 2021-2022 (suivi des travaux) est expliquée par une baisse importante des apports aux trimestres 2 et 3 (ci-dessous) au cours de cette période ; cette observation est très nette pour le troisième trimestre 2022, où l'on peut constater une diminution d'apport d'environ 50% par rapport à 2019.

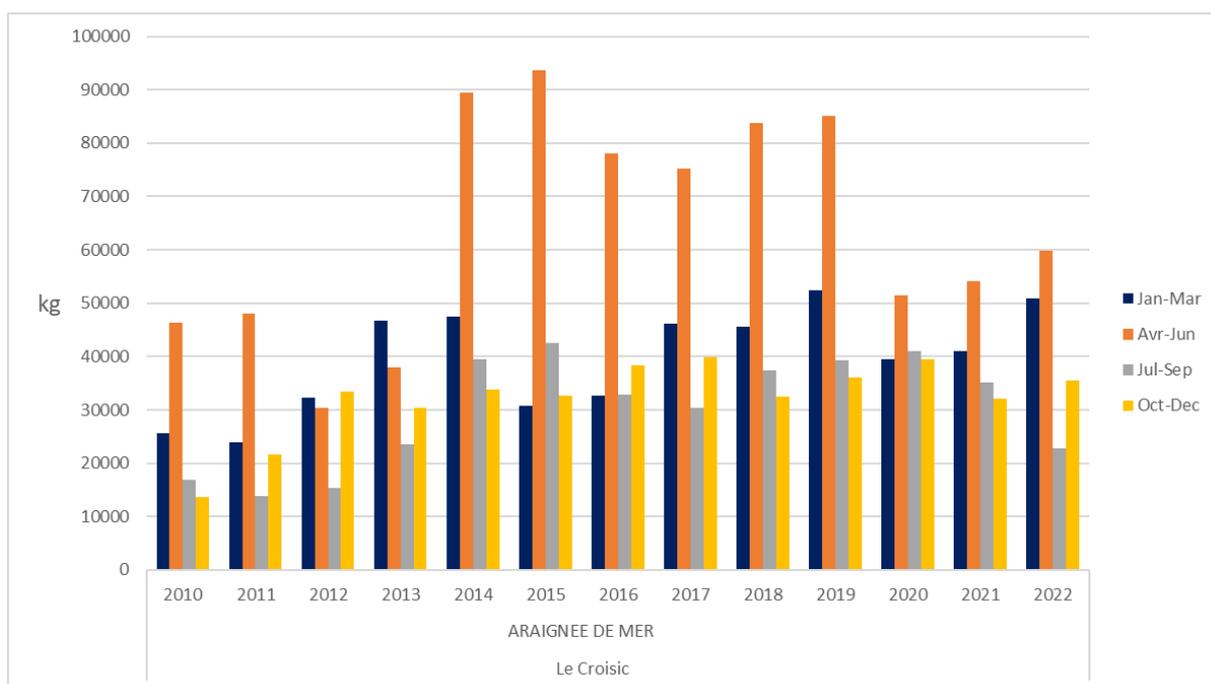


Figure 87 : Ventes d'araignée de Mer à la criée du Croisic par trimestre sur la période 2010-2022. Source : FranceAgriMer.

Le tableau ci-dessous présente les tailles moyennes et effectifs observés.

Tableau 32 : Synthèse des tailles (mm) relevées de l'Araignée de mer au cours des missions.

Maja brachydactyla	Taille moy. (mm)		Taille min. (mm)		Taille max. (mm)		Effectif	
	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
2019	133 ± 12	136 ± 18	95	91	159	185	64	278
2019-05	132 ± 13	142 ± 19	105	91	159	185	30	113
2019-07	134 ± 11	131 ± 16	95	92	153	173	34	165
2021	136 ± 12	125 ± 13	107	101	150	159	8	33
2021-06	138 ± 0	123 ± 14	138	101	138	142	1	10
2021-07A	131 ± 17	128 ± 14	107	109	145	159	3	15
2021-07B	139 ± 7	124 ± 7	134	113	150	132	4	8
2022	-	-	-	-	-	-	0	0
2022-05	-	-	-	-	-	-	0	0
2022-07	-	-	-	-	-	-	0	0
2019-2022	133 ± 12	135 ± 18	95	91	159	185	72	311

La taille moyenne des Araignées de mer prélevées au cours des 7 missions est de 133 mm pour les femelles et 135 mm pour les mâles (Tableau 32).

- Le Tourteau

Les CPUE de Tourteau sont extrêmement faibles lors de l'état de référence et la plupart des missions du suivi en travaux. La troisième mission de 2021 a été l'occasion de prospecter une zone connue pour abriter nombre d'individus de cette espèce, d'où des CPUE plus élevées que précédemment. Une station de la dernière mission de 2022 (juillet) montre une forte abondance, d'où le résultat observé (et l'écart-type associé).

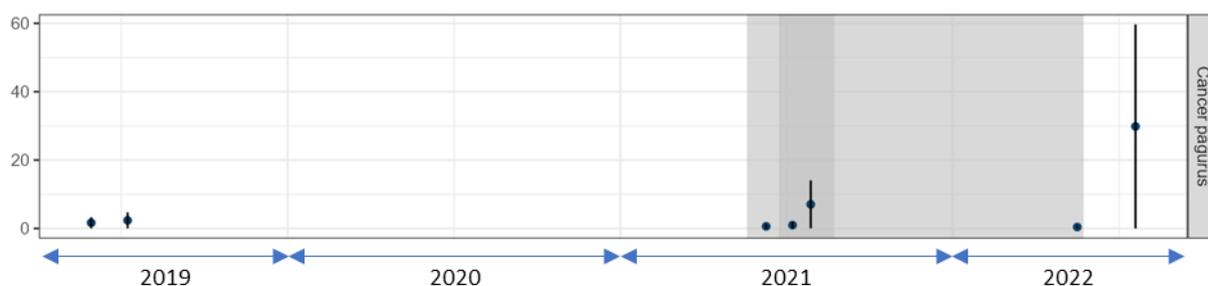


Figure 88 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des Tourteaux au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

La taille moyenne des tourteaux prélevées au cours des 7 missions est de 165 mm pour les femelles et 163 mm pour les mâles (Tableau 33).

Tableau 33 : Synthèse des tailles (mm) relevées du tourteau au cours des missions.

Cancer pagurus	Taille moy. (mm)		Taille min. (mm)		Taille max. (mm)		Effectif	
	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
2019	143 ± 31	152 ± 34	103	90	189	198	8	15
2019-05	125 ± 23	162 ± 30	103	118	158	198	4	5
2019-07	161 ± 26	147 ± 35	131	90	189	191	4	10
2021	170 ± 19	171 ± 29	132	110	210	231	26	27
2021-06	148 ± 6	166 ± 14	142	152	153	179	2	2
2021-07A	159 ± 12	145 ± 25	147	110	171	176	2	4
2021-07B	173 ± 19	176 ± 28	132	123	210	231	22	21
2022	167 ± 19	161 ± 21	134	132	203	210	48	32
2022-05	177 ± 0	142 ± 0	177	142	177	142	1	1
2022-07	166 ± 19	162 ± 21	134	132	203	210	47	31
2019-2022	165 ± 22	163 ± 28	103	90	210	231	82	74

La Figure 88 montre qu'il est plus capturé et présente une taille supérieure pendant et après les travaux. Avant et au début des travaux ses effectifs et sa taille sont inférieurs. La raison est que lors de ces missions, des casiers ont été déployés sur des fonds sédimentaires, habitat où l'on observe cette espèce plus que dans les zones rocheuses, comme vu sur la carte des CPUE (Figure 76, p.119)

- L'Étrille

L'Étrille est présente dans les prélèvements de l'état de référence, pouvant même être l'espèce majoritaire de certaines stations situées dans le quart Sud-Ouest de la zone de parc éolien.

Cependant, son absence de la quasi-totalité des prélèvements du suivi en travaux est tout à fait notable.

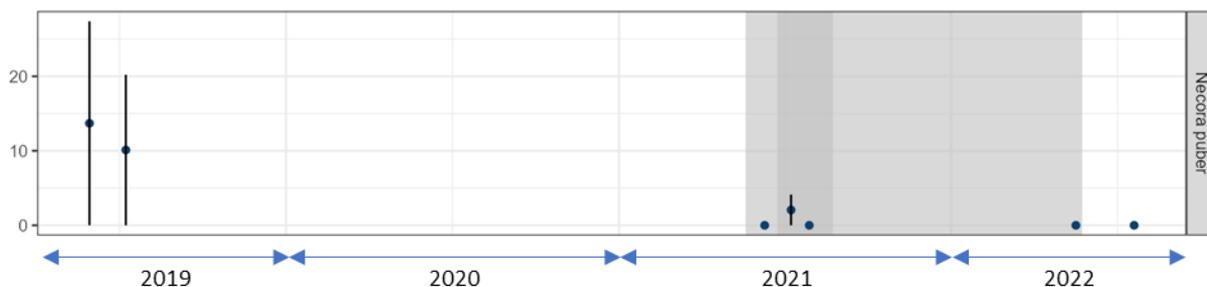


Figure 89 : Évolution des CPUE (n/100 casiers * 24h) des étrilles au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Les ventes en criée de l'espèce ont été divisées par 4 entre 2019 et 2022, pouvant signifier que l'Étrille est beaucoup moins présente et disponible pour les pêcheurs locaux, hors influence des travaux.

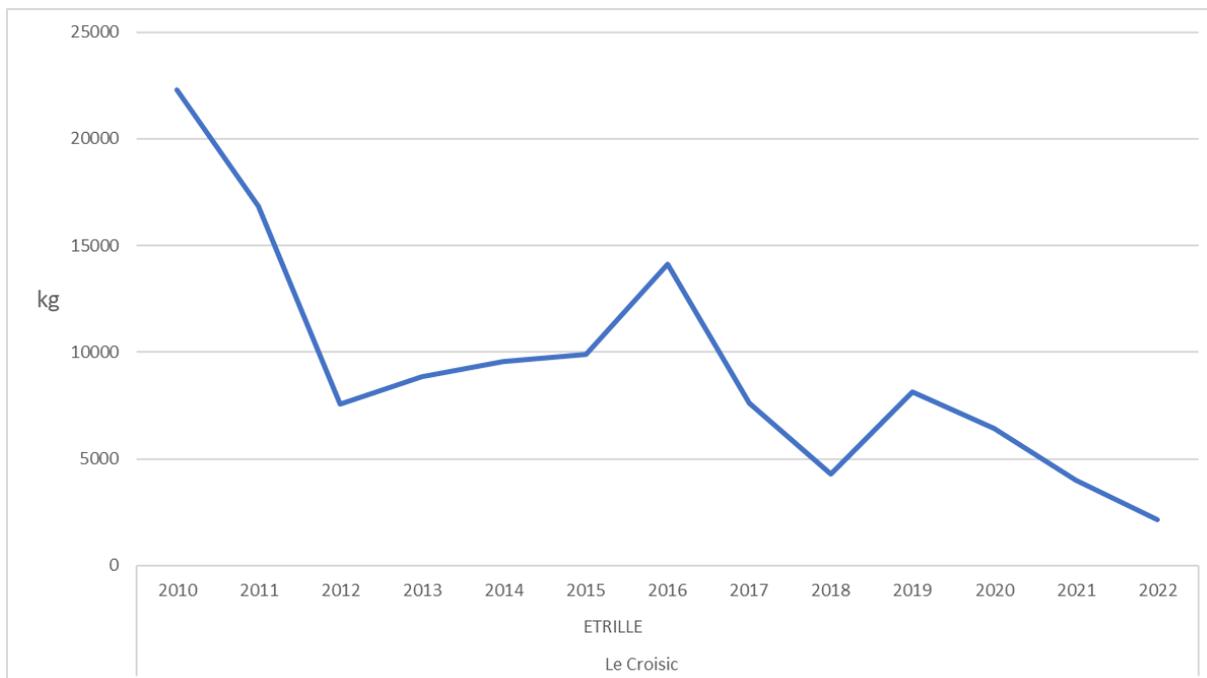


Figure 90: Ventes annuelles d'étrille à la criée du Croisic pour la période 2010-2022.

Tableau 34 : Synthèse des tailles (mm) relevées de l'étrille au cours des missions.

<i>Necora puber</i>	Taille moy. (mm)		Taille min. (mm)		Taille max. (mm)		Effectif	
	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
2019	56 ± 6	59 ± 7	47	41	64	77	18	137
2019-05	50 ± 2	55 ± 5	47	41	55	70	8	81
2019-07	61 ± 3	64 ± 4	55	57	64	77	10	56
2021	63 ± 2	69 ± 4	61	59	64	76	2	9
2021-06	-	-	-	-	-	-	0	0
2021-07A	63 ± 2	69 ± 4	61	59	64	76	2	9
2021-07B	-	-	-	-	-	-	0	0
2022	-	-	-	-	-	-	0	0
2022-05	-	-	-	-	-	-	0	0
2022-07	-	-	-	-	-	-	0	0
2019-2022	57 ± 6	59 ± 7	47	41	64	77	20	146

La taille moyenne des étrilles prélevées au cours des 7 missions est de 57,00 mm pour les femelles et 59 mm pour les mâles.

7.3.7 ANALYSE MULTIVARIÉE

Les analyses multivariées permettent d'identifier les objectivement les ressemblances et les différences de peuplements des stations suivies au cours du temps, tout en tenant compte des conditions environnementales. Leur interprétation est rendue possible par la description des indicateurs présentés dans les parties précédentes (qualité de la colonne d'eau, richesse, abondance et diversité spécifiques des peuplements).

La Figure 91 montre les résultats obtenus dans le cadre de l'analyse des résultats des prélèvements au casier.

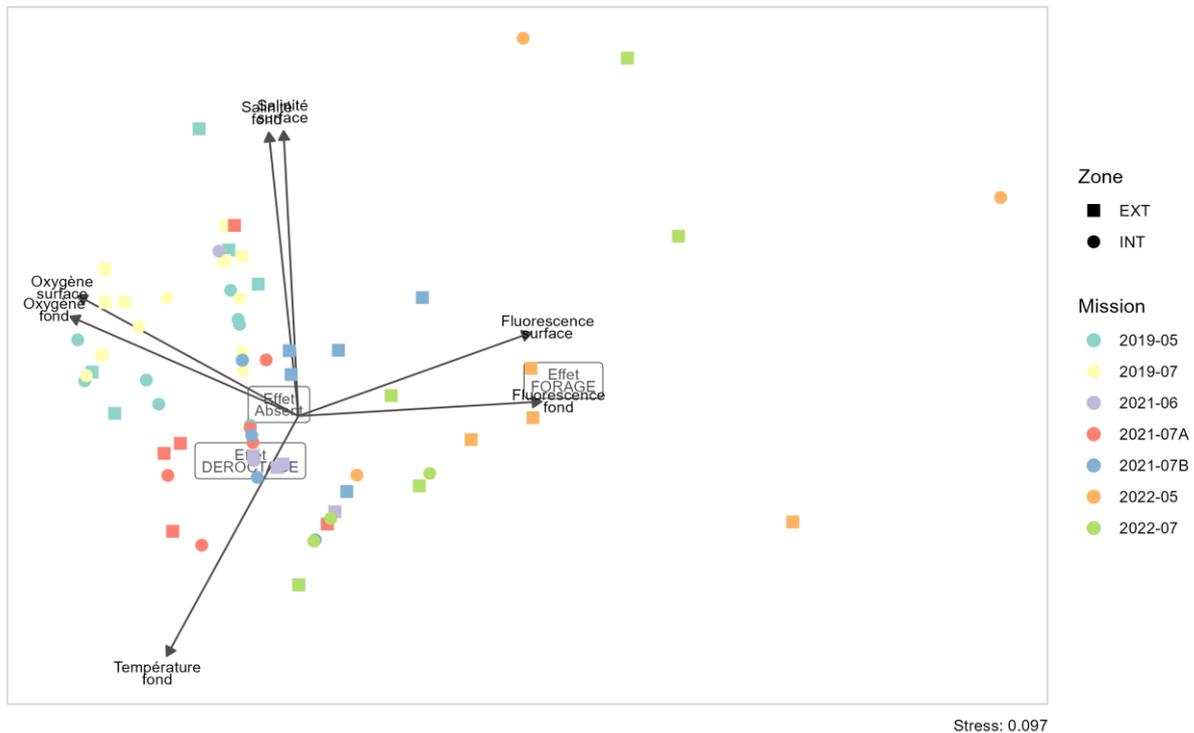


Figure 91 : Résultats de l'analyse multivariée (nMDS) réalisée à partir des données de capture au filet entre 2019 et 2022. Toutes les stations sont représentées par des points (à l'intérieur du parc) et des carrés (à l'extérieur du parc). Seuls les paramètres dont l'influence est caractérisée sont présentés par des vecteurs ou des étiquettes. La valeur de stress de l'analyse est 0,097.

Les points correspondent à toutes les stations échantillonnées (de A à M) pendant 7 campagnes à l'intérieur et à l'extérieur du parc entre mai 2019 et juillet 2022. Ils sont répartis selon un schéma au sein duquel les points des différentes campagnes d'échantillonnage se succèdent en fonction des valeurs de température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence en surface et au fond de la colonne d'eau, du type d'habitat (« sédiment », « roche », « roche avec couverture algale » et « roche et sédiment ») et du type de travaux¹⁷ (« Absent », « forage » et « déroctage »).

La partie droite du graphique est occupé par quelques stations pour lesquelles les prélèvements sont nuls. Dans la partie gauche, les stations sont regroupées par date, indépendamment de leur position à l'intérieur et à l'extérieur du parc. L'effet saisonnier n'est pas observé puisque les stations prélevées le même mois durant des années différentes sont séparées. De gauche à droite, les stations se succèdent selon un ordre chronologique. À droite, les fortes valeurs de fluorescence de surface et de fond ainsi que le forage influent clairement sur les peuplements des stations qui sont prélevées en fin

¹⁷ Absent : Aucun atelier n'a eu lieu en même que la mission, ni dans les 5 jours qui ont précédé ;

Forage : Un ou des ateliers de forage ont eu lieu en même que la mission ou dans les 5 jours qui ont précédé ;

Déroctage : Un ou des ateliers de forage ont eu lieu en même que la mission ou dans les 5 jours qui ont précédé.

de suivi. À gauche, les fortes valeurs de teneur en oxygène de surface et de fond influent sur la structuration des peuplements (de 2019 et 2021 principalement).

Par ailleurs l'axe vertical oppose les fortes valeurs de salinité de surface et de fond aux fortes températures de fond. Or cette structuration est indépendante de la chronologie du suivi, associée à l'axe horizontal.

L'effet caractérisé du déroctage est observé principalement pour les stations de 2021 (3 dates), peu éloigné de l'origine des vecteurs associée à l'absence d'effet caractérisé des travaux. L'effet observé du déroctage pourrait ainsi être associé à des fortes températures du fond de la colonne d'eau.

Les peuplements échantillonnés au casier évolueraient progressivement au cours du suivi. L'oxygénation de l'eau semble associée aux peuplements avant travaux et la fluorescence semble associée aux peuplements observés après travaux. En particulier, l'effet du forage influencerait sur les peuplements observés. Ces conclusions pourraient être expliquées par les observations effectuées dans le paragraphe suivant. En effet, avant et après les travaux se seraient produits d'autres évènements tels que la prolifération du Poulpe, capturé au casier, pouvant influencer sur la structure des peuplements.

7.3.8 COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DE L'ÉTAT DE REFERENCE DES CAMPAGNES « CASIER A CRUSTACES »

Les analyses des résultats des neuf missions effectuées montrent qu'en 2021 ont lieu les plus faibles captures. La diversité et l'équitabilité des captures diminuent au cours du suivi. Le Homard est l'espèce caractéristique des peuplements capturés du début à la fin du suivi. L'Araignée et l'étrille en disparaissent pendant la même période alors que le poulpe apparaît en 2022.

De manière générale, on observe que la présence des différentes espèces est à peu près identique au fil des saisons. Les missions de 2021 révèlent une nette différence en termes d'assemblage mais aussi de nombre de prélèvement pendant les 3 missions réalisées. Ces dernières ont été réalisées sur un substrat rocheux (différent des années précédentes du fait de la météo), substrat apprécié des Homards mais peu des Araignées de mer et du Tourteau. Cette dernière espèce est d'ailleurs observée en quantité plus importante à la fin du suivi, lorsque des casiers ont été posés sur des fonds plus meubles.

