



RTE

Etudes environnementales pour la réalisation de l'Etude d'Impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1

Etat initial de l'environnement marin

Date : Octobre 2023



SOMMAIRE

1	Glossaire.....	16
2	Contexte.....	17
3	Méthodes d'échantillonnage et de prélèvements.....	19
3.1	Suivi de la qualité des sédiments.....	19
3.2	Suivi de la qualité de l'eau.....	24
3.3	Suivi des habitats en zone intertidale.....	28
3.3.1	<i>Cartographie des habitats.....</i>	<i>28</i>
3.3.2	<i>Suivi des substrats meubles.....</i>	<i>30</i>
3.4	Suivi des habitats rocheux en zone infralittorale.....	31
3.5	Suivi des habitats en zone subtidale.....	33
3.5.1	<i>Suivi des substrats meubles.....</i>	<i>33</i>
3.5.2	<i>Suivi du zooplancton.....</i>	<i>36</i>
3.5.3	<i>Suivi des ressources halieutiques.....</i>	<i>38</i>
4	Méthodes d'analyse et traitement des données.....	48
4.1	Analyse des sédiments.....	48
4.1.1	<i>Granulométrie.....</i>	<i>48</i>
4.1.2	<i>Analyses physico-chimiques.....</i>	<i>48</i>
4.2	Analyse de la qualité de l'eau.....	52
4.3	Identification des communautés benthiques.....	57
4.4	Analyses statistiques des communautés benthiques.....	58
4.4.1	<i>Abondance et richesse spécifique.....</i>	<i>58</i>
4.4.2	<i>Indice de diversité.....</i>	<i>59</i>
4.4.3	<i>Indice biotique pour les substrats meubles : AMBI.....</i>	<i>59</i>
4.4.4	<i>Analyses multivariées.....</i>	<i>61</i>
4.5	Typologie des habitats pour la cartographie.....	62
4.6	Analyse du zooplancton.....	62
4.7	Analyse des ressources halieutiques.....	65
5	Résultats.....	66
5.1	Suivi de la qualité des sédiments.....	66
5.2	Suivi de la qualité de l'eau.....	77
5.2.1	<i>Température.....</i>	<i>77</i>
5.2.2	<i>Salinité.....</i>	<i>81</i>
5.2.3	<i>Oxygène.....</i>	<i>85</i>
5.2.4	<i>Turbidité et MES.....</i>	<i>90</i>
5.2.5	<i>Chlorophylle a.....</i>	<i>95</i>
5.2.6	<i>pH.....</i>	<i>100</i>

5.2.7	Nutriments.....	102
5.2.8	Eléments chimiques.....	108
5.2.9	Composition ionique.....	113
5.2.10	Toxicité.....	116
5.2.11	Bactériologie.....	118
5.3	Suivi des habitats en zone intertidale.....	119
5.3.1	Cartographie des habitats.....	119
5.3.2	Prospection sur les substrats meubles intertidaux (2022).....	132
5.3.3	Typologie des habitats.....	147
5.4	Suivi des habitats rocheux en zones infralittorale et circalittorale.....	148
5.4.1	Cartographie des habitats.....	148
5.4.2	Description des habitats.....	152
5.5	Suivi des habitats en zone subtidale.....	155
5.5.1	Prospections sur les substrats meubles subtidaux (2022).....	155
5.5.2	Suivi de l'ichtyoplancton.....	179
5.5.3	Suivi des ressources halieutiques.....	193
6	Discussion et conclusions.....	240
6.1	Qualité des sédiments.....	240
6.2	Qualité de l'eau.....	240
6.3	Peuplements benthiques.....	242
6.4	Ressources halieutiques et ichtyoplancton.....	244
7	Bibliographie.....	246
8	Annexes.....	249
8.1	Annexe 1 : Résultats des analyses d'eau.....	249

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Projet de raccordement CM1 du futur parc éolien en mer au large de la Normandie.....	18
Figure 2 : Carottier à main et flacons pour les analyses physico-chimiques.....	19
Figure 3 : Stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en zone intertidale	22
Figure 4 : Stations du suivi physicochimique des sédiments en milieu subtidale.....	23
Figure 5 : Localisation des stations de suivi de la qualité de l'eau.....	24
Figure 6 : Moyens nautiques utilisés pour le suivi de la qualité de l'eau.....	25
Figure 7 : Sonde WiMo et sa mise en œuvre (TBM environnement).....	26
Figure 8 : Exemples de présentation des résultats (TBM environnement)	26
Figure 9. Collecte d'un échantillon d'eau avec la bouteille Niskin et rangement des flacons (TBM environnement)	27
Figure 10 : Prospection de la plage concernée par l'aire d'étude rapprochée, réalisée le 03 mars 2022.....	29
Figure 11 : Carottier à main et tamis pour l'échantillonnage des communautés benthiques des substrats meubles en zone intertidale	30
Figure 12 : Bar'ouf, le navire de TBM environnement.....	31
Figure 13 : Caméra vidéo sous-marine et son déploiement	31
Figure 14 : Localisation des stations pour le suivi des zones rocheuses infralittorales dans et à proximité de l'aire d'étude rapprochée.	32
Figure 15: Benne Day	33
Figure 16 : Drague Rallier du Baty (à gauche) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)	33
Figure 17 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la benne Day (Station N_PB_1 à gauche et N_PB_2 à droite).	34
Figure 18 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la drague Rallier du Baty Day (Station N_PB_13 à gauche et N_PB_25 à droite).	34
Figure 19 : Localisation des stations pour le suivi des habitats et peuplements benthiques en zone subtidale.	35
Figure 20 : Filets Bongo avec débitmètres	36
Figure 21 : Rinçage du filet Bongo (A) puis collecte du zooplancton dans le collecteur (B) et exemple du conditionnement (C)	36
Figure 22 : Plan d'échantillonnage pour les prélèvements de zooplancton	37
Figure 23 : Njord et le chalut canadien remonté à son bord, une fois le trait de 20 minutes achevé.	38
Figure 24 : Chalut canadien équipé d'une chaussette, à bord du « Njord ».....	39
Figure 25 : Cap à l'amont et drague à coquilles	39
Figure 26 : Le Kléber et filières de casiers à bulots	40
Figure 27 : Tri des espèces pêchées sur un trait de drague	40
Figure 28 : Règle scientifique utilisée pour la mesure des poissons, ici un grondin rouge <i>Chelidonichthys cuculus</i>	41
Figure 29 : Carte d'échantillonnage des campagnes de pêche réalisées au chalut canadien ou à la drague à coquilles	45
Figure 30 : Carte d'échantillonnage des deux campagnes au casier à bulots.....	47
Figure 31 : Stations de surveillance IFREMER pour les zones 14 « Baie des Veys » et 15 « Ravenoville – Saint Vaast – Barfleur » (Sylvaine et al. 2022). La station des Gougins sera utilisée comme référence.	56

Figure 32 : Etapes de déformolage	57
Figure 33 : Postes de tri des échantillons de macrofaune benthique (à gauche) et piluliers de conditionnement (à droite).....	57
Figure 34 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).....	60
Figure 35 : Analyses multivariées : résumé des étapes conduisant à la classification ou à l'ordination, méthode normale (Source : Grall et Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982)	62
Figure 36 : Terminologie pour la détermination des œufs	63
Figure 37 : Terminologie pour la détermination du stade de développement des larves	63
Figure 38 : Œufs et larves de sardine (<i>Sardina pilchardus</i>).....	64
Figure 39 : Fractions granulométriques de la plage de Saint Marcouf	67
Figure 40 : Répartition des fractions granulométriques aux stations de substrats meubles de la zone intertidale.....	68
Figure 41 : Fractions granulométriques pour les 26 stations subtidales prélevées en 2022.....	72
Figure 42 : Cartographie des fractions granulométriques pour les 26 stations subtidales prélevées en 2022	73
Figure 43 : Températures mesurées chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.	77
Figure 44 : Profils de température mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large).	79
Figure 45 : Comparaison des températures enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les températures moyennes mesurées entre 2006 et 2021 à la station REPHY des Gougins en subsurface.	80
Figure 46 : Comparaison des températures enregistrées au fond pour les 5 stations du suivi avec les températures moyennes mesurées entre 2006 et 2021 à la station REPHY des Gougins au fond.	80
Figure 47 : Salinités mesurées chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	81
Figure 48 : Profils de salinité mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large).	83
Figure 49 : Comparaison des salinités enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les salinités moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.	84
Figure 50 : Comparaison des salinités enregistrées au fond pour les 5 stations du suivi avec les salinités moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.	84
Figure 51 : Concentrations en Oxygène dissous mesurées chaque mois entre mars 2022 et février 2023 chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4	85
Figure 52 : Profils des concentrations en oxygène dissous mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large)	87
Figure 53 : Evaluation de la qualité de l'eau d'après les critères DCE pour la concentration en oxygène (mg/L) : > 5 pour une très bonne qualité ; entre 3 et 5 pour une bonne qualité ; et < 3 pour une qualité moyenne. Les concentrations considérées correspondent à celles mesurées au fond.	88
Figure 54 : Comparaison des concentrations en oxygène dissous enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.	89
Figure 55 : Comparaison des concentrations en oxygène dissous enregistrées au fond pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.	89

Figure 56 : Turbidités (NTU) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	90
Figure 57 : Evaluation de la qualité de l'eau d'après les critères DCE pour la turbidité/transparence : < 30 pour une très bonne qualité ; entre 30 et 45 pour une bonne qualité ; et > 45 pour une qualité moyenne. Seules les turbidités mesurées entre mars et octobre en surface sont considérées.	91
Figure 58 : Profils des concentrations en turbidité (NTU) mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large)	93
Figure 59 : Concentrations en matières en suspension (MES en mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	94
Figure 60 : teneur en chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) mesurée chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi en surface au fond. Les valeurs de mai à août 2022 sont issues des données satellites obtenues sur le site de MARS 3D (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	95
Figure 61 : Evaluation de la qualité de l'eau d'après les critères DCE pour la chlorophylle a : < 5 $\mu\text{g/L}$ pour une très bonne qualité ; entre 5 et 105 pour une bonne qualité ; entre 10 et 20 pour une qualité moyenne ; entre 20 et 40 pour une qualité médiocre et > 40 pour une mauvaise qualité.....	96
Figure 62 : Concentration en chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) modélisée à l'échelle de la Manche par le projet MARS3D pour chaque mois du suivi de mars 2022 à février 2023.	99
Figure 63 : pH mesuré chaque mois entre avril et décembre 2022 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	100
Figure 64 : Profils de pH mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large)	101
Figure 65 : Concentrations en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	102
Figure 66 : Comparaison des concentrations en ammonium dosées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes en ammonium enregistrées à la station REPHY des Gougins.	103
Figure 67 : Concentrations en nitrates ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars et septembre 2022 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4	104
Figure 68 : Comparaison des concentrations en nitrates enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations (nitrates + nitrites) moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins entre 2006 et 2021.....	104
Figure 69 : Concentrations en nitrites ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars et septembre 2022 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4	105
Figure 70 : Indice NID calculé à partir des concentrations en nutriments azotés pour qualifier la qualité des masses d'eau : < 20 pour une très bonne qualité ; entre 20 et 33 pour une bonne qualité ; et > 33 pour une qualité moyenne. Cette métrique est calculée pour des valeurs de surface mensuelle entre novembre 2022 et février 2023.....	106
Figure 71 : Concentrations en orthophosphates ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au	

fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.....	106
Figure 72 : Comparaison des concentrations en orthophosphates enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes enregistrées à la station REPHY de s Gougins entre 2006 et 2021.	107
Figure 73 : Concentrations en aluminium ($\mu\text{g/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de $10 \mu\text{g/L}$	108
Figure 74 : Concentrations en chlore($\mu\text{g/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de $0,03 \mu\text{g/L}$	109
Figure 75 : Concentrations en manganèse($\mu\text{g/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de $1 \mu\text{g/L}$	110
Figure 76 : Concentrations en plomb($\mu\text{g/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de $1 \mu\text{g/L}$	111
Figure 77 : Concentrations en zinc($\mu\text{g/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de $10 \mu\text{g/L}$	112
Figure 78 : Concentrations en calcium (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de 400 mg/L attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).	113
Figure 79 : Concentrations en sodium (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de $10\ 250 \text{ mg/L}$ attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).	114
Figure 80 : Concentrations en sulfates (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de $10\ 250 \text{ mg/L}$ attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).	115
Figure 81 : Concentrations en fluorures (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de $1,2 \text{ mg/L}$ attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).	116
Figure 82 : Concentrations en Organohalogénés absorbables dissous (AOX en $\mu\text{g/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de $10 \mu\text{g/L}$	117

Figure 83 : Matières inhibitrices (pourcentage d'immobilité des <i>Daphnia magna</i>) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 10 µg/L.....	118
Figure 84 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019).....	121
Figure 85 : Galets et cailloutis supralittoraux	125
Figure 86 : Haut d'estran avec laisses de mer.....	126
Figure 87 : Galets et cailloutis médiolittoraux	126
Figure 88 : Galets et cailloutis médiolittoraux	127
Figure 89 : Sables supralittoraux.....	127
Figure 90 : Sables médiolittoraux mobiles propres	128
Figure 91 : Sables fins médiolittoraux.....	128
Figure 92 : Bancs de Lanices.....	129
Figure 93 : Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes.....	130
Figure 94 : Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral.....	130
Figure 95 : Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	131
Figure 96 : Roches ou blocs infralittoraux à <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Sargassum</i> et/ou <i>Halidrys</i> - B1-5.1.3 - Roches ou blocs infralittoraux à <i>Sargassum muticum</i>	131
Figure 97. Abondance totale (ind/0,06 m ²) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.....	132
Figure 98. Abondance moyenne (ind/m ² ± écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	133
Figure 99. Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	133
Figure 100. : Abondance moyenne (ind/m ²) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.....	134
Figure 101. Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	135
Figure 102. Richesse spécifique totale (sp/ 0,06 m ²) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	136
Figure 103. Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	136
Figure 104. : Richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	137
Figure 105. Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de leur richesse spécifique dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	138
Figure 106. Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de leur richesse spécifique dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	139
Figure 107. Indice de Shannon-Weaver moyen (± écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.	140
Figure 108. <i>Indice d'équitabilité de Pielou moyen (± écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.....</i>	140
Figure 109. Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations intertidales de la plage de Saint Marcouf. Les lignes rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).....	142

Figure 110. Analyse multidimensionnelle (MDS) effectuée sur les stations de la plage de Saint Marcouf.	143
Figure 111. Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations du haut, du milieu et du bas de l'estran de Saint Marcouf. Les lignes rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).....	143
Figure 112. Répartition des groupes écologiques (%) associés aux espèces inventoriées au niveau de chaque station de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).	145
Figure 113. Répartition des groupes écologiques (%) au niveau de chaque station de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).	146
Figure 114 : Carte des habitats marins rocheux infralittoraux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) dans l'aire d'étude rapprochée et à proximité	150
Figure 115 : Carte des habitats marins rocheux infralittoraux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) dans l'aire d'étude immédiate	151
Figure 116 : Illustrations des habitats rocheux en zone infralittorale	152
Figure 117 : B1-4 Laminaires de l'infralittoral inférieur	153
Figure 118 : B2-1.2 Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux	153
Figure 119 : C1-1 – Roches ou blocs circalittoraux côtiers à gorgonaires, <i>Pentapora fascialis</i> et algues sciaphiles	154
Figure 120. Abondance totale (ind/50 L) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty en mars 2022.	155
Figure 121. Abondance totale (ind/0,5 m ²) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day en mars 2022.....	156
Figure 122 Abondance moyenne (ind/10 L ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty en mars 2022.	156
Figure 123 Abondance moyenne (ind/m ² ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day en mars 2022.	156
Figure 124 Abondance moyenne des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day (ind/m ² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (ind/10 L) en mars 2022.	157
Figure 125. Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.	158
Figure 126 Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.	159
Figure 127 Richesse spécifique totale (sp/50 L) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty en mars 2022.	160
Figure 128 Richesse spécifique totale (sp/0,5 m ²) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day en mars 2022.....	160
Figure 129 Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty (sp/10 L) en mars 2022.	161
Figure 130 Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day (sp/0,1 m ²) en mars 2022.....	161
Figure 131 Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day (sp/m ² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (sp/10 L) en mars 2022.	162

Figure 132 Indice de raréfaction ES (50) de chacune des stations échantillonnées en zone subtidale en mars 2022.....	163
Figure 133 Richesse spécifique relative (%) des différents groupes taxonomiques dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.	164
Figure 134 Richesse spécifique relative (%) des différents groupes taxonomiques dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.	165
Figure 135 Indice de diversité de Shannon-Weaver moyen associé aux communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées en mars 2022.	167
<i>Figure 136 Indice de Pielou moyen associé aux communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées en mars 2022.....</i>	<i>167</i>
<i>Figure 137 Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée à partir des abondances d'espèces relevées sur les stations subtidales échantillonnées en mars 2022, à la benne. Les lignes rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).....</i>	<i>168</i>
Figure 138 Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée à partir des abondances des stations échantillonnées en mars 2022, à la drague.	169
Figure 139 Photographie de la valve droite de <i>Varicorbula gibba</i>	170
<i>Figure 140 Effectifs des dix premières espèces dominantes sur les stations côtières (NPB01 à NPB06) et les stations du large.....</i>	<i>171</i>
Figure 141 Analyse multidimensionnelle effectuée à partir des abondances et selon le type sédimentaire des stations subtidales échantillonnées en mars 2022, à la drague.	171
Figure 142 Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée à partir des abondances des stations et selon leur type sédimentaire, échantillonnées en mars 2022 à la drague.	172
Figure 143 Effectifs (nombre d'individus) de l'hermelle épineuse <i>Sabellaria spinulosa</i> sur les stations échantillonnées en mars 2022. (ind/0,5 m ² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (ind/50 L) en mars 2022.	172
Figure 144 Abondance totale de <i>Sabellaria spinulosa</i> sur les stations échantillonnées à la benne Day (ind/0,5 m ² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (ind/50 L) en mars 2022.	174
Figure 145 Répartition des groupes écologiques (%) associés aux espèces inventoriées au niveau de chaque station subtidale (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).	176
Figure 146 Répartition des groupes écologiques (%) associés aux espèces inventoriées au niveau de chaque station subtidale (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).	177
Figure 147 Habitats identifiés sur la zone d'étude	178
Figure 148 : Abondance total en œufs (Nombre / 1000 m ³) mesurées à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.	180
Figure 149 : Richesse spécifique des œufs (Nombre d'espèces) identifiés à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.	180
Figure 150 Indice de diversité de Shannon-Weaver associé aux œufs présents sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.	182
Figure 151 Indice de Pielou moyen associé aux œufs présents sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.....	182
Figure 152 : Calendrier de présence des œufs à la station 5. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	183
Figure 153 : Calendrier de présence des œufs à la station 9. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	183

Figure 154 : Calendrier de présence des œufs à la station 15. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	184
Figure 155 : Calendrier de présence des œufs à la station 20. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	184
Figure 156 : Calendrier de présence des œufs à la station 23. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	185
Figure 157 : Abondance total en larves (Nombre / 1000 m3) mesurées à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.	187
Figure 158 : Richesse spécifique des larves (Nombre d'espèces) identifiés à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.	187
Figure 159 Indice de diversité de Shannon-Weaver associé aux larves présentes sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.....	189
Figure 160 Indice de Pielou moyen associé aux larves présentes sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.....	189
Figure 161 : Calendrier de présence des larves à la station 5. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	190
Figure 162 : Calendrier de présence des larves à la station 9. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	190
Figure 163 : Calendrier de présence des larves à la station 15. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	190
Figure 164 : Calendrier de présence des larves à la station 20. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	191
Figure 165 : Calendrier de présence des larves à la station 23. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.....	191
Figure 166 : Distribution du zooplancton dans les échantillons collectés	192
Figure 167 : Distribution des différents groupes de zooplancton en fonction des stations échantillonnées.	192
Figure 168 : Distribution des groupes échantillonnés suivant la date de prélèvement.	193
Figure 169 : Richesse spécifique totale et moyenne par stations et par saison	193
Figure 170 : Dynamique saisonnière de la richesse spécifique aux stations échantillonnées au chalut canadien.....	194
Figure 171 : Nombre moyen d'espèces par station selon la localisation dans l'aire d'étude immédiate AEI (intra =N_CH_01, N_CH_03, N_CH_05, N_CH_07, N_CH_09, N_CH_10, N_CH_12, N_CH_14) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER = N_CH_02, N_CH_04, N_CH_06, N_CH_08, N_CH_11, N_CH_13, N_CH_15) et la saison.	195
Figure 172 : Représentation spatiale de la richesse spécifique aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.....	196
Figure 173 : Richesse spécifique totale à chaque trait pour l'ensemble des campagnes.....	198
Figure 174 : Nombre moyen d'espèces par groupe biologique aux stations dans l'aire d'étude immédiate (AEI) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER) selon la saison d'échantillonnage.....	199
Figure 175 : Richesse spécifique totale à chaque trait pour l'ensemble des campagnes en ne considérant que les poissons et céphalopodes.....	199
Figure 176 : Nombre d'espèce totales aux stations rencontrées toutes années confondues, selon le mode de vie et la catégorie biologique, les stations dans l'aire d'étude immédiate AEI apparaissent rouges et les stations de référence dans l'aire d'étude rapprochée apparaissent jaune.	200
Figure 177 : Captures par unité d'effort en kg.ha-1 (à gauche) et en nombre d'individus.ha-1 (à droite) des espèces démersales et pélagiques en fonction de leur localisation et de la saison.....	203

Figure 178 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en Ind.ha ⁻¹ , des espèces démersales, aux stations, selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.	206
Figure 179 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en kg.ha ⁻¹ , des espèces démersales aux stations, selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.	207
Figure 180 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en Ind.ha ⁻¹ , des espèces pélagiques aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.	208
Figure 181 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en kg.ha ⁻¹ , des espèces pélagiques aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.	209
Figure 182 : Richesse spécifique totale aux stations selon leur localisation et la saison.	213
Figure 183 : Richesse spécifique totales des trois grands groupes aux différentes stations.	215
Figure 184 : Richesse spécifique moyenne des trois grands groupes biologiques, aux stations extra et intra fuseau ainsi que pour l'ensemble de la zone d'étude aux différentes saisons.	215
Figure 185 : Représentation spatiale de la richesse spécifique totale aux stations, selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée à la drague à coquille St-Jacques.	216
Figure 186 : Captures de coquilles Saint Jacques et d'araignées à la drague	219
Figure 187: Capture Par Unité d'Effort totale (CPUE) en kg/heure, des coquilles St-Jacques (<i>Pecten maximus</i>), aux stations, selon la saison et la localisation.	220
Figure 188 : Moyenne de taille des coquilles St-Jacques selon la saison et la localisation.	220
Figure 189 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en kg/h, des coquilles St-Jacques, aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée à la drague à coquille.	221
Figure 190 : Richesse spécifique total des campagnes d'échantillonnages au casier à bulots.	222
Figure 191 : Représentation spatiale de la richesse spécifique aux stations selon la saison d'échantillonnage au casier à bulots.	223
Figure 192 : Captures de bulots au casier.	225
Figure 193 : Moyenne du tonnage de bulot capturé par stations dans l'aire d'étude immédiate (AEI) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER) CPUE/kg/jour.	225
Figure 194 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en kg/jour, des bulots, aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée aux casiers à bulots.	226
Figure 195 : Structure en taille des bulots capturés sur l'ensemble de la zone étudiée, en nombre de bulot/taille en mm.	227
Figure 196 : Pourcentage de bulot de taille <45mm ou >45mm, aux stations dans l'aire d'étude immédiate (AEI) et dans l'aire d'étude rapprochée.	227
Figure 197 : Nombre d'individus par taille en cm de Griset, tous métiers confondus, présentés par saison.	230
Figure 198 : Nombre d'individus par tailles en cm de petite roussette, tous métiers confondus, présentés par saison.	231
Figure 199 : Nombre d'individus par taille en cm du Merlan, tous métiers confondus, présentés par saison.	232
Figure 200 : Nombre d'individus par taille en cm de Grondin rouge, tous métiers confondus, présentées par saison.	233
Figure 201 : Nombre d'individus par taille en cm de Maquereau commun, tous métiers confondus, présentés par saison.	234
Figure 202: Nombre d'individus par taille en cm de <i>Sardina pilchardus</i> , tous métiers confondus, présentés par saison.	235
Figure 203: Nombre d'individus par taille en cm de Tcaud commun, tous métiers confondus, présentés par saison.	235

Figure 204 : Nombre d'individus par taille en cm de Chinchard commun, tous métiers confondus, présentés par saison.	236
Figure 205 : Nombre d'individus par taille en cm de Requin-hâ, tous métiers confondus, présentés par saison.	237
Figure 206 : Nombre d'individus par taille en cm d'Encornet commun, tous métiers confondus, présentés par saison.	238
Figure 207 : Nombre d'individus par taille en cm d>Alloteuthis spp., tous métiers confondus, présentés par saison.....	239
Figure 208 : Schéma synthétique de la dynamique saisonnière des différents domaines (température, sels nutritifs, phytoplancton et zooplancton) associés au milieu pélagique marin.....	242

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu intertidal (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84).	20
Tableau 2 : Coordonnées des stations de suivi prélevées en 2022 pour le suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu subtidal (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84). L'ensemble des stations ont été prélevées pour l'analyse granulométrique. L'analyse physico-chimique n'a concerné que les 12 stations en gras.....	21
Tableau 3 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité de l'eau (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84)	25
Tableau 4 : Récapitulatif des opérations à la mer.....	25
Tableau 5 : Caractéristiques des bateaux utilisés	41
Tableau 6 : Caractéristiques de réalisation des campagnes en 2022-2023	42
Tableau 7 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes au chalut canadien (WGS84, dmd). On précise les coordonnées de mise à l'eau (filage) et de remontée (virage) du chalut.	43
Tableau 8 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes à la drague à coquilles (WGS84, dmd). On précise les coordonnées de mise à l'eau (filage) et de remontée (virage) de la drague.	44
Tableau 9 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes au casier à bulots (WGS84, dmd)	46
Tableau 10 : Valeurs seuils utilisées pour définir le bon état écologique des sédiments marins.....	49
Tableau 11 : Concentrations pivot pour les contaminants métalliques proposées par le LBCM de l'Ifremer	50
Tableau 12 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).....	51
Tableau 13 : Indice de pollution organique	51
Tableau 14 : Normes de qualités environnementales provisoires (NQEp), Moyennes annuelles (MA) et Concentrations maximales admissibles (CMA) pour les substances figurant sur la liste 1 (souligné) et la liste 2 de la directive 2006/11/CE.....	53
Tableau 15 : Grille de qualité pour l'indicateur "Nutriments ».....	54
Tableau 16 : Grille de qualité pour l'indicateur "transparence"	54
Tableau 17 : Grille de qualité pour l'indicateur "oxygène dissous"	54
Tableau 18 : Grille de qualité pour l'indicateur "chlorophylle a"	55
Tableau 19 : Valeurs d'AMBI et état de santé des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)	61

Tableau 20 : Mesures prises pour caractériser les larves	64
Tableau 21 : Exemple d'identification sur un échantillon.....	64
Tableau 22 : Données des fractions granulométriques définies pour chaque station intertidale	66
Tableau 23 : Résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les 24 stations intertidales en substrats meubles.....	69
Tableau 24 : Résultats des analyses physico-chimiques (éléments traces, HAP, PCB, TBT) réalisées sur les stations de Basse Mer.	70
Tableau 25 : Résultats des analyses granulométriques pour les 26 stations subtidales prélevées en 2022.	71
Tableau 26 : Résultats des analyses réalisées sur les sédiments des 12 stations du suivi de la qualité des sédiments.....	75
Tableau 27 : Concentration approximative des principaux ions dans l'eau de mer pour une salinité de 35 PSU (Source : Karl K Turekian: Oceans. 1968. Prentice-Hall)	113
Tableau 28 : Superficies des différents habitats cartographiés sur la Figure 84	120
Tableau 29 : Intitulés et correspondances entre la typologie des cahiers des Habitats EUR27 (Bensettiti et al., 2004), la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) et de la typologie EUNIS 2012-2022 pour les substrats meubles	122
Tableau 30 : Intitulés et correspondances entre la typologie des cahiers des Habitats EUR27 (Bensettiti et al., 2004), de la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) et de la typologie EUNIS 2012-2022 pour les substrats rocheux.....	124
Tableau 31. Constance des espèces.....	138
Tableau 32. Résultats de l'analyse SIMPER effectuée sur les échantillons de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.....	144
Tableau 33. AMBI et état de santé.....	144
Tableau 34 : Intitulés et correspondances entre la typologie des cahiers des Habitats EUR27 (Bensettiti et al., 2004), de la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) et de la typologie EUNIS 2012-2022 pour les substrats rocheux.....	149
Tableau 35 Constance des espèces.....	166
Tableau 36 Richesse spécifique associée aux différents modes de vie des organismes : RSt = Richesse Spécifique totale, RSv = Richesse Spécifique de l'endofaune et de l'épifaune vagile, RSs = Richesse Spécifique de l'épifaune sessile.....	166
Tableau 37 Résultats de l'analyse SIMPER effectuée sur les stations subtidales échantillonnées en mars en 2022 à la benne.....	168
Tableau 38 Résultats de l'analyse SIMPER effectuée sur les stations subtidales échantillonnées en mars en 2022 à la drague.....	170
Tableau 39 Abondance relative (%) de Sabellaria spinulosa sur les stations échantillonnées en mars 2022.....	173
Tableau 40 AMBI et état de santé.....	175
Tableau 41 : Liste des espèces échantillonnées au chalut canadien par catégories biologiques et mode de vie associé à leurs effectifs totaux par saison (* pour présence).....	197
Tableau 42: Fréquence d'occurrence des espèces de poissons et de céphalopodes aux stations sur les trois campagnes d'échantillonnages (Printemps, Automne 22, Hiver 23), ainsi que sur l'ensemble des campagnes confondues (Année totale). Cette fréquence représente le pourcentage des stations où l'espèce est rencontrée.....	200
Tableau 43 : Tableaux présentant le nombre d'espèces par catégorie de pourcentage de d'occurrence aux stations par saison et pour l'ensemble des campagnes.....	202

Tableau 44: Capture Par Unité d'Effort (CPUE) des espèces démersales et pélagiques additionnées par localisation des stations aux différentes campagnes réalisées. Les CPUE sont indiquées par kg par surface et par individus par surface.....	203
Tableau 45 : Espèces démersales au plus fort tonnage en CPUE (kg.ha ⁻¹) et à la plus forte abondance en CPUE (Ind.ha ⁻¹) pour les différentes saisons d'échantillonnage	204
Tableau 46 : Espèces pélagiques au plus fort tonnage en CPUE (kg.ha ⁻¹) et à la plus forte abondance en CPUE (Ind.ha ⁻¹) pour les différentes saisons d'échantillonnage	205
Tableau 47 : Liste des espèces à l'état IUCN ou des stocks préoccupants et leurs caractéristiques selon les campagnes. IUCN Red list : DD : Données insuffisantes ; LC : préoccupation mineure ; NT : quasi-menacée ; VU : Espèce menacée de disparition Vulnérable ; EN : Espèce menacée de disparition En Danger.	210
Tableau 48 : Liste des espèces déterminantes pour au moins un habitat classé ZNIEFF, (pour certaines espèces benthiques, seule la présence a été notée pendant les campagnes et est repérée ici par un astérisque *).	211
Tableau 49 : Liste des espèces échantillonnées à la drague par catégories biologiques associées à leurs effectifs totaux par saison (* pour présence)	214
Tableau 50: Fréquence d'occurrence des espèces rencontrées aux stations sur les trois campagnes d'échantillonnages (Printemps, Automne 22, Hiver 23), ainsi que sur l'ensemble des campagnes confondues (Année totale). Cette fréquence représente le pourcentage des stations où l'espèce est rencontrée.	217
Tableaux 51 : Nombre d'espèce échantillonnées sur moins de 10% des stations (rare), entre 10 et 50% des stations (occasionnelle), entre 50 et 80% des stations (commune) et sur plus de 80% (constante) des stations, ce pour les différentes saisons et sur toutes les années confondues.....	218
Tableau 52 : Fréquence d'occurrence des espèces aux stations échantillonnées au casier à bulots.....	224
Tableau 53: Seuil de classification de la constance d'une espèce en termes de capture par station.	224
Tableau 54 : Taille et poids des requins hâ capturés	237

1 GLOSSAIRE

Les termes techniques et abréviations utilisés dans la présente étude sont définis ci-dessous :

Benthique : Les organismes benthiques sont des animaux ou des végétaux qui vivent fixés au sol ou qui se déplacent en rasant le fond.