- **Un effet des travaux serait détecté en 2021. Cet effet serait observé en parallèle d'une forte abondance du Poulpe dans le secteur. Cette modification de la composition du peuplement capturé serait associée à une modification de la teneur en oxygène, de la fluorescence au fond, de la température et de la turbidité. L'effet détecté est très probablement lié aux variations de température saisonnières.**
- **Un effet lié à la fermeture à la pêche de la zone de parc éolien au cours des travaux serait observé : les homards seraient en moyenne plus gros à l'intérieur de la zone qu'à l'extérieur, alors qu'avant les travaux, les valeurs de taille des individus de cette espèce auraient été plus homogènes.**
- **Les différences observées seraient pourraient être liées à un biais méthodologique associé à un changement de zone. En effet, à plusieurs reprises le plan d'échantillonnage a été adapté aux contraintes rencontrées, notamment entre l'étude d'état de référence et le suivi en construction et même au cours du suivi.**

7.4 CAMPAGNES METIERS « PALANGRES À POISSONS »

7.4.1 ABONDANCE TOTALE PAR MISSION

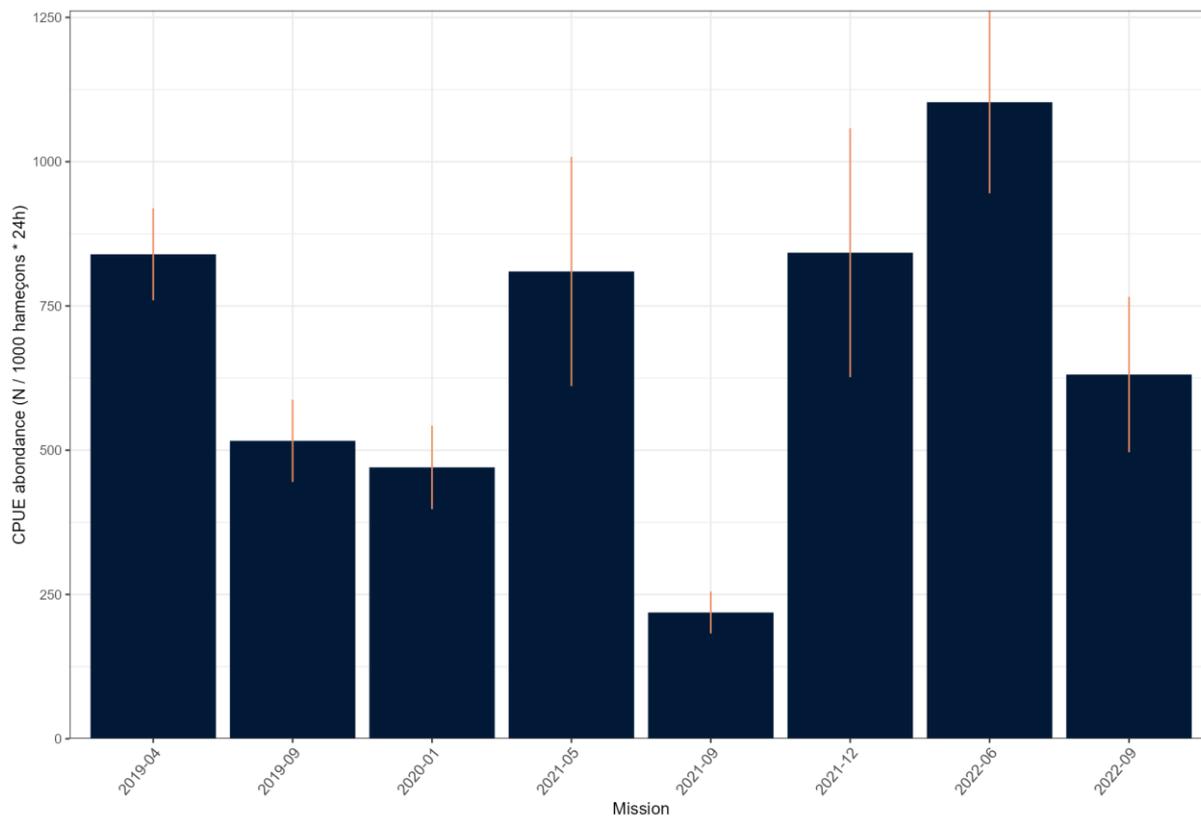


Figure 92 : Abondance des espèces prélevées à la palangre par mission.

Les CPUE calculées pour l'état de référence (2019-2020) sont plus importantes au printemps, qu'en automne / hiver.

Pour le suivi en phase construction, le printemps 2021 montre des CPUE équivalentes à celles constatées précédemment, alors que le mois de septembre de cette même année donne les résultats les plus faibles de l'ensemble du suivi et décembre est caractérisé par des captures importantes.

Les CPUE les plus élevées sont constatées au mois de juin 2022, juste après la fin des travaux d'installation, et le mois de septembre 2022 présente des CPUE équivalentes à celles constatées lors de l'état de référence.

7.4.2 INDICE DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Tableau 35: Indices de diversité moyens par mission

Année / Mission	S	H	J
2019	2,74 ± 1,15	0,73 ± 0,4	0,69 ± 0,33
2019-04	3,17 ± 1,11	0,84 ± 0,37	0,71 ± 0,26
2019-09	2,27 ± 1,01	0,62 ± 0,4	0,67 ± 0,39
2020	2,17 ± 1,37	0,49 ± 0,47	0,52 ± 0,39
2020-01	2,17 ± 1,37	0,49 ± 0,47	0,52 ± 0,39
2021	2,21 ± 1,07	0,6 ± 0,43	0,63 ± 0,41
2021-05	2,52 ± 1,22	0,65 ± 0,43	0,64 ± 0,38
2021-09	1,72 ± 0,87	0,4 ± 0,43	0,47 ± 0,47
2021-12	2,32 ± 0,92	0,7 ± 0,36	0,76 ± 0,32
2022	2,63 ± 1,28	0,72 ± 0,47	0,67 ± 0,38
2022-06	3,13 ± 1,27	0,93 ± 0,4	0,82 ± 0,26
2022-09	2,13 ± 1,09	0,52 ± 0,46	0,53 ± 0,43
2019-2022	2,45 ± 1,22	0,65 ± 0,45	0,64 ± 0,38

Les indices de diversité calculés par mission sont présentés dans le Tableau 35 et commentés ci-dessous.

- Indice de richesse spécifique (S)



Figure 93 : Évolution de l'indice de richesse spécifique (S) au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Pour l'ensemble des missions on remarque que cet indice est toujours compris entre 1,5 et 3,5.

Si l'on compare les deux séries de missions réalisées pendant les mêmes mois on peut trouver une légère différence entre les prélèvements du mois de septembre 2019 (2,27) et 2020 (1,72). On observe en moyenne 2,32 espèces capturées en 2021.

Les prélèvements 2019 présentent une moyenne de 2,74 espèces observées. Les années de prélèvement 2020 et 2021 montrent des indices de valeur plus faible avec respectivement 2,17 et 2,21 d'espèces observées sur les missions en question.

• Indice de diversité biologique Shannon-Weaver (H)

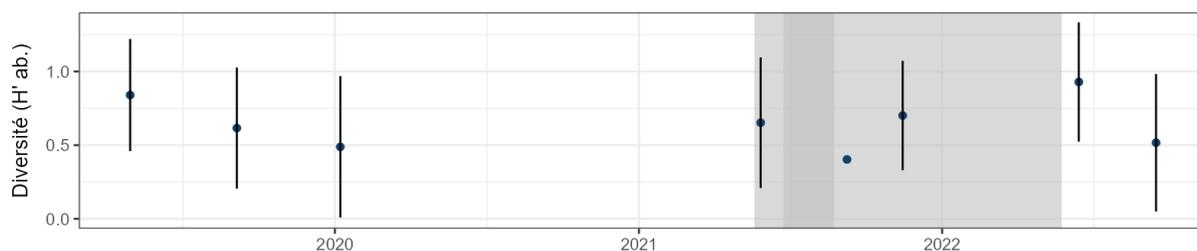


Figure 94 : Évolution de l'indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver (H) au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

L'indice de diversité biologique présente des valeurs comparables pendant tout le suivi.

• Indice d'équitabilité de Piélou (J)



Figure 95 : Évolution de l'indice d'équitabilité de Piélou (J) au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

L'indice de diversité biologique présente des valeurs comparables pendant tout le suivi. **Aucune différence notable des indices de diversité entre l'état de référence et le suivi en phase de construction pour les prélèvements réalisés avec des palangres ne serait détectée.**

7.4.3 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Tableau 36: Fréquence d'occurrence moyenne (en % des prélèvements) des 7 espèces les plus fréquemment identifiées dans les prélèvements à la palangre.

Espèce	Nom commun	2019 2020	2021	2022	2019-2022 ¹⁸
<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu Jaune	82	53	58	66
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar européen	42	68	46	53
<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud Commun	50	35	65	48
<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau commun	15	11	33	18
<i>Labrus bergylta</i>	Vieille commune	14	21	21	18
<i>Belone belone</i>	Orphie commune	21	10	8	13
<i>Conger conger</i>	Congre d'Europe	6	12	15	10

¹⁸ Cette fréquence d'occurrence « totale » est calculée pour l'ensemble des prélèvements réalisés au cours des deux études.

Le Tableau 36 montre que le Lieu Jaune et le Bar européen occupent les premières places du classement des espèces les plus fréquemment capturées avec des valeurs de fréquence d'occurrence supérieures à 50 %. Le Tacaud a été capturé avec une fréquence d'occurrence dans les prélèvements de 48 %. Le Maquereau commun, la Vieille commune, l'Orphie commune et le Congre d'Europe présentent des fréquences comprises entre 10 et 18 %.

Il est à noter que le Lieu Jaune est moins fréquemment prélevé au cours du suivi en phase construction que lors de l'état de référence.

7.4.4 CPUE

Les valeurs calculées de CPUE par espèce pour chacune des missions des études d'état de référence et de suivi en phase de construction sont présentées en Annexe 2.

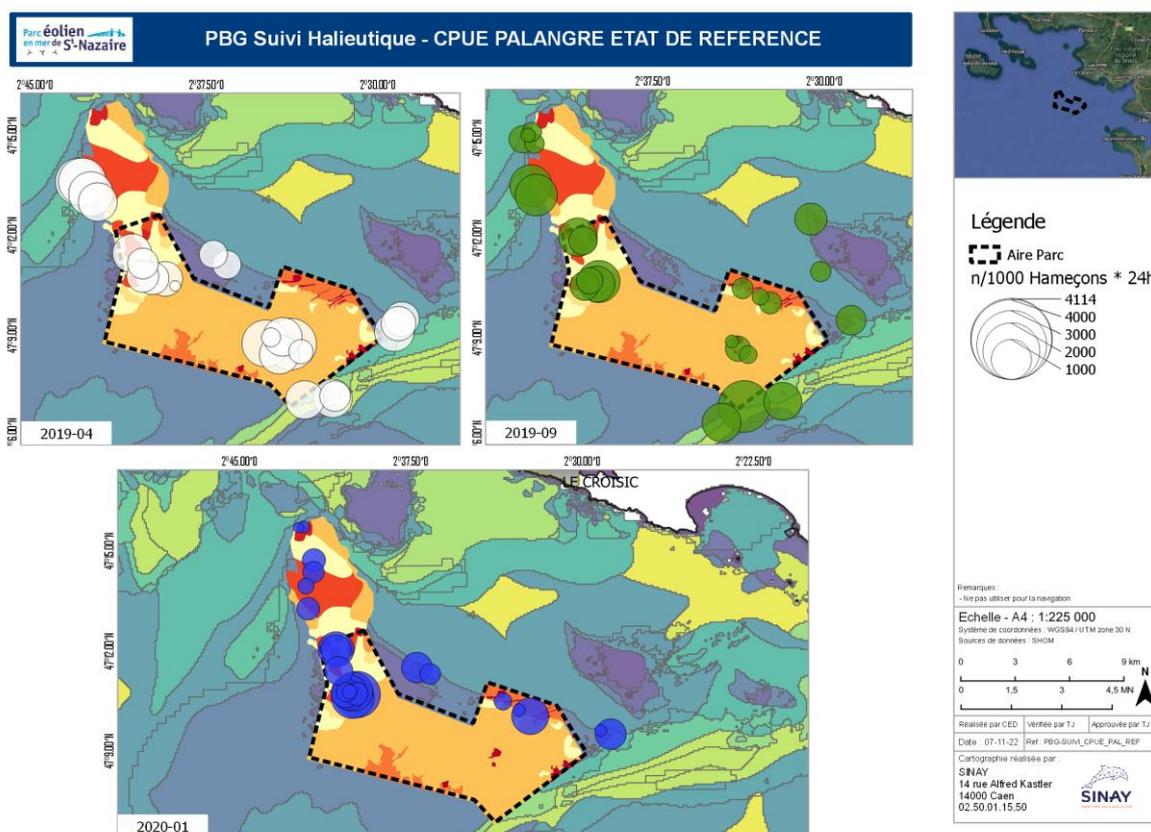


Figure 96 : Carte des CPUE palangre (n/1000 hameçons*24h) en 2019.

Les CPUE sont du même ordre de grandeur entre les missions 2019-04 et 2019-09, sauf pour les stations situées dans la partie Est de l'aire du parc éolien en mer ; en effet elles sont plus importantes en avril qu'en septembre dans cette partie de la zone.

Les CPUE de de la mission 2020-01 sont équivalentes à celles des missions précédentes en ce qui concerne les stations situées dans l'aire du parc éolien ; en revanche, celles situées au Nord-Ouest présentent des CPUE plus faibles que précédemment dans la même zone.

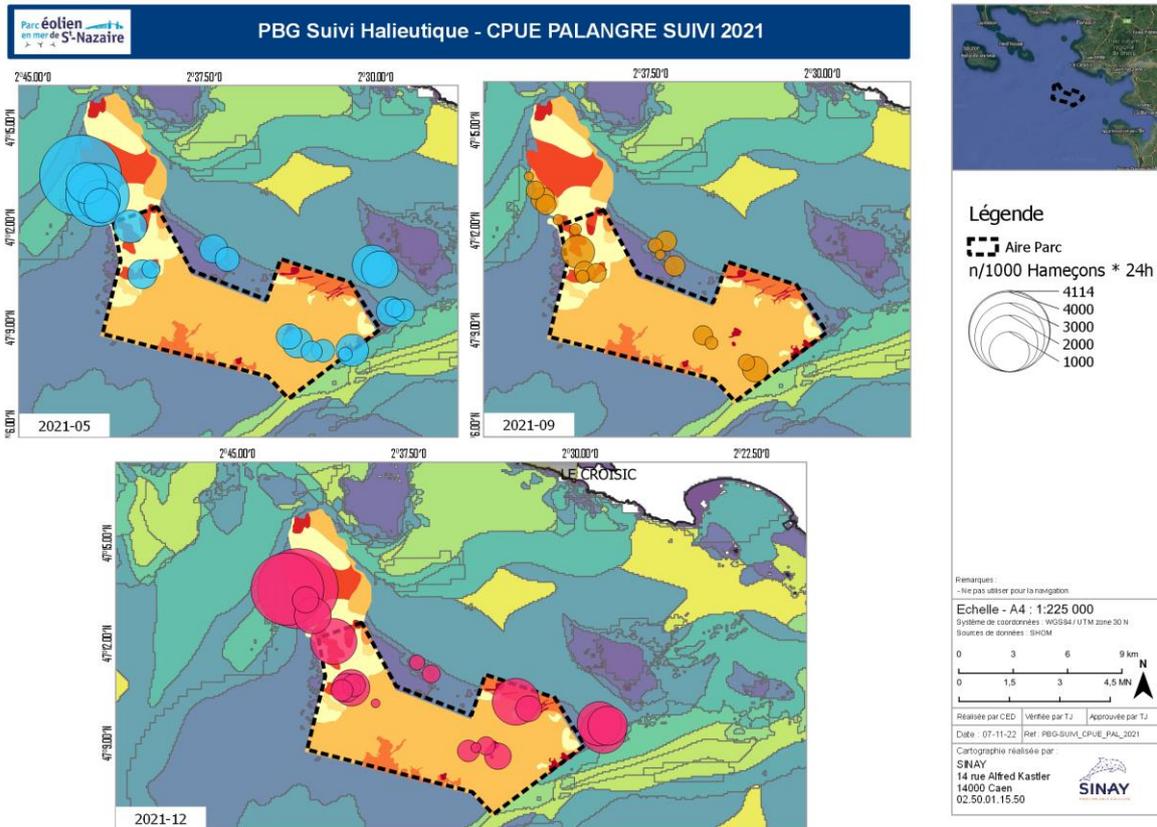


Figure 97 : Carte des CPUE palangre (n/1000 hameçons*24h) en 2021.

Les CPUE moyennes sont comparables pour mai et décembre, en revanche, celles de septembre sont bien plus faibles ; nous verrons que c'est l'absence de Lieu Jaune en septembre qui provoque cette différence.

On remarque que les plus fortes abondances sont obtenues au Nord-Ouest de la zone, à la limite entre le banc rocheux et les fonds plus meubles ; cette particularité est due au fait que certaines espèces comme le Lieu Jaune et le Bar fréquentent préférentiellement les zones de transition pour y chasser.

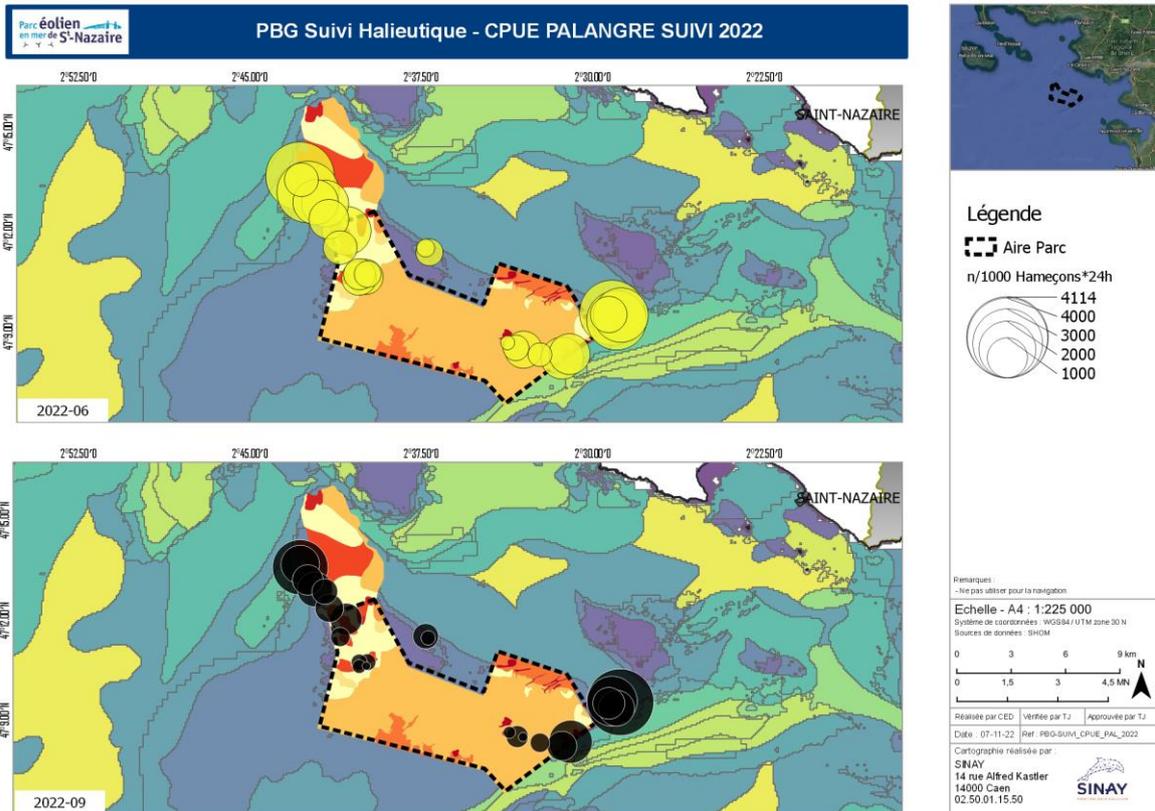


Figure 98 : Carte des CPUE au casier (n/1000 hameçons*24h) en 2022.

On note une forte similarité dans la répartition des captures pour les deux missions réalisées en 2022, ainsi que celles réalisées en 2021, notamment mai et décembre. La plupart des captures ont lieu plutôt à l'extérieur de la zone de parc, sur les zones de transition entre la roche du Banc de Guérande et des fonds plus importants avec des habitats de sédiments.

7.4.5 ASSEMBLAGE DES ESPÈCES

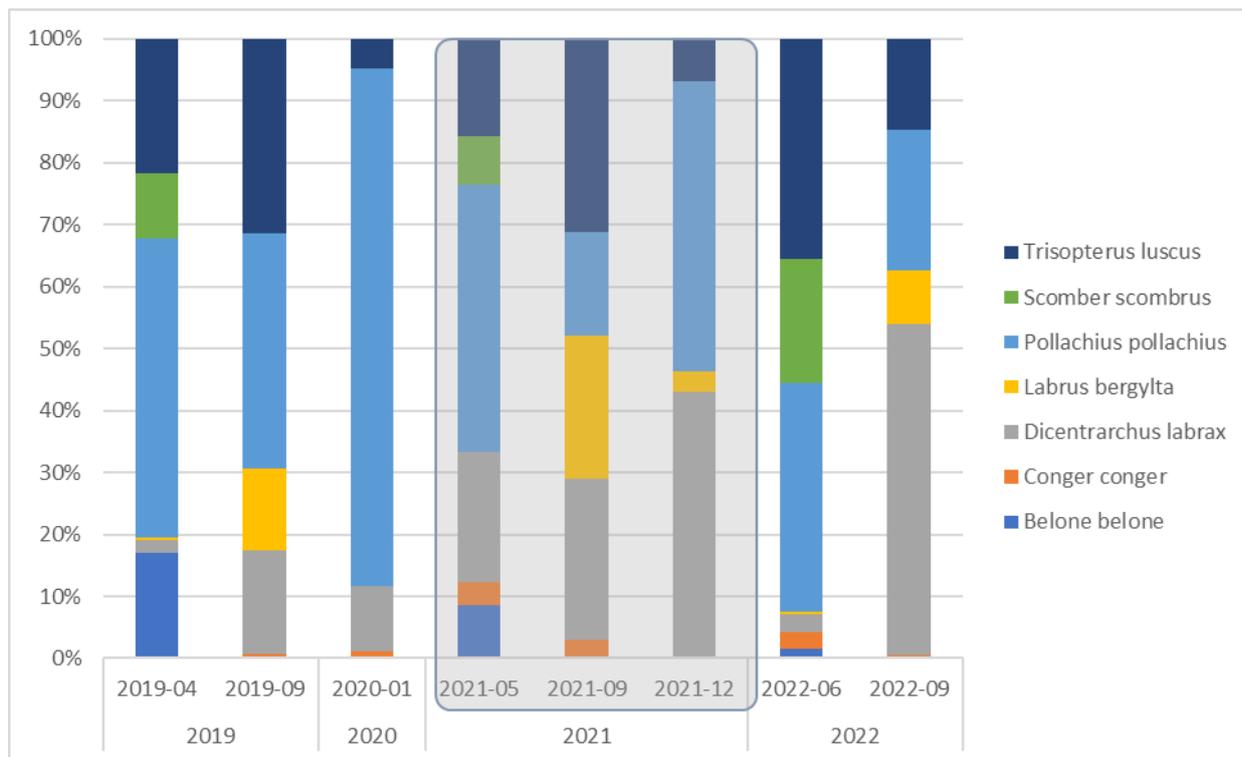


Figure 99 : Assemblage des espèces observées par mission en pourcentage de CPUE. La période affectée par les travaux d'installation est superposée en grisé.

La Figure 99 montre que la proportion de lieus jaunes évolue peu au cours du suivi en restant la plus importante la plupart du temps. Celle du bar est globalement en hausse au cours du suivi et supérieure à celle constatée pendant l'état de référence. Les valeurs des autres espèces ne montrent pas de tendance particulière.

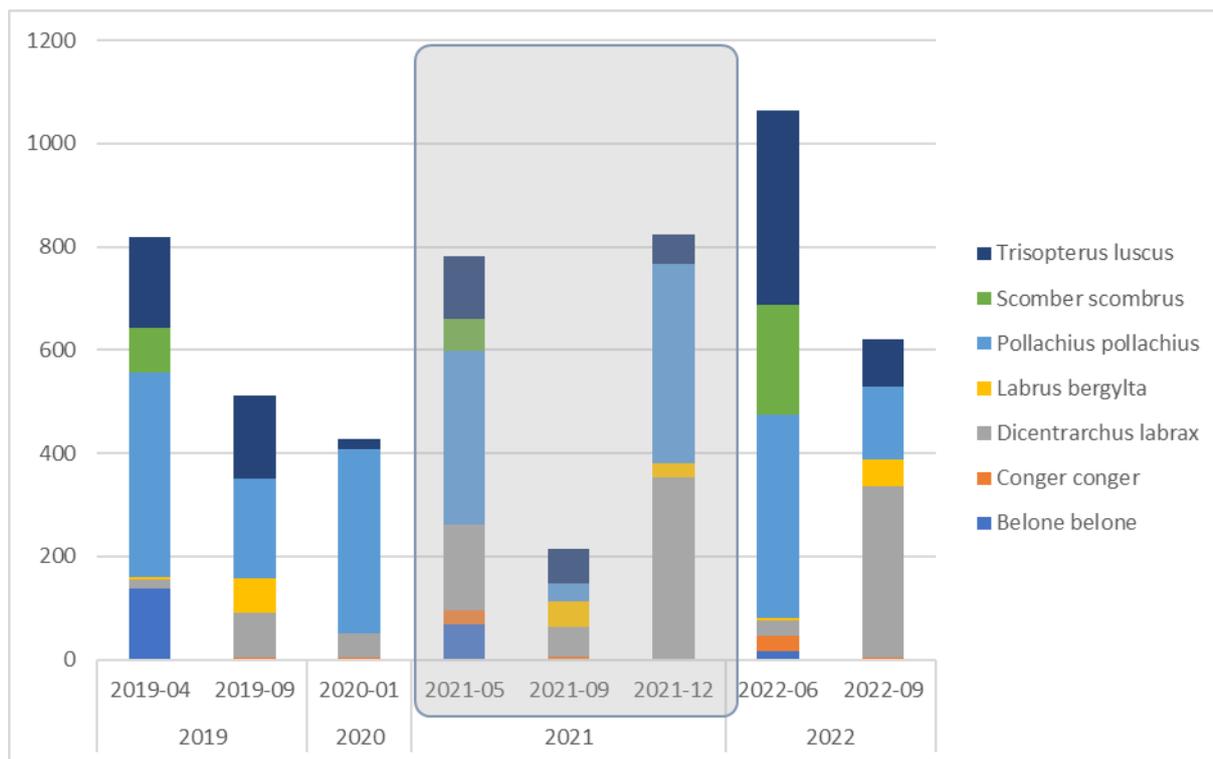


Figure 100 : CPUE par espèce et par mission (en n/1000 hameçons*24h). La période affectée par les travaux d'installation est superposée en grisé.

D'un point de vue général le Lieu Jaune (41,51 %), le Tacaud Commun (19,78 %) et le bar européen (19,62 %) représentent 80,91 % des fréquences de capture par espèce. Le maquereau commun, l'orphie commune, la Vieille commune et le congre d'Europe montrent des valeurs comprises entre 1 et 7 %. Les dix autres espèces affichent des valeurs inférieures à 0,75 %.

Le Bar a des CPUE plus importantes au cours du suivi travaux que lors de l'état de référence, notamment en mai et décembre 2021 et en septembre 2022.

Les CPUE de Lieu Jaune sont plus importantes au printemps et en hiver, moins au mois de septembre. Aucune différence observable entre l'état de référence et le suivi travaux pour cette espèce.

Les captures de Tacaud sont équivalentes pour l'état de référence et le suivi en phase de construction. Un maximum d'abondance est observé en mai 2022.

7.4.6 ÉTUDE MONOSPÉCIFIQUE

- Le Bar

La Figure 101 montre que le bar est capturé en quantités plus importantes en termes de CPUE lors du suivi en travaux que lors de l'état de référence. Les CPUE les plus élevées sont celles des missions de 2021-12 et 2022-09.

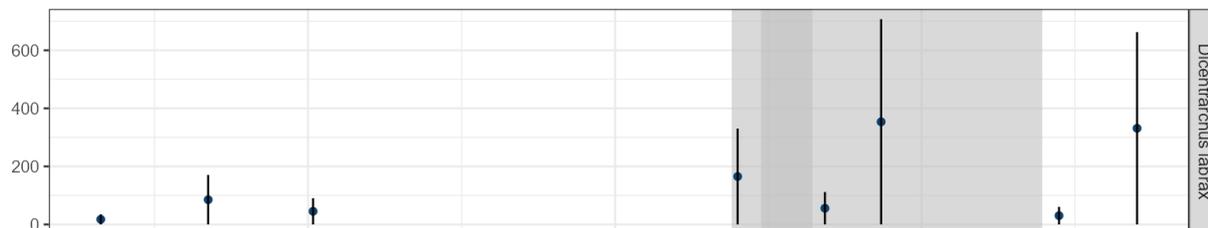


Figure 101 : Évolution des CPUE (n/1000 hameçons * 24h) des bars au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Tableau 37 : Synthèse des tailles (mm) relevées du bar au cours des missions.

<i>Dicentrarchus labrax</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	491 ± 96	360	760	48
2019-04	445 ± 88	360	630	6
2019-09	498 ± 95	370	760	42
2020	483 ± 72	390	710	18
2020-01	483 ± 72	390	710	18
2021	504 ± 92	310	780	97
2021-05	534 ± 124	310	770	28
2021-09	534 ± 83	430	710	11
2021-12	484 ± 66	390	780	58
2022	490 ± 84	350	700	64
2022-06	544 ± 118	360	660	7
2022-09	484 ± 76	350	700	57
2019-2022	496 ± 89	310	780	227

La taille moyenne des bars prélevés au cours des 8 missions est de 496 mm (Tableau 37). Il n'y a pas de différence caractérisée qui puisse être observée entre la période de suivi et l'état de référence.

- Le Lieu Jaune

La Figure 102 montre que le Lieu est présent en quantités équivalentes tout au long des études et qu'il n'y a pas de différence entre l'état de référence et le suivi en phase de construction. Chaque année étudiée, le mois de septembre montre des CPUE plus faibles que les autres pour cette espèce. On note toutefois des CPUE les plus faibles au mois de septembre 2021, alors que des travaux de forage et de battage avaient lieu les jours précédents et pendant la mission : la mission a eu lieu les 8^e et 9 septembre, 2 ateliers de forage ont eu lieu les 4 et 5 septembre, ainsi que les 8 et 9 septembre, et un atelier de battage le 9 septembre. Un effet d'effarouchement des lieux a pu survenir.

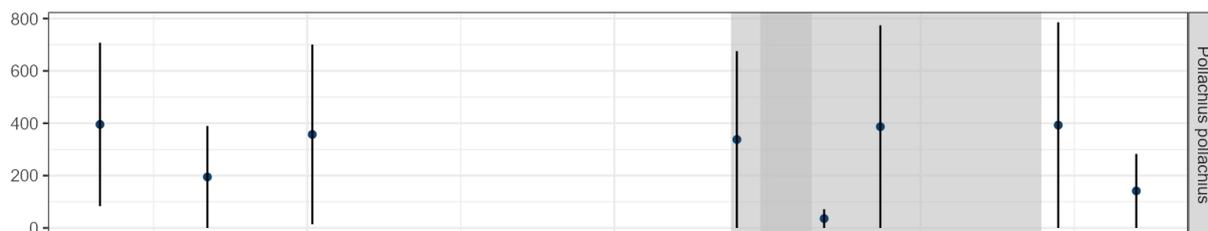


Figure 102 : Évolution des CPUE (n/1000 hameçons * 24h) des lieux jaunes au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

Les données sont à mettre en parallèle du contexte de la ressource disponible pour cette espèce : les ventes en criée du Croisic pour le Lieu Jaune sont en forte diminution depuis 2017. La ressource est de moins en moins disponible pour les pêcheurs de ce port.

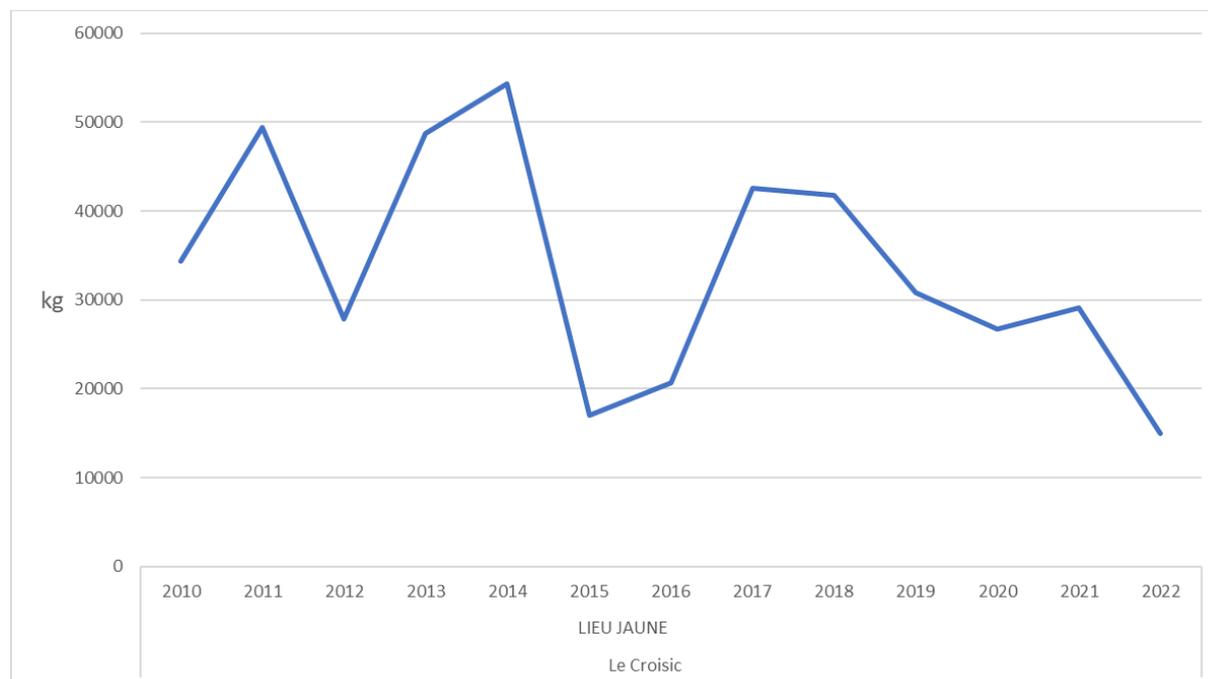


Figure 103: Ventes annuelles de Lieu Jaune à la criée du Croisic pour la période 2010-2022. Source FranceAgriMer.

Toutefois, une observation plus détaillée ne permet pas d'expliquer par cette voie la différence entre l'état de référence et le suivi ; en effet, les ventes de septembre 2019 et 2021 sont équivalentes.

Tableau 38 : Synthèse des tailles (mm) relevées du lieu au cours des missions.

<i>Pollachius pollachius</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	414 ± 86	210	790	213
2019-04	393 ± 72	210	580	145
2019-09	460 ± 95	320	790	68
2020	461 ± 81	330	840	136
2020-01	461 ± 81	330	840	136
2021	467 ± 97	260	800	141
2021-05	436 ± 89	260	690	70
2021-09	623 ± 126	470	800	6
2021-12	487 ± 81	360	730	65
2022	348 ± 97	220	730	85
2022-06	304 ± 64	220	520	60
2022-09	452 ± 83	330	730	25
2019-2022	428 ± 98	210	840	575

La taille moyenne des lieux prélevés au cours des 8 missions est de 428,00 mm (Tableau 38).

Les lieux jaunes prélevés sont généralement plus grands à l'automne qu'au printemps ; le site Banc de Guérande est une zone de nourricerie pour cette espèce, les juvéniles croissent au cours de l'année.

La taille minimale légale de capture est de 270 mm pour le Lieu jaune. Les individus prélevés à la palangre sont très majoritairement adultes, avec la présence occasionnelle de quelques juvéniles.

- Le Tacaud

Tableau 39 : Synthèse des tailles (mm) relevées du Tacaud au cours des missions.

<i>Trisopterus luscus</i>	Taille moy. (mm)	Taille min. (mm)	Taille max. (mm)	Effectif
2019	261 ± 41	190	370	86
2019-04	243 ± 30	190	300	50
2019-09	285 ± 42	200	370	36
2020	258 ± 33	210	300	8
2020-01	258 ± 33	210	300	8
2021	263 ± 40	150	320	39
2021-05	250 ± 37	170	300	17
2021-09	286 ± 24	230	320	14
2021-12	251 ± 49	150	300	8
2022	238 ± 34	160	310	71
2022-06	228 ± 31	160	310	51
2022-09	263 ± 28	190	310	20
2019-2022	253 ± 40	150	370	204

La taille moyenne des tacauds prélevés au cours des 8 missions est de 253 mm (Tableau 39).

Les tacauds prélevés sont généralement plus grands à l'automne qu'au printemps ; le site Banc de Guérande est une zone de nourricerie pour cette espèce, les juvéniles croissent au cours de l'année.

La Figure 104 montre que le Tacaud est généralement présent en quantités équivalentes. Les CPUE les plus importantes sont constatées en juin 2022, juste après la fin des travaux de construction.

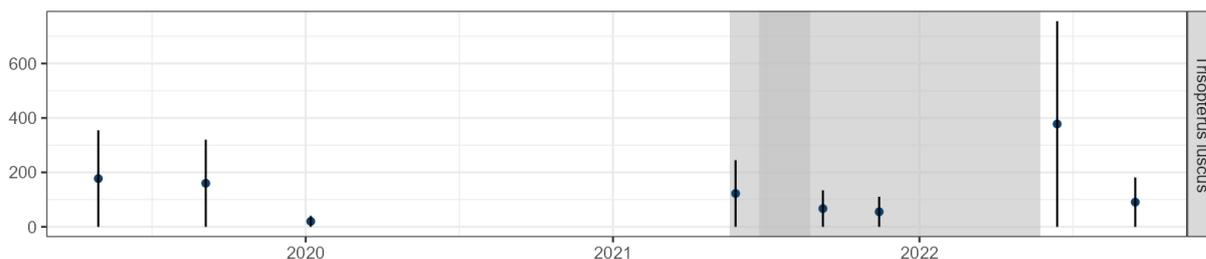


Figure 104 : Évolution des CPUE (n/1000 hameçons * 24h) des Tacauds au fil des missions. Les périodes de travaux sont présentées en gris (préparation de sol en foncé).

7.4.7 ANALYSE MULTIVARIÉE

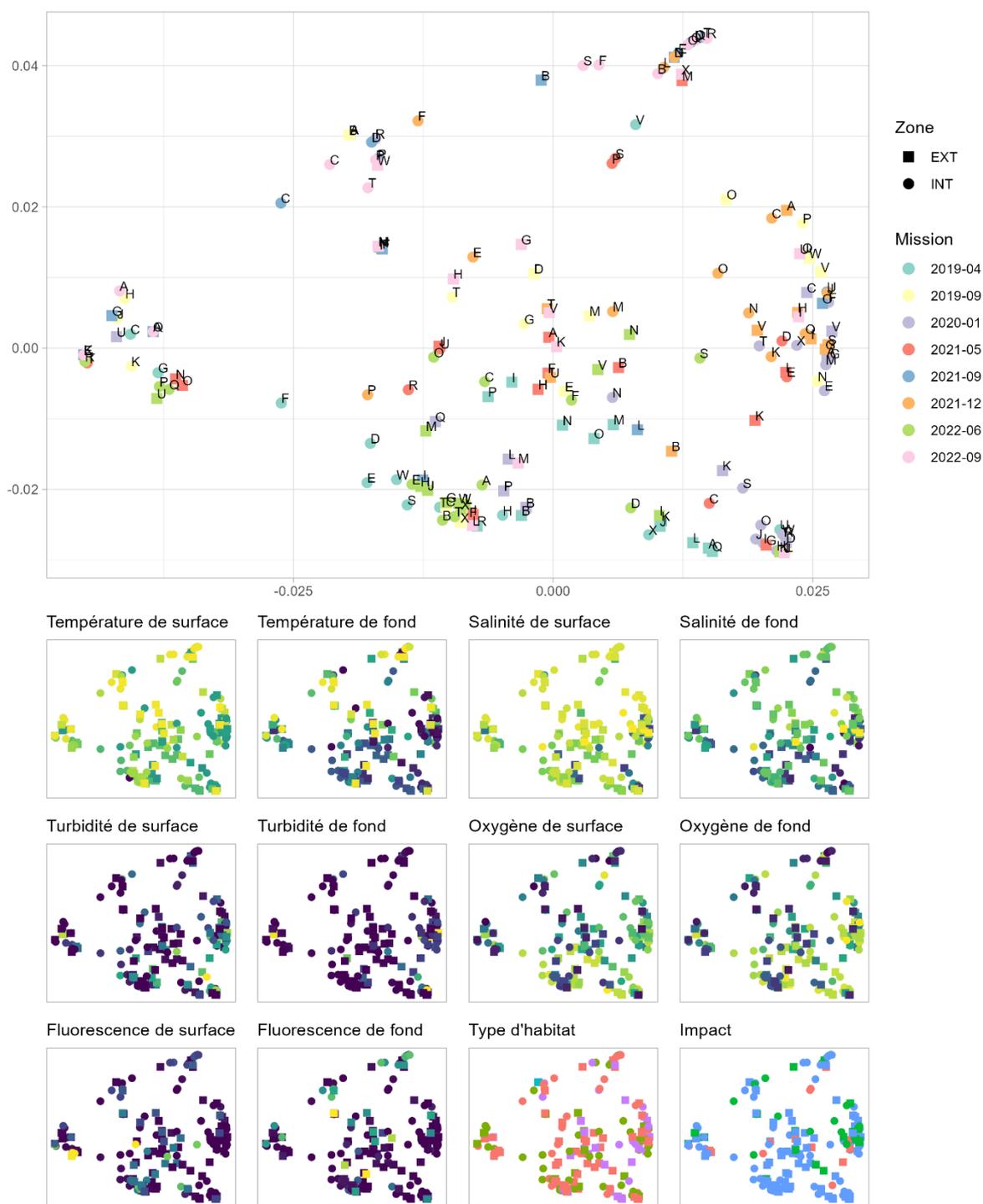


Figure 105 : Résultats de l'analyse multivariée (PCO) réalisée à partir des données de captures à la palangre entre 2019 et 2022.

Les points correspondent à toutes les stations échantillonnées (de A à X) pendant 8 campagnes à l'intérieur et à l'extérieur du parc entre avril 2019 et septembre 2022. Ils sont répartis de façon homogène dans l'ensemble du plan en fonction des valeurs de température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence en surface et au fond de la colonne d'eau, du type d'habitat (« sédiment », « roche », « roche avec couverture algale ») et de l'impact (« non », « battage » et « forage »).

Un léger gradient (en diagonale dans le plan) se distingue pour les températures de surface et de fond ainsi que pour les salinités de surface et de fond. Dans le cas des turbidités de surface et de fond, certaines stations montrent un regroupement à droite, au centre avec d'autres stations dont la répartition est plus largement répartie dans le plan. Le type d'habitat n'influence pas les captures et aucun impact ne tend à se distinguer clairement.

La plus faible capture a lieu au milieu de la période de travaux alors que la qualité physico-chimique de l'eau ne semble pas affectée. En phase de construction, aucun effet des travaux sur les ressources halieutiques capturées à la palangre n'est clairement caractérisé.

7.4.8 COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DE L'ÉTAT DE REFERENCE DES CAMPAGNES « PALANGRE A POISSONS »

L'abondance des captures montre une valeur plus basse que les autres en 2021 alors que la diversité et l'équitabilité des peuplements n'évoluent pas au cours du suivi.

Les espèces caractéristiques des captures sont le Lieu Jaune, le Bar européen et le Tacaud présents dans plus de la moitié des peuplements au cours du suivi.