CM1 : Centre Manche 1

Démersal : Les espèces démersales vivent au-dessus du fond. Ces espèces sont très mobiles mais très dépendantes du fond d'où elles tirent leur nourriture.

EAC : Critère d'évaluation environnemental, élaboré par OSPAR pour évaluer l'importance écologique des concentrations de sédiments. Les concentrations inférieures aux EAC ne devraient pas causer d'effets chroniques sur les espèces marines.

Endofaune : Regroupe tous les animaux qui vivent enfouis dans le sédiment.

Epifaune : Regroupe tous les animaux qui vivent en surface du sédiment soit fixés soit libres ou vagiles.

Epiphyte : Organismes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support

ERL : Les niveaux ERL ont été développés par l'Agence de protection de l'environnement des USA pour évaluer l'importance écologique des concentrations de sédiments. Ce sont des gammes de concentrations occasionnellement associées à des effets toxiques. Les concentrations inférieures aux ERL entraînent rarement des effets néfastes sur les organismes marins.

Chondrichthyens : Requins, raies

Ichtyoplancton : Œufs et larves de poissons qui sont entraînés au gré des masses d'eau.

Intertidal : désigne ce qui est situé entre la marée basse et la marée haute, c'est-à-dire la bande qu'on appelle aussi l'estran.

Infralittoral : L'étage infralittoral correspond à la zone immergée dont la frange supérieure peut cependant être émergée aux grandes marées de vives-eaux (coefficients compris entre 110 et 115).

Pélagique : Un poisson est appelé pélagique lorsqu'il vit dans les eaux proches de la surface ou entre la surface et le fond.

PEM : Poste électrique en Mer

PSU : *Practical Salinity Unit* est une unité utilisée pour décrire la salinité de l'eau.

Subtidal : zone située en deçà des variations du niveau de l'eau en mer (niveau de la mer) dues aux marées, et par conséquent, elle est toujours immergée, toujours couverte d'eau.

2 CONTEXTE

Dans le cadre du projet de raccordement CM1 du futur parc éolien en mer au large de la Normandie (Figure 1), RTE a demandé un état initial de l'environnement comprenant le milieu physique (eau, sédiment, acoustique) et le milieu biologique (la faune et la flore des compartiments benthique, pélagique et halieutique).

Dans le cadre de ce travail, une première mission de recherche bibliographique sur les habitats benthiques intertidaux et subtidaux, les ressources halieutiques et les mammifères marins a été réalisée dans le but d'orienter les inventaires spécifiques. Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'un premier rapport et ont permis d'identifier les enjeux marins potentiels à considérer (TBM environnement, 2021).

Une seconde mission a ensuite consisté en la réalisation d'une analyse des peuplements benthiques en zones intertidale et subtidale (substrats meubles et rocheux), et des peuplements pélagique et halieutique couplée à l'analyse du milieu (sédiments, qualité de l'eau). Le présent rapport détaille l'ensemble des méthodes, moyens mis en œuvre et résultats relatifs à :

- La cartographie des habitats intertidaux sur les substrats meubles ;
- Les prospections en zone intertidale sur les substrats meubles ;
- La cartographie des substrats rocheux en zone infralittorale ;
- Les prospections des substrats meubles et grossiers en zone subtidale ;
- Le suivi de la qualité des sédiments en milieu intertidal et subtidal ;
- Le suivi de la qualité de l'eau ;
- Le suivi des ressources halieutiques par la réalisation de pêches scientifiques (chaluts, drague, casiers à bulot) et l'analyse de l'ichtyoplancton.

La réalisation de ces inventaires et le choix des stations à analyser se sont faits en concertation avec les services de l'Etat qui encadraient les études environnementales réalisées dans la zone d'implantation des parcs dans la zone Centre Manche. Ainsi, il avait été convenu que RTE et TBM environnement limiteraient leurs investigations à la zone du raccordement pour l'ensemble des thématiques à l'exception du compartiment benthique où une station serait positionnée au niveau de la zone d'implantation potentielle du poste électrique en mer (PEM). En effet, ce compartiment peut présenter une variabilité spatiale à fine échelle et est le plus susceptible d'être impacté par les effets du projet de raccordement et de mise en place du PEM.

Les résultats du présent travail ont pour objectif d'être utilisés pour le montage de futurs dossiers réglementaires tels que l'étude d'impact. L'ambition de cette approche est de disposer d'un état de référence proportionné à la surface de milieu impacté et aussi de relativiser les enjeux.

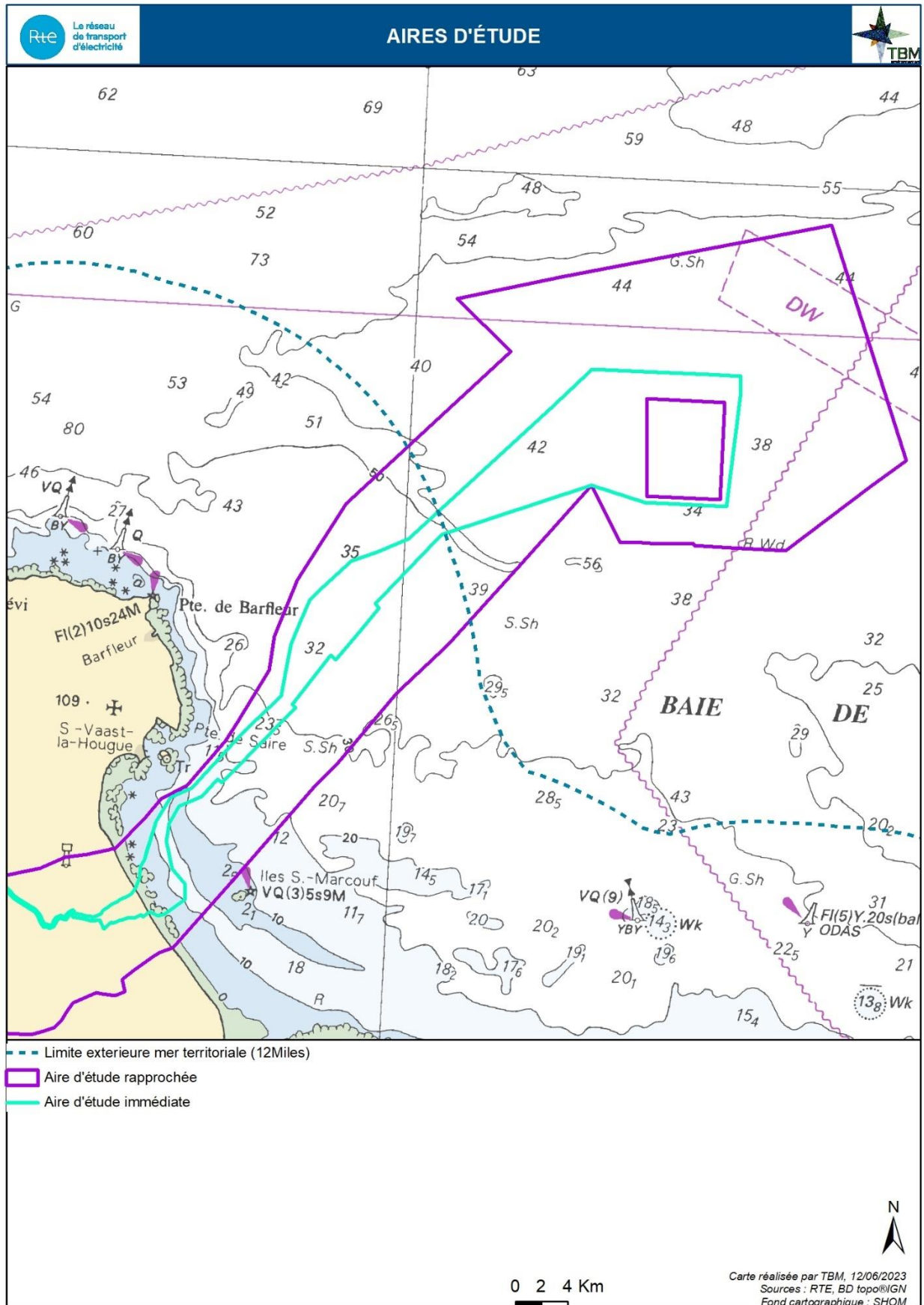


Figure 1 : Projet de raccordement CM1 du futur parc éolien en mer au large de la Normandie

3 METHODES D'ECHANTILLONNAGE ET DE PRELEVEMENTS

3.1 Suivi de la qualité des sédiments

Les prélèvements sont positionnés et réalisés simultanément aux campagnes de prélèvements des peuplements benthiques.

En zone intertidale, les stations s'organisent en radiale permettant d'échantillonner en haut d'estran au niveau des laisses de mer, au niveau de la mi-marée et à la limite des basses mers. Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un carottier à main, un tube en PVC de 19,22 cm de diamètre interne, d'une surface de 0,029 m² (Figure 2). Ces échantillons sont conditionnés conformément aux recommandations du laboratoire agréé Eurofins Hydrologie Normandie de Rouen et conservés dans une glacière à 6-8°C tout le long du transport. **La campagne de terrain a eu lieu le 31 janvier et le 1^{er} février 2022** sur 24 stations pour couvrir l'intégralité de la plage susceptible d'accueillir l'atterrage (Figure 3, Tableau 1).



Figure 2 : Carottier à main et flaconnages pour les analyses physico-chimiques.

En zone subtidale, 26 stations ont été étudiées pour les peuplements benthiques (Tableau 2). Un prélèvement supplémentaire a été réalisé soit à la benne Day (surface unitaire de 0,1 m²) pour les substrats meubles (vases jusqu'aux sables grossiers sans présence de galet-cailloutis) soit à la drague Rallier du Baty pour les sédiments graveleux et les galets cailloutis (volume unitaire de 10 L). Chaque prélèvement est contrôlé visuellement en termes 1) de volume de sédiment prélevé, 2) de profondeur de sédiment pénétré, 3) de nature de sédiment, etc. Une fois validé, chaque échantillon est conditionné conformément aux recommandations du laboratoire Eurofins Hydrologie Normandie agréé pour ce type d'analyse et conservé dans une glacière à 6-8°C tout le long du transport. Ce prélèvement est dédié à la granulométrie pour l'ensemble des stations et au suivi de la qualité des sédiments pour 12 stations (Figure 4, Tableau 2). Ces stations ont été choisies afin d'avoir une bonne représentativité à la fois dans l'aire d'étude immédiate et en zone de référence.

La campagne de prélèvement a eu lieu le 22 et le 23 mars 2022.

Tableau 1 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu intertidal (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84).

Name	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
N_PLA_1	-1,264782	49,495393	1°15,887'O	49°29,724'N
N_PLA_2	-1,263361	49,496208	1°15,802'O	49°29,772'N
N_PLA_3	-1,261036	49,497214	1°15,662'O	49°29,833'N
N_PLA_4	-1,262280	49,492859	1°15,737'O	49°29,572'N
N_PLA_5	-1,260916	49,493658	1°15,655'O	49°29,619'N
N_PLA_6	-1,258807	49,494595	1°15,528'O	49°29,676'N
N_PLA_7	-1,260654	49,491060	1°15,639'O	49°29,464'N
N_PLA_8	-1,259110	49,491797	1°15,546'O	49°29,508'N
N_PLA_9	-1,256675	49,492731	1°15,400'O	49°29,564'N
N_PLA_10	-1,258472	49,488879	1°15,508'O	49°29,333'N
N_PLA_11	-1,256993	49,489553	1°15,419'O	49°29,373'N
N_PLA_12	-1,254473	49,490581	1°15,268'O	49°29,435'N
N_PLB_1	-1,255955	49,485793	1°15,357'O	49°29,148'N
N_PLB_2	-1,254273	49,486549	1°15,256'O	49°29,193'N
N_PLB_3	-1,251692	49,487686	1°15,101'O	49°29,261'N
N_PLB_4	-1,253870	49,483654	1°15,232'O	49°29,019'N
N_PLB_5	-1,251919	49,484526	1°15,115'O	49°29,071'N
N_PLB_6	-1,249670	49,485453	1°14,980'O	49°29,127'N
N_PLB_7	-1,251713	49,481472	1°15,103'O	49°28,888'N
N_PLB_8	-1,249614	49,482243	1°14,977'O	49°28,934'N
N_PLB_9	-1,246746	49,483843	1°14,805'O	49°29,031'N
N_PLB_10	-1,249550	49,479502	1°14,973'O	49°28,770'N
N_PLB_11	-1,247294	49,480627	1°14,838'O	49°28,838'N
N_PLB_12	-1,244393	49,481547	1°14,663'O	49°28,893'N

Tableau 2 : Coordonnées des stations de suivi prélevées en 2022 pour le suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu subtidal (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84). L'ensemble des stations ont été prélevées pour l'analyse granulométrique. L'analyse physico-chimique n'a concerné que les 12 stations en gras.

Name	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
N_PB_1	-1,245489	49,520916	1°14,729315'O	49°31,255'N
N_PB_2	-1,229251	49,498032	1°13,755086'O	49°29,882'N
N_PB_3	-1,235496	49,549082	1°14,129732'O	49°32,945'N
N_PB_4	-1,192217	49,523538	1°11,533000'O	49°31,412'N
N_PB_5	-1,202529	49,565888	1°12,151757'O	49°33,953'N
N_PB_6	-1,162685	49,548094	1°09,761071'O	49°32,886'N
N_PB_7	-1,178283	49,584235	1°10,696956'O	49°35,054'N
N_PB_8	-1,150513	49,578078	1°09,030801'O	49°34,685'N
N_PB_9	-1,146953	49,606529	1°08,817156'O	49°36,392'N
N_PB_10	-1,107679	49,596636	1°06,460753'O	49°35,798'N
N_PB_11	-1,109494	49,632433	1°06,569640'O	49°37,946'N
N_PB_12	-1,067402	49,622988	1°04,044096'O	49°37,379'N
N_PB_13	-1,093986	49,664017	1°05,639185'O	49°39,841'N
N_PB_14	-1,042613	49,644332	1°02,556763'O	49°38,660'N
N_PB_15	-1,068009	49,695848	1°04,080569'O	49°41,751'N
N_PB_16	-0,991395	49,683314	0°59,483678'O	49°40,999'N
N_PB_17	-1,020589	49,720223	1°01,235340'O	49°43,213'N
N_PB_18	-0,966066	49,705516	0°57,963970'O	49°42,331'N
N_PB_19	-0,919204	49,736730	0°55,152231'O	49°44,204'N
N_PB_20	-0,953157	49,758904	0°57,189427'O	49°45,534'N
N_PB_21	-0,988329	49,792766	0°59,299724'O	49°47,566'N
N_PB_22	-0,946169	49,822599	0°56,770153'O	49°49,356'N
N_PB_23	-0,864404	49,799022	0°51,864270'O	49°47,941'N
N_PB_24	-0,826961	49,826074	0°49,617681'O	49°49,564'N
N_PB_25	-0,880739	49,869326	0°52,844336'O	49°52,159'N
N_PB_26	-0,719813	49,855735	0°43,188785'O	49°51,344'N



Figure 3 : Stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en zone intertidale

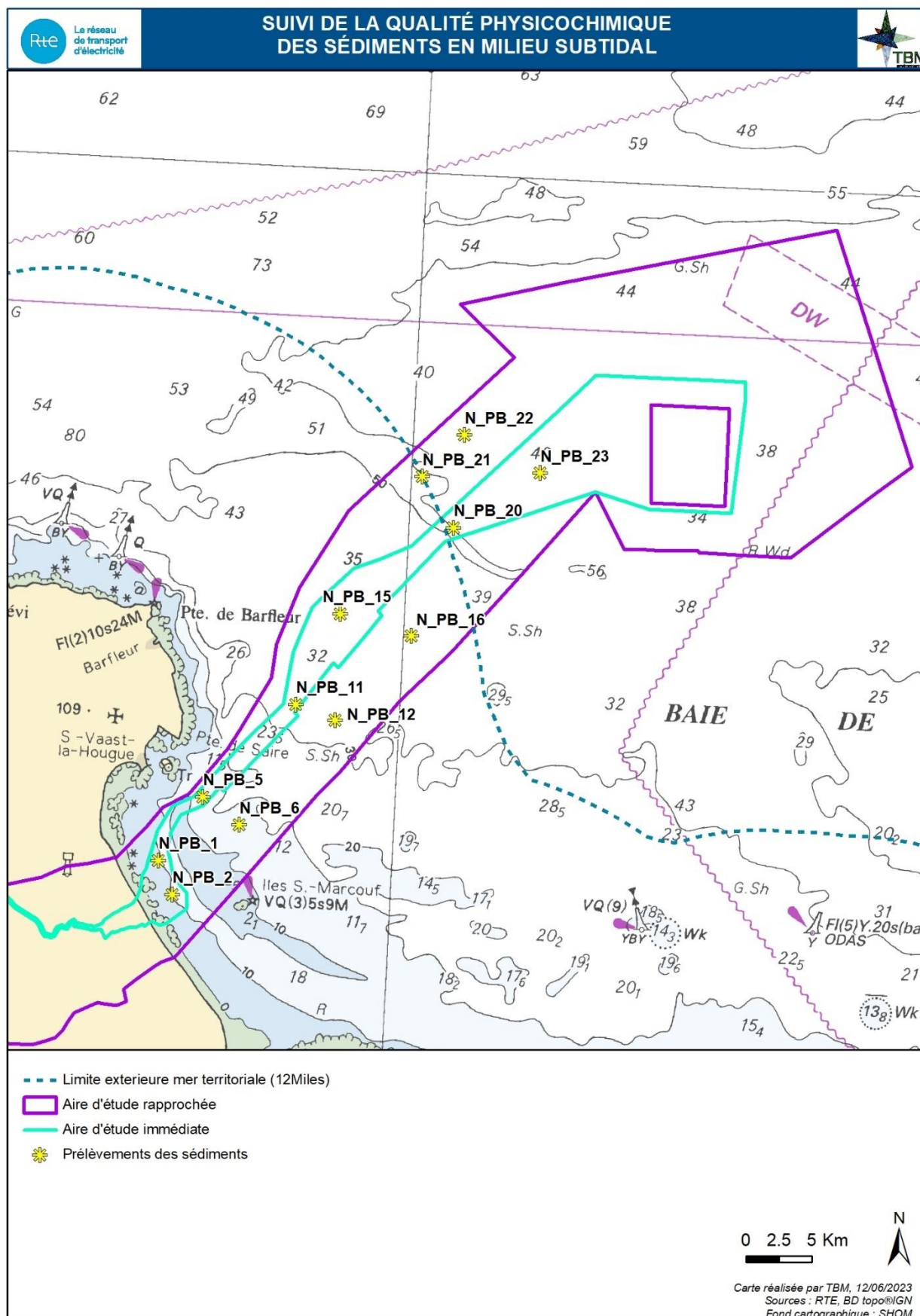


Figure 4 : Stations du suivi physicochimique des sédiments en milieu subtidal

3.2 Suivi de la qualité de l'eau

Le suivi de la qualité de l'eau a été réalisé entre mars 2022 et février 2023 à cinq stations (Figure 5). Ces mesures ont été faites chaque mois (Tableau 4) simultanément au suivi de l'ichtyoplancton au départ du port de St Vaast la Hougue sur divers moyens nautiques (Figure 6). En effet, le matériel nécessaire (sonde et bouteille Niskin) est facilement mobilisable et transposable aux différents moyens nautiques disponibles.

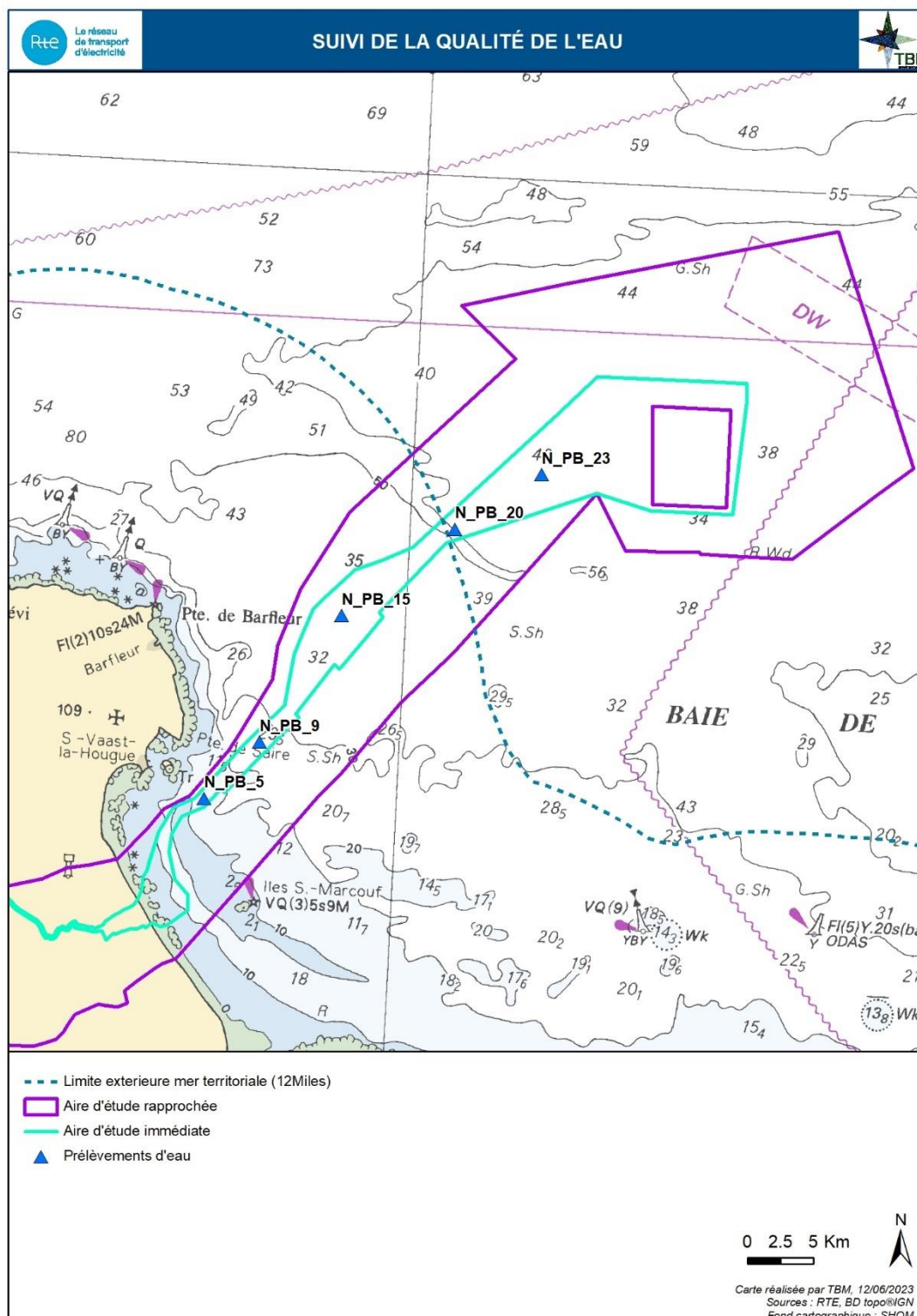


Figure 5 : Localisation des stations de suivi de la qualité de l'eau

Tableau 3 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité de l'eau (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84)

Name	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
N_PB_5	-1.202529	49.565888	1°12.151757'O	49°33.953292'N
N_PB_9	-1.146953	49.606529	1°08.817156'O	49°36.391719'N
N_PB_15	-1.068009	49.695848	1°04.080569'O	49°41.750857'N
N_PB_20	-0.953157	49.758904	0°57.189427'O	49°45.534259'N
N_PB_23	-0.864404	49.799022	0°51.864270'O	49°47.941319'N

Tableau 4 : Récapitulatif des opérations à la mer

Date	Moyens à la mer
24 mars 2022	Krokdur
13 avril 2022	CERES III
01 mai 2022	CERES III
01 juin 2022	CERES III
04 juillet 2022	Rozel
11 août 2022	CERES III
06 septembre 2022	CERES III
12 octobre 2022	Cap à l'amont
19 novembre 2022	Rozel
12 décembre 2022	CERES III
06 janvier 2023	CERES III
7 février 2023	CERES III



Le Krokdur



Le Rozel



CERES III



Cap à l'amont

Figure 6 : Moyens nautiques utilisés pour le suivi de la qualité de l'eau

Chaque mois, le suivi de la qualité de l'eau est identique et réalisé suivant deux protocoles complémentaires :

- Des mesures à l'aide d'une sonde multiparamètres.
- Des prélèvements d'eau pour les analyses physicochimiques.

Pour les relevés « sonde », une sonde CTD multiparamètres est utilisée (Figure 7). Elle est équipée de capteurs permettant le suivi de la conductivité, température, profondeur, pH, Oxygène, turbidité et chlorophylle a .

Cette sonde est calibrée avant utilisation et la fréquence de mesure est calée à 4 mesures par seconde. La sonde est associée à un lest de 2 kg qui est situé 0,5 m sous cette dernière. Après avoir marqué la corde de descente tous les mètres, la sonde est descendue lentement à la main ($<1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) jusqu'à la limite eau substrat. Lorsque le lest touche le fond, la sonde est remontée lentement (même vitesse). Elle est donc descendue et remontée lentement. Ce double profil permet de disposer d'un jeu de données fiable. Le profil ainsi mesuré sera largement assez précis pour établir une structure de la colonne d'eau (Figure 8).

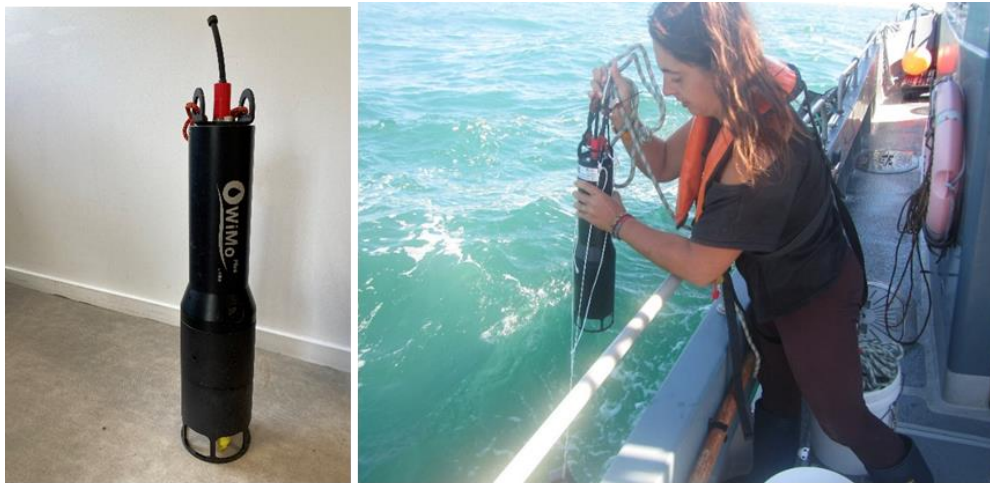


Figure 7 : Sonde WiMo et sa mise en œuvre (TBM environnement)

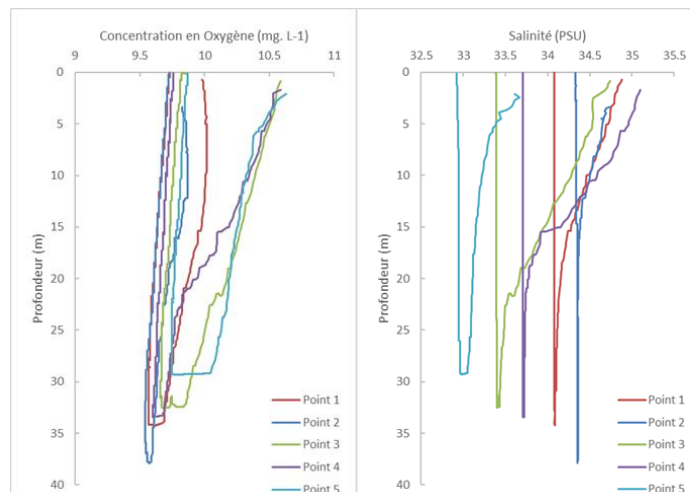


Figure 8 : Exemples de présentation des résultats (TBM environnement)

Les prélèvements d'eau sont réalisés à trois profondeurs : au fond, à mi-hauteur et en subsurface suivant les recommandations de prélèvements Aquaref. Les prélèvements d'eau se réalisent toujours en premier, avant la mise à l'eau de tout autre engin d'échantillonnage. Le navire se repositionne autant de fois que nécessaire au droit de la station. Les points GPS sont enregistrés à chaque échantillon et ces derniers peuvent servir au contrôle qualité.

L'échantillonnage est réalisé à l'aide d'une bouteille Niskin en téflon d'une contenance de 5 L (Figure 9) fixée sur un cordage. Un plomb de 5 Kg, positionné sous la bouteille, assure la verticalité de la ligne. Cette ligne graduée permet de déterminer la profondeur de prélèvement au mètre près. La bouteille, s'ouvrant aux deux extrémités, est envoyée ouverte et descendue jusqu'à la profondeur souhaitée avant d'être fermée par l'intermédiaire d'un messageur envoyé depuis la surface.



Figure 9. Collecte d'un échantillon d'eau avec la bouteille Niskin et rangement des flacons (TBM environnement)

Pour chaque prélèvement, des sous-échantillons sont soutirés des bouteilles à prélèvement et placés dans les flacons de stockage fournis par le laboratoire après au moins trois rinçages avec l'eau échantillonnée. Toutes les manipulations du matériel sont faites avec des gants en polyéthylène et un maximum d'attention est porté pour éviter une contamination de l'eau échantillonnée (contact entre le flaconnage et des surfaces contaminées, chute à terre d'un bouchon, mauvais rinçage).

Ces échantillons d'eau, une fois conditionnés, sont stockés dans une glacière, à 6-8°C puis livrés au laboratoire d'analyses après débarquement.

Conditions de réalisation du suivi de la qualité de l'eau

De mars 2022 à février 2023, le suivi a pu être réalisé avec un intervalle de 25 à 35 jours entre deux sorties. Ainsi, tous les prélèvements d'eau et les profils de sonde ont pu être réalisés. Seule la chlorophylle a n'a pas été mesurée entre mai et août 2022 suite à une panne technique du capteur. Une analyse par le laboratoire est demandée à partir de septembre 2022.

Cet incident n'engage pas la qualité du suivi. Les informations acquises produisent une bonne couverture du site et de la période d'étude. Les données de chlorophylle seront complétées par les images satellites permettant d'obtenir des estimations de la chlorophylle a en surface aux différentes stations du suivi¹. Les images satellite ne sont pas disponibles d'octobre 2022 à janvier 2023. Les modélisations seront également utilisées pour visualiser à plus large échelle les variations spatiales et temporelles de ces deux paramètres. MARS est un modèle communautaire développé par IFREMER et diffusé par l'équipe DYNECO/DHYSED (<https://marc.ifremer.fr/resultats>). Il est dédié à la modélisation océanographique côtière. Il a été développé pour résoudre les processus physiques aux échelles régionales et côtières et sur des échelles temporelles pluriannuelles. Il présente une forte composante environnementale (sédimentologie et biogéochimie).

¹ Données issues des simulations du modèle ECO-MARS3D, projet « [Modélisation](https://marc.ifremer.fr) et Analyse pour le Recherche Côtière » (MARC) <https://marc.ifremer.fr>, Ifremer, University of Brest, CNRS, IRD, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS), IUEM, Brest, France

3.3 Suivi des habitats en zone intertidale

3.3.1 Cartographie des habitats

La méthode mise en œuvre combine analyse d'image, visite de terrain systématique, tracés sur tirage au 1 : 5000 et relevés GPS. Cette méthodologie d'inventaire prend comme référence la méthodologie développée par IFREMER (Bajjouk, 2009). La cartographie des habitats marins doit répondre aux exigences de Natura 2000. La méthodologie développée dans le cadre de Natura 2000 s'imposant actuellement, cette approche a été retenue. Cela implique de recenser tous les habitats présents et, dans le cas où ils occupent une surface significative (surface minimale de 25 m²), de les cartographier avec une précision suffisante pour que des suivis (5-6 ans) puissent être envisagés. Les orthophotographies de l'IGN constituent la donnée initiale. Ces documents présentent une résolution au sol de 50 cm.

Les habitats de hauts de plages (notamment pour le suivi des paramètres des lasses de mer), les substrats rocheux et les substrats meubles ont été précisément cartographiés. Tout comme en milieu terrestre, il est nécessaire que les cartes décrivant cet espace soient réalisées au 1 : 5000. Ceci est d'autant plus important que les habitats sont soumis à des fluctuations naturelles ou d'origine anthropique.

Pour assurer la cohérence inter-sites, la typologie retenue doit être celle des cahiers d'habitats. Les habitats élémentaires associés aux fonds meubles sont définis par leurs caractéristiques biosédimentaires et par leur localisation (estuaire, grandes criques et baies peu profondes, etc.). Les récifs (rochers) se différencient en fonction de leur exposition aux vagues. Pour les substrats meubles, le principal critère permettant de différencier les habitats est la granulométrie.

Les inventaires cartographiques n'ont pas vocation à exprimer toute la complexité du site mais bien à décrire les habitats à une échelle donnée. Comme pour les zones terrestres, des objets de trop petites dimensions et/ou très intriqués peuvent ne pas être cartographiés, la surface minimale des polygones inventoriés étant de 25 m² (Bajjouk et al., 2010).

Les données sont ensuite saisies sur fond orthophotographique. Les relevés GPS réalisés sur le terrain sont exportés dans le SIG permettant de localiser et détourner des habitats. Des cartes sont ensuite produites sous SIG.

In fine, les différents faciès sont agrégés en habitats élémentaires. La carte finale présente donc une grande précision géographique et thématique. Le nombre d'habitats formant une mosaïque est limité à deux. Ceci reprend le cadre fixé par la méthodologie IFREMER (Bajjouk et al., 2010). Le fichier vecteur ainsi produit est compatible avec les principaux logiciels de gestion de SIG.

La campagne de terrain a eu lieu le 3 mars 2022. La Figure 10 illustre la localisation des relevés GPS et vérités terrains réalisés sur l'intégralité de la plage concernée par l'aire d'étude rapprochée.



Figure 10 : Prospection de la plage concernée par l'aire d'étude rapprochée, réalisée le 03 mars 2022

3.3.2 Suivi des substrats meubles

Les inventaires quantitatifs permettent de caractériser les habitats biosédimentaires et leurs peuplements benthiques sur une zone d'étude. En effet, grâce à ces échantillons, il est possible de décrire la dynamique de la biodiversité des biocénoses à partir des peuplements de la macrofaune benthique. La stratégie générale et la méthode d'échantillonnage proposées visent à caractériser la variabilité intra-site, ainsi que les évolutions à long terme.

La plage de Saint Marcouf a fait l'objet d'un suivi stationnel quantitatif des biocénoses de sables fins et hétérogènes envasés, en zone intertidale. La méthode d'échantillonnage a été réalisée selon la norme AFNOR 16 665 et la méthodologie REBENT développée par l'Ifremer. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un carottier à main (tube en PVC de 19,22 cm de diamètre interne, surface d'environ 0,029 m²) pour l'étude de la macrofaune et l'analyse de la granulométrie (Figure 2).

Le suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles a été réalisé le **31 janvier 2022 et le 1^{er} février 2022**. Les 24 stations de prélèvements étaient réparties sur la plage concernée par le fuseau de moindre impact, selon 8 transects de trois stations (Figure 3, Tableau 1) :

- Au niveau des lasses de haute mer,
- Au niveau de la mi marée,
- À la limite de basse mer.

Au sein de chacune des stations, 5 réplicats ont été prélevés à un minimum de 15 cm de profondeur (Figure 11). Les échantillons ont été tamisés sur une maille de 1 mm puis mis en sac plastique et formolés (solution d'eau de mer à 6-8 % de formol). L'ensemble des précautions sanitaires requises pour la manipulation de formol ont été appliquées (masque facial intégral avec cartouches adaptées, gants en vinyle, formolage en lieu ventilé, etc.).



Figure 11 : Carottier à main et tamis pour l'échantillonnage des communautés benthiques des substrats meubles en zone intertidale

3.4 Suivi des habitats rocheux en zone infralittorale

Les zones rocheuses de l'aire d'étude immédiate sont situées en zone infralittorale, ce qui compromet leur observation par prospection pédestre. Aussi, la caractérisation et l'identification des habitats rocheux ont été réalisées à partir de vidéos sous-marines, sur près de 101 stations (Figure 16). **La campagne de terrain a eu lieu le 24 août 2022**, sur le navire « Bar'ouf » du bureau d'étude TBM environnement (Figure 12).



Figure 12 : Bar'ouf, le navire de TBM environnement

Une caméra vidéo couleur a été utilisée avec ou sans les LEDS incorporées (matériel conforme à la norme AFNOR NF-EN16260, décembre 2012). La caméra est fixée sur un bâti vertical (structure métallique conique) permettant des prises vidéo en point fixe ou à la dérive (suspension au-dessus du fond) (Figure 13). Les prises de vue ont été doublées par une prise de vue à l'aide d'une GoPro Hero7, également fixée au bâti. Cette précaution sécurise la prise de vue et permet l'obtention d'images en haute définition.



Figure 13 : Caméra vidéo sous-marine et son déploiement

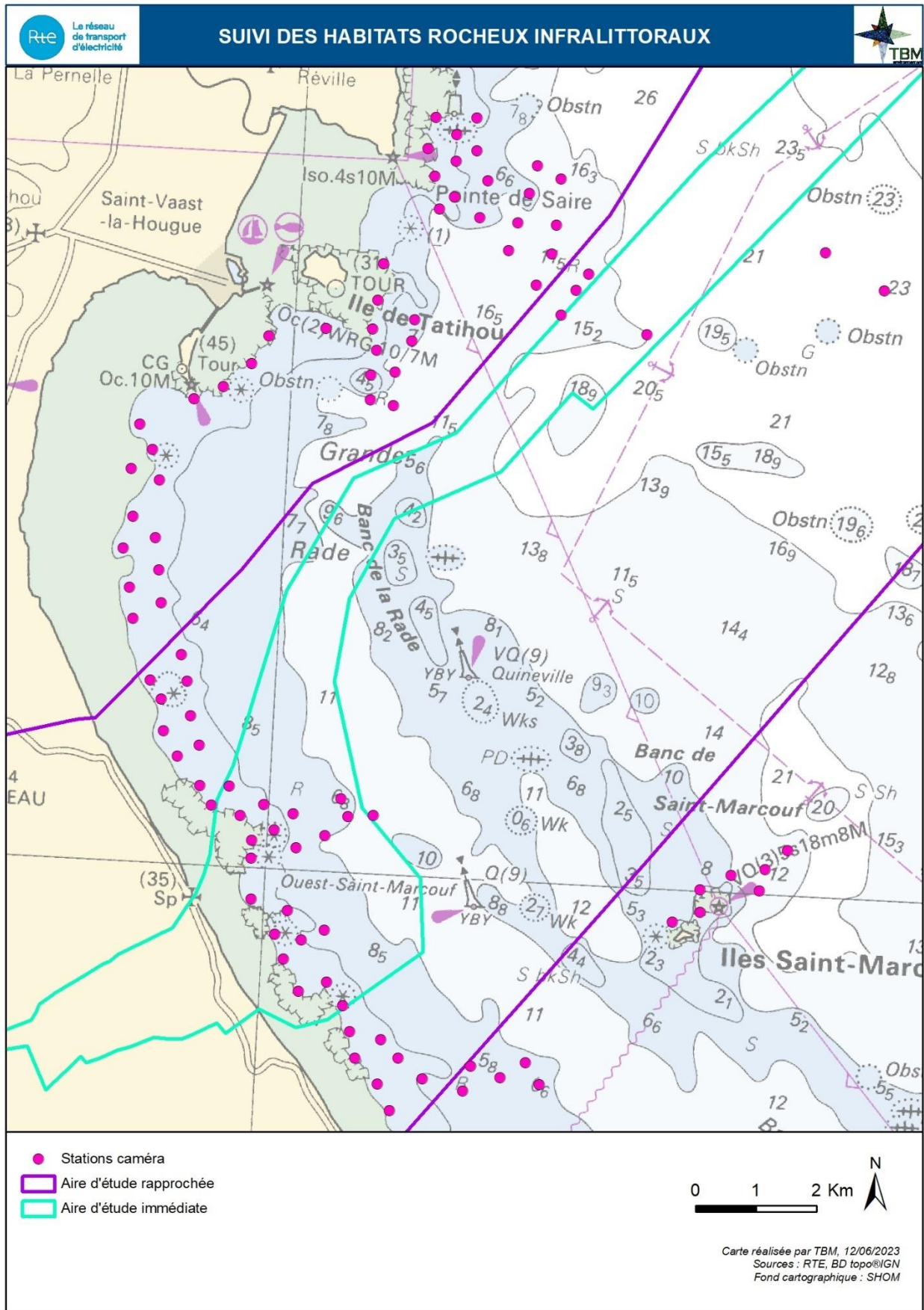


Figure 14 : Localisation des stations pour le suivi des zones rocheuses infralittorales dans et à proximité de l'aire d'étude rapprochée.

3.5 Suivi des habitats en zone subtidale

3.5.1 Suivi des substrats meubles

Le suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles a été réalisé sur 26 stations le **22 et le 23 mars 2022** (Figure 19, Tableau 2).

La campagne s'est faite au départ de Saint Vaast-la-Hougue à bord du navire « CERES III ». Les trois stations les plus côtières (N_PB_2 / N_PB_4 / N_PB_1) ont été échantillonnées à l'aide d'une benne Day (Figure 15). Cet engin est très couramment employé pour prélever des sédiments de nature variée : de la vase aux graviers. Sur chaque station, cinq réplicats d'une surface unitaire de 0,1 m² ont été échantillonnés.



Figure 15: Benne Day

En raison de la présence de galets et cailloutis sur une grande partie du raccordement, une drague Rallier du Baty (Figure 16) a été utilisée pour la majorité des prélèvements, afin d'éviter un endommagement de la benne. A chaque station, cinq réplicats de 10 litres de sédiments ont été prélevés.

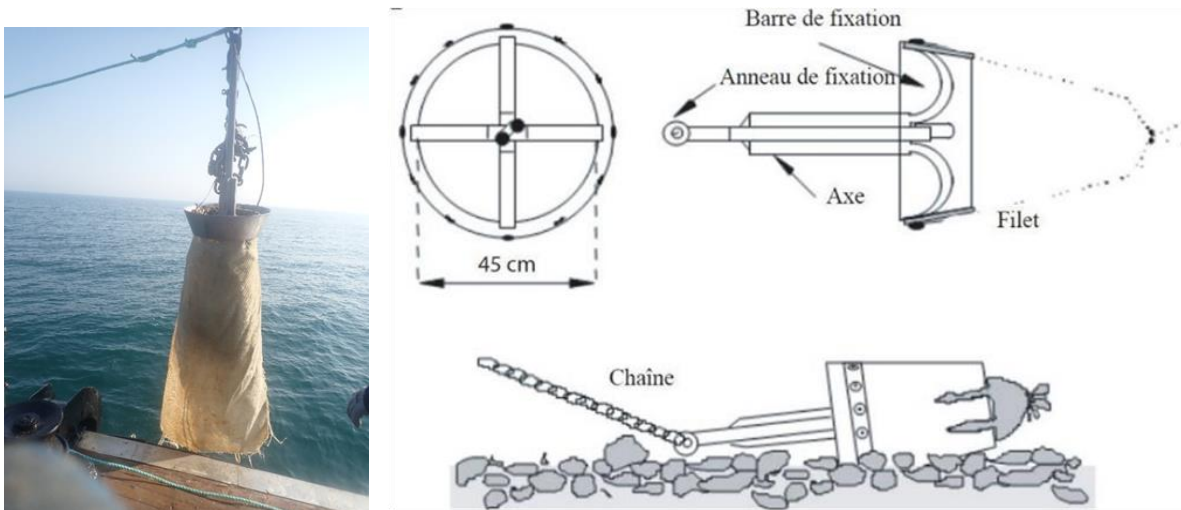


Figure 16 : Drague Rallier du Baty (à gauche) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)

Sur chaque station, les échantillons prélevés ont été tamisés sur une maille de 1 mm à bord, puis mis en sac plastique et formolés (solution d'eau de mer à 10 % de formol). L'ensemble des précautions sanitaires

requis pour la manipulation de formol ont été prises (masque facial intégral avec cartouches adaptées, gants en vinyle, formolage en lieu ventilé, etc.).



Figure 17 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la benne Day (Station N_PB_1 à gauche et N_PB_2 à droite).



Figure 18 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la drague Rallier du Baty Day (Station N_PB_13 à gauche et N_PB_25 à droite).

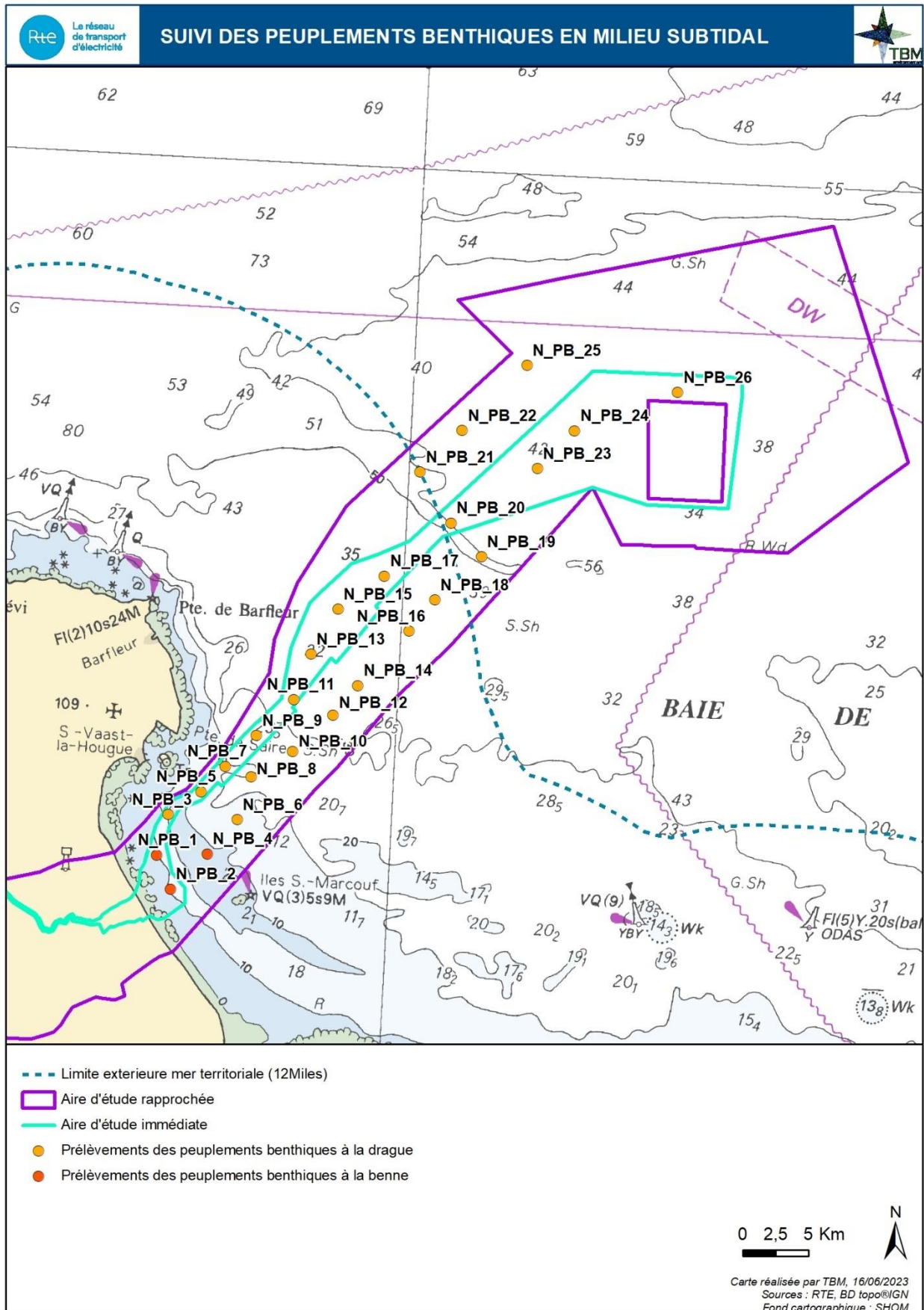


Figure 19 : Localisation des stations pour le suivi des habitats et peuplements benthiques en zone subtidale.

3.5.2 Suivi du zooplancton

Le suivi du zooplancton et en particulier de l'ichtyoplancton a été réalisé une fois par mois simultanément et aux mêmes stations que pour le suivi de la qualité de l'eau, soit 5 stations (Figure 22, Tableau 3).

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un double collecteur Bongo, d'un diamètre de 500 mm et avec une maille de 500 μm , équipé d'un débitmètre qui correspond au matériel préconisé par l'Ifremer dans le cadre du programme IGA (Impact des Grands aménagements), le long des côtes normandes et d'Opale (Figure 20). La vitesse du bateau était de 2 nœuds pendant 10 minutes pendant lequel le filet était maintenu dans la colonne d'eau entre 1 à 5 m sous la surface.

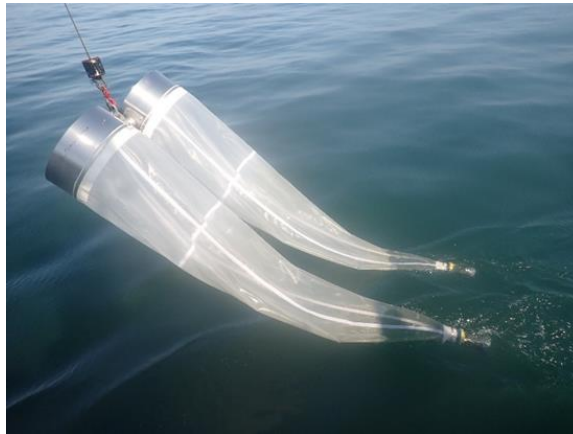


Figure 20 : Filets Bongo avec débitmètres

Après la collecte, le filet était remonté à bord et rincé (par l'extérieur). Le duplicata réalisé permettait de disposer de 2 échantillons comparables, fixés dans du formol (eau de mer avec solution formolée à 4-5 % tamponnée au pH de l'eau de mer par du tétraborate de sodium) pour détermination binoculaire. Les échantillons étaient ensuite livrés auprès des experts de la station MNHN de Concarneau qui réalisent la détermination et le comptage des œufs et des larves.

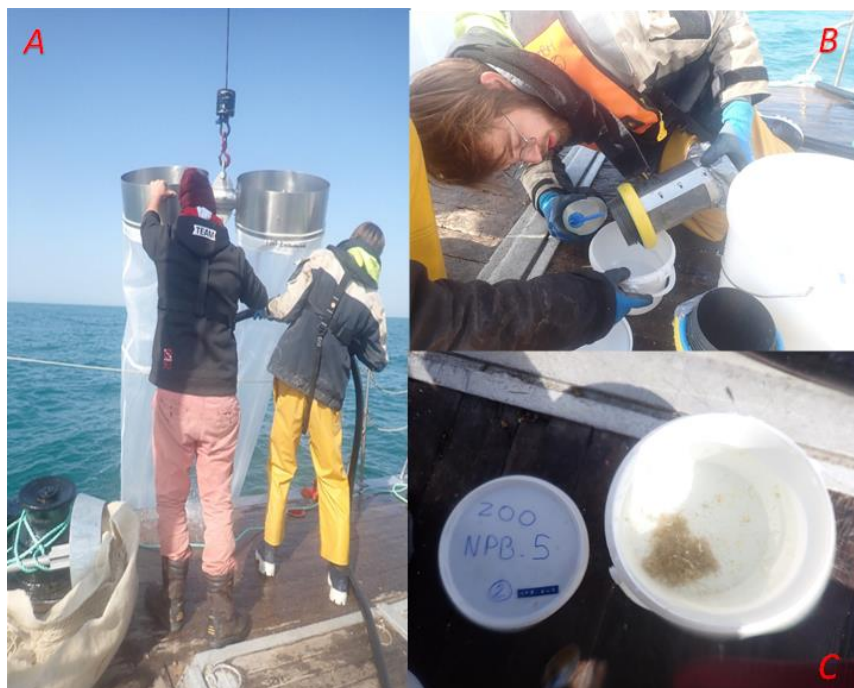


Figure 21 : Rinçage du filet Bongo (A) puis collecte du zooplancton dans le collecteur (B) et exemple du conditionnement (C)

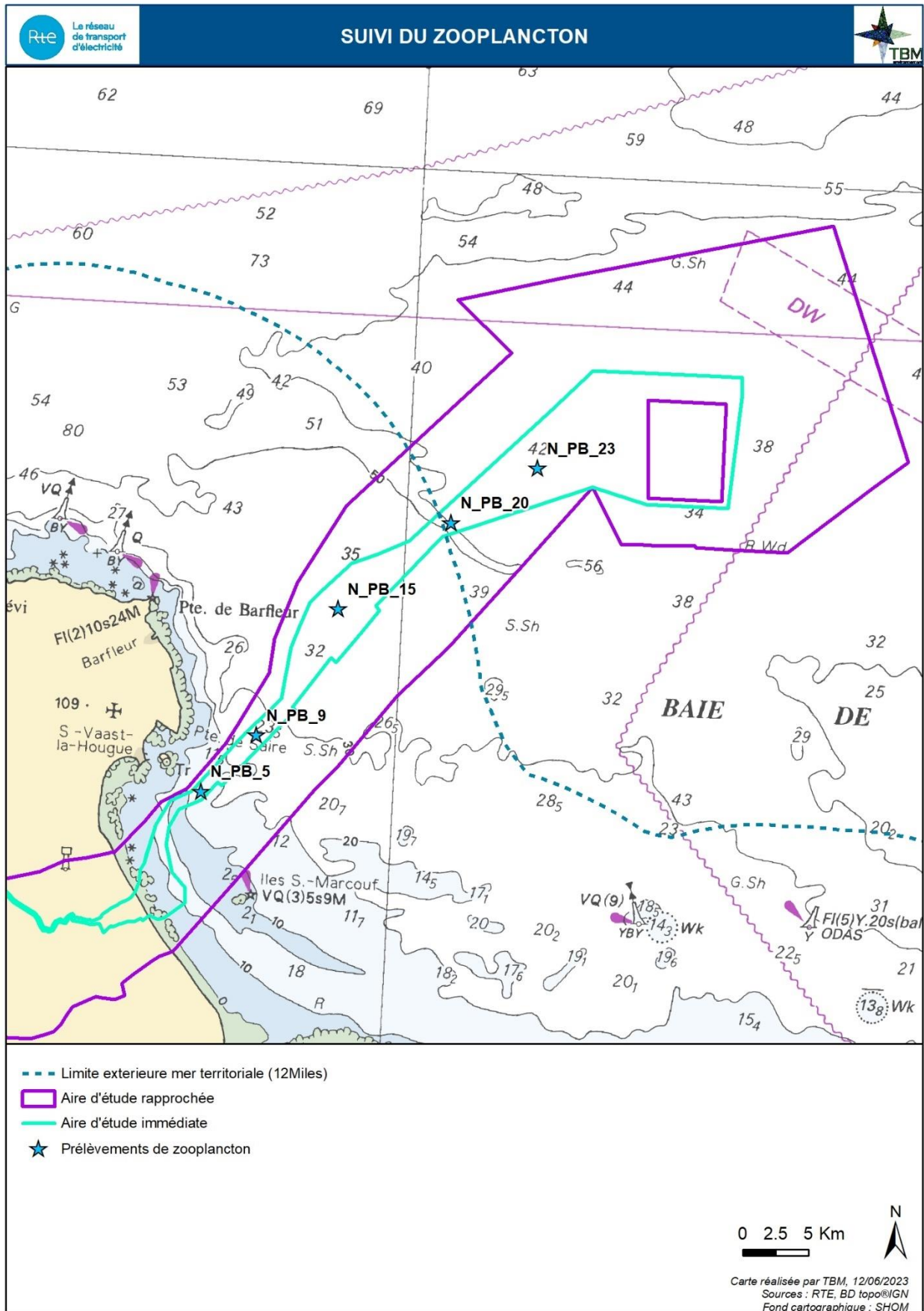


Figure 22 : Plan d'échantillonnage pour les prélèvements de zooplancton

3.5.3 Suivi des ressources halieutiques

Les protocoles ont été élaborés à partir des connaissances du site (TBM environnement, 2021) et en concertation avec le comité des pêches. Ils visent à décrire les secteurs à enjeux écologiques mais aussi à enjeux pour les espèces commerciales. La diversité des engins utilisés est également fonction des pêcheurs volontaires pour réaliser ces opérations.

Ainsi, pour l'établissement de l'état initial, les campagnes en mer ont été réalisées comme décrites ci-après à l'aide d'engins trainants : le chalut de fond et la drague à coquilles Saint Jacques permettant d'échantillonner en période diurne sur des temps de prises courts (20 minutes de trait) et d'engin dormant : le casier à bulots. Du fait de la nature du sol (galets cailloutis), le chalut à perche n'a pu être utilisé.

Chalut de fond

Le chalut canadien (chalut de fond à panneau) permet d'échantillonner les espèces benthiques et démersales sur les fonds durs et accidentés. Le bourrelet du chalut permet effectivement de s'adapter plus facilement à la nature du fond mais rend également l'engin moins efficace sur les poissons plats enfouis tels que la sole. Il est utilisé pour les pêches diurnes (Figure 23). Les panneaux qui permettent de maintenir l'ouverture horizontale sont munis d'une balise GPS assurant une excellente précision de la localisation de l'engin. Ce chalut est équipé d'une chaussette de 10 mm de maille (20 mm étirée) afin d'échantillonner les juvéniles (Figure 24). La durée des traits était de 20 minutes.



Figure 23 : Njord et le chalut canadien remonté à son bord, une fois le trait de 20 minutes achevé.



Figure 24 : Chalut canadien équipé d'une chaussette, à bord du « Njord ».

Dragues à coquilles

La drague à coquilles utilisée est une drague professionnelle de type anglaise. Ainsi, elle est composée d'anneaux métalliques ventraux de 92 mm et de mailles flexibles de 92 mm sur la partie dorsale (Figure 25).

Les traits sont réalisés de jour à une vitesse constante comprise entre 2 et 3 nœuds. Chaque station de prélèvement correspond à un trait de 20 min soit 1000 mètres.



Figure 25 : Cap à l'amont et drague à coquilles

Casiers à bulot

Le matériel utilisé est un engin professionnel adapté. Les filières, de 100 mètres de long, sont composées de 10 casiers (Figure 26). Les casiers, lestés à leur base par un disque de béton, sont distants les uns des autres de 10 m.