En résumé, pour les captures à la palangre à poissons :

- **La plus faible capture totale, liée à une très faible quantité de Lieu Jaune, a lieu pendant les travaux sans modification de la qualité de l'eau ; des travaux de forage et de battage avaient lieu à ce moment-là. La disponibilité de la ressource pour cette espèce est la même que lors de l'état de référence, un effet d'effarouchement est envisageable. Cependant, l'analyse multivariée décrite ne peut conclure clairement qu'ils sont à l'origine de cet évènement.**
- **Les plus importantes captures ont lieu en fin de période de suivi et seraient liées à des captures de Bar plus importantes qu'auparavant.**
- **En phase de construction, aucun effet des travaux sur les ressources halieutiques capturées à la palangre n'est clairement caractérisé.**

8 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

8.1 QUALITÉ DE L'EAU LORS DES CAMPAGNES

Les valeurs des paramètres physico-chimiques relevées lors des campagnes métiers dans la colonne d'eau durant l'état de référence et la phase de travaux sont globalement similaires à l'exception de la fluorescence au printemps. La zone d'étude ne semble pas avoir été impactée par des variations interannuelles même si de légères variations sont observées, notamment la fluorescence au printemps. Celles-ci sont essentiellement liées aux apports d'eau de l'estuaire de la Loire et aux variations de température. En conséquence, les variations annuelles des températures dans l'air, ainsi que de la pluviométrie jouent des rôles importants en influençant directement la Loire et indirectement la zone étudiée. Certaines stations sont par ailleurs plus impactées en raison de leur proximité avec l'estuaire de la Loire et par conséquent les apports en eau saumâtre.

Aucune variation interannuelle ne serait fortement marquée dans les différentes aires d'étude. Les variations de la température atmosphérique chaque année, ainsi que de la pluviométrie joueraient des rôles importants en influençant directement la Loire et indirectement la zone étudiée. Les exceptions pouvant apparaître en lien avec les paramètres de certaines stations (comme la station E des campagnes de prélèvements de zooplancton) s'expliquent par leur proximité avec l'estuaire de la Loire et par conséquent les apports en eau saumâtre et turbide.

Aucun impact des travaux de préparation de sol ou d'installation des éoliennes du parc éolien en mer de Saint-Nazaire sur la qualité de l'eau n'a pu être détecté au moyen des analyses effectuées.

8.2 ICTHYO- ET ZOOPLANCTON – FONCTION FRAYÈRE

8.2.1 ŒUFS DE POISSONS

Aucune différence majeure en termes de diversité biologique n'a été observée entre l'état de référence et le suivi. Les différences observées en termes d'assemblage d'espèces entre les campagnes 2019 et 2021 sont fortement liées aux variations d'abondance des œufs d'une seule espèce très largement majoritaire : le Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*) ;

8.2.2 LARVES

Une différence de richesse spécifique moyenne est à noter : elle est inférieure d'une espèce pour le suivi 2021 (phase travaux) par rapport à l'état de référence ; c'est une différence importante car le nombre d'espèces moyen est inférieur à 10. Il est difficile également d'établir une tendance saisonnière commune aux deux études.

8.2.3 AUTRE ZOOPLANCTON

Des différences importantes peuvent être observées par rapport à l'état de référence concernant le zooplancton ; cependant, les différences observées ne peuvent pas être attribuées aux travaux d'installation du parc éolien en mer. Elles sont à la fois saisonnières et très liées à la présence ou absence d'un groupe pouvant être majoritaire et déterminant.

Le suivi en phase travaux n'aurait pas mis en évidence d'impact sur la fonction frayère pour les espèces résidentes du site concerné.

8.3 FILET À POISSONS ET CRUSTACÉS

La comparaison des résultats de l'état de référence et du suivi en phase travaux indique que les abondances spécifiques calculées sont inférieures après la période de travaux, en 2022 alors qu'elles sont fortes ou moyennes avant et pendant ces derniers. La diversité et l'équitabilité spécifiques évoluent peu au cours du suivi, avant pendant et après les travaux.

- Les espèces caractéristiques des captures au filet sont La Vieille commune et le Tacaud Commun omniprésents dans les prélèvements. La Petite roussette est présente dans plus de la moitié de ces derniers.
- Une réduction de la fréquence d'occurrence d'une partie des espèces prélevées serait observée.
- En 2022 uniquement des différences seraient observées en raison d'un biais méthodologique.
- Une diminution de l'abondance générale serait observée à partir de 2021 et les valeurs les plus faibles sont mesurées en 2022.
- En phase de construction, aucun effet sur les ressources halieutiques capturées au filet n'est clairement caractérisé.

8.4 CASIER À CRUSTACÉS

La comparaison des résultats de l'état de référence et du suivi en phase travaux montre qu'en 2021 ont lieu les plus faibles captures. La diversité et l'équitabilité des captures diminuent au cours du suivi. Le Homard est l'espèce caractéristique du peuplement capturé du début à la fin du suivi. L'Araignée et l'étrille en disparaissent pendant la même période alors que le poulpe apparaît en 2022.

De manière générale, on observe que la présence des différentes espèces est à peu près identique au fil des saisons. Les missions de 2021 révèlent une nette différence en termes d'assemblage mais aussi de nombre de prélèvement pendant les 3 missions réalisées. Ces dernières ont été réalisées sur un substrat rocheux (différent des années précédentes du fait de la météo...), substrat apprécié des Homards mais peu des Araignées de mer.

En 2021, de fortes captures de Poulpes sur le secteur du banc de Guérande et plus généralement à l'échelle régionale sont observées. La présence de Poulpes peut influencer celle des grands crustacés (prédation, habitat commun). Les stratégies de pêche se sont adaptées pour cibler cette espèce ce qui pourrait diminuer la pression de pêche sur les crustacés.

- En 2021, alors que les travaux étaient en cours, de plus faibles captures de grands Crustacés ont été observées tandis que l'abondance du Poulpe (prédateur de grands Crustacés) a augmenté à l'échelle du secteur de pêche. Un effet des travaux sur les peuplements serait ainsi détecté en 2021. Ce pic d'abondance à grande échelle et les travaux locaux étant simultanés, il reste difficile de les associer dans le cadre d'une relation de cause à effet. La modification de la composition du peuplement capturé est associée aux valeurs de teneur en oxygène, fluorescence au fond, température et turbidité. Or ces paramètres seraient influencés par les variations saisonnières. Les travaux ne semblent pas affecter les paramètres environnementaux mesurés.
- Un effet lié à la fermeture de la pêche dans la zone de parc éolien au cours des travaux serait observé : les homards sont en moyenne plus gros à l'intérieur de la zone qu'à l'extérieur, alors qu'avant les travaux, les tailles des individus de cette espèce auraient été plus homogènes.
- Les différences de CPUE totales observées seraient le plus souvent liées à un biais méthodologique associé à un changement de zone. En effet, à plusieurs reprises le plan d'échantillonnage a été adapté aux contraintes rencontrées, notamment entre l'étude de l'état de référence et le suivi en phase de construction et même au cours du suivi. Cela aurait notamment mené à observer de plus fortes abondances de Tourteau en fin de suivi que lors du reste des campagnes, car une zone propice à cette espèce à cette époque de l'année (juillet) a été visitée.

8.5 PALANGRE À POISSONS

L'abondance des captures montre une valeur plus basse que les autres en 2021 alors que la diversité et l'équitabilité des peuplements n'évoluent pas au cours du suivi.

Les espèces caractéristiques des captures sont le Lieu Jaune, le Bar européen et le Tacaud présents dans plus de la moitié des peuplements au cours du suivi.

- **La plus faible capture totale, liée à une très faible quantité de Lieu Jaune, a eu lieu pendant les travaux sans modification de la qualité de l'eau ; des travaux de forage et de battage avaient lieu à ce moment-là. Or il est montré que la disponibilité de la ressource pour cette espèce était la même que lors de l'étude de l'état de référence. Un effet local tel qu'un effarouchement serait donc envisageable à l'échelle de la zone d'étude. Cependant, l'analyse multivariée décrite ne peut conclure clairement qu'ils sont à l'origine de cet événement. Cet effet ne se serait pas prolongé.**
- **Les plus importantes captures ont eu lieu en fin de période de suivi et seraient liées à des captures de Bar plus importantes qu'auparavant.**
- **En phase de construction, aucun effet des travaux sur les ressources halieutiques capturées à la palangre n'est clairement caractérisé.**

Ce suivi n'a pas mis en exergue d'effet important (ou distinct des variations naturelles), en dehors de deux phénomènes :

- **Un effet réserve/report de pêche affectant les populations de Homard très ponctuel du fait de la fermeture de la zone de parc éolien à la pêche, détecté grâce à l'analyse des tailles moyennes de Homards dans les prélèvements au casier ;**
- **La possibilité d'un effarouchement des Lieux jaunes par les travaux lorsque des prélèvements à la palangre ont été réalisés simultanément à des ateliers de forage et de battage. Si cet effet est bien causé par les travaux, sa durée a été très limitée.**

9 ANNEXES

Table des matières

Annexe 1 : REFERENCES.....	152
Annexe 2 : ESPECES PRESENTES DANS L'ESTUAIRE DE LA LOIRE.....	159
Annexe 3 : CPUE moyennes calculées par mission	162
Annexe 4 : RAPPORT DE L'EXPERTISE TAXONOMIQUE DU MNHN SUR LES ECHANTILLONS DE LA CAMPAGNE ICHTYOPLANCTON.....	182

10 BIBLIOGRAPHIE

- Abbès, R. (1991). Atlas des ressource(s) et des pêches françaises dans les mers européennes. (E. Ouest-France, Éd.) 99.
- Arbault, S., & Lacroix-Boutin, N. (1969, Juin). Egg-laying periods and sites of the teleostean fish of the Gulf of Gascony in 1965-1966 (eggs and larvae). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes (0035-2276) (ISTPM)*, 1969-06, Vol. 33, N. 2, P. 181-202, pp. 181-202.
- Arbault, S., & Lacroix-Boutin, N. (1969). *Epoques et aires de ponte des poissons téléostéens du Golfe de Gascogne en 1965-1966 (oeufs et larves)*. Consulté le 11 21, 2019, sur <https://archimer.ifremer.fr/doc/1969/publication-3166.pdf>
- Auby, I., Lemoine, J., & De Montaudouin, X. (1995). *Schéma de Mise en Valeur de la Mer du Bassin d'Arcachon : ResSource(s) biologiques exploitables (invertébrés) Habitats et espèces présentant un intérêt particulier*.
- Bailey, H., Brookes, K. L., & Thompson, P. M. (2014). Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems*, 10(8).
- Battacharya, C. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*(23), 115-135.
- Beck, M., Heck, Jr., K., Able, K., Childers, D., Eggleston, D., Gillanders, B., . . . Weinstein, M. (2001). The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience* 51(Aug 2001), 633-641.
- Benedetti-Cecchi, L. (2001). Beyond BACI: optimization of environmental sampling designs through monitoring and simulation. *Ecological Applications*, 11, 783-799.
- Bertrand, J., Brind'Amour, A., Cochard, m.-L., Coppin, F., Leaute, J.-P., Lorance, P., . . . Verin, Y. (2009). *Grands invertébrés et poissons observés par les campagnes scientifiques. Bilan 2007*.
- Blanchard, M., Heim, M., Rozec, X., & Caisey, X. (2008). Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du littoral français "Manche-Est" et "Loire-Gironde".
- Bouysson, P., Lesueur, P., & Klingebiel, A. (1986). *Carte des sédiments superficiels de la partie septentrionale du golfe de Gascogne au 1:500000*. Co-éditée par BRGM & IFREMER.
- Brind'Amour, A., Le Bris, H., Delaunau, D., Berthele, O., & Baudrier, J. (s.d.). *Rapport de campagne sur les nourriceries côtières : Campagne Nurse 2018*. Rapport intermédiaire.
- Carl, J., & Nielsen, B. (2014). *Horns Rev 3 offshore wind farm*. Technical report no. 6 - Commercial fisheries, Orbicon A/S.
- Casamajor, M.-N., & Rouyer, A. (2012). *Espèces halieutiques les plus vulnérables aux extractions de granulats marins*. Ifremer.
- Chassé, C., & Glémarec, M. (1976). *Atlas du littoral français : atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne : cartes biosédimentaires*.

- Chouvelon, T., Strady, E., Harmelin-Vivien, M., Radakovitch, O., Brach-Papa, C., Crochet, S., . . . Tronczynski, J. (2019). Patterns of trace metal bioaccumulation and trophic. *Marine Pollution Bulletin*, 1013-1030.
- CREOCEAN. (2014). *Parc Eolien en Mer de Saint Nazaire. Etude d'impact environnemental - Ressource halieutique. Version finale.*
- CREOCEAN. (2015). *Parc Eolien en Mer de Saint Nazaire. Etude d'impact environnemental - Ressource halieutique : résultats des campagnes en mer 2014.*
- CREOCEAN. (2015). *Parc Eolien en Mer de Saint Nazaire. Etude d'impact environnemental - Ressource halieutique : volet larves ichtyoplanctoniques - Bilan 2014.*
- Dauvin, J.-C. (2007). Paradox of estuarine quality: benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. *Marine Pollution Bulletin- Volume 55, Issues 1-6, 2007*, 271-281.
- Delage, N., & Le Pape, O. (2016). *Inventaire des zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française. Première partie : définitions, critères d'importance et méthode pour déterminer des zones d'importance à protéger en priorité.* Rennes: AGROCAMPUS OUEST .
- Delpéch, J.-P., Mahe, K., Mehault, S., Rostiaux, E., Biais, G., Coppin, F., & Vaz, S. (2007). *Evaluation des ressources halieutiques par les campagnes scientifiques françaises - Façade "Manche-Est" et façade "Loire-Gironde".*
- Deniel, C. (1981). *Les Poissons plats (Téléostéens, Pleuronectiformes) en baie de Douarnenez : reproduction, croissance et migration des Bothidae, Scophthalmidae, Pleuronectidae et Soleidae.* Université de Bretagne occidentale, Brest.
- Desaunay, Y., Perodou, J.-B., & Beillois, P. (1981). Etude des nurseries de poissons du littoral de la Loire-Atlantique. *Science et Pêche*(319), 1-23.
- Doris FFESSM. (s.d.). *Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques.* Consulté le Février 2020, sur Doris : <https://doris.ffessm.fr/>
- DREAL Bretagne. (2013). Etat des lieux des poissons migrateurs et proposition de gestion. Dans *Plan de gestion des poissons migrateurs Bretagne 2013-2017.*
- Ebeling, A., & Laur, D. (1985). The influence of plant cover on surfperch abundance at an offshore temperate reef. *Environmental Biology - Fishes* 12, 169-179.
- Ehrenbaum, E. (1905). Eier und Larven von fischen. *Nordisches Plankton (Zool.)*, 1(4), 1-19.
- Elliot, M., & Quintino, V. (2007). The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin* 54 , 640-645.
- FISHBASE . (s.d.). 12/2019. Consulté le Février 2020, sur FISHBASE: <https://www.fishbase.se/search.php>
- FISHBASE : Froese, R.; Pauly, D. (s.d.). 12/2019. Consulté le Février 2020, sur FISHBASE: <https://www.fishbase.se/search.php>

- Fonds, M., Tanaka, M., & Van der Veer, H. (1995). Feeding and growth of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in relation to temperature and food supply. *Netherlands Journal of Sea Research - Volume 34, Issues 1-3*, 111-118.
- Forest, A. (2001). *ResSource(s)s halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion*. IFREMER.
- Fritsch, M. (2005). *Traits biologiques et exploitation du bar commun *Dicentrarchus labrax* (L.) dans les pêcheries françaises de la Manche et du golfe de Gascogne*. PhD Thesis, Université de Bretagne Occidentale.
- Fritsch, M., Morizur, Y., Lambert, E., Bonhomme, F., & Guinand, B. (2007). Assessment of sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) stock delimitation in the Bay of Biscay and the English Channel based on mark-recapture and genetic data. *Fisheries Research*(83 (2-3)), 123-132.
- Gibson, R. (1994). Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes.191-206. *Netherlands Journal of Sea Research, Volume 32, Issue 2*, 191-206.
- GIP Loire Estuaire. (2012). L'oxygène de l'eau. Dans G. L. Estuaire, *Cahier 2012 Indicateurs*. Nantes. Récupéré sur https://www.loire-estuaire.org/upload/iedit/1/pj/43686_4081_L2A1_juil2012.pdf
- Gray, M., Stromberg, P.-L., & Rodmell, D. (2016). *Changes to fishing practices around the UK as a result of the development of offshore windfarms - Phase I (revised)*. The Crown Estate.
- Green, R. (1979). *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*.
- Groupement d'Intérêt Public (GIP) Loire Estuaire. (2019). *Les poissons dans l'Estuaire de la Loire*. GIP Loire Estuaire. Récupéré sur <https://www.migrateurs-loire.fr/les-poissons-de-lestuaire-de-la-loire/>
- Guenault, D., Dorel, D., & Desaunau, Y. (1996). *Cartographie des nourriceries littorales de poissons du Golfe de Gascogne*. Rapport d'étude 95-L1-01-02.
- Guérault, D., Dorel, D., & Desaunau, Y. (1996). *Cartographie des nourriceries littorales de poissons du Golfe de Gascogne*. Rapport d'étude 95-L1-01-02.
- Hamdi, A., Vasquez, M., & Populus, J. (s.d.). Cartographie des habitats physiques Eunis - Côtes de France. *Convention IFREMER/AAMP n° 09/12177764/FY*.
- Houise, C. (1993). *Etude de la population du merlan (*Merlangius merlangus* L.) du golfe de Gascogne*. L'Houmeau: Ifremer .
- Huret, M., Petitgas, P., & Léger, F. (009). Potential responses of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) larval dispersal to climate change in the Bay of Biscay. *ICES Annual Science Conference. ICES CM 2009/E:08* . Nantes: Ifremer.
- ICES. (2006). *ICES Report of the Working Group on Marine Habitat Mapping (WGMHM), 4-7 April 2006*. Galway, Ireland.
- 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*. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

- Ifremer. (2019). *Données des campagnes de surveillance halieutique de l'Ifremer*. Récupéré sur <http://www.ifremer.fr/SIH-indices-campagnes/>
- IFREMER/BRGM. (2007). Carte des sédiments superficiels de la partie septentrionale du golfe de Gascogne au 1:500000, d'après Bouysse P., Lesueur P. et Klingebiel A., 1986.
- Ifremer-Université-CNRS. (2009). Produit numérique REBENT Ifremer-Université-CNRS, 2009 ; Source Chassé C., Glémarec M., Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne : cartes biosédimentaires, 1976.
- Jacoby, D., & Gollock, M. (2014). *Anguilla anguilla*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T60344A45833138* <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T60344A45833138.en>.
- Kacher, M. (2004). *The hake of the bay of Biscay and the celtic sea: Growth, spatial and bathymetric distribution, Ecology of diet and assemblages*. Dunkerque: Université du Littoral Côte d'Opale.
- Kélig, M., Delpech, J.-P., & Carpentier, A. (2006). *Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du golfe de Gascogne*. Boulogne sur mer: Ifremer.
- Kopp, D., Le Bris, H., Grimaud, L., Nerot, C., & Brind'Amour, A. (2013). Spatial analysis of the trophic interactions between two juvenile fish species and their preys along a coastal-estuarine gradient. *Journal Of Sea Research*, 81, 40-48.
- Krug, H. M. (1990). The Azorean blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768) (Teleostei: Sparidae): age and growth. *Cybium: international journal of ichthyology, Volume 13, Issue 4.*, 347-355.
- Kubin, L. (1997). *A study of growth in juvenile English sole exposed to sediments amended with aromatic compounds*. Bellingham, WA, USA: Western Washington State University.
- Laurans, M. (2013). *Pêcherie de homard au large du croisic, état du stock et éléments de sa biologie*. IFREMER.
- Le Goff, R., Villanueva, C., Drogou, M., & De Pontual, H. (2017). *Projet Bargip. Action Nourriceries. Rapport final.*.
- Le Pape, O. (2005). *Les habitats halieutiques essentiels en milieu côtier. Les identifier, comprendre leur fonctionnement et suivre leur qualité pour mieux gérer et pérenniser les ressources marines exploitées*. Université Bretagne Occidentale.
- Le Pape, O., & Bonhommeau, S. (2015). The food limitation hypothesis for juvenile marine fish. *Fish and Fisheries, Volume 16, Issue 3*, 373-398.
- Lobry, J., Lepage, M., & Rochard, E. (2006). From seasonal patterns to a reference situation in an estuarine environment: Example of the small fish and shrimp fauna of the Gironde estuary (SW France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2), 239-250.
- Lobry, J., Mourand, L., Rochard, E., & Elie, P. (2003). Structure of the Gironde Estuarine Fish Assemblages: A Comparison of European Estuaries Perspective. *Aquatic Living Resources*, 16, 47-58.