Figure 26 : Le Kléber et filières de casiers à bulots

Echantillonnage

Pour l'ensemble des campagnes et quel que soit l'engin de prélèvement utilisé, l'ensemble des conditions de pêche ont été notées : bateau, jours et heures de pêche, conditions de marée. De même, pour chaque type d'engin utilisé, les conditions de prélèvements ont été notées :

- Dans le cas des engins traînants, les coordonnées GPS, la durée des traits ;
- Pour le chalut de fond canadien, l'ouverture du chalut ;
- Pour les engins dormants, les coordonnées GPS des filières.

L'ensemble de la pêche a été trié par espèce à bord. Les individus considérés comme sensibles (chondrichthyens, hippocampes) ont été traités en priorité, avant même la fin des opérations de tri. Ils ont ainsi été remis vivants à l'eau (Figure 27).



Figure 27 : Tri des espèces pêchées sur un trait de drague

Des mesures taille/poids ont été faites pour toutes les espèces de poissons, les crustacés et les céphalopodes. Les mesures de longueur ont été faites à l'ichtyomètre en suivant le protocole d'Ifremer

(Guide de la mensuration des espèces halieutiques, Ifremer, 2011, Figure 28). Le poids total a été pesé par espèce peson précis à 10 g près.

Si une espèce était très fortement représentée, le poids total était mesuré et la mesure de la longueur réalisée sur un sous-échantillon d'au moins 30 individus. Ces individus ont été pesés. Pour cette espèce, le reste de la capture a été dénombré et pesé.

Pour les espèces d'invertébrés sans intérêt commercial, il a été réalisé une identification à l'espèce, un comptage et une biomasse pour chaque espèce. Toutes les prises ont été pesées. Dans le cas d'une très forte abondance, la biomasse totale a été mesurée et un sous-échantillon a été fait. Le sous-échantillonnage est fait en utilisant les recommandations de l'Ifremer afin d'éviter de sélectionner certains individus (déversement d'un bac dans 2 bacs accolés, etc.).

Il peut être nécessaire pour certaines espèces benthiques ou pour des juvéniles, de ramener des individus au laboratoire. Les animaux ont alors été conditionnés dans une solution d'eau de mer formolée à 4 %, pour analyse et identification en laboratoire.



Figure 28 : Règle scientifique utilisée pour la mesure des poissons, ici un grondin rouge *Chelidonichthys cuculus*.

Campagnes en mer

Le Tableau 5 présente, pour chaque type de campagne, les caractéristiques des bateaux utilisés ainsi que les décisions préfectorales autorisant les campagnes.

Tableau 5 : Caractéristiques des bateaux utilisés

	Navire	Immatriculation	Port d'attache	Longueur(m)	Largeur (m)	Autorisations
Chalut canadien	Njord	925082	Cherbourg	15,98	6,8	0796/2022 0006/2023
Drague à coquille	Cap à l'amont	639449	Cherbourg	15,25	7,52	0348/2022
Casier à bulot	Kléber	274321	Cherbourg	15,8	5,37	1066/2022 1216/2023

Le Tableau 6 suivants présentent, pour chaque campagne réalisée, les conditions météorologiques et de marée rencontrées. Pour le chalut, une campagne par saison devait être réalisée. Cependant le pêcheur n'était pas disponible en été. Pour la drague, l'espèce cible – la coquille Saint Jacques- n'étant pas très mobile, seules deux campagnes ont été réalisées au printemps et en automne. Une même périodicité devait être appliquée pour le casier aux bulots. Cependant, le pêcheur ne pouvant réaliser celle d'automne,

il a été préféré de faire une campagne en été sur deux années consécutives pour avoir la variabilité interannuelle de l'espèce.

Tableau 6 : Caractéristiques de réalisation des campagnes en 2022-2023

Campagne	Période	Dates	Heures sortie/entrée	Coefs	Heures marées	Conditions météorologiques
Chalut canadien	Printemps 2022	26 avril 2022	9h00-18h00	54	PM 07h35 BM 14h32	Mer agitée
		29 avril 2022	9h00-18h00	84	PM 09h46 BM 17h02	Mer agitée
	Automne 2022	21 septembre 2022	8h30-18h30	34	PM 08h27 BM 14h46	Couvert, mer calme (houle < 1m)
		22 septembre 2022	8h30-18h30	40	PM 09h04 BM 15h37	Couvert, mer calme (houle < 1m)
	Hiver 2023	9 février 2023	9h45-18h30	81	BM 06h41 PM 11h53 BM 19h00	Beau temps, mer calme
		10 février 2023	9h45-18h30	78	BM 07h12 PM 12h25 BM 19h30	Beau temps, mer calme
Drague à coquilles Saint Jacques	Printemps 2022	29 mars 2022	9h20-20h00	67	PM 07h52 BM 14h46	Couvert, mer calme, vent faible, houle entre 0,3 et 0,5m
	Automne 2022	11 octobre 2022	9h00-20h00	100	PM 11h26 BM 18h10	Beau temps, mer calme
Casiers à bulots	Eté 2022	14 juin 2022	9h20-20h00	93	PM 10h19 BM 17h03	Beau temps, mer calme, vent faible beaufort 0 – 1, houle inférieure à 0,5m
		15 juin 2022	10h00-21h30	96	PM 11h09 BM 17h52	Beau temps, mer calme, vent faible beaufort 0 – 1, houle inférieure à 0,5m
	Eté 2023	28 juin 2023	05h00-15h30	42	PM 05h40 BM 18h30	Beau temps, mer calme, vent faible beaufort 0 – 1, houle inférieure à 0,5m
		29 juin 2023	03h30-08h00	43	PM 06h47 BM 19h28	Beau temps, mer calme, vent faible beaufort 0 – 1, houle inférieure à 0,5m

Les stations avec les coordonnées géographiques en WGS84 et les durées d'échantillonnage associées sont données dans le Tableau 7 pour le chalut canadien (Figure 29), le Tableau 8 pour la drague (Figure 29) et le Tableau 9 pour le casier à bulot (Figure 30). Lors des campagnes au chalut, certains traits ont été légèrement décalés du fait de la présence de casiers lors des inventaires. Les stations ont été positionnées pour couvrir l'aire d'étude immédiate ainsi que des stations de référence dans l'aire d'étude rapprochée.

Lors de campagnes de pêche au casier à bulots, certaines stations n'ont pas été récupérées car les filières n'ont pas été retrouvées (Tableau 9). Cela ne remet cependant pas en cause l'analyse et la description de cette ressource dans la zone d'étude.

Tableau 7 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes au chalut canadien (WGS84, dmd). On précise les coordonnées de mise à l'eau (filage) et de remontée (virage) du chalut.

Saison	Station	Filage		Virage		Durée du trait (min)
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
Printemps 2022	1	49°32.240'N	01°14.308'O	49°32.189'N	01°12.990'O	20
	2	49°32.364'N	01°10.129'O	49°32.391'N	01°08.694'O	20
	3	49°34.728'N	01°09.867'O	49°34.590'N	01°08.787'O	20
	4	49°33.977'N	01°07.204'O	49°33.875'N	01°05.770'O	20
	5	49°36.446'N	01°08.334'O	49°36.354'N	01°07.664'O	20
	6	49°37.472'N	01°03.650'O	49°37.332'N	01°02.654'O	20
	7	49°40.454'N	01°04.179'O	49°40.405'N	01°05.099'O	20
	8	49°40.374'N	01°00.159'O	49°40.395'N	0°59.048'O	20
	9	49°42.471'N	01°01.357'O	49°42.340'N	01°02.480'O	20
	10	49°44.500'N	0°59.194'O	49°44.275'N	0°58.241'O	20
	11	49°43.187'N	0°56.005'O	49°43.261'N	0°54.932'O	20
	12	49°46.664'N	0°55.951'O	49°45.914'N	0°54.250'O	20
	13	49°47.497'N	0°59.964'O	49°47.169'N	0°58.854'O	20
	14	49°47.726'N	0°52.285'O	49°47.565'N	0°51.325'O	20
	15	49°49.074'N	0°54.672'O	49°49.100'N	0°55.792'O	20
Automne 2022	1	49°32.181'N	01°14.434'O	49°32.192'N	01°12.500'O	20
	2	49°32.408'N	01°08.199'O	49°32.351'N	01°09.470'O	20
	3	49°34.659'N	01°08.663'O	49°35.164'N	01°07.705'O	20
	4	49°33.979'N	01°07.244'O	49°33.894'N	01°05.853'O	20
	5	49°36.382'N	01°07.752'O	49°36.526'N	01°08.660'O	20
	6	49°36.485'N	01°03.191'O	49°36.620'N	01°02.152'O	20
	7	49°40.565'N	01°05.043'O	49°40.403'N	01°04.198'O	20
	8	49°40.300'N	0°58.249'O	49°40.269'N	0°59.883'O	20
	9	49°42.383'N	01°01.413'O	49°42.410'N	01°02.679'O	20
	10	49°44.440'N	0°59.244'O	49°44.294'N	0°57.984'O	20
	11	49°43.357'N	0°56.426'O	49°43.097'N	0°54.880'O	20
	12	49°45.928'N	0°55.836'O	49°45.883'N	0°54.957'O	20
	13	49°47.830'N	01°00.082'O	49°47.164'N	0°58.777'O	20
	14	49°47.537'N	0°52.169'O	49°47.575'N	0°50.580'O	20
	15	49°49.096'N	0°54.052'O	49°49.099'N	0°55.646'O	20
Hiver 2023	1	49°32.165'N	01°12.276'O	49°32.050'N	01°13.653'O	20
	2	49°32.427'N	01°09.697'O	49°32.383'N	01°08.110'O	20
	3	49°34.642'N	01°10.085'O	49°34.599'N	01°08.675'O	20
	4	49°34.105'N	01°07.337'O	49°33.825'N	01°05.817'O	20
	5	49°36.380'N	01°07.918'O	49°36.033'N	01°07.024'O	20
	6	49°36.736'N	01°03.114'O	49°36.568'N	01°02.153'O	20
	7	49°40.346'N	01°04.061'O	49°40.568'N	01°05.006'O	20
	8	49°40.258'N	0°58.526'O	49°40.337'N	0°59.999'O	20
	9	49°42.520'N	01°02.111'O	49°42.485'N	01°01.084'O	20
	10	49°44.524'N	0°59.133'O	49°44.408'N	0°58.057'O	20
	11	49°43.000'N	0°56.072'O	49°43.038'N	0°55.040'O	20
	12	49°46.103'N	0°56.117'O	49°45.734'N	0°54.987'O	20
	13	49°47.245'N	01°00.129'O	49°47.054'N	0°58.735'O	20
	14	49°47.562'N	0°50.587'O	49°47.654'N	0°52.018'O	20
	15	49°49.026'N	0°53.798'O	49°49.122'N	0°54.997'O	20

Tableau 8 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes à la drague à coquilles (WGS84, dmd). On précise les coordonnées de mise à l'eau (filage) et de remontée (virage) de la drague.

Saison	Station	Filage		Virage		Durée du trait
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
Printemps 2022	1	49°32.172'N	01°12.477'O	49°32.125'N	01°14.102'O	20
	2	49°32.402'N	01°08.270'O	49°32.379'N	01°09.977'O	20
	3	49°34.561'N	01°09.197'O	49°34.558'N	01°10.653'O	20
	4	49°34.000'N	01°06.560'O	49°33.960'N	01°07.831'O	20
	5	49°36.491'N	01°07.239'O	49°36.458'N	01°08.597'O	20
	6	49°36.592'N	01°02.206'O	49°36.544'N	01°03.580'O	20
	7	49°40.362'N	01°06.091'O	49°40.388'N	01°04.483'O	20
	8	49°40.368'N	01°00.189'O	49°40.379'N	00°58.951'O	20
	9	49°42.428'N	01°02.411'O	49°42.428'N	01°01.328'O	20
	10	49°44.380'N	00°59.190'O	49°44.380'N	00°57.945'O	20
	11	49°43.158'N	00°56.298'O	49°43.172'N	00°55.247'O	20
	12	49°46.086'N	00°54.540'O	49°46.056'N	00°55.985'O	20
	13	49°47.255'N	00°59.984'O	49°47.285'N	00°58.640'O	20
	14	49°47.610'N	00°50.560'O	49°47.540'N	00°51.870'O	20
	15	49°49.125'N	00°54.170'O	49°49.101'N	00°55.448'O	20
Automne 2022	1	49°32.169'N	01°12.461'O	49°32.127'N	01°14.099'O	20
	2	49°44.361'N	00°59.373'O	49°44.390'N	00°58.081'O	20
	3	49°43.169'N	00°54.936'O	49°43.152'N	00°56.413'O	20
	4	49°46.089'N	00°54.378'O	49°46.083'N	00°55.878'O	20
	5	49°47.244'N	01°00.148'O	49°47.284'N	00°58.411'O	20
	6	49°47.556'N	00°50.667'O	49°47.571'N	00°51.831'O	20
	7	49°49.085'N	00°54.180'O	49°49.101'N	00°55.237'O	20
	8	49°32.400'N	01°08.312'O	49°32.371'N	01°10.040'O	20
	9	49°33.936'N	01°09.105'O	49°33.340'N	01°10.474'O	20
	10	49°34.236'N	01°06.047'O	49°34.194'N	01°07.433'O	20
	11	49°36.491'N	01°07.301'O	49°36.445'N	01°08.870'O	20
	12	49°36.606'N	01°02.170'O	49°36.570'N	01°03.567'O	20
	13	49°40.365'N	01°06.078'O	49°40.398'N	01°04.279'O	20
	14	49°40.370'N	01°00.234'O	49°40.386'N	00°58.880'O	20
	15	49°42.403'N	01°02.569'O	49°42.425'N	01°01.229'O	20

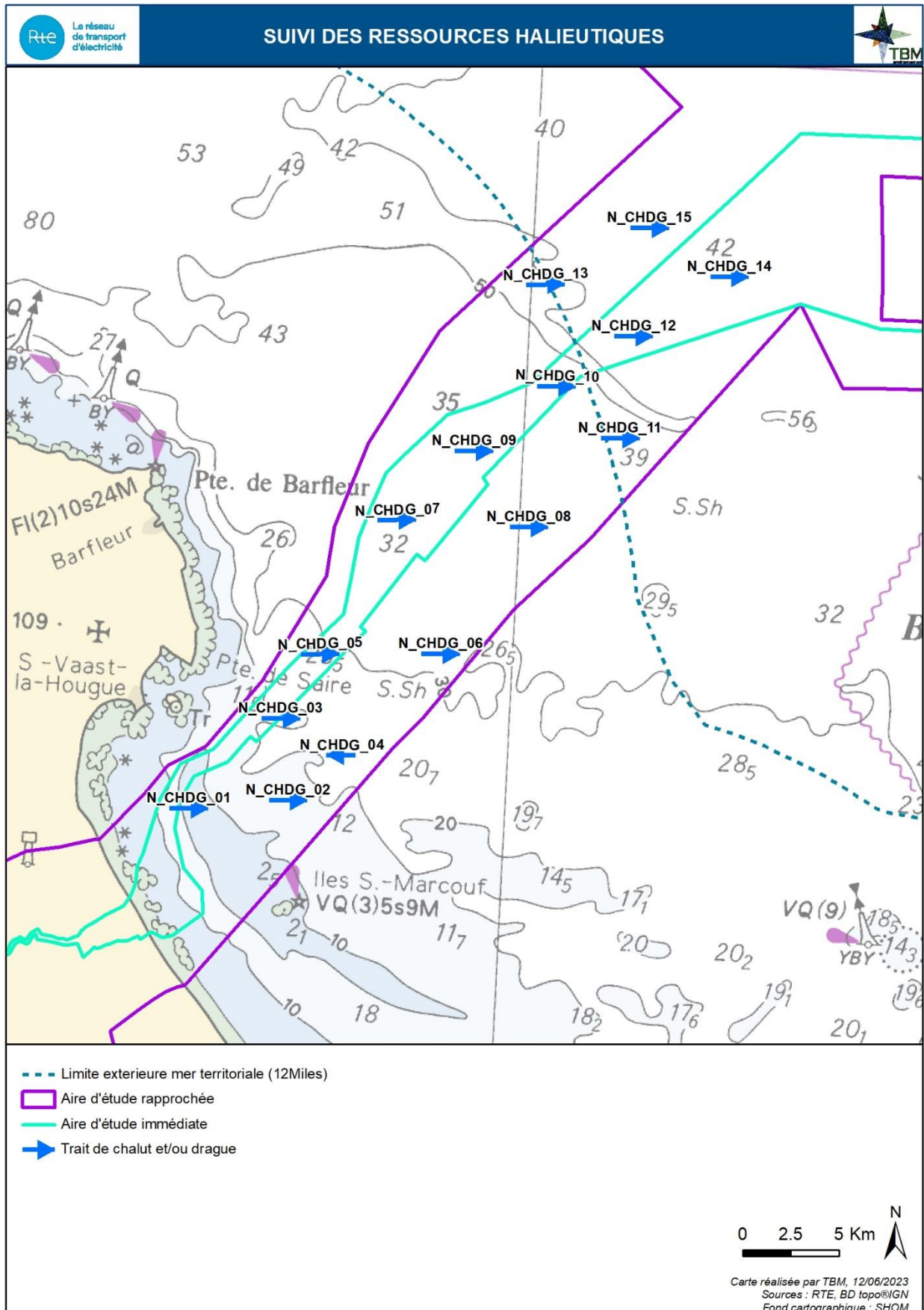


Figure 29 : Carte d'échantillonnage des campagnes de pêche réalisées au chalut canadien ou à la drague à coquilles

Tableau 9 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes au casier à bulots (WGS84, dmd)

Saison	Station	Latitude	Longitude	Durée de pose
Eté 2022	1	49°32.266N	1°13.656O	25h20
	2	49°32.378N	1°09.920O	25h20
	3	49°34.547N	1°09.520O	25h11
	4	49°34.215N	1°06.533O	25h13
	5	49°36.785N	1°08.318O	Non récupéré
	6	49°36.558N	1°03.108O	24h57
	7	49°36.300N	1°08.190O	24h54
	8	49°40.616N	0°59.381O	25h23
	9	49°42.378N	1°02.140O	25h35
	10	49°44.102N	0°58.437O	25h35
	11	49°43.014N	0°55.509O	24h30
	12	49°45.967N	0°55.289O	23h35
	13	49°47.470N	0°59.412O	Non récupéré
	14	49°47.480N	0°51.292O	22h09
	15	49°49.110N	0°54.998O	21h35
Eté 2023	1	49°32,26'N	1°13,64'O	17h18
	2	49°32,645'N	1°9,38'O	17h25
	3	49°34,9'N	1°9,378'O	17h36
	4	49°34,38'N	1°6,88'O	17h40
	5	49°36,785'N	1°8,317'O	17h45
	6	49°36,964'N	1°3,13'O	17h47
	7	49°40,65'N	1°5,3'O	17h50
	8	49°40,639'N	0°58,588'O	31h25
	9	49°42,692'N	1°2,127'O	30h37
	10	49°44,628'N	0°58,714'O	29h38
	11	49°43,263'N	0°55,839'O	28h47
	12	49°46,139'N	0°55,473'O	27h42
	13	49°47,471'N	0°59,411'O	26h50
	14	49°47,937'N	0°51,45'O	25h03
	15	49°49,196'N	0°55,156'O	24h20

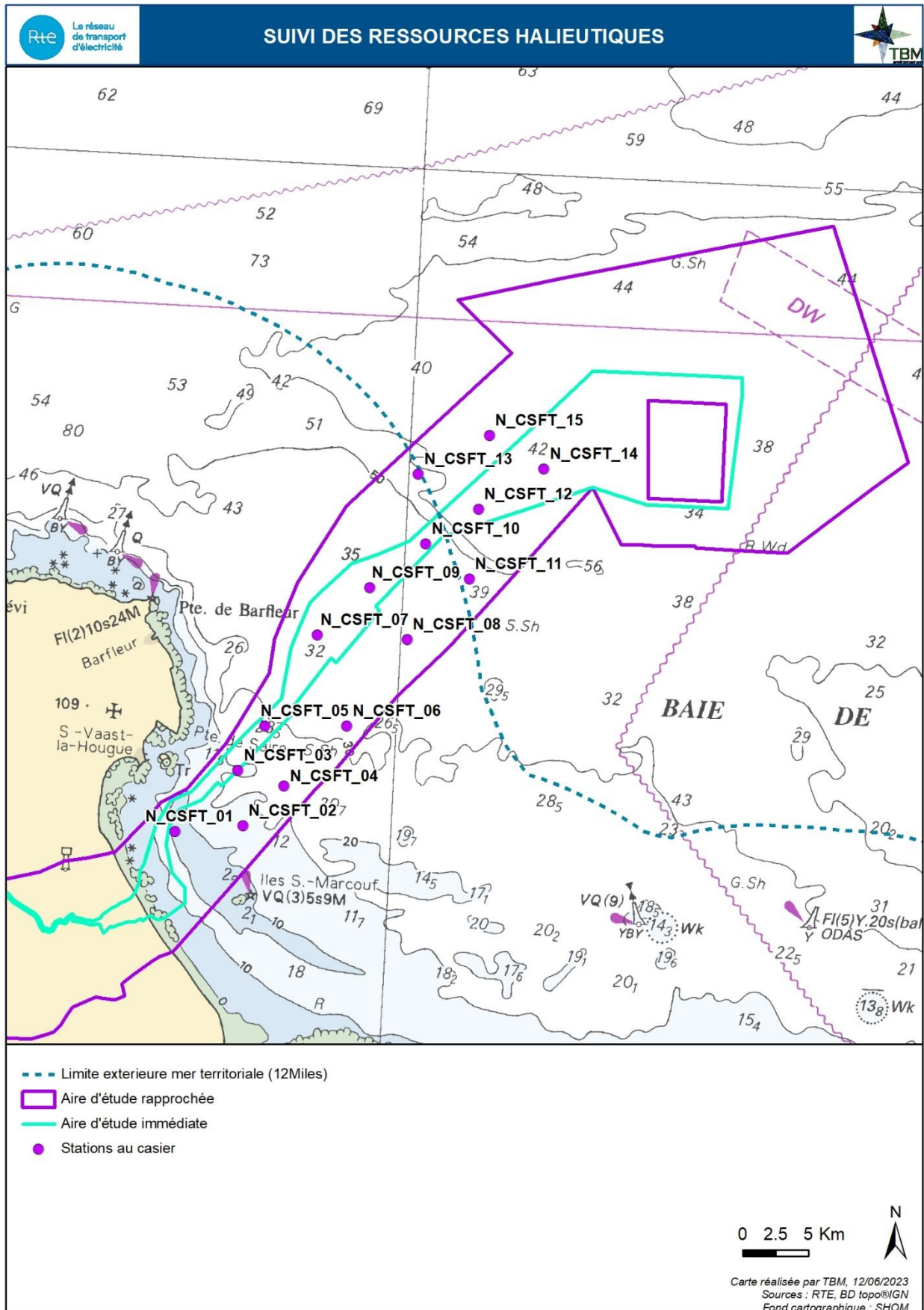


Figure 30 : Carte d'échantillonnage des deux campagnes au casier à bulots

4 METHODES D'ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES

4.1 Analyse des sédiments

4.1.1 Granulométrie

L'analyse granulométrique est indispensable, et en particulier la détermination de la proportion de sédiments fins (Vases < 63 μm) afin de comprendre les processus de contamination liés à une éventuelle remise en suspension des sédiments au cours de la phase de travaux. Elle permet également de définir les habitats potentiels pour la faune benthique associée au sédiment (Alzieu, 1999).

Pour chaque station, l'échantillon est transmis au laboratoire EUROFINS Hydrologie Normandie de Rouen afin de réaliser une granulométrie par mode laser. L'analyse granulométrique repose sur la séparation des différentes fractions dimensionnelles exprimées en pourcentages de poids sec.

Les fractions isolées sont :

- Les vases (< 63 μm),
- Les sables fins (63-250 μm),
- Les sables moyens (250-500 μm),
- Les sables grossiers (500 μm à 2 mm),
- Les graviers (2 à 64 mm),
- Les galets (> 64 mm).

Ce type d'analyse permet d'identifier les différents habitats sédimentaires :

- Les vasières où le taux de vases est supérieur à 80 %,
- Les vasières sableuses où le taux de vases est compris entre 30 et 80 %,
- Les sables fins ou envasés (15 à 30 % de vases),
- Les sables moyens où cette fraction est dominante,
- Les sables grossiers où cette fraction est dominante,
- Les graviers où la fraction gravier est supérieure à 20 %.

4.1.2 Analyses physico-chimiques

En zone intertidale, les analyses correspondent pour les stations de Haute Mer et de Mi-marée à la teneur en matière sèche, la densité, la teneur en carbone organique totale, en phosphore totale et en azote totale et la matière organique par perte au feu. Les analyses prévues pour les stations de basse mer sont identiques aux précédentes et complétées par la mesure de la concentration en aluminium, en 8 éléments traces métalliques, en 7 PCB, 16 HAP et 3 composés organostanniques (TBT, DBT, MBT).

Ces analyses permettent ainsi d'avoir une bonne représentation de la qualité des sédiments en termes de pollution organique sur l'intégralité de la zone et en termes de polluant pour la partie basse mer. La recherche de polluants n'est pas réalisée sur les stations de haut et milieu d'estran du fait de la faible distance entre les stations.

En zone subtidale, les analyses réalisées sont :

- Densité, granulométrie (par tamisage et par laser), matière sèche, carbone organique total (COT), Azote Kjeldhal et Phosphore total, pourcentage de matière sèche (organique et minérale) ;
- Métaux : Aluminium, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc ;

- Polluants organiques : 7 PCB ; 16 HAP et somme des 7 HAP (phénanthrène, anthracène, chrysène, benzo(a)anthracène, benzo(k)fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(123-cd)pyrène), TBT et dérivés.

Les concentrations mesurées seront confrontées à des valeurs de référence qui sont celles utilisées pour l'évaluation du Bon Etat Ecologique pour le descripteur 8 de la DCSMM « Contaminants dans le milieu en France métropolitaine » (Mauffret et al. 2018, Tableau 10). Elles correspondent soit à des teneurs couramment rencontrées ou des concentrations minimales reliées à des effets. Ainsi, l'ERL (US Effects Range Low sediment toxicological criteria) est définie comme le percentile 10 des concentrations sédimentaires associées à des effets biologiques pour les espèces benthiques. Cette définition rejoint la philosophie des seuils d'effet dans les conventions de mers régionales (Ecological assessment criteria d'OSPAR) ou les Normes de Qualité Environnementale de la DCE (Buchman, 2008).

Tableau 10 : Valeurs seuils utilisées pour définir le bon état écologique des sédiments marins

Famille	Substance	Type de seuil	Seuil (µg/kg)
Métaux	Arsenic	ERL	8200
	Cadmium	ERL	1200
	Chrome	ERL	81000
	Cuivre	ERL	34000
	Mercure	ERL	150
	Nickel	ERL	21000
	Plomb	ERL	47000
	Zinc	ERL	150000
PCB	CB101	EAC	3
	CB118	EAC	0,6
	CB138	EAC	7,9
	CB153	EAC	40
	CB180	EAC	12
	CB28	EAC	1,7
	CB52	EAC	2,7
HAP	Anthracène	ERL	85
	Benzo(a)anthracène	ERL	261
	Benzo(a)pyrène	ERL	430
	Benzo(g,h,i)perylene	ERL	85
	Chrysène	ERL	384
	Fluoranthène	ERL	600
	Indéno(1,2,3cd)pyrène	ERL	240
	Naphtalène	ERL	160
	Phénanthrène	ERL	240
	Pyrène	ERL	665

Pour pouvoir comparer les différentes stations sous l'angle de la qualité chimique, il faut tenir compte de la capacité du sédiment présent à retenir les contaminants chimiques éventuellement présents dans l'eau. Cette capacité à retenir les contaminants est proportionnelle à la part de la fraction organique ou argileuse du sédiment (exprimée à travers la teneur en fraction fine du sédiment – pourcentage de particules de taille inférieure à 63 µm – ou la teneur en aluminium, élément présent en fortes proportions dans les argiles).

Une normalisation comme celle proposée par IFREMER dans le cadre de l'évaluation de la DCSMM (2018) est appliquée et consiste à transformer la concentration de chaque échantillon par rapport à une valeur référence :

- Pour les contaminants métalliques : la référence est l'aluminium avec une concentration référence de 5 % (50 000 mg/kg) ;
- Pour les contaminants organiques : la référence est le carbone organique avec une concentration de 2,5 % (25 000 mg/kg).

La normalisation est effectuée suivant la formule suivante :

$$c_{SS} = c_x + \frac{(c_m - c_x)(n_{SS} - n_x)}{(n_m - n_x)}$$

Avec :

c_{SS} : concentration normalisée du contaminant (mg/kg p.s.)

c_m : concentration mesurée du contaminant (mg/kg p.s.)

c_x : concentration pivot du contaminant (mg/kg p.s.)

n_{SS} : concentration de référence du normalisateur (mg/kg p.s.)

n_m : concentration mesurée du normalisateur (mg/kg p.s.)

n_x : concentration pivot du normalisateur (mg/kg p.s.)

Pour les contaminants métalliques, ce calcul nécessite la valeur pivot du normalisateur (Aluminium, Al) et du contaminant. Des valeurs pivots sont fournies au niveau national par le laboratoire de biogéochimie des contaminants métalliques (LBCM) de l'Ifremer (Tableau 11).

Tableau 11 : Concentrations pivot pour les contaminants métalliques proposées par le LBCM de l'Ifremer

Paramètre	Unité	Concentration pivot
Aluminium (Référence)	%	1,02
	mg/kg	10 200
Cadmium	mg/kg	0,05
Mercure	mg/kg	0,002
Plomb	mg/kg	8,5
Chrome	mg/kg	6,6
Cuivre	mg/kg	0,29
Nickel	mg/kg	1,8
Zinc	mg/kg	10

Cette normalisation ne peut cependant pas être appliquée si la concentration en aluminium est inférieure à 1,3 %.

Indice de pollution organique

La pollution organique sera évaluée par trois paramètres (Alzieu, 2003²) : l'azote organique total (NTK), le phosphore total (P) et le carbone organique total (COT). Afin d'utiliser les valeurs de façon synthétique, il est possible de les rassembler en classes ou indices (Tableau 12).

² Alzieu, C. (coord.), 2003. Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion, IFREMER, 248p

Tableau 12 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).

Carbone organique total (COT)		Azote (NTK)		Phosphore	
Valeurs (g/kg)	Indices	Valeurs (mg/kg)	Indices	Valeurs (mg/kg)	Indices
< 0,6	0	< 600	0	< 500	0
0,6-2,3	1	600-1200	1	500-800	1
2,4-4	2	1200-2400	2	800-1200	2
4,1-5,8	3	2400-3600	3	>1200	3
> 5,8	4	>3600	4		

L'indice de Pollution Organique est égal à la somme des trois indices et peut être qualifié de faible à très fort (Tableau 13).

La dégradation de cette matière organique a pour conséquence une détérioration du milieu, un appauvrissement en oxygène pouvant aller jusqu'à l'anoxie.

Tableau 13 : Indice de pollution organique

Indice de pollution											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
faible			moyen			fort		très fort			

4.2 Analyse de la qualité de l'eau

Les analyses programmées sont :

- Paramètres physico-chimiques : Salinité matières en suspension, turbidité, Chlorophylle a et phéopigments, calcium, sodium, sulfates, fluorures ;
- Les nutriments : carbone organique total, azote global, azote Kjeldahl, ammonium, nitrates, nitrites, orthophosphates, phosphore total, silicates ;
- Bactériologie : Entérocoques intestinaux et *Escherichia coli* ;
- Métaux lourds : aluminium, chrome total, chlore total, cuivre, manganèse, nickel, plomb, zinc ;
- Polluants : hydrocarbures C10-C40, matières inhibitrices, Organohalogénés absorbables dissous.

Les résultats des analyses d'eau font l'objet d'une interprétation paramètre par paramètre (gamme de variation naturelle et niveau de concentration observée, etc.), d'abord par échantillon bathymétrique (fond, mi-hauteur et subsurface) puis à l'échelle de la colonne d'eau et cela pour l'ensemble des stations.

Chaque paramètre acquis le long des profils est caractérisé par les variations en subsurface, au fond et dans la colonne d'eau.

L'évaluation des paramètres se fera au regard des critères DCE pour l'évaluation d'une masse d'eau.

Evaluation de l'état chimique

De nombreux textes européens réglementent la classification et la surveillance dans les milieux des substances dites dangereuses, toxiques ou polluantes. Certaines sont tout particulièrement visées par :

- La directive 2006/11/CE du 15 février 2006. Elle cible 150 substances dangereuses réparties en 2 listes, pour lesquelles il faut supprimer la pollution (liste 1, dont mercure, cadmium, hydrocarbures, organohalogénés) ou réduire la pollution (liste 2, dont le plomb, le nickel, le cuivre, le zinc, le chrome).
- La directive Cadre sur l'Eau (DCE), dont l'objectif est la réduction des rejets de substances classées prioritaires dangereuses. Le dispositif fixe entre autres des normes de qualité environnementale (NQE) à respecter dans les milieux aquatiques, de transition, et marins (*Directive n° 2013/39/UE du 12 août 2013 modifiant la directive 2000 /60/CE*) et utilisées pour la caractérisation de l'état chimique des eaux.
- Ces textes européens sont également déclinés et adaptés au niveau national. La circulaire du 7 mai 2007 définit par exemple les normes de qualité environnementale provisoires (NQEp) des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau. Ces normes sont données en dépassement au bruit de fond géochimique et non comme précédemment en valeur absolue.

L'évaluation de l'état chimique d'une masse d'eau repose sur deux normes de qualité environnementale (NQE) établies pour chaque substance ou groupe de substances dans la Directive 2008/105/CE transposée par l'arrêté du 25 janvier 2010 (modifié par l'Arrêté du 27 juillet 2018) relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. Ces normes représentent des seuils à ne pas dépasser afin de protéger l'environnement et la santé humaine (Tableau 14):

- NQE-MA : qui représente la Moyenne Annuelle à ne pas dépasser ($\mu\text{g. L}^{-1}$). La concentration moyenne annuelle d'une substance est calculée en faisant la moyenne des concentrations obtenues sur une année. Au minimum, quatre résultats de mesures doivent être utilisés.

- NQE-CMA : qui représente la Concentration Maximale Admissible ($\mu\text{g. L}^{-1}$). Ce seuil n'est pas donné pour toutes les substances ou paramètres. Mais lorsqu'il existe et qu'une substance a été quantifiée au moins une fois dans l'année, on compare le résultat à ce seuil.

Tableau 14 : Normes de qualités environnementales provisoires (NQE_p), Moyennes annuelles (MA) et Concentrations maximales admissibles (CMA) pour les substances figurant sur la liste 1 (souligné) et la liste 2 de la directive 2006/11/CE.

	Circulaire du 7 mai 2007	Arrêté du 27 juillet 2018	
	NQE _p ($\mu\text{g. L}^{-1}$)	NQE-MA ($\mu\text{g. L}^{-1}$)	NQE-CMA ($\mu\text{g. L}^{-1}$)
Arsenic (As)	Bruit de fond géochimique + 4,2		
<u>Cadmium (Cd)</u>	0,4 ou Bruit de fond géochimique + 0,2	0,2	0.45
Chrome (Cr)	Bruit de fond géochimique + 3,4		
Cuivre (Cu)	Bruit de fond géochimique + 1,4		
<u>Mercure (Hg)</u>	Bruit de fond géochimique + 0,05		0,07
<u>Nickel (Ni)</u>	Bruit de fond géochimique +2,1	8,6	34
<u>Plomb (Pb)</u>	7,2 ou Bruit de fond géochimique + 0,4	1.3	14
Zinc (Zn)	Bruit de fond géochimique + 7,8		
Phosphore total	200		

En complément, la toxicité des échantillons sera établie à travers plusieurs tests :

- **Matières inhibitrices** (NF EN ISO 6341) : évaluées à l'aide d'un test écotoxicologique qui détermine le taux de dilution qu'il faut appliquer pour que 50% des daphnies (petit crustacé d'eau douce) soient encore mobiles après 24 heures (CE_{50-24h}). L'unité de mesure de ce test est l'équitox. Il indique le pouvoir inhibiteur d'un mètre cube d'eau.
- **Halogène organique adsorbable (AOX)** (NF EN ISO 9562) : la concentration obtenue correspondant à la quantité d'halogènes contenus dans les substances organiques adsorbables sur du charbon actif. Ce paramètre est purement qualitatif.
- **Hydrocarbures** (NF EN ISO 9377-2) : en particulier les hydrocarbures C10-C40. Leur présence dans l'environnement peut être un indicateur d'une pollution anthropique.

Evaluation de l'état écologique

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE) du 23 octobre 2000 définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Elle fixe un objectif de bon état écologique et chimique pour les eaux superficielles. La Directive s'appuie sur l'évaluation d'un certain nombre d'éléments de qualité pour définir l'état global d'une masse d'eau. La liste des éléments de qualité à prendre en compte varie selon la catégorie de la masse d'eau.

Les éléments de qualité physico-chimiques retenus comme paramètres de soutien pour la classification de l'état écologique des masses d'eaux côtières et de transition sont :

- Les nutriments,
- La température de l'eau,
- La transparence via la turbidité,
- Le bilan d'oxygène.

Pour les eaux de transition, IFREMER précise que les indicateurs température de l'eau et transparence ne seront pas pertinents. De plus, pour la température, la fiche de méthodologie indique que l'évaluation

ne peut être effectuée s'il y a moins de 12 données dans la masse d'eau pendant les 6 ans du plan de gestion. Les valeurs de transparence/turbidité seront comparées aux seuils de façon indicative.

Nutriments (<https://wwz.ifremer.fr/envlit/DCE/Etat-ecologique/Fiche-nutriments>)

Le terme « nutriments » désigne les composés inorganiques nécessaires à la nutrition des producteurs primaires (phytoplancton, macroalgues, angiospermes). Ils sont naturellement présents dans le milieu. Toutefois, lors d'une augmentation de flux de nutriments en zone côtière (en raison d'apports anthropiques tel que les rejets dus au lessivage des terres agricoles, les rejets urbains et industriels), les nutriments peuvent être parfois considérés comme une pression à l'origine de nuisances indirectes.

La grille suivante donne l'évaluation pour l'azote inorganique dissous NID calculé comme la somme de l'ammonium, des nitrates et des nitrites (en $\mu\text{mol/L}$), normalisé à une salinité de 33. La comparaison avec ces valeurs est indicative car ces indicateurs sont calculés sur une période de 6 années de novembre à février.

Les indices phosphates et silicates sont toujours à l'étude.

Tableau 15 : Grille de qualité pour l'indicateur "Nutriments »

NID ($\mu\text{mol/L}$)	< 20	20-33	≥ 33
Etat écologique	Très bon	Bon	Moyen

Transparence / turbidité (<https://wwz.ifremer.fr/envlit/DCE/Etat-ecologique/Fiche-transparence>)

Comme définie par la DCE, la turbidité évalue la transparence d'une eau par la perte de lumière résultant de sa traversée. Elle est donc fonction de la quantité, de la taille et de la forme des particules en suspension et varie en fonction des apports des fleuves, de la remise en suspension du sédiment et de la concentration en plancton.

Le littoral français a été réparti en plusieurs écotypes suivant l'atlas de turbidité établi par Gohin (2011). D'après ce classement, la zone d'étude appartient à l'écotype 3 (FRHC09 Anse de Saint Vaast la Hougue). Cet écotype correspond aux zones vaseuses/sableuses et les masses d'eau situées à l'embouchure des principaux fleuves. La masse d'eau FRHC09 ayant une typologie C7 – Côte à grande zone intertidale et à dominante vaseuse est associée à cet écotype. Les seuils sont donnés pour la mesure en turbidité en NTU en surface entre mars et octobre.

Tableau 16 : Grille de qualité pour l'indicateur "transparence"

Turbidité (NTU)	0-30	30-45	> 45
Etat écologique	Très bon	Bon	Moyen

Oxygène dissous (<https://wwz.ifremer.fr/envlit/DCE/Etat-ecologique/Fiche-oxygene-dissous>)

L'oxygène dissous est un paramètre vital qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. En dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent. Les seuils sont donnés pour la mesure de l'oxygène dissous au fond en mg/L.

Tableau 17 : Grille de qualité pour l'indicateur "oxygène dissous"

O ₂ dissous (mg/L)	> 5]5-3]	< 3
Etat écologique	Très bon	Bon	Moyen

Chlorophylle a

Les concentrations en chlorophylle *a* mesurées dans les prélèvements de subsurface font également partie des critères d'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux littorales de l'arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du Code de l'Environnement. Le tableau suivant présente la grille de qualité pour l'indicateur "chlorophylle a" (eaux côtières de type 1). Le percentile 90³ calculé sur des données mensuelles, sur six ans, constitue la métrique retenue par la DCE pour ce paramètre. La comparaison avec cet indicateur est donc indicatif.

Tableau 18 : Grille de qualité pour l'indicateur "chlorophylle a"
(Valeur de référence Manche-Atlantique 3,33 µg/L de l'arrêté du 27 juillet 2018)

Percentile 90 chlorophylle a	< 5 µg/L	5 à 10 µg/L	10 à 20 µg/L	20 à 40 µg/L	> 40 µg/L
Etat écologique	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

Prise en compte des données historiques

Les données mesurées au cours de ce suivi seront également comparées aux données acquises à la côte par le réseau REPHY d'IFREMER. En particulier, la station Les Gougins (station 015-P-031) avec des données acquises entre le 7 mars 2006 et le 21 décembre 2021 sera utilisée pour caractériser la zone 15 « Ravenoville - Saint Vaast - Barfleur ». Elle se situe à la limite nord de l'aire d'étude immédiate.

Les données seront récupérées à partir du service SURVAL (<https://surval.ifremer.fr/Donnees/Cartographie-Donnees-par-parametre#/map>).

³ La valeur recherchée est la valeur représentative de la situation rencontrée pendant 90% du temps.

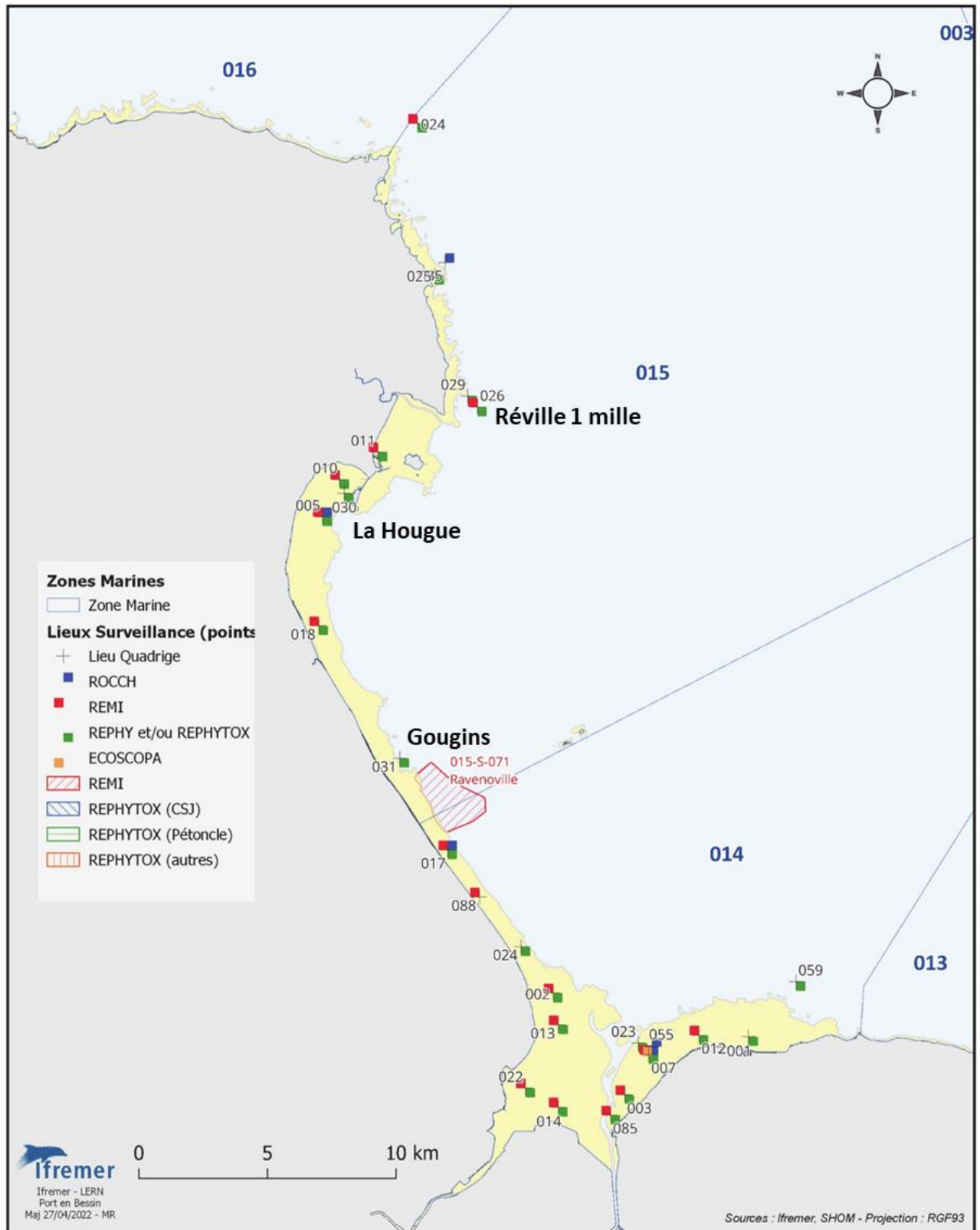


Figure 31 : Stations de surveillance IFREMER pour les zones 14 « Baie des Veys » et 15 « Ravenoville – Saint Vaast – Barfleur » (Sylvaine et al. 2022). La station des Gougins sera utilisée comme référence.

4.3 Identification des communautés benthiques

Au laboratoire, les échantillons, conditionnés au cours de la campagne en mer, ont été triés et analysés selon un protocole standardisé (Guillaumont et Gauthier 2005 ; Norme NF EN ISO 16665).

Une fois la campagne de terrain achevée, les échantillons conditionnés sous sacs plastiques ont été placés sur un tamis de 1 mm permettant la récupération de l'eau formolée en bidon (Figure 32). Dans un souci de protection de l'environnement et notamment de qualité des eaux, ce mélange de fixation est stocké dans des bidons hermétiques et détruit par une entreprise spécialisée en centre agréé. Dans un local indépendant en dépression, les échantillons ont ensuite été rincés à l'eau douce dans des éviers pendant 24 h *a minima*, afin d'éliminer toute trace de formol (Figure 32). Une hotte aspirante (conforme aux normes de filtration du formaldéhyde) surplombe les éviers et assure l'évacuation des vapeurs dégagées par les échantillons. Pendant la phase de déformolage, le port des équipements de protection individuels (EPI) est obligatoire (masque facial à cartouches, gants nitrex 802 et blouse de laboratoire). L'accès au local de déformolage est restreint aux membres de l'équipe.



Figure 32 : Etapes de déformolage

Les prélèvements effectués à chacune des stations ont été minutieusement triés à la pince fine sous hotte aspirante, pour l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques de taille supérieure ou égale à 1 mm. Les organismes ont été placés en pilulier avec de l'éthanol à 70° dans l'attente de l'étape de détermination (Figure 33).

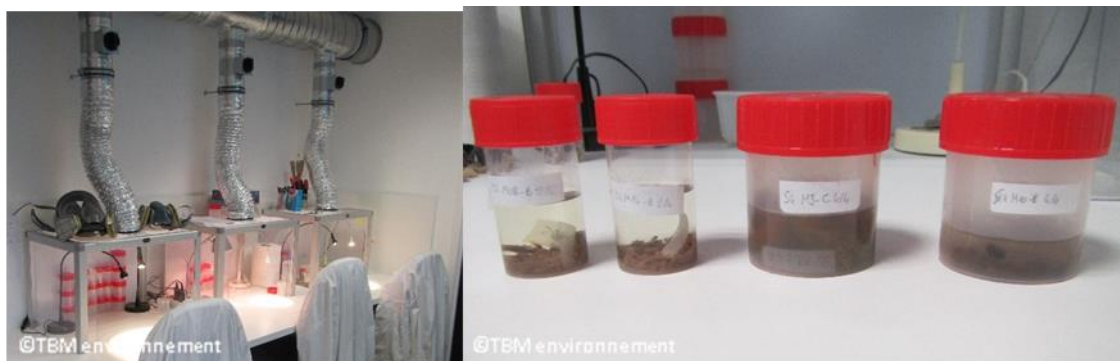


Figure 33 : Postes de tri des échantillons de macrofaune benthique (à gauche) et piluliers de conditionnement (à droite)

La détermination taxonomique de chaque individu est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et/ou d'un microscope jusqu'au niveau de l'espèce dans la majorité des cas et tant que l'état des individus le permet. Seuls les némertes, les plathelminthes et les oligochètes ne sont mentionnés qu'au niveau de

l'embranchement ou groupe taxonomique. Le référentiel taxonomique utilisé est le World Register of Marine Species (WORMS).

Ainsi, pour chaque prélèvement, le nombre d'espèces ainsi que le nombre exact d'individus par espèce pour l'endofaune et pour l'épifaune vagile ont été comptabilisés.

4.4 Analyses statistiques des communautés benthiques

En zone subtidale, les données acquises à la benne Day ou à la drague Rallier du Baty ne peuvent être comparées directement car les surfaces échantillonnées ne sont pas identiques (0,1 m² pour la benne et 10 litres de sédiment pour la drague).

4.4.1 Abondance et richesse spécifique

L'abondance A correspondant au nombre d'individus d'une espèce. Face à une pollution, les espèces vont suivre 3 types de réaction selon leur sensibilité :

- disparaître, pour les plus sensibles ;
- se maintenir, pour les indifférentes ;
- profiter des nouvelles conditions mises en place et se développer, pour les tolérantes et les opportunistes.

La richesse spécifique S représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface. Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement (ex : nombre d'espèces de polychètes/mollusques, etc.).

ES (50) : Afin de pouvoir comparer la diversité des prélèvements effectués à la drague Rallier du Baty, les valeurs d'ES (50), abréviation de « Expected number of species among 50 individuals » (c'est-à-dire « nombre d'espèces attendues parmi 50 individus ») seront également calculées. C'est un indicateur de diversité basé sur la méthode de raréfaction qui se calcule selon la formule suivante faisant appel à des factoriels :

$$ES(50) = \sum \left[\frac{((N - n_i)! (N - 50)!)}{(N - n_i - 50)! N!} \right]$$

avec n_i l'abondance du taxon i et N l'abondance totale dans la station considérée. Les valeurs d'ES(50) seront également calculées au niveau de chaque station. Seules les espèces dénombrables peuvent être prises en compte dans ce calcul.

La constance d'une espèce : c'est le rapport, en pourcentage, entre le nombre de stations (P_i) où l'espèce i est présente et le nombre total de stations (P_t) de l'unité biocénotique considérée (Dajoz, 1975). Elle s'exprime par la formule suivante :

$$C_i = \frac{P_i}{P_t} \times 100$$

Il en résulte quatre catégories :

- espèce rare, $C < 12,5\%$,
- espèce occasionnelle, $12,5 \leq C < 25\%$,
- espèce commune, $25 \leq C < 50\%$,
- espèce constante $C \geq 50\%$.

Diagramme Rang Fréquence (DRF): il sera établi pour chaque communauté ou faciès. Il ne comporte que les espèces dont la fréquence dépasse le seuil de 1 %. Les espèces principales seront sélectionnées à partir de ces DRF.

4.4.2 Indice de diversité

Les deux indices calculés, constituent ceux régulièrement utilisés pour l'évaluation de la diversité des peuplements :

- *L'indice de diversité de Shannon-Weaver* (le plus couramment utilisé dans la littérature) est calculé selon la formule :

$$H' = -\sum_S P_i \times \log_2(P_i)$$

Avec $P_i = N_i / N$ et S le nombre d'espèces contenues dans l'échantillon, P_i la dominance de l'espèce i dans l'échantillon, N_i l'effectif de l'espèce i dans l'échantillon, N l'effectif total de l'échantillon.

H' est minimal (= 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce ; H' est également minimal si, dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis de façon égale sur toutes les espèces (Alzieu, 2003). La diversité de Shannon est considérée comme faible lorsque $H' < 1,5$.

- *L'indice d'équitabilité (E) de Pielou* accompagne souvent l'indice de Shannon. Il mesure le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H_{\max}) :

$$E = H' / H_{\max}$$

Avec $H_{\max} = \log_2(S)$, et S le nombre d'espèces contenues dans l'échantillon.

Cet indice peut varier de 0 à 1. Il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement, et minimal lorsqu'une seule espèce domine tout le peuplement. Une valeur élevée traduit donc un peuplement bien équilibré. Insensible à la richesse spécifique, cet indice est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage (Alzieu, 2003).

4.4.3 Indice biotique pour les substrats meubles : AMBI

L'objectif de l'indice biotique est d'estimer l'état de santé du milieu et ses modifications éventuelles grâce à des groupes d'espèces dont la présence ou l'absence, l'abondance relative témoignent de déséquilibres au sein des peuplements (Alzieu, 2003). Cette méthode est donc uniquement basée sur des données biologiques et permet de mesurer l'état de santé des peuplements en lien avec un enrichissement en matière organique, et par là même occasion, du milieu sur une échelle d'indices.

Les deux avantages principaux de l'utilisation des indices biotiques sont, d'une part de révéler des anomalies environnementales non détectables par les autres méthodes, physico-chimiques notamment, d'autre part de visualiser d'une façon claire et rapide les progrès réalisés dans l'amélioration du milieu (politique de bassin versant, assainissement, etc.). L'emploi d'un indice permet donc de résumer en une valeur unique une somme importante d'informations écologiques.

Les espèces benthiques sont révélatrices d'un ensemble de conditions physico-chimiques de leurs habitats. Ainsi, il est possible de les classer selon leur réaction face à l'enrichissement du milieu en matière organique. L'indice de qualité du milieu se fonde sur la distinction, au sein de la macrofaune benthique, de cinq groupes écologiques regroupant des espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique en excès et face au déficit éventuel d'oxygène résultant de sa dégradation. Ces groupes

écologiques de polluto-sensibilités ont été identifiés par Hily (1984) et complétés par de nombreux auteurs (Grall et Glémarec, 1997, Borja et al., 2000). Ils sont définis comme suit :

- **Groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu,
- **Groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique,
- **Groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système,
- **Groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées,
- **Groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits.

La Figure 34 illustre l'évolution des groupes écologiques en fonction d'une perturbation croissante liée à un enrichissement en matière organique.

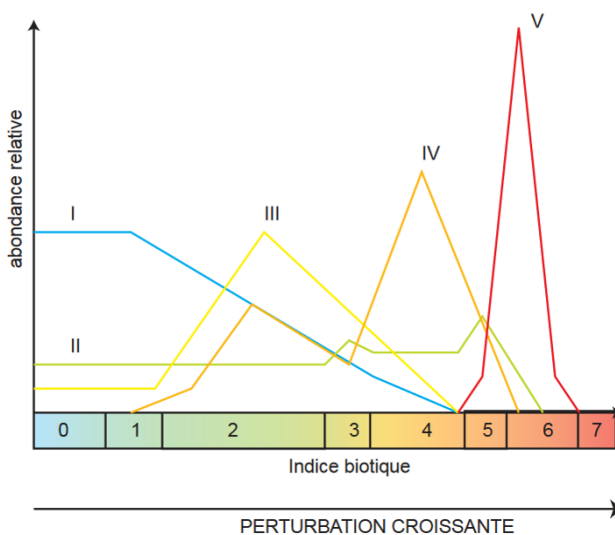


Figure 34 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).

- **Le Coefficient Benthique (CB ou AMBI)** a été créé par Borja et al. (2000). Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

$$CB = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Cette formule a l'avantage de transformer l'indice en variable continue, permettant l'utilisation de tests statistiques pour en vérifier la validité. De plus, il permet de s'affranchir de la subjectivité pour attribuer une valeur lorsque deux groupes écologiques sont en proportions équivalentes. Le Tableau 19 indique les correspondances entre les valeurs de l'indice AMBI et l'état de santé des communautés benthiques.

Tableau 19 : Valeurs d'AMBI et état de santé des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)

Etat écologique	AMBI	Classification de la pollution
Très bon	$0 < \text{AMBI} \leq 1,2$	Normal
Bon	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$	Légèrement pollué, état transitoire
Moyen	$3,3 < \text{AMBI} \leq 4,3$	Modérément pollué
Médiocre	$4,3 < \text{AMBI} \leq 5,5$	Gravement pollué
Mauvais	$5,5 < \text{AMBI} \leq 7$	Azoïque

A noter qu'à ce jour il n'existe pas d'indice validé pour l'étude de la qualité écologique des plages et que cet indice n'est par conséquent pas forcément adapté dans ce contexte de plage peu diversifiée.

4.4.4 Analyses multivariées

Des analyses multivariées ont été réalisées à l'aide du logiciel PRIMER© (version 6). Les données ont tout d'abord été transformées ($\log(X+1)$) afin de réduire l'asymétrie des distributions d'abondances des espèces c'est-à-dire diminuer le poids des espèces fortement représentées. Les différences de composition spécifique entre stations, réplicats, ont ensuite été calculées au travers de l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957).

Des Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH) ont été effectuées pour visualiser les regroupements de peuplements de nature similaire. Les regroupements ont été interprétés selon les caractéristiques de ces peuplements et les paramètres environnementaux connus dans les différentes stations. Les CAH ont été réalisées en prenant comme indice de similitude celui de Bray-Curtis.

La méthode du multidimensional scaling (MDS) a également été utilisée afin de visualiser les différences d'assemblage entre stations et réplicats. Cette méthode permet de projeter sur un plan de deux dimensions une matrice de distance (Clarke and Warwick, 2001).

La procédure SIMPER (SIMilarity PERcentage) a été utilisée dans le but d'identifier les espèces discriminant les différents groupes (ici, les stations et les transects). Cette méthode donne la contribution moyenne d'une espèce à la distance de Bray-Curtis entre chaque paire d'unité d'échantillonnage de deux ensembles de communautés.

Des analyses de similarité (ANOSIM) développées par Clarke (1993) ont été enfin utilisées afin de tester l'hypothèse nulle selon laquelle il n'existe aucune différence entre les assemblages. L'idée est de dire que si les groupes affectés sont significativement différents, ils tendent alors à montrer que des échantillons au sein des groupes devraient être plus semblables que des échantillons provenant de différents groupes.

La Figure 35 suivante résume la démarche mise en œuvre dans le cadre des analyses multivariées (Grall and Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982).

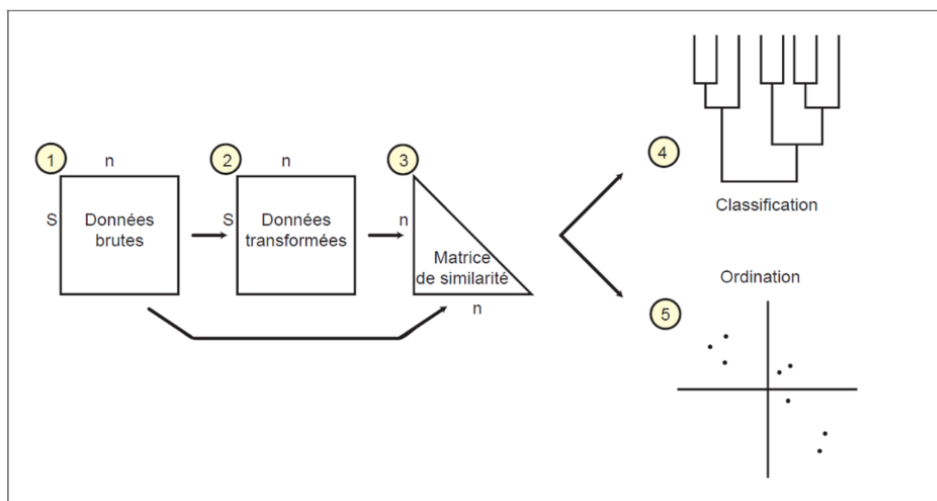


Figure 35 : Analyses multivariées : résumé des étapes conduisant à la classification ou à l'ordination, méthode normale (Source : Grall et Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982)

4.5 Typologie des habitats pour la cartographie

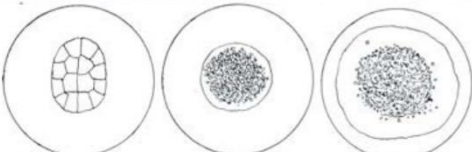
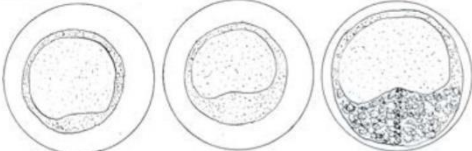
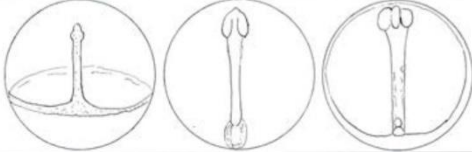
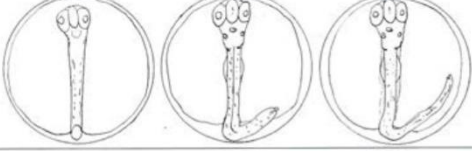
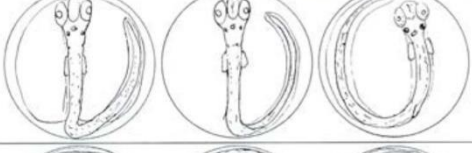
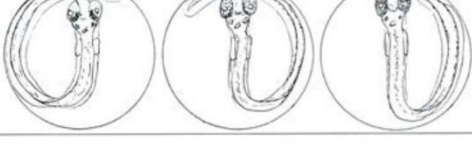
La typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de Mer du Nord et d'Atlantique qui est parue en 2019 (Michez *et al.*, 2019) est utilisée. Cette typologie se base sur celle mise en place en Bretagne (Michez *et al.*, 2013 ; Michez *et al.*, 2015, Bajjouk *et al.*, 2010 ; Bajjouk, 2009 ; Guillaumont *et al.*, 2010). Elle repose sur trois grands ensembles de substrats (meubles, rocheux et habitats particuliers). Puis, en fonction de la précision recherchée, trois niveaux hiérarchiques peuvent être distingués pour chacun de ces trois ensembles. Le niveau 1 reste très général alors que les niveaux 2 et 3 apportent des précisions sur les populations animales et végétales ou encore le taux de recouvrement. Des correspondances sont également faites avec la typologie des cahiers d'habitats et EUNIS. Pour les correspondances entre les différentes typologies, le référentiel national des habitats HABREF est utilisé.