- Lozano, L., Crec'hriou, R., Garsi, L.-H., Agostini, S., & Lenfant, P. (2015). *Caractérisation de la biodiversité des post-larves de poissons en Méditerranée nord-occidentale et la variabilité de leur recrutement*. Rapport Scientifique du Parc National de Port-Cros n°29.
- Magnuson, S. (2007). Fishery Conservation and Management Reauthorization Act of. U.S Department of Commerce - National Oceanic and Atmospheric Administration - National Marine Fisheries Service , USA.
- Mahe, K., Delpech, J.-P., & Carpentier, A. (2007). *Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du Golfe de Gascogne*.
- Marchand, J. (1987). Rôles de l'estuaire de la Loire vis-à-vis des espèces d'intérêt halieutique . *Norois - Espaces côtiers et sociétés littorales. Colloque international des 28, 29 et 30 novembre 1986 à Nantes*, 379-390.
- Maréis. (s.d.). 2018. (Centre de découverte de la pêche en mer) Consulté le Février 2020, sur <http://www.mareis.fr/>
- MEDDE. (2017). *Guide d'évaluation des impacts sur l'environnement des parcs éoliens en mer - Edition 2017*.
- Methratta, E. (2020). Monitoring fisheries resources at offshore wind farms: BACI vs. BAG designs. *Ices Journal of Marine Science*, 77, 890-900.
- Michez, N., Aish, A., Hily, C., Sauriau, P.-G., Derrien-Courtel, S., Casamajor, N., . . . Thiébaud, E. (2013). *Typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de Mer du Nord et d'Atlantique : Version 1*. Paris: Rapport SPN (Service du Patrimoine Naturel, Direction de la Recherche, de l'Expertise et de la Valorisation), Paris, 2013 - 9. Affiliation: MNHN, Paris.
- Michez, N., Thiébaud, E., Dubois, S., Le Gall, L., Dauvin, J.-C., Andersen, A., . . . Viard, F. (2019). *Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, Version 3*. Paris: UMS PatriNat, Muséum national d'Histoire naturelle.
- MNHN. (2019). Classification des habitats EUNIS. *Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN)*.
- Munk, P., & Nielsen, J. (2005). *Eggs and larvae of North Sea fishes*. Biofolia Edition, Frederiksberg, Danemark.
- Nicola, T., Ingrid, T., & Rob, G. (2004). *Baseline studies wind farm for demersal fish*. Royal Haskoning.
- Palomera, I. O.-N. (2007). Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: An ecological review. *Progress in Oceanography* 74, 377-396.
- Parlier, E. (2006). Approche quantitative de la fonction de nourricerie des systèmes estuariers - vasières. Thèse doctorat. 282.
- Pasquaud, S., Elie, P., Jeantet, C., Billy, I., Martinez, P., & Girardin, M. (2008). A preliminary investigation of the fish food web in the Gironde estuary, France, using dietary and stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*(78), 267-279.
- Petitgas, P. (2010). *Life cycle spatial patterns of small pelagic fish in the Northeast Atlantic*. ICES Cooperative Research Report no. 306. 93 pp, ICES.
- Quéro, J.-C., & Vayne, j.-J. (2003). *Les poissons de mer des pêches françaises*. Delachaux & Niestlé.

- Quéro, J.-C., Porché, P., & Vayne, J.-J. (2003). *Guide des poissons de l'Atlantique européen*. Delachaux & Niestlé.
- Quiniou, L. (1986). *Les peuplements de poissons démersaux de la pointe de Bretagne : environnement, biologie, structure démographique, relations trophiques*. Université de Bretagne occidentale, Brest.
- Regimbart, A., Guitton, J., & Le Pape, O. (2018). *Zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française*. Rennes: Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST.
- Russell, F. (1976). *The eggs and planktonic stages of British marine fishes*. Academic Press, London.
- Schlaich, I., Le Mao, P., & Baudrier, J. (2019). *Rapport de campagne de nurseries côtières: campagne Nourmont 2017*. Rapport pour les Agences de l'Eau Seine-Normandie et Loire-Bretagne.
- Smith, P. E., & Richardson, S. (1977). Standard techniques for pelagic fish eggs and larval stages surveys. *FAO Fisheries Technical Paper*(175), 100p.
- Smokorowski, K., & Randall, R. (2017). Cautions on using the Before-After-Control-Impact design in environmental effects monitoring programs.
- Tableau, A., Brind'Amour, A., Woillez, M., & Le Bris, H. (2016). Influence of food availability on the spatial distribution of juvenile fish within soft sediment nursery habitats. *Sea Research*, 111, 76-87.
- Talidec, C., Augris, C., Rouyer, A., Brind'Amour, A., Pitel-Roudaut, M., Tanguy, N., . . . Simplet, L. (2013). *Observation des ressources halieutiques par les campagnes scientifiques françaises. Façades "Bretagne" et "Sud-Gascogne"*.
- TBM. (2014). *Projet de parc éolien en mer de Saint-Nazaire -Banc de Guérande - Etat initial, effets, impacts et mesures*.
- Tillier, I., & Brivoal, F. (2016). *Etude d'impacts du projet éolien du banc de Guérande - Analyse de l'activité de pêche professionnelle - Complément sur la base des données activité et ventes en halles à marées 2011*. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Pays de la Loire.
- Trenkel, V., Berthele, O., Lorange, P., Bertrand, J., Brind'Amour, A., Cochard, M.-L., . . . Verin, Y. (2009). *Grands invertébrés et poissons observés par les campagnes scientifiques. Atlas de distribution. Bilan 2008*.
- Trimoreau, E., Archambault, B., Brind'Amour, A., Lepage, M., Guitton, J., & Le Pape, O. (2013). A quantitative estimate of the function of soft-bottom sheltered coastal areas as essential flatfish nursery habitat. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 133, 193-205.
- Underwood, A. (1992). Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161, 145-178.
- Villegas-Ríos, D. (2013). *life history and behaviour of Labrus bergylta in Galicia*. PhD Thesis.
- Vinagre, C., & Cabral, H. (2008). Prey consumption by the juvenile soles, *Solea solea* and *Solea senegalensis*, in the Tagus estuary, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 78, Issue 1*, 45-50.

Whitfield, A., & Pattrick, P. (2015). Habitat type and nursery function for coastal marine fish species, with emphasis on the Eastern Cape region, South Africa. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Volume 160, 49-59.

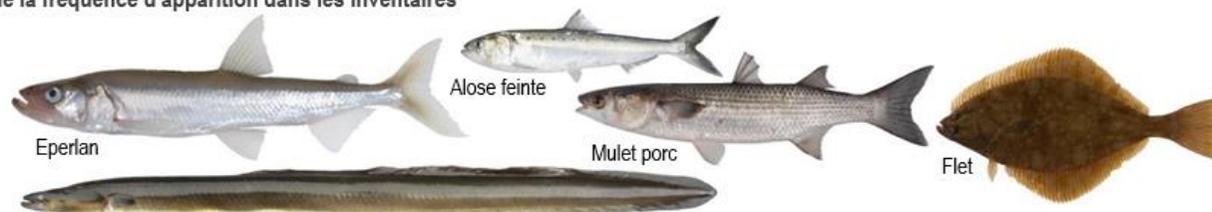
ZIEMSKI Frédéric, B. D. (2021, 01 15). *Ctenolabrus rupestris* (Linnaeus, 1758). Récupéré sur DORIS: <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/1592>

ZIEMSKI Frédéric, B. D. (2021, 01 15). *Ctenolabrus rupestris* (Linnaeus, 1758). Récupéré sur DORIS: <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/1592>

ANNEXE 1 : ESPECES PRESENTES DANS L'ESTUAIRE DE LA LOIRE

Liste des espèces de poissons présentes dans l'estuaire de la Loire, dans les 27 inventaires analysés par le GIP Loire Estuaire, depuis 1977 :
classement par guildes écologiques avec mention de la fréquence d'apparition dans les inventaires

<i>Alosa sp.</i>		2%
<i>Alosa alosa</i>	Alose	19%
<i>Alosa fallax</i>	Alose feinte	40%
<i>Lamprolota fluviatilis</i>	Lamproie fluviatile	4%
<i>Osmerus eperlanus</i>	Eperlan	100%
<i>Petromyzon marinus</i>	Lamproie marine	15%
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	100%
<i>Liza ramada</i>	Mulet porc	89%
<i>Platichthys flesus</i>	Flet	100%
<i>Aphia minuta</i>	Nonnat	49%
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Epioche	43%
<i>Gobius niger</i>	Gobie noir	19%
<i>Gobius paganellus</i>	Gobie paganal	2%
<i>Pomatoschistus sp.</i>		100%
<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie tacheté	43%
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie buhotte	64%
<i>Pomatoschistus pictus</i>	Gobie varié	2%
<i>Abramis brama</i>	Brème commune	66%
<i>Acantha camua</i>	Grémille	6%
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	4%
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	28%
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau	28%
<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	38%
<i>Carassius carassius</i>	Carassin	4%
<i>Carassius gibelio</i>		2%
<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	13%
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	6%
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	2%
<i>Ictalurus melas</i>	Poisson-chat	15%
<i>Leuciscopus delineatus</i>	Able de Heckel	2%
<i>Leuciscus cephalus</i>	Chevaine	4%
<i>Leuciscus idus</i>	Ide mélanote	17%
<i>Leuciscus luciscus</i>	Vandoise	9%
<i>Perca fluviatilis</i>	Perche fluviatile	17%
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	4%
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	40%
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	6%
<i>Silurus glanis</i>	Silure glane	4%
<i>Stizostedion lucio-perca</i>	Sandre	57%



espèces migratrices : anadromes et catadromes

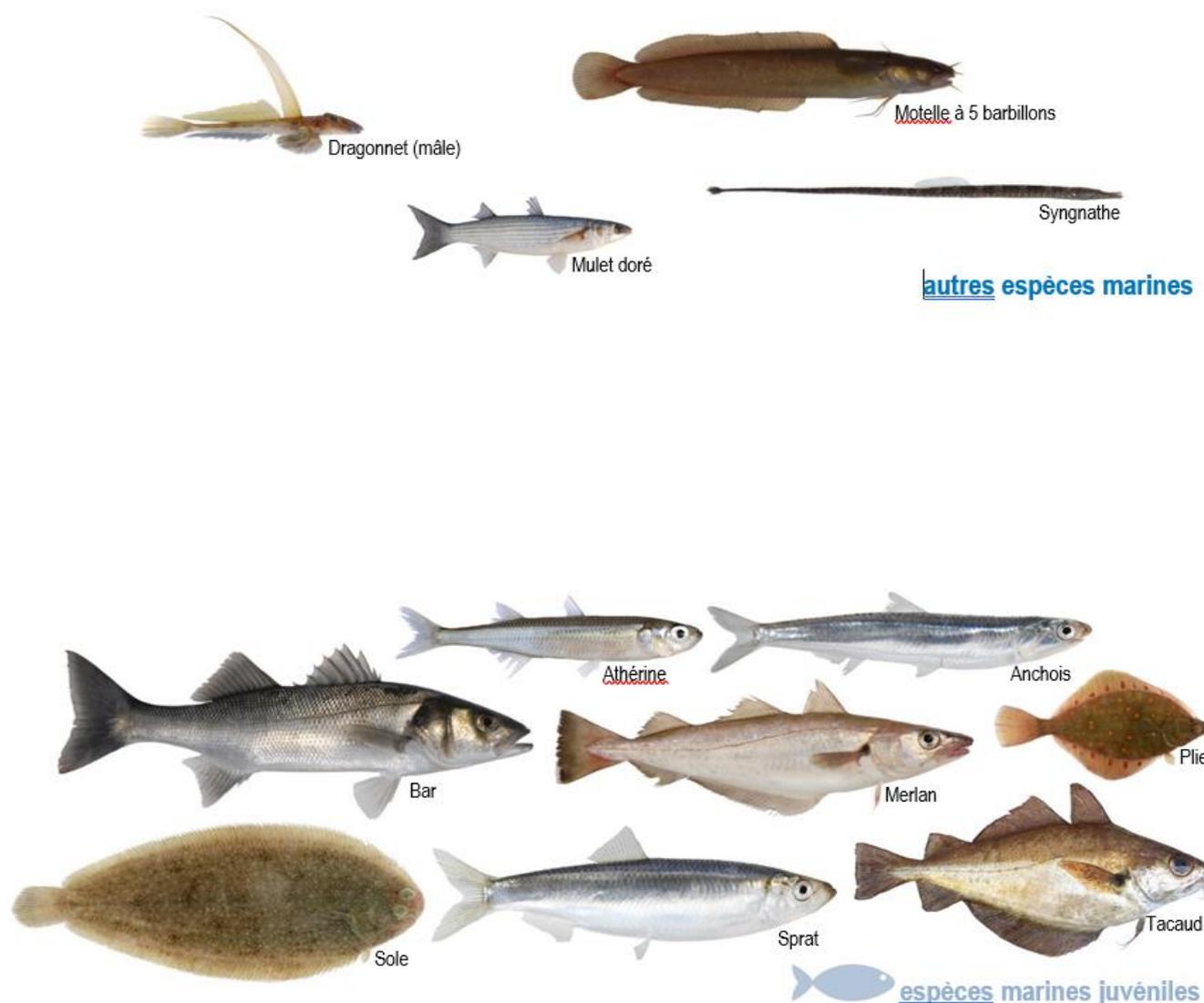


espèces estuariennes



espèces fluviales

Seules figurent les images des poissons dont la fréquence d'apparition dans les inventaires est supérieure à 30% ; c'est-à-dire qui sont présents dans plus de 30% des inventaires. La taille de l'image est proportionnelle à la fréquence.



autres espèces marines

<i>Aravrosomus regius</i>	Maigre	2%
<i>Callionymus lyra</i>	Dragonnet	32%
<i>Centrolabrus exoletus</i>	Vieille	4%
<i>Chelon labrosus</i>	Mulet lippu	15%
<i>Ciliata mustela</i>	Motelle à 5 barbillons	55%
<i>Conger conger</i>	Congre	17%
<i>Dicologlossa cuneata</i>	Céteau	2%
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grondin gris	2%
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Laçon commun	4%
<i>Limanda limanda</i>	Limande	2%
<i>Liza aurata</i>	Mulet doré	34%
<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	9%
<i>Micromesistius poutassou</i>	Merlan bleu	2%
<i>Pagellus centrodontus</i>	Dorade	2%
<i>Rajella fyllae</i>	Raie ronde	2%
<i>Raniceps raninus</i>	Trident	2%
<i>Scophthalmus maximus</i>	Turbot	4%
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue	2%
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	4%
<i>Spinachia spinachia</i>	Epinoche de mer	2%
<i>Symphodus roissali</i>	Crénilabre langaneu	2%
<i>Syngnathus acus</i>	Syngnathe aiguille	6%
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Syngnathe de Duméril	45%
<i>Syngnathus sp.</i>		9%
<i>Syngnathus tvalle</i>		2%
<i>Torpedo marmorata</i>	Torpille marbrée	2%
<i>Trachinus draco</i>	Grande vive	2%
<i>Atherina presbyter</i>	Athérine	64%
<i>Chelidonichthys lucernus</i>	Grondin perlou	11%
<i>Clupea harengus</i>	Hareng	13%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar	100%
<i>Dicentrarchus punctatus</i>	Bar tacheté	4%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois	72%
<i>Merlangius Merlangius</i>	Merlan	87%
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget surmulet	6%
<i>Pleuronectes Platessa</i>	Plie	36%
<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu jaune	17%
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	6%
<i>Solea solea</i>	Sole	100%
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	96%
<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard commun	23%
<i>Trigla lyra</i>	Grondin lyre	2%
<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud	89%

espèces marines juvéniles

ANNEXE 2 : CPUE MOYENNES CALCULEES PAR MISSION

Tableau 40 : CPUE des œufs de poisson prélevés par espèces pour 1000 m³ pour chaque mission
La troisième partie présente l'abondance moyenne sur la période 2019-2021 et la proportion que représente l'espèce

Nom commun	2019-04	2019-05	2019-06	2019-07	2019-08
Rouqué		2267,54 ± 1599,08	7408,7 ± 3314,18	53,67 ± 49,12	0,51 ± 1,02
Chinard commun				7,2 ± 10,73	108,22 ± 102,47
Callionyme sp.	59,15 ± 16,73	54,67 ± 33,96	27,14 ± 45,24	0,39 ± 0,79	
Grenouille de mer / Motelle sp.		63,97 ± 39,01	125,97 ± 52,13	230,17 ± 230,79	10,69 ± 10,75
Petite sole jaune	99,68 ± 55,24	41,22 ± 27,57	20,05 ± 19,27	5,97 ± 9,14	2,78 ± 3,43
Targie naine	25,67 ± 12,51				
Anchois		15,79 ± 9,45	12,35 ± 9,54	0,92 ± 1,13	
Sardine		6,77 ± 4,96	4,88 ± 3,6		0,62 ± 1,25
Scophthalmidé/Soléidé	177,07 ± 98,61				
Arnoglosse sp.					15,05 ± 14,42
Motelle à 5 barbillons	89,89 ± 42,54	19,84 ± 30,75	0,47 ± 0,94		
Pleuronectidé/Labridé	101,21 ± 65,21				
Grande vive		9,88 ± 14,8	3,89 ± 7,78	11,64 ± 19,58	28,15 ± 56,3
Motelle à 5 barbillons					
Non-identifié		12,4 ± 9,62	4,4 ± 5,59	2,08 ± 4,17	5,81 ± 6,55
Maquereau commun				18,17 ± 24,49	
Motelle à moustache			0,47 ± 0,94		
Sole-pole claire				3,41 ± 5,89	
Motelle sp.		9,95 ± 11,03	1,34 ± 2,67		1,08 ± 2,16
Targeur/Turbot	14,46 ± 9,46				
Scophthalmidé sp.		7,49 ± 8,81			6,31 ± 12,62
Petite vive		0,44 ± 0,88		2,76 ± 5,52	1,74 ± 1,43
Turbot					
Lingue franche				1,01 ± 2,01	7,67 ± 5,65
Barbue	3,13 ± 1,78				1,67 ± 1,38
Scophthalmidé sp.					
Tacaud commun	0,26 ± 0,52				
Pleuronectidé/Clupéidé/Labridé	3,46 ± 4,23				
Grenouille de mer					3,24 ± 6,48
Soléidé sp.					
Sprat	0,54 ± 1,08				
Soléidé sp.		1,01 ± 1,24	0,86 ± 1,73		
Pleuronectidé sp.	0,64 ± 1,27				
Merlan				0,5 ± 1,01	
Sole perdrix					
Triglidé sp.			0,4 ± 0,8		
Clupéidé sp.			0,33 ± 0,67		

Nom commun	2021-04	2021-06/1	2021-06/2	2021-07	2021-08
Rouquié	2957,99 ± 3680,53	1843,24 ± 2076,19	1975,95 ± 2379,52	478,01 ± 303,29	57,63 ± 39,37
Chincharde commun			57,98 ± 32,05	250,61 ± 222,77	84,98 ± 62,22
Callionyme sp.	18,6 ± 12,48	137,69 ± 203,63	179,16 ± 119,39	2,68 ± 3,43	1,41 ± 1,22
Grenouille de mer / Motelle sp.					
Petite sole jaune	56,67 ± 55,66	41,71 ± 27,99	81,28 ± 29,84	20,86 ± 38	1,16 ± 2,32
Targie naine	58,83 ± 57,49	166,02 ± 82,95	63,28 ± 18,18	20,1 ± 20,74	0,37 ± 0,74
Anchois	18,59 ± 19,64	100,27 ± 41,65	79,78 ± 49,85	7,32 ± 7,69	7,04 ± 5,21
Sardine	162,81 ± 126,79		0,34 ± 0,69	7,53 ± 5,67	0,61 ± 1,22
Scophthalmidé/Soléidé					
Arnoglosse sp.	48,11 ± 42,48	34,9 ± 39,6	37,85 ± 21,04	12,45 ± 15,07	8,29 ± 12,04
Motelle à 5 barbillons		3,71 ± 3,86			
Pleuronectidé/Labridé					
Grande vive					
Motelle à 5 barbillons	40,19 ± 39,5	6,03 ± 12,05			
Non-identifié			0,39 ± 0,78	0,62 ± 1,23	17,85 ± 16,44
Maquereau commun	18,87 ± 13,14				
Motelle à moustache	27,84 ± 31				
Sole-pole claire		3,92 ± 2,39	11,23 ± 12,06		
Motelle sp.			4,74 ± 4,91		0,61 ± 1,22
Targeur/Turbot					
Scophthalmidé sp.					
Petite vive	1,28 ± 1,65	1,97 ± 3,08	5,57 ± 10,1		
Turbot	6,18 ± 4,11	5,01 ± 2,6	0,78 ± 1,57		
Lingue franche					
Barbue	1,81 ± 3,62			0,62 ± 1,23	0,77 ± 1,54
Scophthalmidé sp.		0,38 ± 0,75	2,25 ± 3,09	2,81 ± 3	
Tacaud commun	3,69 ± 5,31				
Pleuronectidé/Clupéidé/Labridé					
Grenouille de mer					
Soléidé sp.			2,63 ± 2,49	0,55 ± 1,1	
Sprat	2,55 ± 1,5				
Soléidé sp.					
Pleuronectidé sp.					
Merlan					
Sole perdrix	0,4 ± 0,81				
Triglidé sp.					
Clupéidé sp.					

Nom commun	Moyenne	%
Rouqué	1704,32 ± 2905,6	83,19%
Chinchard commun	50,9 ± 111,53	2,48%
Callionyme sp.	48,09 ± 97,4	2,35%
Grenouille de mer / Motelle sp.	43,08 ± 105,88	2,10%
Petite sole jaune	37,14 ± 45,59	1,81%
Targie naine	33,43 ± 60,02	1,63%
Anchois	24,21 ± 40,35	1,18%
Sardine	18,36 ± 62,78	0,90%
Scophthalmidé/Soléidé	17,71 ± 61,6	0,86%
Arnoglosse sp.	15,67 ± 27,12	0,76%
Motelle à 5 barbillons	11,39 ± 31,56	0,56%
Pleuronectidé/Labridé	10,12 ± 36,7	0,49%
Grande vive	5,36 ± 21,42	0,26%
Motelle à 5 barbillons	4,62 ± 17,73	0,23%
Non-identifié	4,35 ± 8,93	0,21%
Maquereau commun	3,7 ± 11,5	0,18%
Motelle à moustache	2,83 ± 12,87	0,14%
Sole-pole claire	1,86 ± 5,52	0,09%
Motelle sp.	1,77 ± 5,02	0,09%
Targeur/Turbot	1,45 ± 5,27	0,07%
Scophthalmidé sp.	1,38 ± 5,6	0,07%
Petite vive	1,37 ± 4,19	0,07%
Turbot	1,2 ± 2,75	0,06%
Lingue franche	0,87 ± 2,97	0,04%
Barbue	0,8 ± 1,8	0,04%
Scophthalmidé sp.	0,54 ± 1,71	0,03%
Tacaud commun	0,39 ± 2,01	0,02%
Pleuronectidé/Clupéidé/Labridé	0,35 ± 1,69	0,02%
Grenouille de mer	0,32 ± 2,27	0,02%
Soléidé sp.	0,32 ± 1,17	0,02%
Sprat	0,31 ± 0,96	0,02%
Soléidé sp.	0,19 ± 0,77	0,01%
Pleuronectidé sp.	0,06 ± 0,45	0,00%
Merlan	0,05 ± 0,35	0,00%
Sole perdrix	0,04 ± 0,28	0,00%
Triglidé sp.	0,04 ± 0,28	0,00%
Clupéidé sp.	0,03 ± 0,23	0,00%

Les œufs de 35 espèces différentes ont été observés au cours des 10 missions effectuées en 2019 et 2021. Quatre espèces représentent 90 % des œufs prélevés sur l'ensemble de ces missions. Il s'agit des œufs de Rouqué, de chinchard, de callionyme et de grenouille de mer ou de motelle.

Les CPUE par espèce montrent encore une fois que les œufs de Rouqué sont majoritaires dans les prélèvements des mois de printemps. Ils représentent 97 % des œufs prélevés lors de la mission de

juin 2019, mission pendant laquelle le plus d'œufs de poisson a été prélevés. On observe également une diminution du nombre d'œufs de Rouquié prélevés lors des mois d'été.

Les œufs de chinchard représentent la deuxième espèce la plus observée. Ils ont été plus présents et observés plus tôt dans la saison lors des prélèvements de 2021 que ceux de 2019.

Des œufs de callionyme ont été prélevés lors de 9 missions sur 10. En 2019, le nombre le plus élevés d'œufs de callionyme a été observé lors de la mission d'avril, alors qu'en 2021, les deux missions de juin ont été celles pendant lesquelles le plus d'œufs de cette espèce a été prélevé.

En 2019, les œufs de grenouille de mer ou de motelle étaient la deuxième espèce la plus observée, avec en moyenne 3,84 % des œufs prélevés, alors que ses œufs n'ont pas du tout été observés lors des missions de 2021.

Ensuite, la petite sole jaune, qui est la deuxième espèce la plus fréquente dans les prélèvements, représente en moyenne 1,81 % des œufs prélevés et ont été observés lors de chaque mission. Le nombre d'œufs prélevés pour 1000 m³ le plus élevé en 2019 a été observé au cours de la missions d'avril et en 2021, lors de la seconde mission de juin.

Enfin, les œufs d'anchois et d'arnoglosse (4^{ème} et 5^{ème} espèce les plus fréquemment observées) ont très peu été observés en 2019, respectivement 0,26 % et 0,13 % des CPUE. Ils ont été beaucoup plus observés lors des missions de 2021, pendant lesquelles leurs œufs ont été retrouvés à chaque fois, représentant en moyenne 2,30 % des œufs prélevés pour l'anchois et 1,53 % pour l'arnoglosse.

Tableau 41: CPUE des larves de poisson prélevées par espèces pour 1000 m3 pour chaque mission
La troisième partie présente l'abondance moyenne sur la période 2019-2021 et la proportion que représente l'espèce

Nom commun	2019-04	2019-05	2019-06	2019-07	2019-08
Sardine	47,23 ± 27,25	35,18 ± 19,02	0,47 ± 0,94		
Blennie bouquet		16,26 ± 21,04	21,66 ± 15,8	124,53 ± 71,26	123,02 ± 49,95
Anchois				96,51 ± 63,78	23,91 ± 3,46
Gobiidé sp.		1,89 ± 2,04	6,09 ± 1,61	155,78 ± 157,51	17,66 ± 11,44
Blennie cabot	1,93 ± 1,62	43,42 ± 27,14	48,85 ± 33,43	27,83 ± 13,43	2,04 ± 4,09
Vracton croissant noir			16,58 ± 7,6	113,3 ± 63,72	1,97 ± 2,83
Callionyme sp.		4,2 ± 2,95	2,09 ± 0,24	1,29 ± 1,64	
Rouqué		7,76 ± 6,02	6,2 ± 4,37	17,16 ± 14,92	0,97 ± 1,94
Blenniidé sp.	3,62 ± 2,19	10 ± 18,65	10 ± 12,64	52,01 ± 97	
Petite sole jaune		8,52 ± 6,99	5,06 ± 4,51	0,5 ± 1,01	1,73 ± 3,47
Griset		12,77 ± 10,18	17,22 ± 10,03	1,31 ± 1,09	
Gluette rougeoleuse				0,81 ± 0,99	28,19 ± 44,28
Sprat		20,19 ± 10,86	11,14 ± 12,87		
Vieille commune		7,98 ± 8,54		0,42 ± 0,83	
Arnoglosse sp.				4,22 ± 5,49	18,29 ± 13,84
Non-identifié			7,29 ± 14,58	2,87 ± 4,06	
Blennie coiffée			3,1 ± 3,07	1,64 ± 2,42	
Motelle à moustache			0,33 ± 0,67		
Labridé sp.				11,35 ± 14,02	
Sole commune		4,38 ± 8,76	0,47 ± 0,94		
Blennie mordocet			1,82 ± 3,65		
Maquereau commun				0,39 ± 0,79	
Sole-pole claire					
Callionyme lyre				3,52 ± 7,04	2,56 ± 5,11
Chinard commun				1,67 ± 2,43	1,7 ± 2,21
Motelle à 5 barbillons					
Lançon aiguille					
Soléidé sp.			0,67 ± 1,34		
Sole perdrix				0,5 ± 1,01	
Motelle sp.					
Motelle à 5 barbillons	1 ± 1,29	1,53 ± 2,15			
Nérophis petit nez				0,92 ± 1,13	
Targie naine					
Prêtre					
Sole pole / Pte sole jaune					2,07 ± 2,99
Gobie paganel				1,97 ± 3,93	
Flet		1,78 ± 2,58			
Hippocampe museau court					
Lançon jolivet	1,65 ± 1,58				
Grondin perlon					
Turbot					

Petite vive			0,62 ± 1,25
Targeur	0,54 ± 1,08		
Orphie commune		0,45 ± 0,9	0,4 ± 0,8
St-Pierre			
Blennie du genre Lipophrys	1,1 ± 1,4		
Grande vive			
Scophthalmidé sp.			
Blennie coiffée			0,62 ± 1,25
Glulette petite queue			0,58 ± 1,16
Callionyme réticulé	0,54 ± 1,08		
Chabot buffle	0,54 ± 1,08		
Fierasfer Atlantique			
Athérine	0,44 ± 0,88		
Nérophis ophidion (syngnathidé)			
Lançon sp.			
Limace de mer			
Blennie papillon			0,33 ± 0,67
Bar européen		0,33 ± 0,66	
Lieu jaune	0,26 ± 0,52		

Nom commun	2021-04	2021-06/1	2021-06/2	2021-07	2021-08
Sardine	280,76 ± 79,14		0,88 ± 1,09	0,51 ± 1,03	
Blennie bouquet			13,77 ± 13,66	19,22 ± 30,7	19,71 ± 15,24
Anchois		0,45 ± 0,91	90,27 ± 114,22	29,07 ± 30,11	1,24 ± 2,47
Gobiidé sp.	12,58 ± 4,87	0,4 ± 0,8		3,21 ± 2,06	0,61 ± 1,22
Blennie cabot	14,38 ± 9,82	13,22 ± 12,6	10,33 ± 8	7,48 ± 5,86	
Vracton croissant noir	2,71 ± 5,42	0,78 ± 0,95	3,62 ± 1,41	5,26 ± 5,81	0,37 ± 0,74
Callionyme sp.	101,82 ± 36,98		4,78 ± 4,43	22,22 ± 22,55	
Rouquié	72,85 ± 39,54	1,65 ± 2,47	1,51 ± 1,45	14,79 ± 16,9	
Blenniidé sp.					
Petite sole jaune	48,81 ± 21,96	1,67 ± 2,47			
Griset		5,03 ± 4,55	4,72 ± 2,48	1,13 ± 1,39	
Glulette rougeoleuse				5,19 ± 5,04	0,82 ± 1,65
Sprat					
Vieille commune	22,12 ± 16,55	0,4 ± 0,8			
Arnoglosse sp.	3,66 ± 4,68		1,54 ± 2,23	0,62 ± 1,23	
Non-identifié	4,72 ± 7,04		0,49 ± 0,98	3,08 ± 6,17	
Blennie coiffée		1,15 ± 1,52	4,42 ± 4,8	6,96 ± 4,42	1 ± 1,27
Motelle à moustache	14,47 ± 12,47				
Labridé sp.				0,55 ± 1,1	
Sole commune				6,58 ± 9,68	
Blennie mordocet	3,81 ± 4,74	1,92 ± 1,78			
Maquereau commun	6,97 ± 12				
Sole-pole claire		0,38 ± 0,76	0,49 ± 0,98	5,69 ± 3,57	
Callionyme lyre					
Chinchard commun				2,67 ± 3,65	
Motelle à 5 barbillons	5,39 ± 7,75				
Lançon aiguille	5,21 ± 2,94				
Soléidé sp.			0,49 ± 0,98	3,79 ± 6,38	
Sole perdrix	4,44 ± 8,88				
Motelle sp.	3,26 ± 6,51				
Motelle à 5 barbillons					
Nérophis petit nez				0,51 ± 1,03	1,04 ± 1,3
Targie naine	2,26 ± 4,51				
Prêtre		1,25 ± 1,63	0,83 ± 1,04		
Sole pole / Pte sole jaune					
Gobie paganel					
Flet					
Hippocampe museau court				0,82 ± 1,64	0,85 ± 1,7
Lançon jolivet					
Grondin perlon	1,61 ± 3,23				
Turbot	1,61 ± 3,23				
Petite vive	0,82 ± 1,64				
Targeur				0,82 ± 1,64	

Orphie commune	0,34 ± 0,69
St-Pierre	1,1 ± 2,21
Blennie du genre Lipophrys	
Grande vive	0,82 ± 1,64
Scophthalmidé sp.	0,69 ± 1,37
Blennie coiffée	
Gluette petite queue	
Callionyme réticulé	
Chabot buffle	
Fierasfer Atlantique	0,47 ± 0,94
Athérine	
Nérophis ophidion (syngnathidé)	0,43 ± 0,86
Lançon sp.	0,39 ± 0,78
Limace de mer	0,39 ± 0,78
Blennie papillon	
Bar européen	
Lieu jaune	

Nom commun	Moyenne	%
Sardine	36,5 ± 87,37	16,65%
Blennie bouquet	33,82 ± 55,24	15,42%
Anchois	24,14 ± 55,76	11,01%
Gobiidé sp.	19,82 ± 67,7	9,04%
Blennie cabot	16,95 ± 22,66	7,73%
Vracton croissant noir	14,46 ± 39,07	6,59%
Callionyme sp.	13,64 ± 33,1	6,22%
Rouquié	12,29 ± 25,6	5,60%
Blenniidé sp.	7,56 ± 35,02	3,45%
Petite sole jaune	6,63 ± 16,18	3,02%
Griset	4,22 ± 7,53	1,92%
Glulette rougeoleuse	3,5 ± 16,4	1,60%
Sprat	3,13 ± 8,47	1,43%
Vieille commune	3,09 ± 8,98	1,41%
Arnoglosse sp.	2,83 ± 7,34	1,29%
Non-identifié	1,84 ± 6,14	0,84%
Blennie coiffée	1,83 ± 3,33	0,83%
Motelle à moustache	1,48 ± 5,86	0,68%
Labridé sp.	1,19 ± 5,59	0,54%
Sole commune	1,14 ± 4,7	0,52%
Blennie mordocet	0,76 ± 2,34	0,34%
Maquereau commun	0,74 ± 4,33	0,34%
Sole-pole claire	0,66 ± 2,07	0,30%
Callionyme lyre	0,61 ± 3,02	0,28%
Chinchard commun	0,6 ± 1,82	0,28%
Motelle à 5 barbillons	0,54 ± 2,94	0,25%
Lançon aiguille	0,52 ± 1,82	0,24%
Soléidé sp.	0,49 ± 2,37	0,23%
Sole perdrix	0,49 ± 3,12	0,23%
Motelle sp.	0,33 ± 2,28	0,15%
Motelle à 5 barbillons	0,25 ± 0,95	0,12%
Nérophis petit nez	0,25 ± 0,75	0,11%
Targie naine	0,23 ± 1,58	0,10%
Prêtre	0,21 ± 0,75	0,10%
Sole pole / Pte sole jaune	0,21 ± 1,13	0,09%
Gobie paganel	0,2 ± 1,38	0,09%
Flet	0,18 ± 0,98	0,08%
Hippocampe museau court	0,17 ± 0,82	0,08%
Lançon jolivet	0,16 ± 0,7	0,08%
Grondin perlon	0,16 ± 1,13	0,07%
Turbot	0,16 ± 1,13	0,07%
Petite vive	0,14 ± 0,71	0,07%
Targeur	0,14 ± 0,68	0,06%

Orphie commune	0,12 ± 0,47	0,05%
St-Pierre	0,11 ± 0,77	0,05%
Blennie du genre Lipophrys	0,11 ± 0,55	0,05%
Grande vive	0,08 ± 0,57	0,04%
Scophthalmidé sp.	0,07 ± 0,48	0,03%
Blennie coiffée	0,06 ± 0,44	0,03%
Glulette petite queue	0,06 ± 0,4	0,03%
Callionyme réticulé	0,05 ± 0,38	0,02%
Chabot buffle	0,05 ± 0,38	0,02%
Fierasfer Atlantique	0,05 ± 0,33	0,02%
Athérine	0,04 ± 0,31	0,02%
Nérophis ophidion (syngnathidé)	0,04 ± 0,3	0,02%
Lançon sp.	0,04 ± 0,27	0,02%
Limace de mer	0,04 ± 0,27	0,02%
Blennie papillon	0,03 ± 0,23	0,02%
Bar européen	0,03 ± 0,23	0,02%
Lieu jaune	0,03 ± 0,18	0,01%

Les 10 missions de prélèvements réalisées en 2019 et 2021 ont permis d'observer 60 espèces de larves différentes. 15 d'entre elles représentent en moyenne 91% des larves observées sur l'ensemble des missions. Il s'agit de la sardine, de la blennie bouquet, de l'anchois, de gobiidé, de la blennie-cabot, du Vracton croissant noir, du callionyme, du Rouquié, de Bleniidés, de la Petite sole jaune, du Griset, de la Glulette rougeoleuse, du Sprat et de la Vieille commune.

Les larves de Sardine et de Blennie bouquet sont celles qui ont été le plus observées. Elles représentent à elle deux en moyenne 32% de la totalité des larves prélevées. Les larves de sardine ont été majoritairement observées lors des campagnes d'avril 2019 (82,41% des larves prélevées avec 47,23 larves par 1000 m³) et 2021 (45,67% des larves prélevées avec 280,6 larves par 1000 m³). Les larves de blennie bouquet sont observées quant à elles majoritairement au cours des missions de juillet et d'août. En effet, en 2019, au cours des missions de juillet et d'août, respectivement 124,53 et 123,02 larves par 1000 m³ ont été dénombrées, représentant 20% et 54,45% des œufs prélevés. En juillet 2019, 19,22 larves et 17,71 larves pour 1000 m³ en août ont été observées, représentant 13,52% et 76,87% des larves prélevées sur ces différentes missions.

Ensuite, les larves d'anchois ont été présentes plus tôt en 2021 qu'en 2019. En effet, en 2019, elles ont été observées seulement sur les missions de juillet et d'août, avec 120,42 larves par 1000 m³ prélevées sur les deux missions. Alors qu'en 2021, ces larves sont présentes dès la première mission de juin jusqu'à celle d'août, avec 121,03 larves prélevées sur ces quatre missions.

Les larves de gobiidé ont été observées majoritairement sur l'année 2019 par rapport à 2021. En effet, en 2019, ces larves ont été prélevées en grand nombre lors de la mission de juillet, avec 155,78 larves par 1000 m³, représentant 25,11% des larves prélevées lors de cette mission. Sur l'ensemble des missions de 2019, 181,42 larves par 1000 m³ ont été observées, alors qu'en 2021, sur l'ensemble des missions, seulement 16,8 larves ont été dénombrées.

De plus, les larves de Blennie-cabot ont été observées sur l'ensemble des missions de 2019, avec des effectifs importants pour celles de mai (43,42 larves par 1000 m³) et de juin (48,85 larves par 1000 m³). Alors que sur les missions de 2021, les effectifs observés ont été plus faibles, entre 7,48 et 14,38 larves par 1000 m³, mais plus réguliers sur 4 des 5 missions.

Les larves de Vracton croissant noir sont également plus nombreuses lors des prélèvements de 2019 avec 131,86 larves par 1000 m³ sur les missions de juin à août, que ceux de 2021, où 12,74 larves par 1000 m³ ont été dénombrées sur les 5 missions.

Enfin, certaines larves ont été observés en nombre ponctuellement sur certaines missions. C'est le cas des larves de callionyme en avril 2021 (101,82 larves par 1000 m³), de Rouquié en avril 2021 également (72,85 larves par 1000 m³), de Blenniidé en juillet 2019 (52,01 larves pour 1 000 m³) ou encore de petite sole jaune en avril 2021 (48,81 larves pour 1000 m³).

Tableau 42: CPUE du reste du zooplancton prélevé par espèce ou groupe d'espèces pour 1000 m3 pour chaque mission
La troisième partie présente l'abondance moyenne sur la période 2019-2021 et la proportion que représente l'espèce

Nom	2019-04	2019-05	2019-06	2019-07	2019-08
<i>Hydroïdolina</i>		376123,59 ± 544411,43	40546,54 ± 25509,83	157397,03 ± 201726,75	
<i>Cydidippida</i>	231,86 ± 91,89	44432,36 ± 24877,49	7057,79 ± 2225,41	76409,18 ± 66948,09	190457,42 ± 124745,32
<i>Echinoïdeia/Holothuroïdeia/Asterozoa</i> Larve			0,43 ± 0,86		
<i>Eumalacostraca Zoé / Mégaloïpe</i>				2543,35 ± 2368,52	10281,84 ± 7047,12
<i>Asterozoa Juvénile</i>	90,35 ± 56,12	49779,78 ± 25147,28	6370,15 ± 5571,57	7440,97 ± 5097,6	22938,55 ± 13056,94
<i>Amphipoda</i>	5,93 ± 7,17	8612,82 ± 2314,72	4424,88 ± 1578,34	29234,64 ± 20720,02	32645,04 ± 12286,06
<i>Mysida</i>	1,18 ± 1,45	9522,75 ± 2320,51	16282,77 ± 5674,17	963,15 ± 1156,21	17172,77 ± 11691,55
<i>Copelata</i>		572,93 ± 373,77	1269,88 ± 1711,3	3859,19 ± 3628,68	809,54 ± 1619,08
<i>Copepoda</i>		0,56 ± 1,11	6,14 ± 10,08	2,92 ± 5,84	
<i>Pyllopoda</i>		22 ± 21,68	0,47 ± 0,94	5,61 ± 7,75	
<i>Gastropoda</i>	30,04 ± 13,82				
<i>Carïdeia/Gebiïdeia</i>				2,54 ± 2,04	1,62 ± 3,24
<i>Phoronida Larve</i>	3,42 ± 2,49	488,84 ± 235,92	515,67 ± 981,45	7503,56 ± 10303,31	7755,03 ± 2141,33
<i>Euphausia</i>	683,87 ± 536,37	5065,89 ± 4119,21	8979,21 ± 5093,65		
<i>Saggitoïdeia</i>	1,24 ± 2,48	1263,72 ± 767,7	5736,21 ± 1878,75	1155,3 ± 1602,01	2103 ± 2596,94
<i>Echinoïdeia Juvénile</i>				11,07 ± 15,52	
<i>Bivalvia Juvénile</i>	27,15 ± 23,01	2182,62 ± 1570,79	222,37 ± 105,38	1945,53 ± 1820,56	1835 ± 1188,96
<i>Sedentaria</i>		5000,74 ± 2101,04			
<i>Crangon crangon Juvénile</i>					
<i>Non identifié</i>	1,26 ± 1,54	2180,11 ± 1238,75	72,87 ± 49,37	54,78 ± 44,26	14,48 ± 8,75
<i>Salpida</i>	352,52 ± 431,43	0,56 ± 1,11			
<i>Bryozoa</i>					
<i>Bryozoa Larve</i>					
<i>Copepoda Juvénile/Adulte</i>		143,51 ± 211,75	62,25 ± 68,68	186,01 ± 152,84	
<i>Cephalopoda Juvénile/Adulte</i>			235,7 ± 258,76	42,17 ± 55,58	
<i>Errantia</i>		13,33 ± 17,18			
<i>Sedentaria Larve</i>					
<i>Homarus gammarus Zoé</i>		161,14 ± 206,3			
<i>Octopus vulgaris Juvénile</i>					
<i>Isopoda</i>					
<i>Gymnolaemata Larve</i>				0,5 ± 1,01	
<i>Loligo vulgaris Juvénile</i>					