4.6 Analyse du zooplancton

Une partie de l'échantillon est trié pour une analyse quantitative et qualitative. Le reste de l'échantillon sera conservé pour référence future en cas de questions.

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 dans chaque 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 l'abondance a été établie. 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), une loupe binoculaire Zeiss SteREODiscovery.V20 a été utilisée. Les spécimens ont été mesurés avec le logiciel Zeiss Zen.

La terminologie utilisée pour déterminer le degré de développement des œufs est précisé en Figure 36, d'après Russel (1976) et Munk & Nilsen (2005). 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) (Figure 37).

	<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^[2].

Figure 36 : Terminologie pour la détermination des œufs

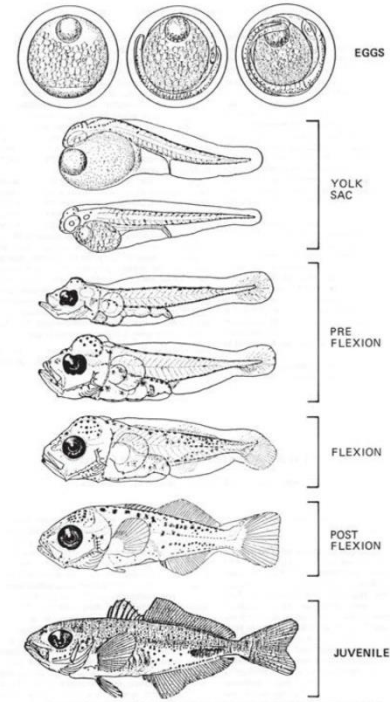


Fig. 5. Early life history stages of *Trachurus symmetricus* from Ahlstrom and Ball (1954).

Figure 37 : Terminologie pour la détermination du stade de développement des larves

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.

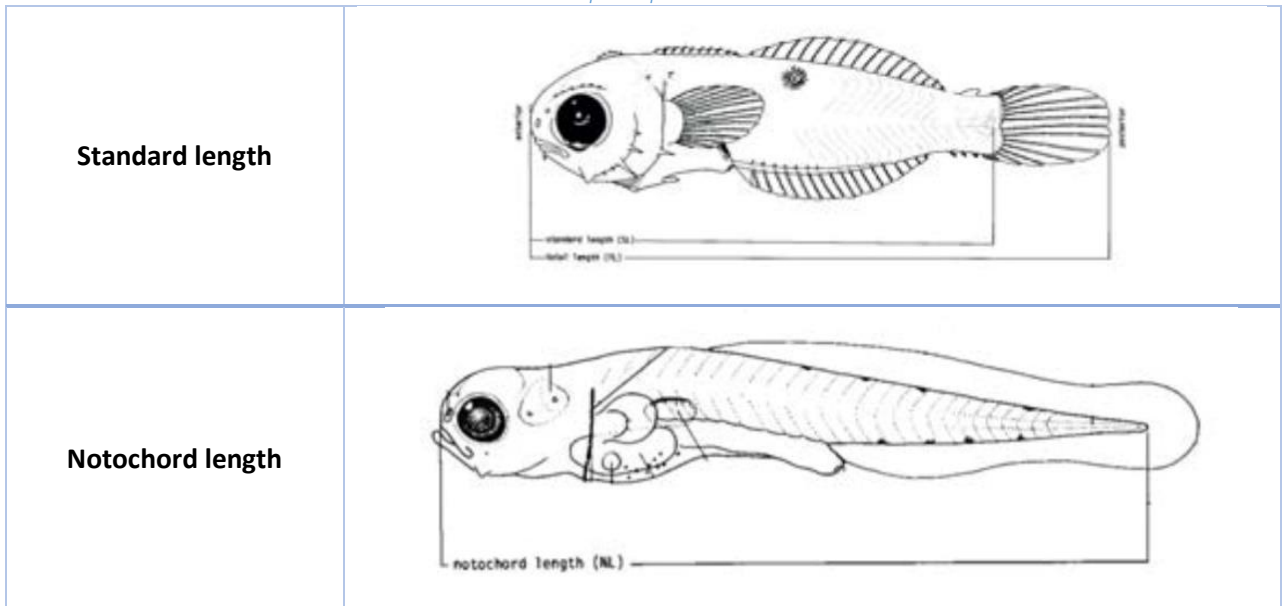
Lors de la phase **flexion**, la notochorde commence à se courber vers le haut que les supports de rayons de la nageoire se développent sous la notochorde.

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.

Les larves sont mesurées soit en « standard length » soit en « notochord length » d'après le Tableau 20.

Tableau 20 : Mesures prises pour caractériser les larves



Pour chaque station et pour chaque mois, nous disposons ainsi du détail des œufs et larves de poissons présentes (espèces, tailles, nombre) ainsi que les autres groupements présents en termes de plancton (crustacés, gastéropodes, etc...). Les paramètres d'abondance et de richesse spécifique sont déterminés à partir de la composition des échantillons ainsi que les indices de diversité de Shannon-Wheaver et d'équitabilité de Piélou suivant la même méthodologie que pour les milieux benthiques.



Figure 38 : Œufs et larves de sardine (*Sardina pilchardus*)

Tableau 21 : Exemple d'identification sur un échantillon

date de prélèvement	taxa	Famille	espèce	nb d'individ	stade
15.04.2022	œufs de poissons	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	10	I-IV
15.04.2022	œufs de poissons	Clupeidae	<i>Sprattus sprattus</i>	756	I-III
15.04.2022	œufs de poissons	Callionymidae	<i>Callionymus</i> sp.	24	II-III
15.04.2022	œufs de poissons	Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>	113	I
15.04.2022	œufs de poissons	Scombridae	<i>Scomber scombrus</i>	126	I
15.04.2022	œufs de poissons	Scophthalmidae	<i>Scophthalmus maximus</i>	67	I
15.04.2022	œufs de poissons	Scophthalmidae	<i>Zeugopterus punctatus</i>	23	I
15.04.2022	œufs de poissons	Scophthalmidae	<i>Zeugopterus norvegicus</i>	118	I-III
15.04.2022	œufs de poissons	Gaidropsaridae	Ciliata sp.	8	II-III

4.7 Analyse des ressources halieutiques

Une base de données est construite pour chaque engin permettant de compiler pour chaque campagne et chaque trait : les espèces pêchées, leurs abondances numériques et les biomasses des captures en kg.

Pour chaque type d'engin, les métriques suivantes seront définies :

- **La richesse spécifique** : S représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface. Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement (ex : nombre d'espèces de polychètes/mollusques, etc.).
- **La Fréquence d'occurrences** : calculée pour chaque taxon, en rapportant le nombre de sorties de pêche avec capture du taxon au nombre total de sorties. On pourra ainsi définir les espèces constantes présentant une fréquence d'occurrence supérieures ou égales à 80%, les espèces communes présentes entre 50 et 79 %, les espèces occasionnelles ou rares avec des fréquences comprises entre 10 et 49 %, et enfin les espèces accidentelles présentes avec des fréquences inférieures à 10 %.
- **Captures par unités d'effort** en ind.h⁻¹ et kg.h⁻¹ : Les quantités déclarées sont rapportées aux nombres de sorties de pêche : cet indicateur intitulé « capture par unité d'effort » (CPUE), exprimé en kg par sortie de pêche, permet de rendre compte globalement de l'abondance du taxon et de son aptitude à être capturé. Ainsi, même si l'espèce est abondante, la CPUE sera faible si les conditions de pêche ne sont pas favorables. Les captures par unités d'effort pourront être également exprimées en individus ou kg par hectares. Pour cela nous déterminerons la surface échantillonnée évaluée à l'aide de la longueur du trait calculée à partir des coordonnées en WGS84 et de l'écartement des panneaux (24 m pour le chalut canadien ; 80 cm x 8 poches pour la drague).

Les analyses statistiques se concentreront principalement sur les espèces de poissons et céphalopodes. La part d'invertébrés benthiques ne sera pas incluse dans les analyses statistiques.

Les distributions saisonnières des variables descriptives de la biodiversité (richesse spécifique, abondance relative numérique et pondérale) sont comparées d'une campagne à l'autre au moyen des tests statistiques de Kruskal-Wallis ou d'ANOVA, selon la nature des variables, pour connaître la significativité de leurs variations. Dans le cas où les variations sont significatives, les tests de Mann Whitney ou de Fisher PLSD sont utilisés pour une comparaison deux à deux des descripteurs afin de savoir quels groupes sont significativement différents. Les tests t de Student et de Mann Whitney sont utilisés selon les variables pour les mêmes comparaisons dans le cas de deux groupes d'échantillons.

Les distributions spatiales seront étudiées en différenciant les traits réalisés dans l'aire d'étude immédiate de ceux réalisés en référence dans l'aire d'étude rapprochée.

Enfin, une approche mono-spécifique sera réalisée suivant l'abondance, l'intérêt commercial ou le statut d'une espèce en prenant en compte l'ensemble des engins analysés.

5 RESULTATS

5.1 Suivi de la qualité des sédiments

En milieu intertidal en 2022

Les analyses granulométriques réalisées sur les 24 stations de substrats meubles montrent que la composition est dominée par des sables fins sur l'ensemble des stations (Tableau 22, Figure 39, Figure 40). Les sables moyens sont plus présents en haut et en milieu d'estran. Une fraction en graviers est de 23,5 % sur la station N_PLB_7 et de 4,4 % sur la station N_PLB_10 située juste à côté alors qu'il est inférieur à 2 % sur les autres stations. Les fractions en vase sont très faibles et varient entre 0 et 6,8 %.

L'analyse de la matière organique, des concentrations en phosphore et azote réalisées sur l'ensemble des stations montrent la présence d'un milieu homogène avec des teneurs faibles (Tableau 23). Ces faibles concentrations induisent un indice de pollution faible avec des notes allant de 0 à 1 (pour un maximum de 11 possible).

Tableau 22 : Données des fractions granulométriques définies pour chaque station intertidale

Classes de taille Sédiment	Zone d'estran	0 - 63µm	63- 250µm	250- 500µm	500- 2000µm	2-64mm	Fraction dominante
		Vase	Sable fin	Sable moyen	Sable grossier	Gravier	
N PLA 1	Haut	2,3	54,2	39,6	2,9	1,0	Sables fins
N PLA 2	Milieu	4,4	69,4	14,7	9,7	1,9	Sables fins
N PLA 3	Bas	0,0	96,0	2,0	0,0	1,9	Sables fins
N PLA 4	Haut	2,0	71,7	18,3	7,0	1,0	Sables fins
N PLA 5	Milieu	1,4	75,4	15,6	6,7	1,0	Sables fins
N PLA 6	Bas	1,8	87,1	10,1	0,0	1,0	Sables fins
N PLA 7	Haut	1,5	76,2	17,0	4,3	1,0	Sables fins
N PLA 8	Milieu	0,0	93,0	6,0	0,0	1,0	Sables fins
N PLA 9	Bas	1,9	93,3	3,8	0,0	1,0	Sables fins
N PLA 10	Haut	1,4	75,0	17,6	5,0	1,1	Sables fins
N PLA 11	Milieu	2,6	92,2	4,2	0,0	1,0	Sables fins
N PLA 12	Bas	0,0	96,9	1,7	0,0	1,3	Sables fins
N PLB 1	Haut	2,0	72,2	22,7	2,2	1,0	Sables fins
N PLB 2	Milieu	2,3	90,6	6,1	0,0	1,0	Sables fins
N PLB 3	Bas	2,5	94,3	1,8	0,0	1,4	Sables fins
N PLB 4	Haut	1,7	69,8	23,9	2,7	1,9	Sables fins
N PLB 5	Milieu	1,5	84,8	9,9	2,9	1,0	Sables fins
N PLB 6	Bas	2,0	95,2	1,9	0,0	1,0	Sables fins
N PLB 7	Haut	1,2	44,8	20,7	9,8	23,5	Sables fins
N PLB 8	Milieu	0,0	93,7	5,3	0,0	1,0	Sables fins
N PLB 9	Bas	2,4	95,9	0,7	0,0	1,0	Sables fins
N PLB 10	Haut	0,0	56,3	29,9	9,4	4,4	Sables fins
N PLB 11	Milieu	0,0	91,6	7,1	0,0	1,3	Sables fins
N PLB 12	Bas	6,8	90,9	0,9	0,0	1,5	Sables fins

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

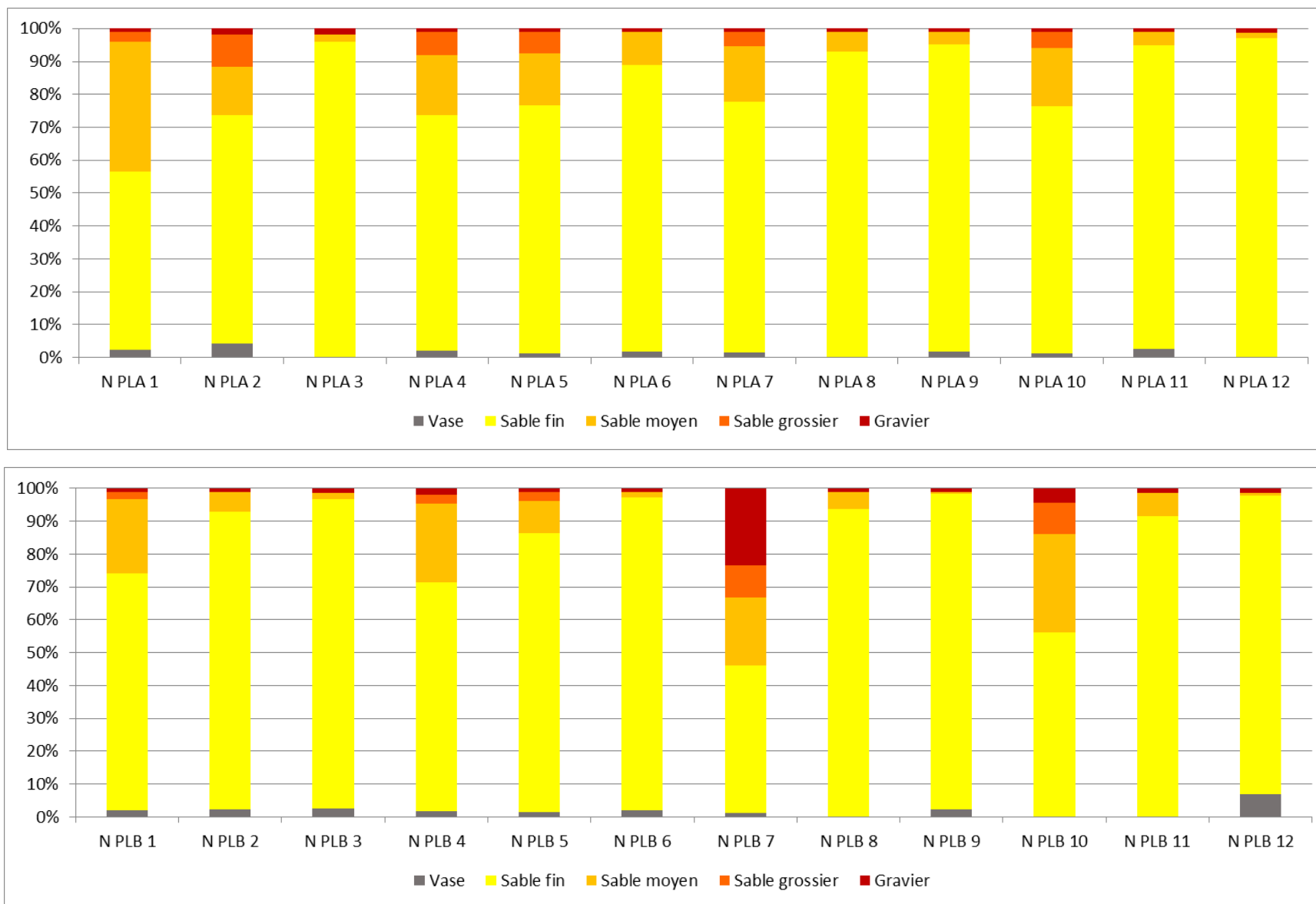


Figure 39 : Fractions granulométriques de la plage de Saint Marcouf

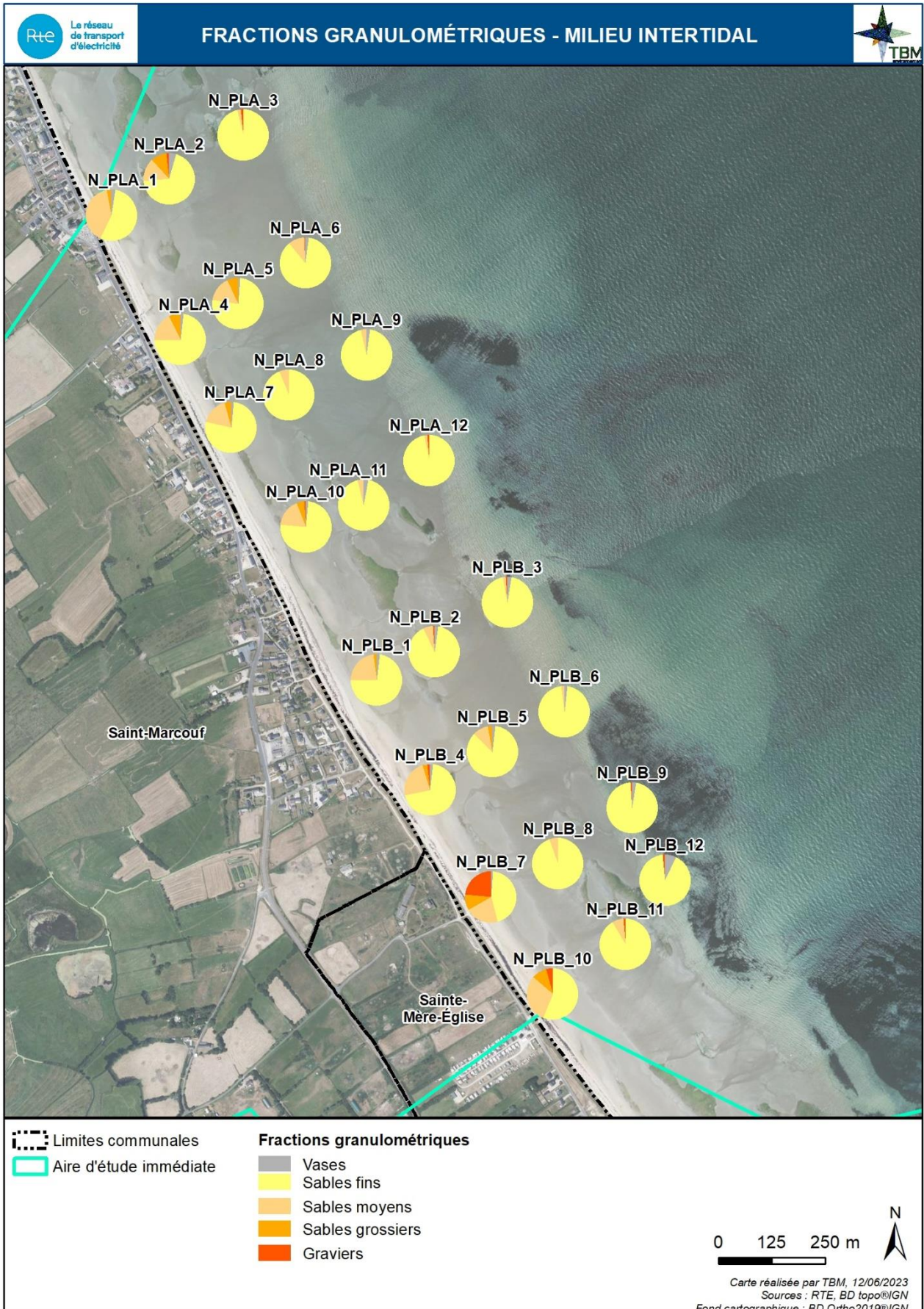


Figure 40 : Répartition des fractions granulométriques aux stations de substrats meubles de la zone intertidale

Tableau 23 : Résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les 24 stations intertidales en substrats meubles

Paramètres	Unité	N PLA 1	N PLA 2	N PLA 3	N PLA 4	N PLA 5	N PLA 6	N PLA 7	N PLA 8	N PLA 9	N PLA 10	N PLA 11	N PLA 12
Physico-chimie													
Fraction inférieure à 2 mm	%	99	98,13	98,09	99	99	99	99	99	99	98,93	99	98,65
Carbone Organique Total (COT)	% MS	0,11	0,18	0,22	0,2	0,13	0,17	0,16	0,17	0,15	0,15	0,17	0,18
Densité		1,9	1,89	1,92	1,92	1,86	1,98	1,88	1,92	1,91	1,84	1,9	1,88
Matière sèche	%	73,6	71,9	72,4	72	73,4	73	72,9	72,1	71,6	74,4	72	71,6
Azote Total Kjeldhal	% MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Azote Total	mg/ kg MS	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510
Nitrates	mg/ kg MS	<6,00	<6,00	9	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00
Nitrites	mg/ kg MS	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Phosphore total (en P)	mg/ kg MS	189	241	268	213	214	179	224	248	227	243	304	240
Indices													
Indice COT		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indice Azote NTK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice Phosphore		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice de pollution organique		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Physico-chimie													
Fraction inférieure à 2 mm	%	99	99	98,64	98,06	99	99	76,5	99	98,98	95,59	98,75	98,54
Carbone Organique Total (COT)	% MS	0,08	0,08	0,08	0,03	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,03	0,06	0,1
Densité		1,94	1,9	1,95	1,79	1,99	1,92	2,08	1,96	1,64	1,97	1,93	1,93
Matière sèche	%	71,9	72,7	70,4	79,7	72,3	70,2	82,3	72,3	71,2	79,3	71,2	71
Azote Total Kjeldhal	% MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Azote Total	mg/ kg MS	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510	<510
Nitrates	mg/ kg MS	<6,00	<6,00	<6,00	10,1	<6,00	<6,00	7,4	<6,00	<6,00	7,6	<6,00	<6,00
Nitrites	mg/ kg MS	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Phosphore total (en P)	mg/ kg MS	217	259	239	202	227	214	214	285	293	208	244	278
Indices													
Indice COT		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indice Azote NTK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice Phosphore		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice de pollution organique		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Les analyses complémentaires réalisées sur les stations de bas d'estran sont présentées dans le Tableau 24. La normalisation par l'aluminium ou le carbone organique ne peut être réalisée étant donné leurs faibles concentrations. Les teneurs en contaminants métalliques et organiques sont donc comparées sans normalisation.

Les analyses montrent des stations homogènes avec des concentrations en éléments métalliques ou contaminants organiques très faibles (Tableau 24). Aucun dépassement de seuil réglementaire n'a été observé.

Tableau 24 : Résultats des analyses physico-chimiques (éléments traces, HAP, PCB, TBT) réalisées sur les stations de Basse Mer.

		Bon état écologique DCSMM 2018	N PLA 3	N PLA 6	N PLA 9	N PLA 12	NPL B 3	NPL B 6	NPL B 9	NPL B 12
Paramètres	Unité	ERL/EAC								
Physico-chimie										
Carbone Organique Total (COT)	% MS		0,22	0,17	0,15	0,18	0,08	0,08	0,06	0,1
Métaux lourds										
Aluminium	% MS		0,10	0,06	0,13	0,09	0,14	0,12	0,14	0,16
Arsenic	mg/kg MS	8,2	5,68	4,37	5,57	3,86	5,41	4,87	4,69	5,56
Cadmium	mg/kg MS	1,2	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
Chrome Total	mg/kg MS	81	5,74	<5,00	5,94	5,53	6,21	5,33	6,26	6,92
Cuivre	mg/kg MS	34	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	13,8	<5,00
Mercure	mg/kg MS	0,015	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Nickel	mg/kg MS	21	3,06	1,94	2,98	2,3	3,47	3,02	3,23	3,94
Plomb	mg/kg MS	47	8,17	8,91	7,69	8,36	7,88	7,72	7,24	8,48
Zinc	mg/kg MS	150	14,5	10,2	14,2	13,3	16,7	14,6	15,6	18,9
Micropolluants organiques PCB										
PCB 28	µg/kg MS	1,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 52	µg/kg MS	2,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 101	µg/kg MS	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 118	µg/kg MS	0,6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 138	µg/kg MS	7,9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 153	µg/kg MS	40	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 180	µg/kg MS	12	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Micropolluants organiques HAP										
Naphtalène	µg/kg MS	160	5,4	2,3	5,3	<2,1	<2	<2,1	5,3	5,8
Acénaphthylène	µg/kg MS		<2,2	<2	<2,1	3,3	<2	<2,1	<2	<2,1
Acénaphthène	µg/kg MS		<2,2	<2	<2,1	2,9	<2	<2,1	<2	<2,1
Fluorène	µg/kg MS		<2,2	<2	<2,1	4,5	<2	<2,1	<2	<2,1
Phénanthrène	µg/kg MS	240	7,1	<2	<2,1	7,5	<2	3,8	<2	<2,1
Anthracène	µg/kg MS	85	5,4	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
Fluoranthène	µg/kg MS	600	19	<2	2,7	3,9	<2	2,9	<2	2,2
Pyrène	µg/kg MS	665	12	<2	<2,1	2,3	<2	<2,1	<2	<2,1
Benzo [a] anthracène	µg/kg MS	261	8,7	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
Chrysène	µg/kg MS	384	9,1	<2	<2,1	2,3	<2	2,3	<2	<2,1
Benzo [b] fluoranthène	µg/kg MS		14	<2	<2,1	3,5	<2	2,6	<2	<2,1
Benzo [k] fluoranthène	µg/kg MS		4,4	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
Benzo [a] pyrène	µg/kg MS	430	7,7	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	µg/kg MS	240	9	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
Di benzo [a,h] anthracène	µg/kg MS		2,2	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
Benzo [g,h,i] pérylène	µg/kg MS	85	8,1	<2	<2,1	<2,1	<2	<2,1	<2	<2,1
HAP totaux	µg/kg MS		110	2	8	31	<2	13	5	8
7 HAP	µg/kg MS		51,8	<2	<2	9,8	<2	6,1	<2	<2
Dérivés de l'étain										
TBT	µg/kg MS		<2	4,4	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DBT	µg/kg MS		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
MBT	µg/kg MS		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

En milieu subtidal en 2022

La granulométrie a été réalisée sur les 26 stations du suivi : 14 sont situées dans le Fuseau de Moindre Impact et 12 sont sur des stations de référence. Les fractions granulométriques sont présentées dans le Tableau 25 et les Figure 41 et Figure 42.

Les stations les plus proches de la côte N_PB_1 à N_PB_6 sont principalement constituées de sables moyens. Les stations N_PB_1 et N_PB_2 présentent également une fraction non négligeable de vases avec 16,6 à 20,1 %, respectivement. Au large, la majorité des stations présentent une fraction majoritaire de graviers et galets cailloutis. Seules les stations N_PB_11, N_PB_12, N_PB_15 et N_PB_16 ont une fraction de sables grossiers supérieure ou égale à 40 %.