Nom	2021-04	2021-06/1	2021-06/2	2021-07	2021-08
<i>Hydroidolina</i>	6407,31 ± 6316,45	2232,8 ± 1526,72	72862,46 ± 50197,36	36286,36 ± 26290,85	6091,29 ± 2617,19
<i>Cydippida</i>	234,89 ± 82,67				0,74 ± 1,49
<i>Echinoidea/Holothuroidea/Asterozoa Larve</i>	116,69 ± 175,31	1559,49 ± 2801,69	65807,64 ± 51986,99	78665,97 ± 60246,34	8252,65 ± 11488,83
<i>Eumalacostraca Zoé / Mégalope</i>	25266,59 ± 12401,32	2775,27 ± 3827,66	12739,73 ± 10527,77	58295,82 ± 49137,87	9376,21 ± 7504,97
<i>Asterozoa Juvénile</i>	10,9 ± 21,8	1,27 ± 2,54	5,09 ± 10,19		
<i>Amphipoda</i>	3,4 ± 4,42	1,04 ± 1,32	2,17 ± 2,35	7,14 ± 8,8	20,96 ± 28,09
<i>Mysida</i>			0,69 ± 1,37		
<i>Copelata</i>	381,31 ± 375,36	88,89 ± 159,34	9424,31 ± 12298,77	18278,25 ± 11241,98	881,33 ± 726,29
<i>Copepoda</i>	23745,25 ± 8120,86	729,41 ± 984,34	5071,56 ± 3987,96	271,96 ± 512,44	5078,12 ± 5805,81
<i>Pyllopoda</i>	476,18 ± 212	145,18 ± 189,21	813,13 ± 681,85	27013,55 ± 20279,14	3189,86 ± 1824,76
<i>Gastropoda</i>	24726,38 ± 15089,92	6,44 ± 10,84	2,06 ± 3,04	723,72 ± 816,25	10,12 ± 13,09
<i>Caridea/Gebiidea</i>	3624,37 ± 768,85	512,94 ± 925,53	1140,91 ± 900,91	10475,98 ± 8033,48	1934,94 ± 1753,94
<i>Phoronida Larve</i>					
<i>Euphausia</i>					
<i>Saggitioidea</i>	47,23 ± 35,79	7,36 ± 12,48	1293,43 ± 1283,42	304,59 ± 159,71	806,46 ± 611,73
<i>Echinoidea Juvénile</i>	205,15 ± 362,33	4,99 ± 6,16	29,91 ± 52,63	6417,5 ± 8213,89	
<i>Bivalvia Juvénile</i>		0,8 ± 1,6	3,62 ± 6,1	1,66 ± 3,31	4,33 ± 3,78
<i>Sedentaria</i>					
<i>Crangon crangon Juvénile</i>	1321,76 ± 537,64	103,17 ± 178,8	244,62 ± 318,86	1378,97 ± 1352,33	
<i>Non identifié</i>					
<i>Salpida</i>	2,53 ± 5,07		2,4 ± 4,8	458,41 ± 647,61	835,54 ± 488,42
<i>Bryozoa</i>			1318,23 ± 926,28		
<i>Bryozoa Larve</i>	635,95 ± 506,07	21,1 ± 19,16			
<i>Copepoda Juvénile/Adulte</i>					
<i>Cephalopoda Juvénile/Adulte</i>					
<i>Errantia</i>	147,74 ± 116,1	4,38 ± 7,86	14,52 ± 16,47	77,09 ± 60,26	5,68 ± 9,41
<i>Sedentaria Larve</i>	70,37 ± 76,44	9,04 ± 11,1	67,81 ± 71,96	23,54 ± 40,97	
<i>Homarus gammarus Zoé</i>					
<i>Octopus vulgaris Juvénile</i>					2,97 ± 3,55
<i>Isopoda</i>		1,59 ± 2,23			
<i>Gymnolaemata Larve</i>					
<i>Loligo vulgaris Juvénile</i>		0,4 ± 0,8			

Nom	Moyenne	%
<i>Hydroidolina</i>	69794,74 ± 216071,94	40,69%
<i>Cydippida</i>	31882,42 ± 73918,17	18,59%
<i>Echinoidea/Holothuroidea/Asterozoa Larve</i>	15440,29 ± 38311,42	9,00%
<i>Eumalacostraca Zoé / Mégalope</i>	12127,88 ± 23961,33	7,07%
<i>Asterozoa Juvénile</i>	8663,71 ± 17914,97	5,05%
<i>Amphipoda</i>	7495,8 ± 14284,15	4,37%
<i>Mysida</i>	4394,33 ± 7963,36	2,56%
<i>Copelata</i>	3556,56 ± 7823,25	2,07%
<i>Copepoda</i>	3490,59 ± 7816,01	2,04%
<i>Pyloppoda</i>	3166,6 ± 10274,54	1,85%
<i>Gastropoda</i>	2549,87 ± 8804,96	1,49%
<i>Caridea/Gebiidea</i>	1769,33 ± 4083,6	1,03%
<i>Phoronida Larve</i>	1626,65 ± 4497,23	0,95%
<i>Euphausia</i>	1472,9 ± 3581,39	0,86%
<i>Saggitoidea</i>	1271,85 ± 2048,87	0,74%
<i>Echinoidea Juvénile</i>	666,86 ± 3230,83	0,39%
<i>Bivalvia Juvénile</i>	622,31 ± 1236,97	0,36%
<i>Sedentaria</i>	500,07 ± 1640,76	0,29%
<i>Crangon crangon Juvénile</i>	304,85 ± 710,02	0,18%
<i>Non identifié</i>	232,35 ± 758,98	0,14%
<i>Salpida</i>	165,2 ± 400,47	0,10%
<i>Bryozoa</i>	131,82 ± 492,13	0,08%
<i>Bryozoa Larve</i>	65,7 ± 248,63	0,04%
<i>Copepoda Juvénile/Adulte</i>	39,18 ± 108	0,02%
<i>Cephalopoda Juvénile/Adulte</i>	27,79 ± 109,39	0,02%
<i>Errantia</i>	26,27 ± 62,56	0,02%
<i>Sedentaria Larve</i>	17,08 ± 44,83	0,01%
<i>Homarus gammarus Zoé</i>	16,11 ± 81,2	0,01%
<i>Octopus vulgaris Juvénile</i>	0,3 ± 1,43	0,00%
<i>Isopoda</i>	0,16 ± 0,85	0,00%
<i>Gymnolaemata Larve</i>	0,05 ± 0,35	0,00%
<i>Loligo vulgaris Juvénile</i>	0,04 ± 0,28	0,00%

Au cours des 10 prélèvements, 32 familles d'espèces différentes de zooplancton ont été observées. Sur ces 32 familles, 9 représentent 91% des microorganismes prélevés sur l'ensemble des missions. Il s'agit des Hydroidolina, des Cydippida, des d'Échinoïdes ou Holothuries ou Asterozoas en forme larvaire, des Eumalacostracés de forme larve Zoé ou Mégapoles, des Asterozoa juvéniles, des Amphipodes, des Mysida, des Copelata et des Copépodes.

La famille des Hydroidolina est celle pour laquelle le plus de microorganismes ont été observés. En effet, pour les missions de 2019, elle représente en moyenne 48,2 % des microorganismes prélevés, dont la grande majorité a été observée au cours de la mission de mai, avec 376 123,86 microorganismes pour 1 000 m³. Pendant cette même année, les Hydroidolina ont été observés seulement pendant 3 missions (mai, juin, juillet) mais avec des CPUE très élevés, alors que sur 2021, ils

ont été observés pendant l'ensemble des cinq missions en plus faible quantité (de 6 091 à 72 862 microorganismes par 1 000 m³ dénombrés).

La famille des Cydippida représente en moyenne 18,59 % de tous les microorganismes observés en 2019 et 2021. Toutefois, cette famille a surtout été prélevée au cours des missions de 2019 et notamment au cours de celle d'août, au cours de laquelle 190 456 microorganismes de cette famille pour 1000 m³ ont été dénombrés, représentant 66 % des prélèvements de cette mission. En 2021, seulement 234,89 microorganismes pour 1000 m³ de cette famille ont été observés sur la mission d'avril, seule mission qui a observée des Cydippida pour cette année.

A contrario, la famille des échinoïdes ou holothuries ou Asterozoas en forme larvaire a exclusivement été observée au cours des missions de 2021. Il s'agit de la famille la plus observée au cours des missions de 2021, avec 154 401 microorganismes par 1000 m³, représentant en moyenne 28,51 % des prélèvements sur les 5 missions. La mission qui a observé le plus de microorganismes de cette famille est celle de juillet avec 78 665 éléments pour 1000 m³.

La famille des eumalacostracés de forme larve zoé ou mégapoles rejoint le même schéma que la famille précédente. C'est-à-dire que la majorité des microorganismes de cette famille a été observé en 2021, avec 108 453 et seulement 12 825 microorganismes pour 1000 m³ en 2019. En 2021, la mission de juillet est celle qui révèle le nombre le plus important de microorganismes observé de cette famille avec 58 295 pour 1 000 m³.

Enfin, les Asterozoa juvéniles ont été plus nombreux au cours des missions de 2019 avec 86 619 microorganismes pour 1 000 m³, représentant en moyenne 7,38 % des microorganismes observés pendant les cinq missions de 2019. La mission de mai est celle au cours de laquelle le plus de microorganismes de cette famille ont été observés en 2019, avec 49 7779 pour 1 000 m³.

Seulement deux Familles de Zooplancton ont été observées au cours de toutes les missions ; les Amphipodes et les *Sagitoidea*.

Tableau 43: CPUE en n pour 1000 mètres de filets et par 24 heures des espèces de poissons et de crustacés par mission

Nom commun	2019-07	2019-09	2021-06	2021-10	2021-11	2022-06	2022-10	Moyenne	%
Vieille commune	476,72 ± 424,88	504,22 ± 791,24	1029,96 ± 1934,38	386,37 ± 233,18	297,14 ± 250,64	363,14 ± 370,65	192,09 ± 90,64	464,24 ± 825,5	41,05%
Tacaud commun	333,06 ± 347,22	714,01 ± 682,3	237,99 ± 169,7	880,55 ± 2528,14	404,94 ± 910,18	64,73 ± 34,74	291,05 ± 468,8	418,05 ± 1051,02	36,97%
Lieu jaune	47,6 ± 115,24	192,83 ± 395,26	15,74 ± 29,38	6,89 ± 12,51	66,05 ± 171,96	8,16 ± 15,92	2,45 ± 5,2	48,53 ± 172,39	4,29%
Petite roussette	121,27 ± 253,4	24,07 ± 26,18	52,32 ± 85,87	22,01 ± 39,99	4,98 ± 11,81	1,66 ± 5,25	12,57 ± 22,71	34,13 ± 105,31	3,02%
Araignée de mer	91,47 ± 68,46	113,05 ± 74,69	30,99 ± 77,33	1,71 ± 5,4				33,89 ± 64,05	3,00%
Daurade royale							163,12 ± 515,85	23,3 ± 193,57	2,06%
Pageot commun	4,42 ± 9,72	98,94 ± 136,5	13,89 ± 24,31	4,04 ± 12,79	3,61 ± 8,26	9,85 ± 31,14		19,25 ± 60,95	1,70%
Congre d'Europe	4,23 ± 7,36	24,16 ± 15,66		17,87 ± 20,71	6,17 ± 10,65	14,1 ± 17,04	16,07 ± 43,19	11,8 ± 21,18	1,04%
Grande roussette		8,78 ± 19,35	1,77 ± 5,6	4,33 ± 8,17	12,74 ± 20,74	20,23 ± 26,73	23,82 ± 47,22	10,24 ± 23,8	0,91%
Raie douce	2,79 ± 8,82	14,59 ± 39,46	4,66 ± 14,74	1,35 ± 4,26	20,77 ± 39,89	7,33 ± 11,83	3,62 ± 11,46	7,87 ± 22,89	0,70%
Seiche commune	1,3 ± 4,12	19,51 ± 29,69		13,46 ± 11,58	5,9 ± 10,72	2,62 ± 8,29		6,11 ± 14,33	0,54%
Raie brunette	3,46 ± 5,73	5,42 ± 11,35	6,43 ± 15,17	3,06 ± 6,5	8,88 ± 12,12	5,07 ± 10,7		4,62 ± 9,81	0,41%
Rouget de roche	3,45 ± 7,36	21,47 ± 24,67	0,99 ± 3,14	2,2 ± 4,79	1,35 ± 4,26			4,21 ± 11,95	0,37%
Torpille marbrée	2,29 ± 4,89	9,45 ± 15,71			4,44 ± 11,02	9,34 ± 12,46	2,45 ± 5,2	4 ± 9,35	0,35%
Maquereau commun		8,68 ± 22,63		12,8 ± 40,48	3,45 ± 10,92			3,56 ± 17,75	0,32%
Coquette	2,49 ± 5,33	2,05 ± 6,49	3,19 ± 6,97	2,96 ± 4,81	1,98 ± 4,22	5,65 ± 17,86	2,45 ± 5,2	2,97 ± 8,15	0,26%
Chinchard commun		5,3 ± 16,77					15,33 ± 43,95	2,95 ± 17,7	0,26%
Raie lisse	0,93 ± 2,94		5,18 ± 8,98			11,74 ± 19,7	2,35 ± 7,44	2,89 ± 9,2	0,26%
Pieuvre commune	3,93 ± 12,44		1,98 ± 6,25	6,43 ± 14,38	1,53 ± 4,83	2,1 ± 6,63	3,34 ± 7,08	2,76 ± 8,38	0,24%
Raie mêlée			2,21 ± 6,99	12,8 ± 40,48		2,46 ± 7,78		2,5 ± 15,6	0,22%
Bar européen		12,99 ± 15,13	4,44 ± 11,02					2,49 ± 8,11	0,22%
Homard Européen	0,93 ± 2,94	4,6 ± 7,99	5,22 ± 11,71			4,48 ± 9,84		2,18 ± 6,68	0,19%
Crénilabre de Baillon			10,36 ± 24,31					1,48 ± 9,44	0,13%
Pagre commun		3,04 ± 9,61	4,19 ± 8,85				2,59 ± 8,2	1,4 ± 5,78	0,12%
Langouste rouge	0,74 ± 2,33	5,4 ± 12,38	3,45 ± 10,92					1,37 ± 6,31	0,12%
Griset		2,65 ± 8,39			0,99 ± 3,12	2,45 ± 7,74	1,81 ± 5,73	1,13 ± 4,84	0,10%
Mulet porc		7,43 ± 10,73						1,06 ± 4,64	0,09%

Émissole tachetée		1,77 ± 5,6	0,99 ± 3,12	4,6 ± 10,01	1,05 ± 4,55	0,09%
Requin Hâ	1,79 ± 5,66	3,35 ± 7,2	2,09 ± 6,6		1,03 ± 4,24	0,09%
Rascasse brune			0,99 ± 3,12	5,65 ± 17,86	0,95 ± 6,79	0,08%
Turbot		6,49 ± 20,51			0,93 ± 7,7	0,08%
Pageot acarné	3,93 ± 12,44			1,81 ± 5,73	0,82 ± 5,11	0,07%
Capelan de l'Atlantique	3,61 ± 11,41	0,99 ± 3,14			0,66 ± 4,42	0,06%
Merlu européen	4,6 ± 9,7				0,66 ± 3,83	0,06%
Tourteau	3,33 ± 7,09	0,83 ± 2,63			0,59 ± 2,95	0,05%
Sar à tête noire	1,52 ± 4,8			2,59 ± 8,2	0,59 ± 3,55	0,05%
Maquereau blanc	4 ± 8,98				0,57 ± 3,51	0,05%
Grondin camard	0,93 ± 2,94	1,1 ± 3,49		1,81 ± 5,73	0,55 ± 2,71	0,05%
Rouqué	3,61 ± 11,41				0,52 ± 4,28	0,05%
Coquille St Jacques	3,61 ± 11,41				0,52 ± 4,28	0,05%
Motelle commune	2,65 ± 8,39				0,38 ± 3,15	0,03%
Sole commune	2,5 ± 7,89				0,36 ± 2,96	0,03%
Baudroie commune	2,41 ± 5,52				0,34 ± 2,15	0,03%
St-Pierre				2,24 ± 7,09	0,32 ± 2,66	0,03%
Rascasse rouge		1,21 ± 3,81	0,99 ± 3,12		0,31 ± 1,84	0,03%
Baliste cabri	1,1 ± 3,49				0,16 ± 1,31	0,01%
Ombrine bronze		0,99 ± 3,14			0,14 ± 1,18	0,01%
Targie naine	0,99 ± 3,12				0,14 ± 1,17	0,01%
Barbue			0,85 ± 2,7		0,12 ± 1,01	0,01%
Merlan	0,83 ± 2,63				0,12 ± 0,99	0,01%
Sardine	0,74 ± 2,33				0,11 ± 0,87	0,01%

Tableau 44: CPUE en n pour 100 casiers et par 24 heures des espèces de crustacés par mission

Nom commun	2019-05	2019-07	2021-06	2021-07A	2021-07B	2022-05	2022-07	Moyenne	%
Homard Européen	21,54 ± 11,71	16,65 ± 6,87	20,18 ± 12,47	16,92 ± 11,98	11,56 ± 5,37	1,56 ± 1,57	12,06 ± 12,26	14,85 ± 11,16	41,73%
Araignée de mer	25,54 ± 21,8	33,21 ± 23,19	1,97 ± 3,14	3,05 ± 3,2	2,04 ± 2,62			9,95 ± 17,72	27,95%
Tourteau	1,65 ± 3,58	2,36 ± 3,2	0,61 ± 1,25	0,96 ± 1,59	7,03 ± 12,14	0,4 ± 0,85	29,83 ± 78,09	5,77 ± 28,69	16,21%
Etrille commune	13,69 ± 19,01	10,11 ± 12,33		2,06 ± 3,17				3,91 ± 10,11	10,98%
Pieuvre commune						7,55 ± 10,88	1,33 ± 3,1	1,05 ± 4,39	2,95%
Grande roussette						0,18 ± 0,57		0,02 ± 0,19	0,06%
Tacaud commun						0,18 ± 0,57		0,02 ± 0,19	0,06%
Vieille commune						0,17 ± 0,55		0,02 ± 0,19	0,06%

Tableau 45: CPUE en n pour 1000 hameçons par 24 heures des poissons prélevés à la palangre, par mission

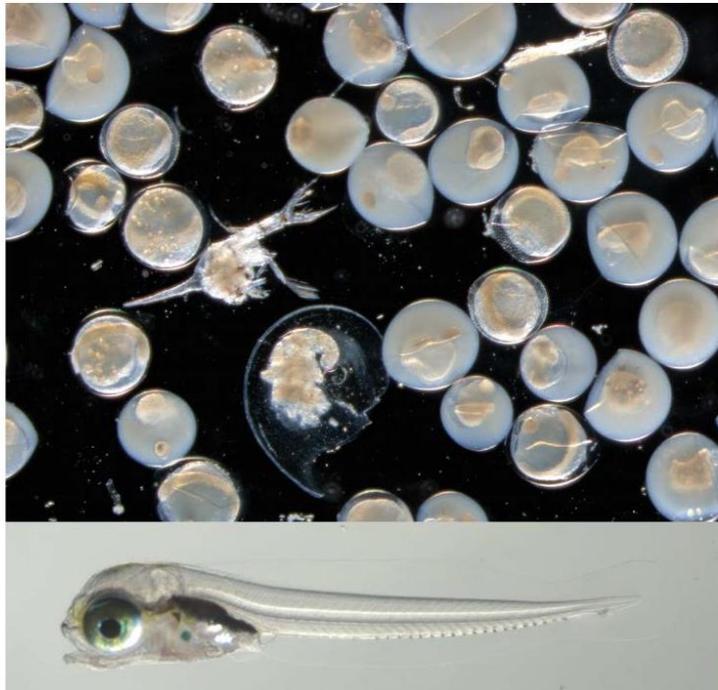
Nom commun	2019-04	2019-09	2020-01	2021-05	2021-09	2021-12	2022-06	2022-09	Moyenne	%
Lieu jaune	395,46 ± 305,64	194,76 ± 222,6	357,2 ± 335,98	337,82 ± 448,06	35,74 ± 68,49	386,94 ± 603,29	392,82 ± 427,8	141,41 ± 275,7	287,26 ± 390,82	41,51%
Tacaud commun	177,27 ± 239,2	160,08 ± 255,98	20,2 ± 34,71	122,46 ± 223,52	67,03 ± 106,87	55,35 ± 153,53	377,79 ± 515,18	90,77 ± 121,34	136,88 ± 273,61	19,78%
Bar européen	17,46 ± 40,19	85,27 ± 115,19	45,24 ± 66,13	165,11 ± 371,02	55,79 ± 62,02	353,59 ± 588,19	30,34 ± 76,3	331,29 ± 527,42	135,81 ± 340,66	19,62%
Maquereau commun	86,3 ± 142,62			61,53 ± 105,02			213,95 ± 236,59		47,47 ± 129,81	6,86%
Orphie commune	138,59 ± 157,68			67,26 ± 168,4			17,13 ± 43,34		28,77 ± 96,07	4,16%
Vieille commune	3,82 ± 18,33	67,16 ± 130,97			49,43 ± 77,8	26,7 ± 55,17	5,19 ± 24,91	53,68 ± 85,87	24,91 ± 69,76	3,60%
Congre d'Europe		4,14 ± 14,26	4,72 ± 15,67	28,2 ± 62,68	6,45 ± 18,41		27,78 ± 54,84	3,36 ± 16,13	9,27 ± 33,35	1,34%
Merlan	6,59 ± 31,62		20,03 ± 75,27			11,33 ± 51,94			4,96 ± 35,72	0,72%
Coquette	2,84 ± 13,64			15,27 ± 47,08			16,48 ± 79,05		4,38 ± 34,18	0,63%
Pagre commun		4,83 ± 22,14			4,31 ± 17,78		3,28 ± 15,75	4,17 ± 19,98	2,03 ± 13,54	0,29%
Chinchard à queue jaune	11,17 ± 25,52						2,63 ± 12,61		1,85 ± 11,08	0,27%
Lamproie marine			11,09 ± 30,87						1,49 ± 11,92	0,21%
Grande roussette							11,03 ± 40,93		1,48 ± 15,45	0,21%
Chinchard commun				12,1 ± 39,18					1,42 ± 13,97	0,21%
Griset			9,57 ± 27,5						1,28 ± 10,58	0,19%
Petite roussette			2,23 ± 10,69			5,67 ± 25,97			1 ± 10,09	0,14%
Raie brunette							6,41 ± 30,75		0,86 ± 11,47	0,12%
Requin Hâ							4,61 ± 22,1		0,62 ± 8,24	0,09%
Pageot commun						2,67 ± 12,24			0,33 ± 4,38	0,05%

ANNEXE 4 : RAPPORT DE L'EXPERTISE TAXONOMIQUE DU MNHN SUR LES ECHANTILLONS DE LA CAMPAGNE ICTHYOPLANCTON

Expertise taxonomique : identification et comptage de zooplancton fixés

Rapport final pour SINAY
sur les échantillons provenant du large de l'estuaire de la Loire : une consultation pour
le futur parc éolien en mer de Saint-Nazaire
Avril –Août 2019

Nalani Schnell
Ralf Aurahs



STATION MARINE
CONCARNEAU

1

Sommaire

1. Matériel et méthodes.....	4
– Méthodes.....	4
– Terminologie pour déterminer le degré de développement d’œufs.....	4
– Terminologie pour déterminer le degré de développement des larves.....	5
2. Résultats.....	6
– Échantillons: Avril 2019 (5 stations, 10 échantillons).....	6
– Échantillons: Mai 2019 (5 stations, 10 échantillons).....	6
– Échantillons: Juin 2019 (5 stations, 10 échantillons).....	7
– Échantillons: Juillet 2019 (5 stations, 10 échantillons).....	7
– Échantillons: Août 2019 (5 stations, 10 échantillons).....	8
3. Illustration photographiques.....	9
– Impressions du laboratoire.....	9
– Ichtyoplancton.....	10
• Belonidae – <i>Belone belone</i> (l’orphie).....	10
• Blenniidae – <i>Coryphoblennius galerita</i> (la blennie coiffée).....	10
• Blenniidae – <i>Parablennius gattorugine</i> (la blennie gattorugine).....	10
• Blenniidae – <i>Parablennius pilicornis</i> (la blennie pilicorne).....	11
• Bothidae – <i>Arnoglossus</i> sp.	11
• Callionymidae – <i>Callionymus</i> sp.	11
• Callionymidae – <i>Callionymus lyra</i> (le dragonnet lyre).....	12
• Carangidae – <i>Trachurus trachurus</i> (le chinchard).....	12
• Engraulidae – <i>Engraulis encrasicolus</i> (l’anchois commun).....	12
• Gobiesocidae – <i>Diplecogaster bimaculata</i>	13
• Gobiesocidae – <i>Lepadogaster candollei</i>	13
• Gobiidae – sp.	13
• Labridae – <i>Ctenolabrus rupestris</i> (le cténolabre).....	13
• Labridae – <i>Labrus bergylta</i> (la vieille commune).....	14
• Labridae – <i>Symphodus melops</i> (le crénilabre mélops).....	14
• Lotidae – <i>Ciliata septentrionalis</i> (la motelle nordique).....	14
• Pleuronectidae – <i>Platichthys flesus</i> (le flet commun).....	15

• Scophthalmidae - <i>Scophthalmus rhombus</i> (la barbue).....	15
• Soleidae - <i>Buglossidium luteum</i> (la petite sole jaune).....	15
• Sparidae - <i>Spondyliosoma cantharus</i> (la dorade gris).....	16
• Trachinidae - <i>Trachinus draco</i> (la grande vive).....	16
• Trachinidae - <i>Echiichthys vipera</i> (la petite vive).....	16
- Autre zooplancton halieutique.....	17
• Nephropinae - <i>Homarus gammarus</i> (le homard européen).....	17
4. Bibliographie.....	18

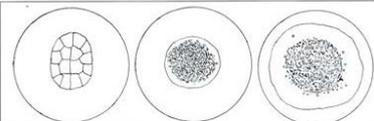
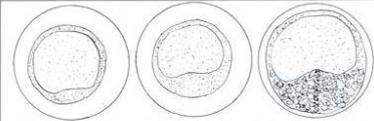
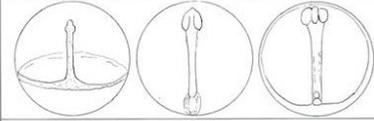
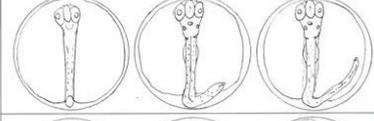
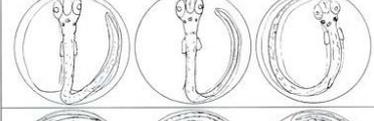
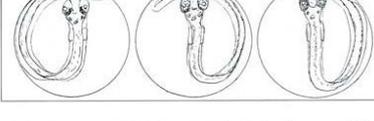
1. Matériel et méthodes

Méthodes :

Les échantillons de plancton ont été fixés dans 2 litres d'eau de mer formolée (4%) tamponnée avec Borax. Avant l'identification et le comptage, les échantillons ont été coulés à travers un tamis de 500 µm, et puis placés dans un fluide de tri « sorting fluid » (Phenoxypropylene glycol). Les larves et les œufs de poissons ont été triés d'échantillon à l'aide d'une loupe binoculaire Zeiss-Stémi 2000C. Le reste du zooplancton a été identifié au niveau de la sous-classe et compté. Pour la documentation occasionnelle, la loupe binoculaire était équipée d'un Canon 650D. Pour l'identification des larves et des œufs de poissons au niveau d'espèce (Ehrenbaum, 1905 ; Russell, 1976 ; Munk & Nielsen, 2005), nous avons utilisé une loupe binoculaire Zeiss SteREODiscovery.V20. Les images ont été prises avec un AxioCam Zeiss attaché au Zeiss SteREO Discovery.V20. Les spécimens ont été mesurés avec le logiciel Zeiss Zen.

Terminologie pour déterminer le degré de développement d'œufs :

La terminologie utilisé dans les fichiers Excel pour déterminer le degré de développement d'œufs (Stage I – Stage V) suit Russel (1976) et Munk & Nilsen (2005).

	<p>Stage IA The blastula stage lasts from fertilization until successive cleavages have produced a cellular mass in which individual cells are not visible.</p>
	<p>Stage IB During this the blastodisc develops further, and it becomes visible as a signet ring. The stage lasts to the first indication of the primitive streak.</p>
	<p>Stage II The gastrulation stage lasts from the first indication of the primitive streak until the closure of the blastopore.</p>
	<p>Stage III Growth of the tail is apparent and the stage lasts until the embryo spreads around three-quarters of the circumference of the egg. The eyes develop.</p>
	<p>Stage IV The tail grows until the embryo fills the whole egg, with the tail touching the head.</p>
	<p>Stage V During this stage the tail grows past the head. Pigmentation of the eyes begins.</p>

Stages in the development of the fish egg, using the development of *Pleuronectes platessa* as an example. Stages IA-V are as described by A.C. Simpson,^[157] B.M. Thompson and J.D. Riley,^[158] using the drawings by Apstein^[21].

Terminologie pour déterminer le degré de développement des larves

La terminologie pour les stades de développement est basée sur le degré de flexion de la section terminale de la notochorde au cours du développement de la nageoire caudale (Richards, 2006; Ahlstrom & Ball, 1954).

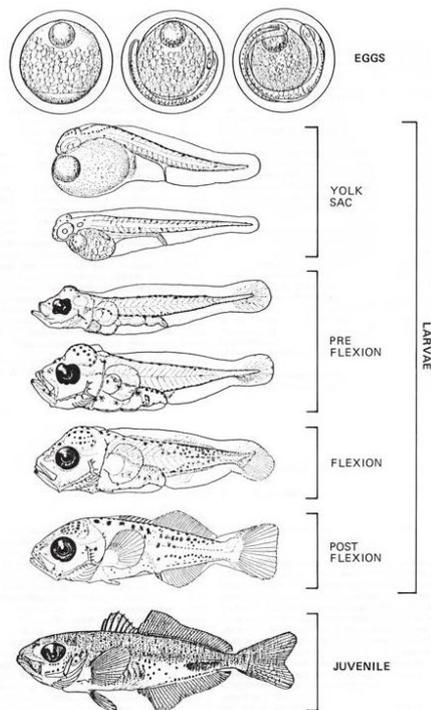


Fig. 5. Early life history stages of *Trachurus symmetricus* from Ahlstrom and Ball (1954).

Lors de la phase **pré-flexion**, la notochorde est droit et les éléments du squelette se commencent à se former sur le côté ventral de la notochorde.

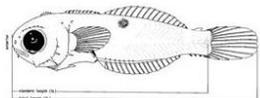
Lors de la phase **flexion**, la notochorde commence à se courber vers le haut que les supports de rayons de la nageoire se développent sous la notochorde.

La phase de **post-flexion** commence bien que les rayons caudaux et les éléments de soutien ne soient pas complètement développés. La phase post-flexion se termine avec le début de la phase juvénile.

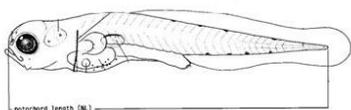
Un **juvénile** est généralement considéré comme un adulte pré-reproducteur et morphologiquement similaire à l'adulte.

L'explication de la mesure de taille « standard length » et « notochord length » :

Le « standard length » est mesuré dans les larves flexion et post-flexion



le « notochord length » est mesuré dans les larves pré-flexion



2. Résultats

Échantillons: Avril 2019 (5 stations, 10 échantillons)

13.04.2019 - identification de tout le plancton

Commentaires sur l'identification des larves et des œufs de poisson :

Tous les spécimens ont été identifié autant que possible au niveau de l'espèce. Mais pour les spécimens suivants une identification précise n'était pas possible :

1. Les échantillons de larves de poissons contenaient des spécimens de la famille des Blennidae : soit *Lipophrys pholis* ou *Coryphoblennius galerita*
2. La plupart des œufs sont des œufs de stade I. Les œufs de stade I sont difficiles et parfois impossibles à identifier au niveau des espèces, parce que la plupart des caractères ne sont pas encore développés. En conséquence, plusieurs choix sont donnés pour différents œufs, car le diamètre de l'œuf et le diamètre de la gouttelette d'huile chevauchent chez ces espèces.
 - Pleuronectidae (*Limanda limand* ou *Platichthys flesus*) ou Clupeidae (*Sprattus sprattus*) ou Labridae (*Ctenolabrus rupestris*)
 - Scophthalmidae (*Phrynorhombus norvegicus*) ou Soleidae (*Buglossidium luteum*)
 - Scophthalmidae (*Zeugopterus punctatus* ou *Psetta maxima*)

Identification et comptage : voir fichier Excel « Rapport 1_SINAY_Avril 2019 ».

Échantillons: Mai 2019 (5 stations, 10 échantillons)

23.05.2019 - identification de tout le plancton

Commentaires sur l'identification des larves et des œufs de poisson :

Tous les spécimens ont été identifié autant que possible au niveau de l'espèce. Mais pour les spécimens suivants une identification précise n'était pas possible :

1. Les échantillons de larves de poissons contenaient des spécimens de la famille des Blennidae : soit *Lipophrys pholis* ou *Coryphoblennius galerita*
2. Les larves de la famille Gobiidae sont pas identifiées au niveau de l'espèce.

3. La plupart des œufs sont des œufs de Pleuronectidae *Platichthys flesus* !

Identification et comptage : voir fichier Excel « Rapport 2_SINAY_Mai 2019 ».

Échantillons: Juin 2019 (5 stations, 10 échantillons)

24.06.2019 - identification de tout le plancton

Commentaires sur l'identification des larves et des œufs de poisson :

Tous les spécimens ont été identifié autant que possible au niveau de l'espèce. Mais pour les spécimens suivants une identification précise n'était pas possible :

1. Œufs: La plupart des œufs sont des œufs de Pleuronectidae *Platichthys flesus* ! Mais il reste une incertitude, car les œufs de *Ctenolabrus rupestris* (Labridae) ressemblent morphologiquement à ceux de *Platichthys flesus*. Je voudrais faire remarquer ici que nous avons trouvé des larves très précoces de *Ctenolabrus rupestris* dans les échantillons, mais pas de *Platichthys flesus*. Il est donc possible qu'il y ait aussi des œufs de *Ctenolabrus rupestris* mélangés avec des œufs de *Platichthys flesus*. Pour vérifier si les œufs appartiennent à l'une ou l'autre espèce, une analyse d'ADN serait nécessaire.
2. Œufs: Plusieurs œufs ont été identifiés comme appartenant à la famille Lotidae (*Ciliata mustela/ Ciliata septendriionalis*) ou Gadidae (*Raniceps raninus*). Les premiers stades des œufs sont assez similaires et ils n'ont pas de pigments.

Identification et comptage : voir fichier Excel « Rapport 3_SINAY_Juin 2019 ».

Échantillons: Juillet 2019 (5 stations, 10 échantillons)

25.07.2019 - identification de tout le plancton

Commentaires sur l'identification des larves et des œufs de poisson :

Tous les spécimens ont été identifié autant que possible au niveau de l'espèce.

1. Larves : Les stades précoces des larves du genre *Arnoglossus* sont identifiées seulement au niveau du genre, parce qu'à ce stade de développement, ils ne possèdent aucun caractère distinctif. Il y a trois espèces dans la région : *Arnoglossus thori*, *Arnoglossus laterna*, *Arnoglossus imperialis*.

Identification et comptage : voir fichier Excel « Rapport 4_SINAY_Juillet 2019 ».

Échantillons: Août 2019 (5 stations, 10 échantillons)

22.08.2019 - identification de tout le plancton

Commentaires sur l'identification des larves et des œufs de poisson :

Tous les spécimens ont été identifié autant que possible au niveau de l'espèce.

1. Larves : Les stades précoces des larves du genre *Callionymus* sont identifiées seulement au niveau du genre, parce qu'à ce stade de développement, ils ne possèdent aucun caractère distinctif. Il y a trois espèces dans la région : *Callionymus lyra*, *Callionymus reticulatus*, *Callionymus maculatus*.

Identification et comptage : voir fichier Excel « Rapport 5_SINAY_Août 2019 ».

3. Illustration photographiques

Quelques impressions du laboratoire à la station marine de Concarneau (MNHN) pendant trier et identifier les échantillons :



Ichtyoplancton

Belonidae – *Belone belone* (l'orpie)



Blenniidae – *Coryphoblennius galerita* (la blennie coiffée)



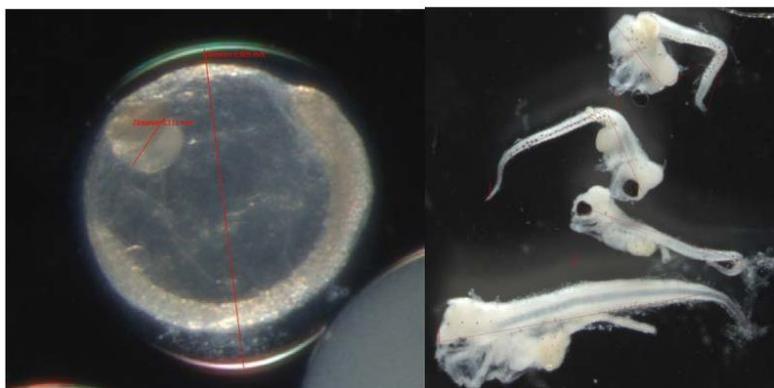
Blenniidae - *Parablennius gattorugine* (la blennie gattorugine)



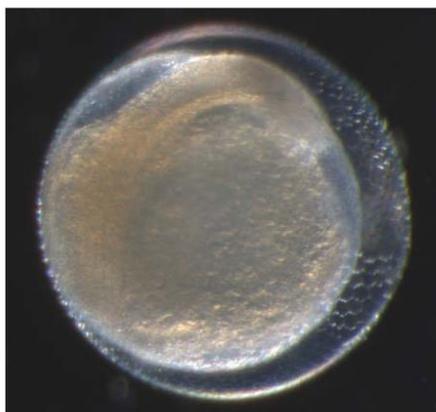
Blenniidae - *Parablennius pilicornis* (la blennie pilicorne)



Bothidae - *Arnoglossus* sp.



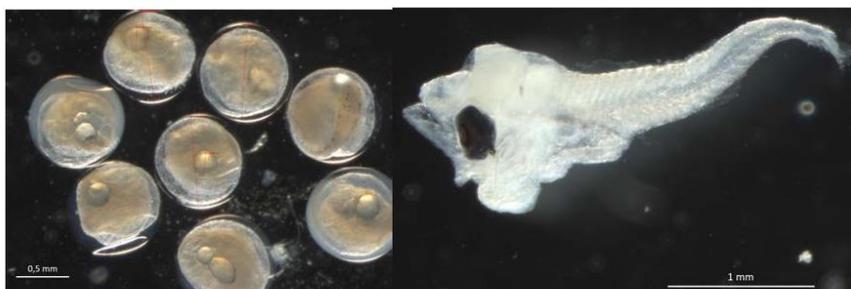
Callionymidae - *Callionymus* sp.



Callionymidae – *Callionymus lyra* (le dragonnet lyre)



Carangidae – *Trachurus trachurus* (le chinchard)



Engraulidae – *Engraulis encrasicolus* (l'anchois commun)



Gobiesocidae – *Diplecogaster bimaculata*



Gobiesocidae – *Lepadogaster candollei*



Gobiidae – sp.



Labridae – *Ctenolabrus rupestris* (le cténolabre)



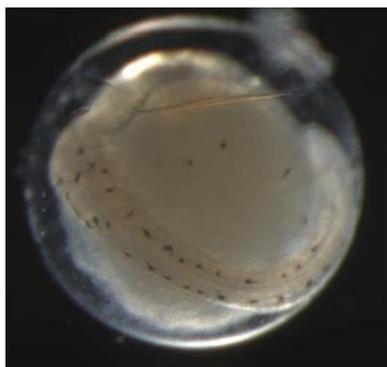
Labridae – *Labrus bergylta* (la vieille commune)



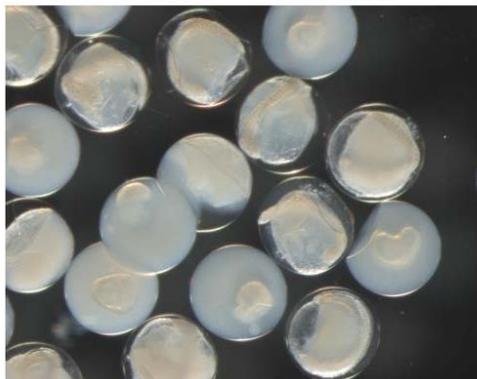
Labridae – *Symphodus melops* (le crénilabre mélops)



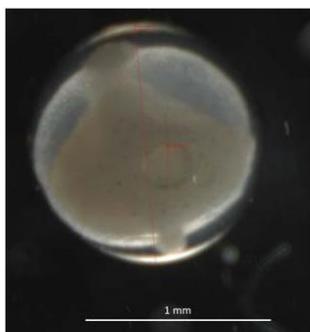
Lotidae – *Ciliata septentrionalis* (la motelle nordique)



Pleuronectidae – *Platichthys flesus* (le flet commun)



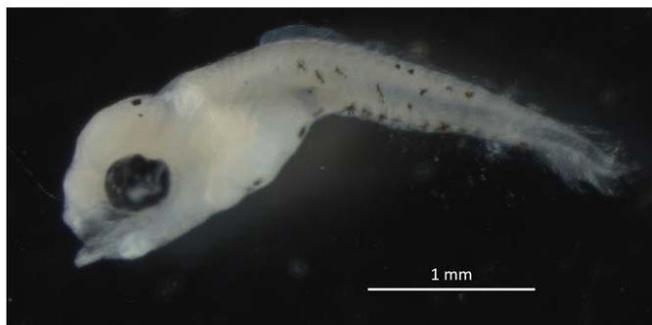
Scophthalmidae – *Scophthalmus rhombus* (la barbue)



Soleidae - *Buglossidium luteum* (la petite sole jaune)



Sparidae – *Spondyliosoma cantharus* (la dorade gris)



Trachinidae – *Trachinus draco* (la grande vive)



Trachinidae – *Echiichthys vipera* (la petite vive)



Autre zooplancton halieutique

Nephropinae – *Homarus gammarus* (le homard européen)



4. Bibliographie

- Ahlstrom, E.H. and Ball, O.P.** 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. Fish. Bull. 56:209-245.
- Ehrenbaum, E.** 1905. Eier und Larven von Fischen. Nordisches Plankton (Zool.) 1(4): 1-19.
- Munk P., and J.G. Nielsen.** 2005. Eggs and Larvae of North Sea fishes. Biofolia Edition: Frederiksberg, Danemark, 215pp.
- Richards W.J.** (Ed.). 2006. Early Stages of Atlantic Fishes. An Identification Guide for the Western Central North Atlantic. 2 volumes. CRC Press: Boca Raton 1335 pp.
- Russell F.S.** 1976. The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes. Academic Press, London: 524pp.