Tableau 25 : Résultats des analyses granulométriques pour les 26 stations subtidales prélevées en 2022

Classes de taille	0 - 63µm	63-250µm	250-500µm	500-2000µm	2-64mm	Fraction dominante
Sédiment	Vase	Sable fin	Sable moyen	Sable grossier	Gravier	
N_PB_1	16,6	20,1	18,4	26,8	18	Sables envasés
N_PB_2	20,1	19,1	19,6	26,7	14,5	Sables envasés
N_PB_3	4,0	35,7	39,0	18,1	3,24	Sables
N_PB_4	0,0	13,1	57,8	28,1	1	Sables moyens
N_PB_5	5,8	31,9	41,3	6,7	14,4	Sables moyens
N_PB_6	0,0	6,1	58,9	33,9	1,11	Sables moyens
N_PB_7	4,0	3,7	7,4	37,7	47,2	Graviers
N_PB_8	4,8	7,7	15,6	25,6	46,3	Graviers
N_PB_9	2,0	3,7	11,1	20,9	62,4	Graviers
N_PB_10	1,2	2,3	9,4	20,3	66,8	Graviers
N_PB_11	2,7	2,8	21,0	41,5	32	Sables grossiers
N_PB_12	11,7	6,3	26,9	54,2	1	Sables grossiers
N_PB_13	5,8	6,1	6,8	23,3	58	Graviers
N_PB_14	3,1	4,5	12,4	28,1	51,8	Graviers
N_PB_15	5,0	6,1	20,2	67,6	1	Sables grossiers
N_PB_16	2,1	2,1	16,2	40,1	39,5	Sables grossiers à graviers
N_PB_17	2,7	2,6	4,4	27,8	62,6	Graviers
N_PB_18	5,3	5,1	6,2	23,3	60,1	Graviers
N_PB_19	4,6	3,5	5,9	35,3	50,8	Graviers
N_PB_20	1,4	2,0	10,6	28,6	57,4	Graviers
N_PB_21	1,1	1,7	9,6	29,3	58,3	Graviers
N_PB_22	1,5	1,7	10,5	24,8	61,4	Graviers
N_PB_23	1,3	1,5	6,6	26,3	64,3	Graviers
N_PB_24	3,1	4,1	5,4	26,8	60,5	Graviers
N_PB_25	3,9	4,1	5,6	20,2	66,3	Graviers
N_PB_26	6,6	4,7	3,7	7,9	77,1	Graviers

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

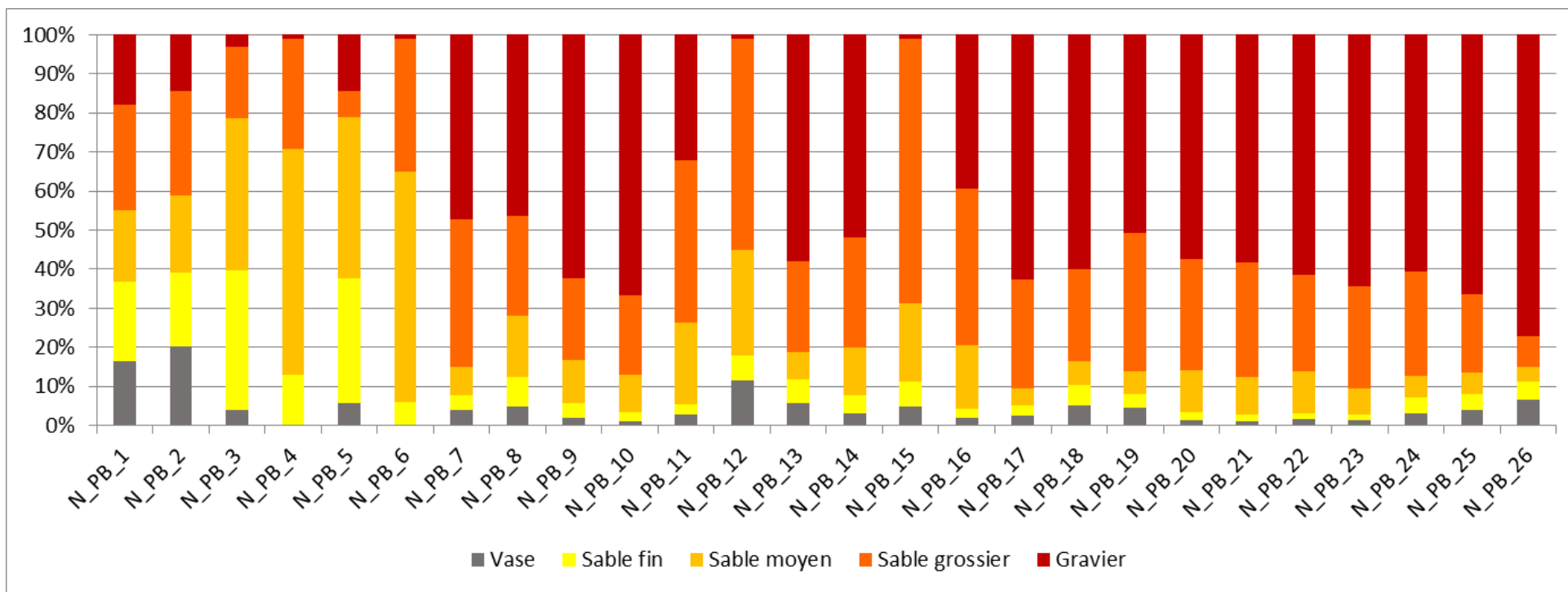


Figure 41 : Fractions granulométriques pour les 26 stations subtidales prélevées en 2022

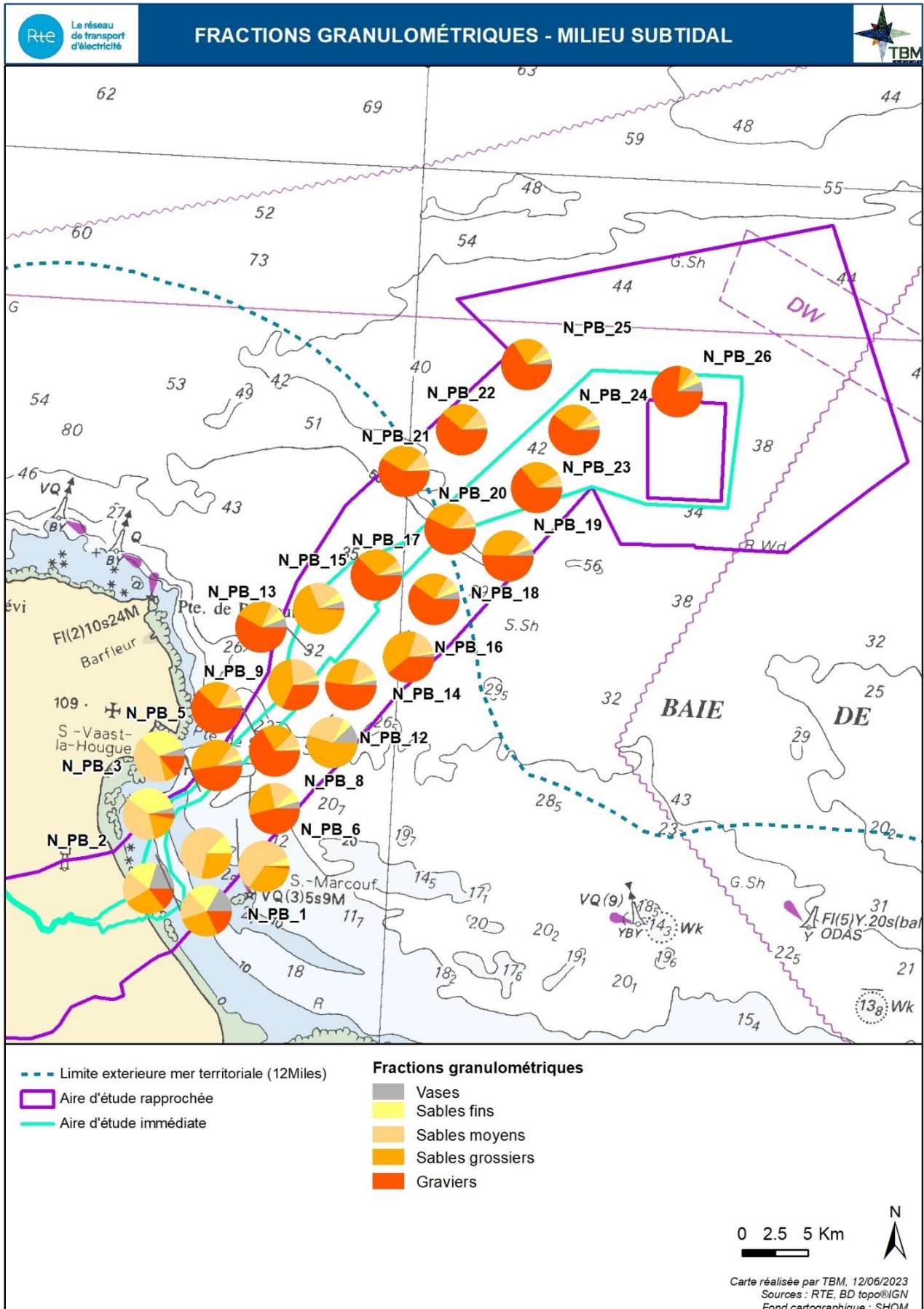


Figure 42 : Cartographie des fractions granulométriques pour les 26 stations subtidales prélevées en 2022

Le Tableau 26 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les 12 stations du suivi. La normalisation par l'aluminium ou le carbone organique ne peut être réalisée étant donné leurs faibles concentrations. Les teneurs en contaminants métalliques et organiques sont donc comparées sans normalisation.

Les concentrations en éléments traces mesurées dans les 12 stations sont toutes inférieures aux seuils de définition du bon état écologique à l'exception de l'arsenic où le seuil est dépassé : seuil à 8,2 mg/kg MS – concentrations mesurées entre 8,34 (N_PB_21) et 16,5 (N_PB_23) mg/kg MS au large. Seules les trois stations les plus proches de la côte présentent des concentrations en arsenic inférieures au seuil variant entre 3,53 et 6 mg/kg MS.

La concentration en fer présente un gradient côte – large avec des concentrations inférieures à 10 000 mg/kg MS pour les stations N_PB_1 à N_PB_6. Les concentrations les plus élevées sont aux stations N_PB_20 et N_PB_21 où elles dépassent les 20 000 mg/kg MS.

Concernant les PCB, la totalité des concentrations mesurées sont inférieures aux seuils de détection et aux seuils de définition du bon état écologique.

Concernant les HAP, toutes les concentrations mesurées sont inférieures aux seuils de définition du bon état écologique et pour la plupart inférieures aux seuils de détection.

Enfin, les concentrations en TBT mesurées sont inférieures aux seuils de détection et aux seuils de définition du bon état écologique.

Les indices de pollution calculés à partir des teneurs en carbone, azote et phosphore dans les sédiments sont très faibles pour la majorité des stations (note de 1 à 2) et à l'exception des deux stations les plus proches de la côte où l'indice est moyen (note 3 à 4).

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Tableau 26 : Résultats des analyses réalisées sur les sédiments des 12 stations du suivi de la qualité des sédiments

		Bon état écologique DCSMM 2018	N_PB_1	N_PB_2	N_PB_5	N_PB_6	N_PB_11	N_PB_12	N_PB_15	N_PB_16	N_PB_20	N_PB_21	N_PB_22	N_PB_23	
Paramètres	Unité	ERL/EAC													
Physico-chimie															
Fraction inférieure à 2 mm	%		82	85,5	85,6	99,89	68	99	99	60,5	42,6	41,7	38,6	35,7	
Carbone Organique Total (COT)	% MS		0,44	0,46	0,23	0,19	0,15	0,13	0,11	0,15	0,26	0,27	0,19	0,26	
Densité			1,96	1,88	1,65	1,82	1,47	1,7	1,61	1,6	1,3	1,64	1,54	1,49	
Matière sèche	%		71,8	74,1	73,9	74,8	88,1	94,5	94,6	94,2	92,4	93,54	93,6	87,2	
Azote Total Kjeldhal	% MS		<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	<0,05	<0,05	
Phosphore total (en P)	mg/ kg MS		303	348	254	384	348	378	773	378	496	291	394	281	
Métaux lourds															
Aluminium	mg/ kg MS		2490	3230	1240	1290	3070	2690	2930	2510	1220	1360	1840	2130	
Arsenic	mg/kg MS	8,2	3,53	6	4,29	9,44	14,1	15,4	13,8	11,9	12,5	8,34	12,2	16,5	
Cadmium	mg/kg MS	1,2	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,40	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,40	<0,40	<0,40	
Chrome Total	mg/kg MS	81	7,47	9,53	5,5	9,05	37,6	27,5	37,6	31,9	61,4	53,3	30,1	28,8	
Cuivre	mg/kg MS	34	<5	<5	<5	<5	5,33	<5	5,42	<5	7,07	6,13	7,39	5,91	
Fer	mg/kg MS		5280	6460	3720	4950	13900	14500	17200	12900	21700	20400	17300	17400	
Mercure	mg/kg MS	0,015	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10	
Nickel	mg/kg MS	21	3,71	5,73	2,45	4,21	14,5	15,1	16,1	11,4	19,6	17,7	12,1	14,5	
Plomb	mg/kg MS	47	6,12	8,94	<5	<5	11,3	10,9	12,4	9,77	9,49	9,22	11	10,5	
Zinc	mg/kg MS	150	18,9	21,2	12,5	8,16	21,1	21,3	22,5	15,5	15,3	16,4	18,6	17	
Micropolluants organiques PCB															
PCB 28	µg/kg MS	1,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
PCB 52	µg/kg MS	2,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
PCB 101	µg/kg MS	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
PCB 118	µg/kg MS	0,6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
PCB 138	µg/kg MS	7,9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
PCB 153	µg/kg MS	40	<1	<1	<1	<1	<1	1,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
PCB 180	µg/kg MS	12	<1	<1	<1	<1	<1	1,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Tableau 9 (suite)

		Bon état écologique DCSMM 2018	N_PB_1	N_PB_2	N_PB_5	N_PB_6	N_PB_11	N_PB_12	N_PB_15	N_PB_16	N_PB_20	N_PB_21	N_PB_22	N_PB_23
Paramètres	Unité	ERL/EAC												
Micropolluants organiques HAP														
Naphtalène	µg/kg MS	160	<2	<2,2	<2,1	<2,1	16	10	<2,1	2,6	<2	5,7	5,7	2,6
Acénaphthylène	µg/kg MS		<2	<2,2	<2,1	<2,1	2,1	<2	<2,1	3	<2	<2,2	2,5	<2,2
Acénaphène	µg/kg MS		<2	<2,2	<2,1	<2,1	13	8,3	2,4	6,5	3,4	6	4,9	2,5
Fluorène	µg/kg MS		<2	<2,2	<2,1	<2,1	12	7,7	4,2	7,5	4,8	5,7	13	6,2
Phénanthrène	µg/kg MS	240	2,7	3,9	2,3	2,8	80	51	2,1	48	27	3,6	31	16
Anthracène	µg/kg MS	85	<2	<2,2	<2,1	<2,1	19	12	4,8	11	6,5	7,5	6,2	4,2
Fluoranthène	µg/kg MS	600	3,4	5	<2,1	5,2	120	79	35	90	46	65	41	25
Pyrène	µg/kg MS	665	3,2	4,6	<2,1	3,7	110	69	29	75	38	55	30	19
Benzo [a] anthracène	µg/kg MS	261	2,7	3,3	<2,1	2,2	62	39	16	45	22	32	20	12
Chrysène	µg/kg MS	384	<2	3,2	<2,1	2,8	62	39	19	45	22	30	25	15
Benzo [b] fluoranthène	µg/kg MS		4,1	5,1	<2,1	4,2	110	68	29	74	38	44	45	20
Benzo [k] fluoranthène	µg/kg MS		<2	<2,2	<2,1	2,4	19	12	12	24	13	11	11	5,3
Benzo [a] pyrène	µg/kg MS	430	3,1	4	<2,1	<2,1	69	43	16	44	22	40	21	14
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	µg/kg MS	240	2	2,9	<2,1	<2,1	36	23	8,9	24	14	20	15	9,4
Di benzo [a,h] anthracène	µg/kg MS		<2	<2,2	<2,1	<2,1	16	10	3	7,4	4,6	9,9	7,2	4
Benzo [g,h,i] pérylène	µg/kg MS	85	<2	3	<2,1	<2,1	39	25	12	32	16	23	16	9,8
HAP totaux	µg/kg MS		21	36	3	24	790	500	210	540	280	390	290	170
7 HAP	µg/kg MS		7,4	16,3	< 2	10,2	317	201	74,8	229	120,5	127,1	124,2	71,7
Dérivés de l'étain														
TBT	µg/kg MS		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DBT	µg/kg MS		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
MBT	µg/kg MS		<2	<2	<2	<2	<2	2,4	<2	<2	<2	<2	3,5	2,5
Indices														
Indice COT			3	3	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
Indice Azote NTK			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice Phosphore			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Indice de pollution organique			3	4	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2

5.2 Suivi de la qualité de l'eau

L'ensemble des résultats des analyses d'eau sont présentés en Annexe 1.

5.2.1 Température

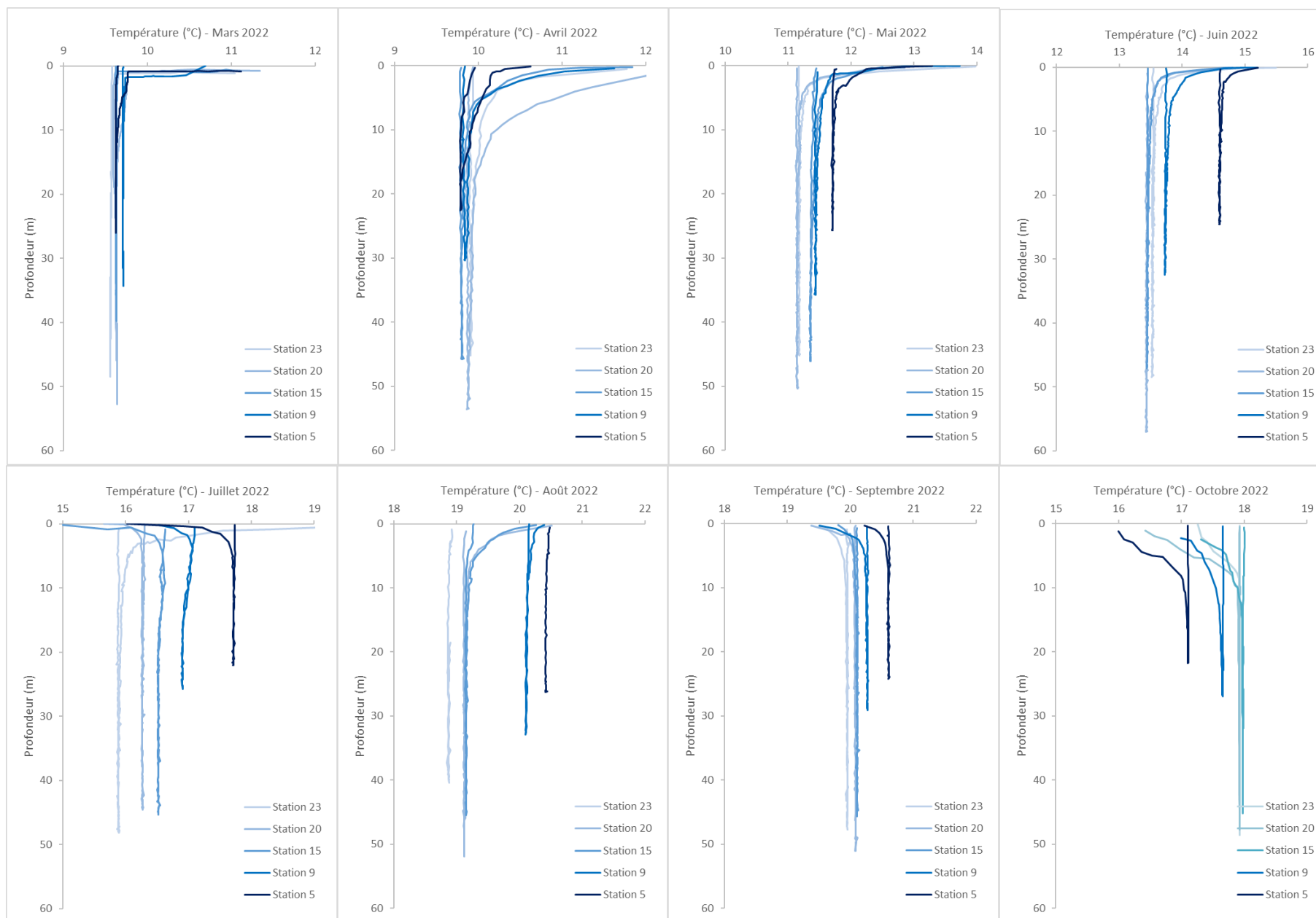
La température mesurée sur les cinq stations du suivi varie de 7,65°C (Station 9 en surface en février) à 20,61 °C (Station 5 au fond en septembre). Chaque mois (dates précisées dans le Tableau 4), les températures mesurées aux cinq stations du suivi sont homogènes entre les stations et dans la colonne d'eau (Figure 43).



Figure 43 : Températures mesurées chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.

La Figure 44 présente les profils mesurés chaque mois à chaque station du suivi. Bien que ne présentant pas de différences significatives, un gradient côte large se dessine entre les stations avec des températures plus chaudes à la côte entre mai et septembre et plus froides entre octobre et avril.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement



Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

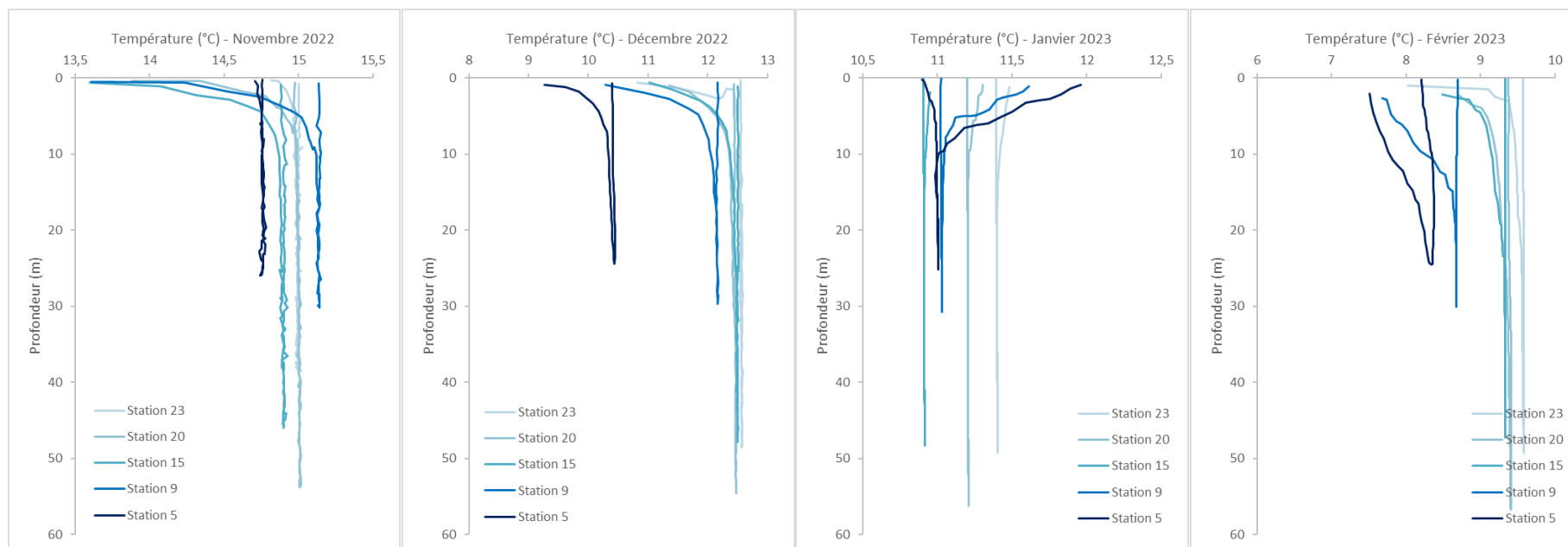


Figure 44 : Profils de température mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large).

Ces mesures sont comparables aux mesures du réseau REPHY à la station des Gougins effectuées entre 2006 et 2021 (Figure 45, Figure 46). Cette comparaison montre que les mesures de 2022-2023 ne diffèrent pas des données antérieures et traduisent d'une année « normale ».

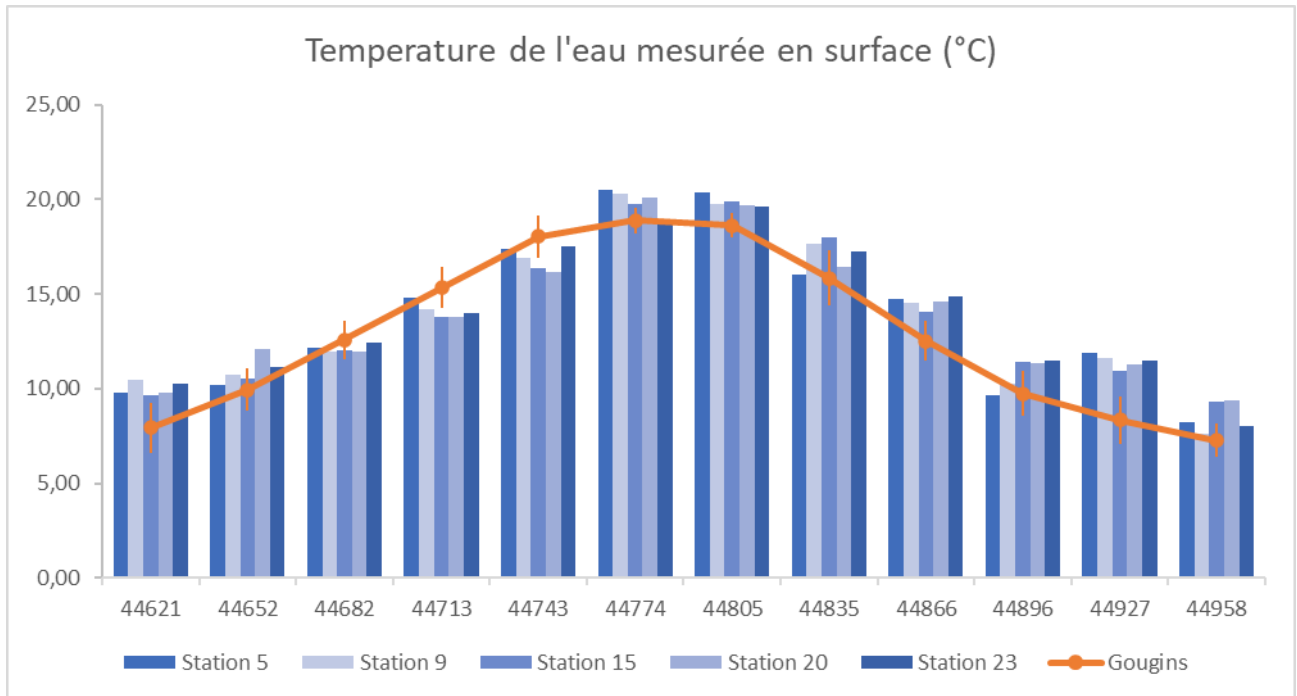


Figure 45 : Comparaison des températures enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les températures moyennes mesurées entre 2006 et 2021 à la station REPHY des Gougins en subsurface.

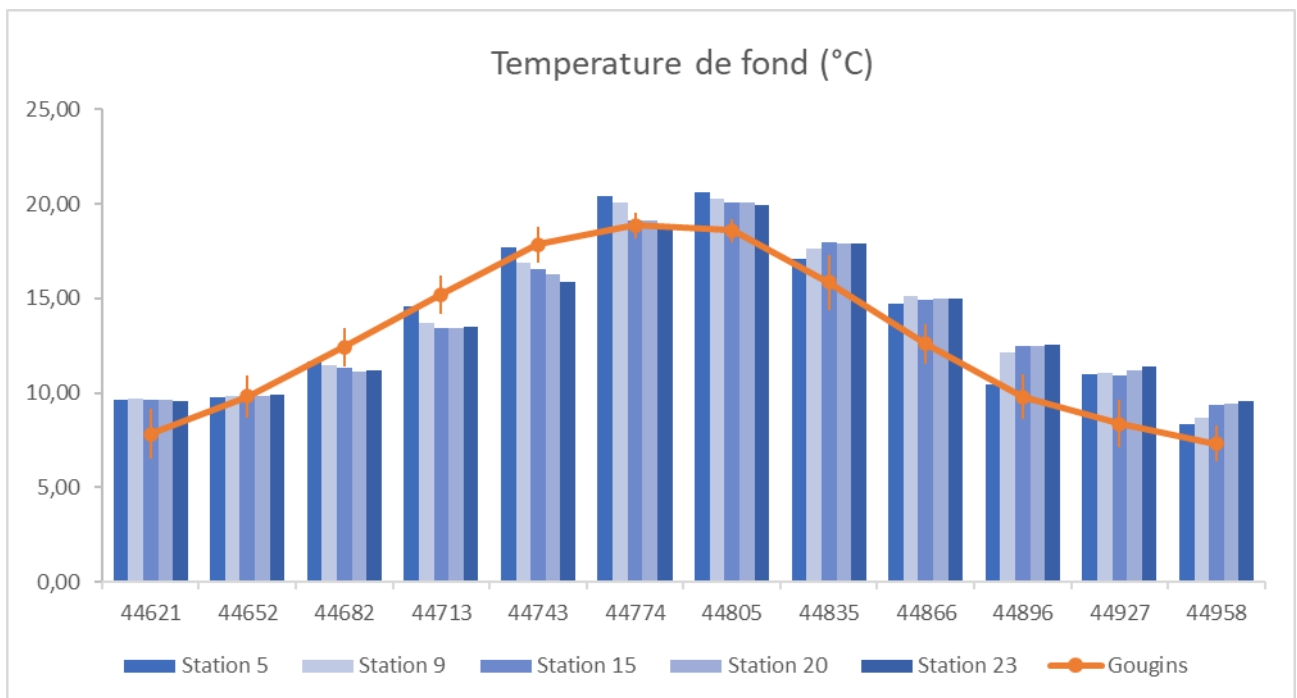


Figure 46 : Comparaison des températures enregistrées au fond pour les 5 stations du suivi avec les températures moyennes mesurées entre 2006 et 2021 à la station REPHY des Gougins au fond.

5.2.2 Salinité

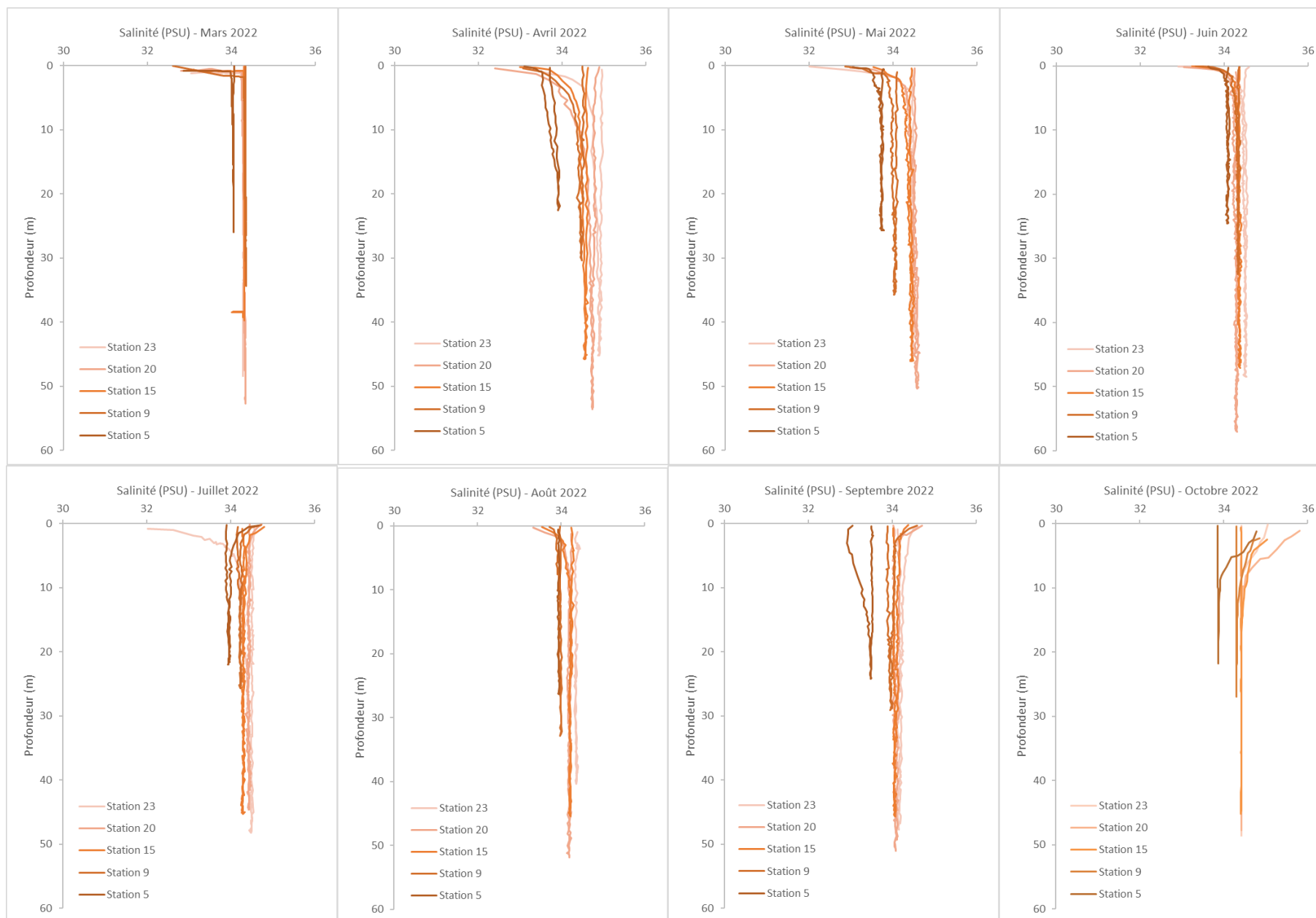
En 2022, la salinité mesurée varie de 32,6 PSU (Station 23 en surface en juillet 2022) à 37,6 PSU (Station 9 en surface en décembre 2022). En surface, les salinités sont minimales de mars à mai et maximales d'octobre à décembre (Figure 47). Les cinq stations sont globalement homogènes entre elles et dans la colonne d'eau. Les disparités apparaissent surtout en surface avec un léger gradient côte-large.



Figure 47 : Salinités mesurées chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4.

La Figure 48 présente les profils mesurés à chaque station entre mars 2022 et février 2023. Il apparaît que la station 5, la plus côtière, présente des salinités légèrement plus faibles que les autres stations. Cette différence traduit une influence des apports côtiers.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement



Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

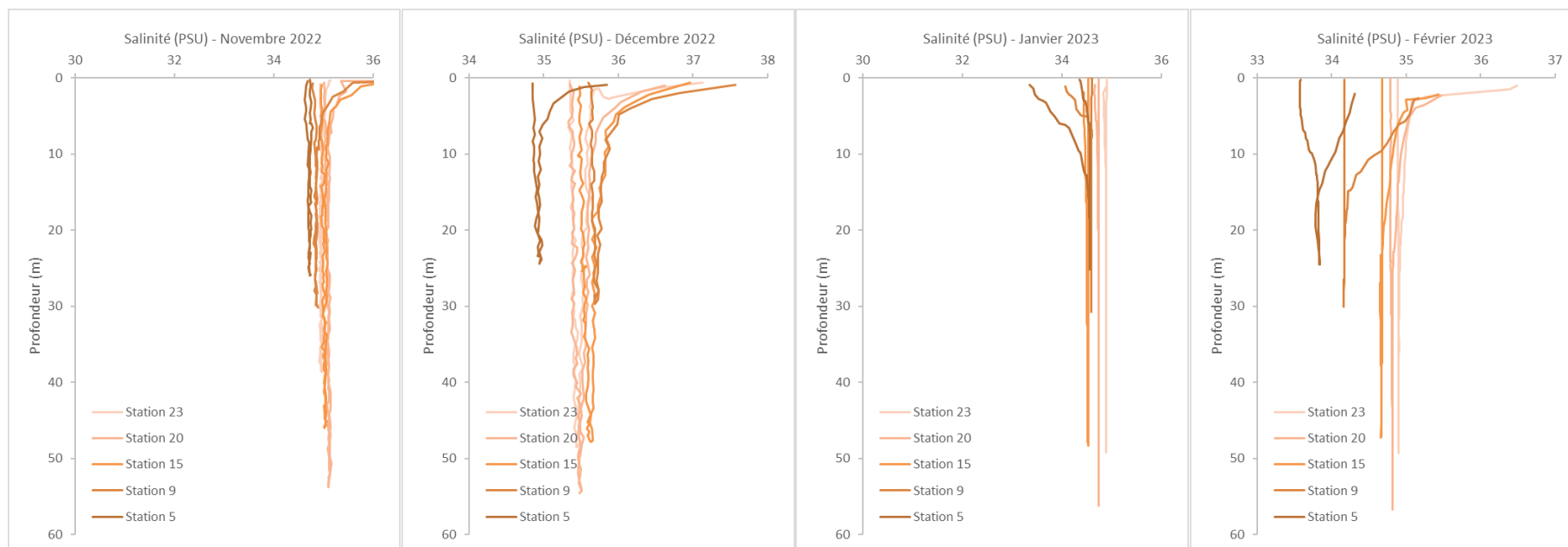


Figure 48 : Profils de salinité mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large).

Les salinités de surface mesurées le long de l'aire d'étude immédiate sont comparables celles mesurées aux Gougins, station du réseau REPHY (moyenne de 2006 à 2021) à l'exception de la période entre octobre et décembre où elles sont supérieures (Figure 49). Au fond, les salinités sont généralement supérieures à celles de la station des Gougins (Figure 50). La station des Gougins étant nettement plus proche de la côte que les stations de suivi, elle peut subir de façon plus importante l'influence des apports terrestres expliquant ainsi une salinité plus faible.

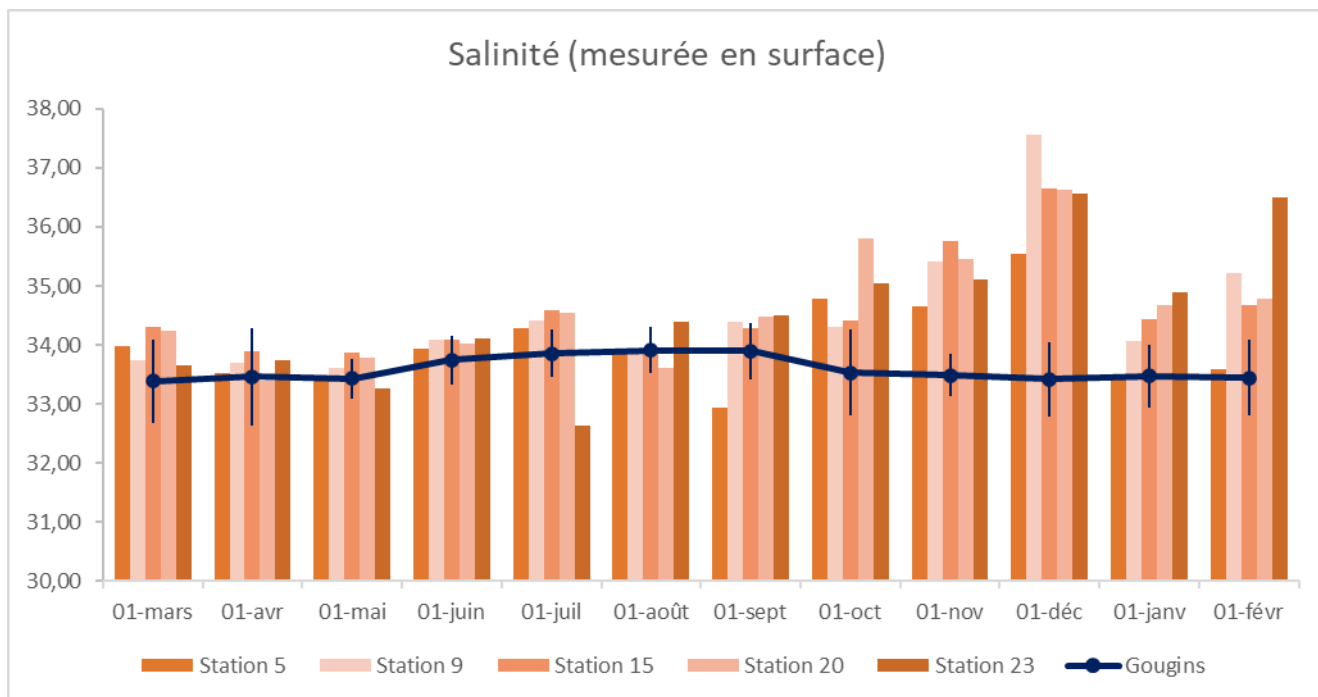


Figure 49 : Comparaison des salinités enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les salinités moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.

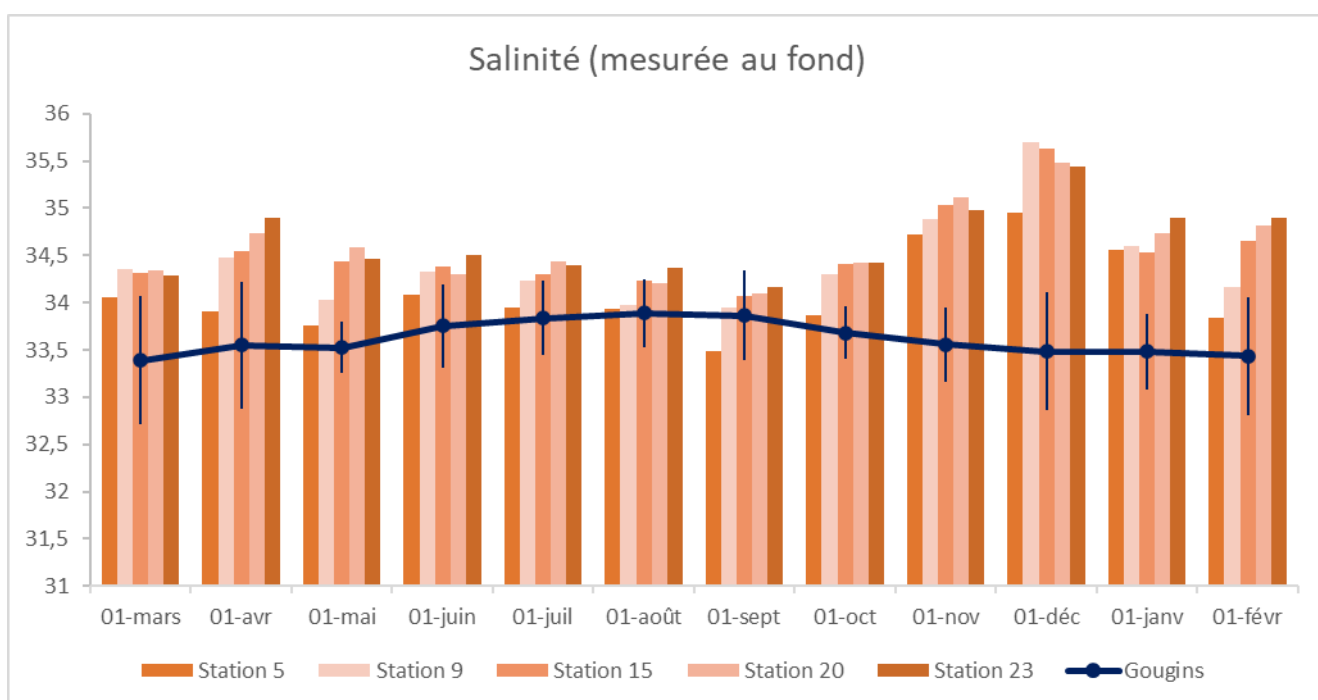


Figure 50 : Comparaison des salinités enregistrées au fond pour les 5 stations du suivi avec les salinités moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.

5.2.3 Oxygène

De nombreux facteurs sont susceptibles d'influer la teneur en oxygène du milieu, qu'ils soient de nature physique (température, salinité, hydrodynamisme), chimique (oxydation) ou biologique (phénomènes de respiration et de photosynthèse). Ce paramètre contribue à l'évaluation de la qualité des masses d'eau littorales dans le cadre de la DCE.

Au cours de ce suivi, la concentration en oxygène a varié de 7,2 (Station 23 en juillet) à 12,4 mg/l (Station 23 en février) (Figure 51). Les valeurs inférieures à 8,33 mg/L, valeurs de référence en Manche Atlantique⁴ ont lieu :

- En surface à la station 23 en juillet et aux stations 15 et 20 en août ;
- A mi-hauteur à la station 15 en septembre et aux stations 15, 20 et 23 en octobre ;
- Au fond aux stations 15 et 20 en septembre et aux stations 15, 20 et 23 en octobre.

Les valeurs supérieures à 10 mg/L sont surtout observées pour l'ensemble des stations aux mois de mai et de décembre sur l'ensemble de la colonne d'eau. Le reste du temps, les valeurs sont proches de la valeur de référence de 8,33 mg/L (Figure 52).

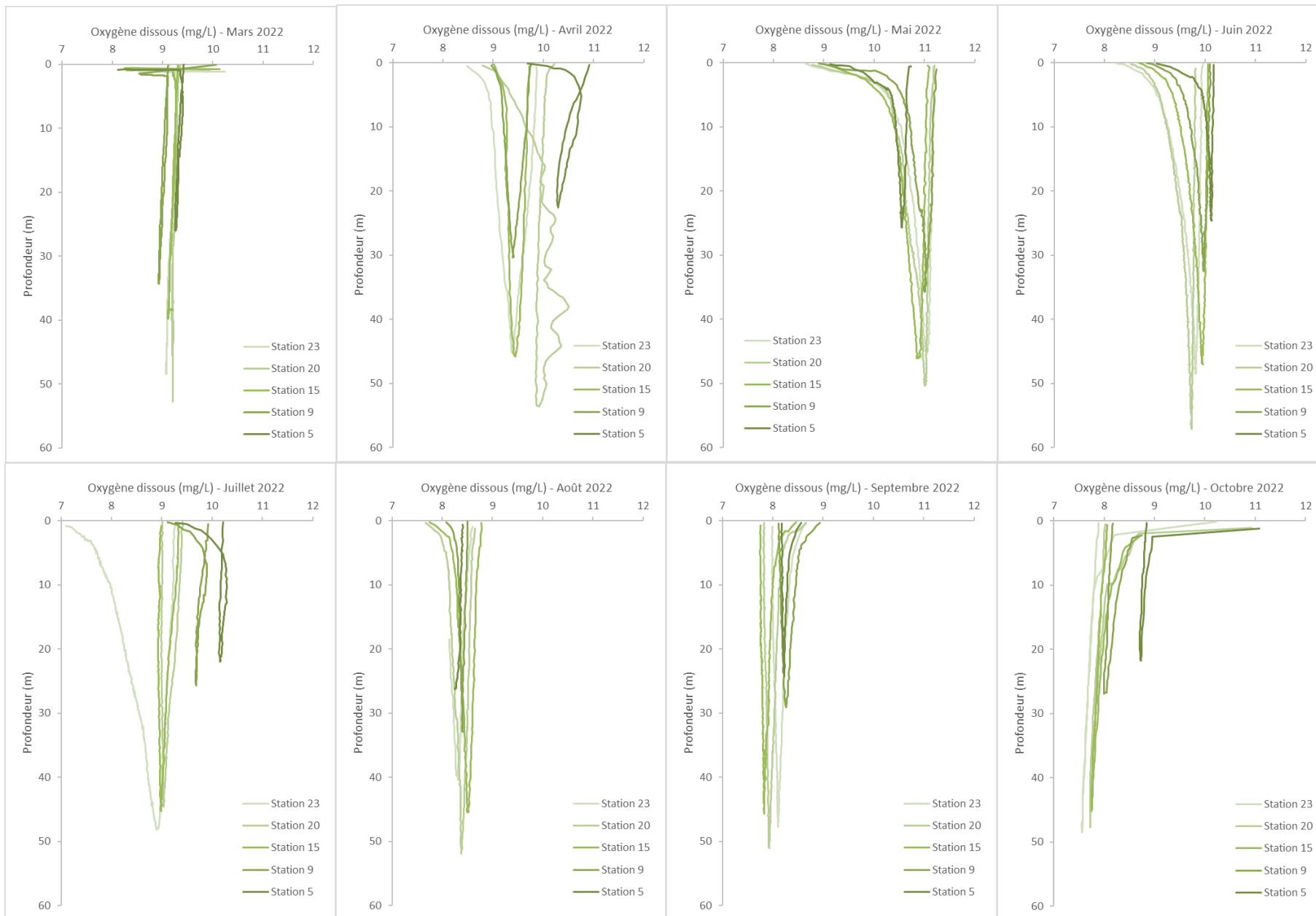


Figure 51 : Concentrations en Oxygène dissous mesurées chaque mois entre mars 2022 et février 2023 chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

L'ensemble de ces valeurs traduit une « très bonne qualité de l'eau » d'après les critères d'évaluation de la qualité des masses d'eau (Figure 53).

⁴ https://envlit.ifremer.fr/documents/autres_documents/fiches_descriptives/element_de_qualite_oxygene_dissous

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement



Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

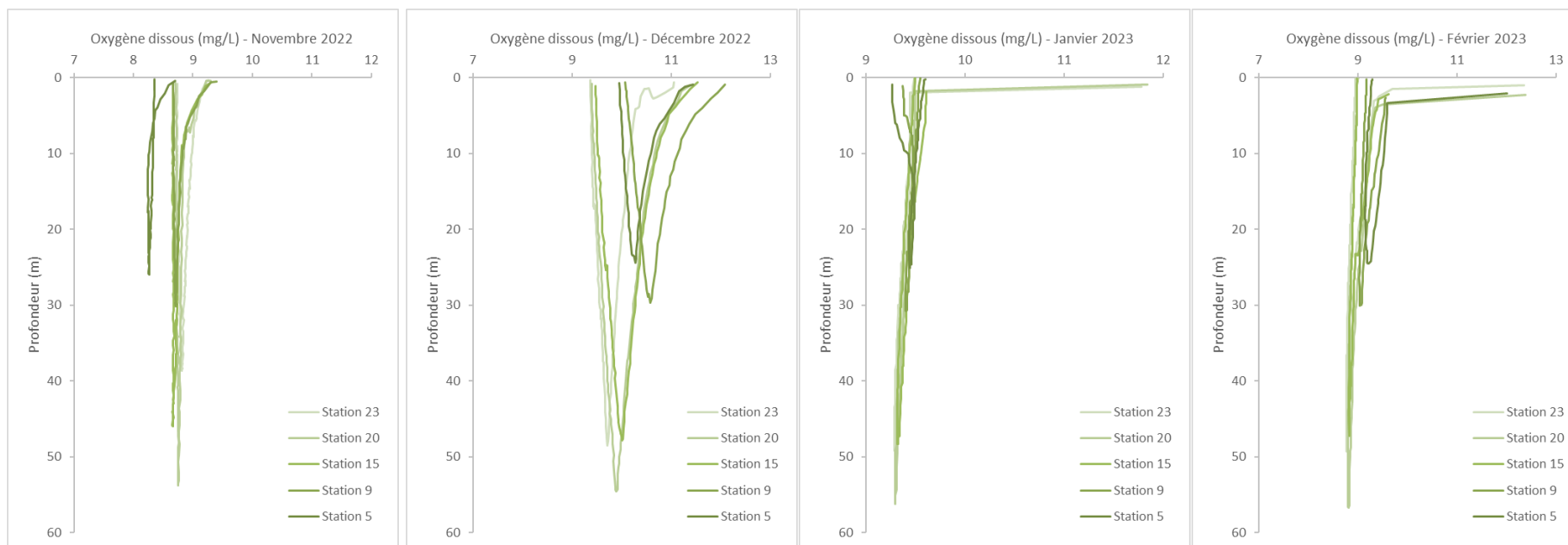


Figure 52 : Profils des concentrations en oxygène dissous mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large)

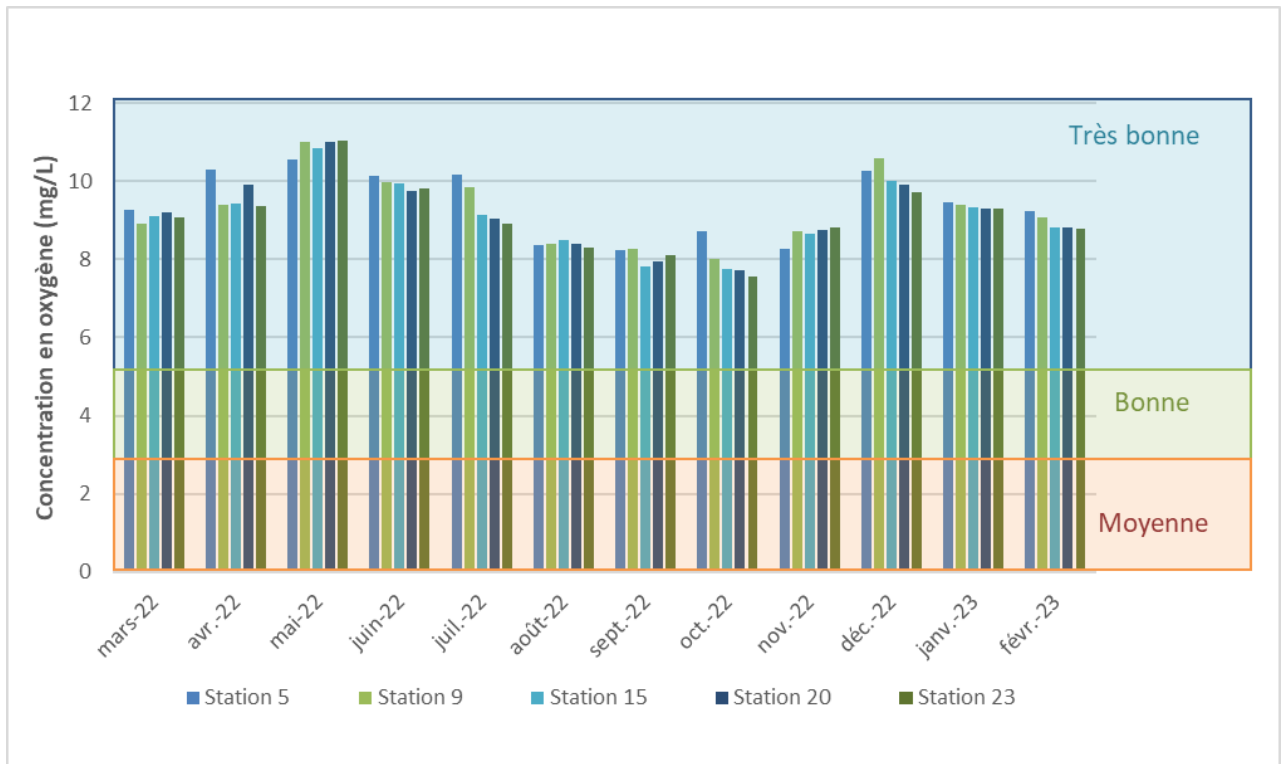


Figure 53 : Evaluation de la qualité de l'eau d'après les critères DCE pour la concentration en oxygène (mg/L) : > 5 pour une très bonne qualité ; entre 3 et 5 pour une bonne qualité ; et < 3 pour une qualité moyenne. Les concentrations considérées correspondent à celles mesurées au fond.

La concentration en oxygène suit généralement un profil saisonnier avec les valeurs les plus élevées en début de cycle précédant le développement des organismes hétérotrophes consommateurs d'oxygène et des valeurs minimum pendant et post bloom. Dans ce cas, les données laissent supposer un bloom de mi-juillet à novembre.

Les valeurs mesurées et leurs variations sont conformes à ce qui a été mesuré depuis 2006 à la station des Gougins en surface (Figure 54) et au fond (Figure 55).

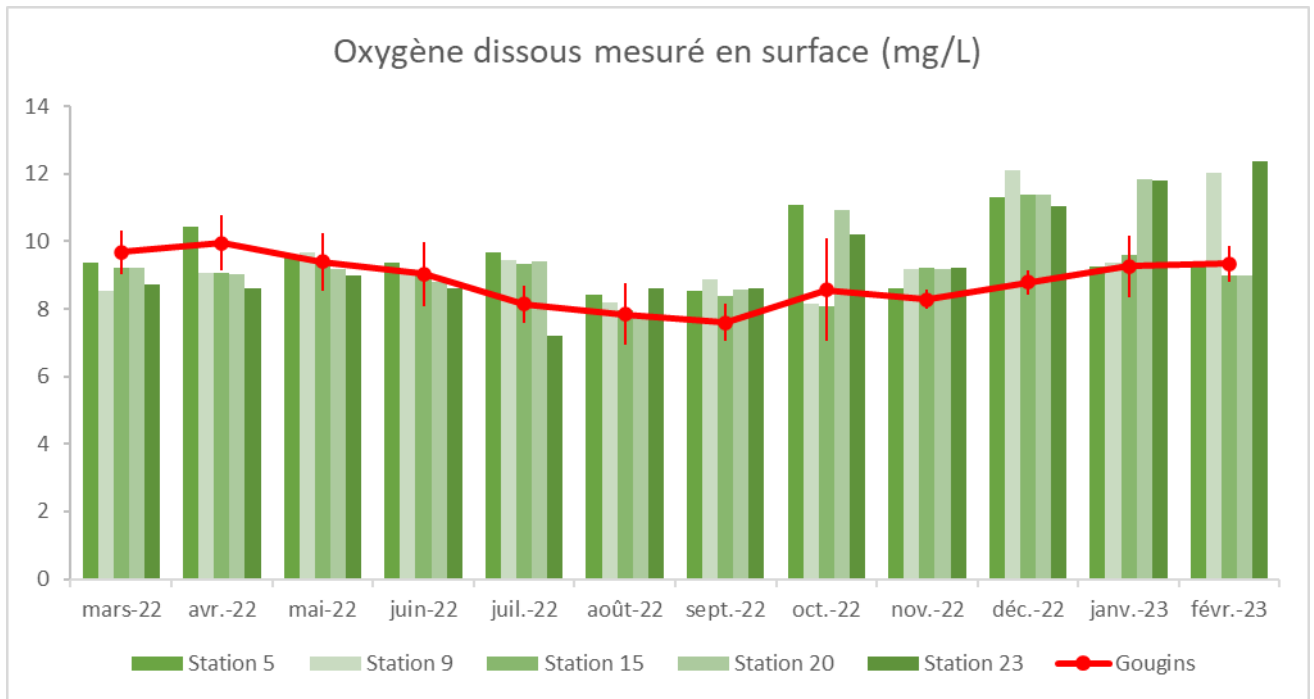


Figure 54 : Comparaison des concentrations en oxygène dissous enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.

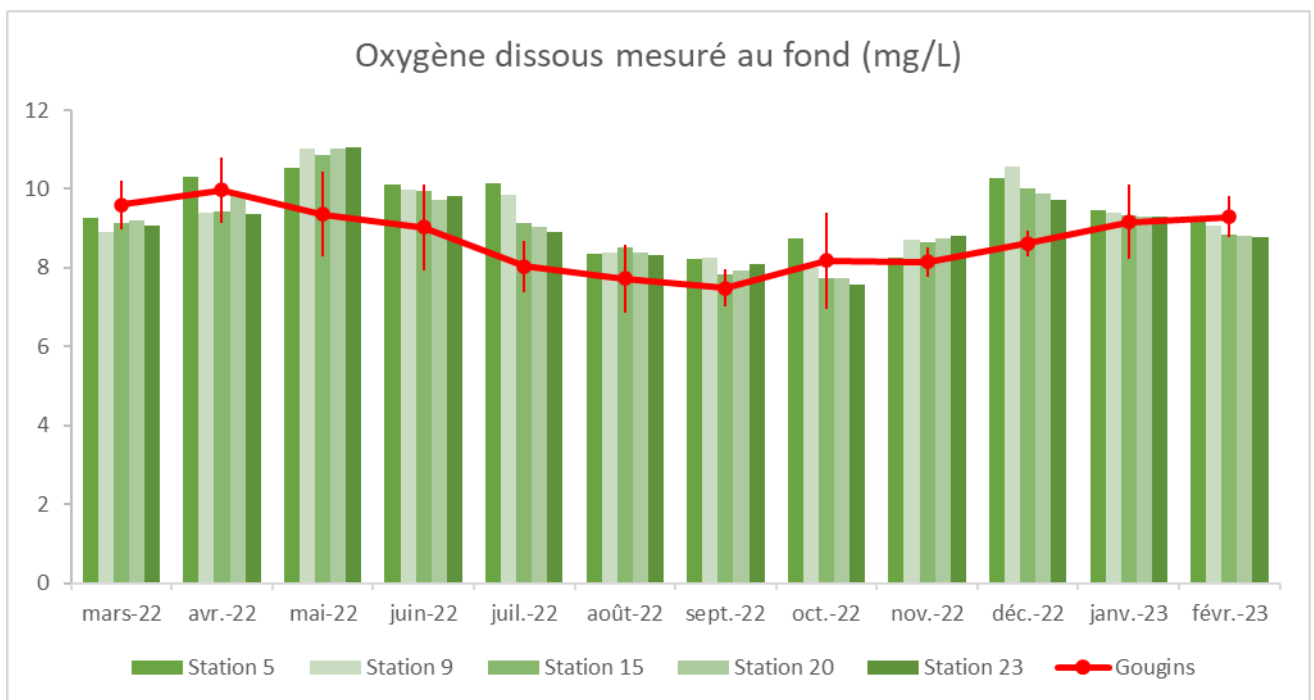


Figure 55 : Comparaison des concentrations en oxygène dissous enregistrées au fond pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins.

5.2.4 Turbidité et MES

Au cours du suivi, la turbidité a été mesurée dans les prélèvements d'eau mais également lors des profils de sonde. Les mesures réalisées sur les prélèvements montrent que la turbidité varie de 0,2 à 10 NTU de mars à novembre 2022 et de 0 à 326 NTU entre décembre 2022 et février 2023, les mois les plus turbides (Figure 56). L'ensemble des turbidités de surface mesuré entre mars et octobre sont inférieures à 30 NTU ce qui traduit une très bonne qualité de l'eau d'après les critères DCE. (Figure 57).

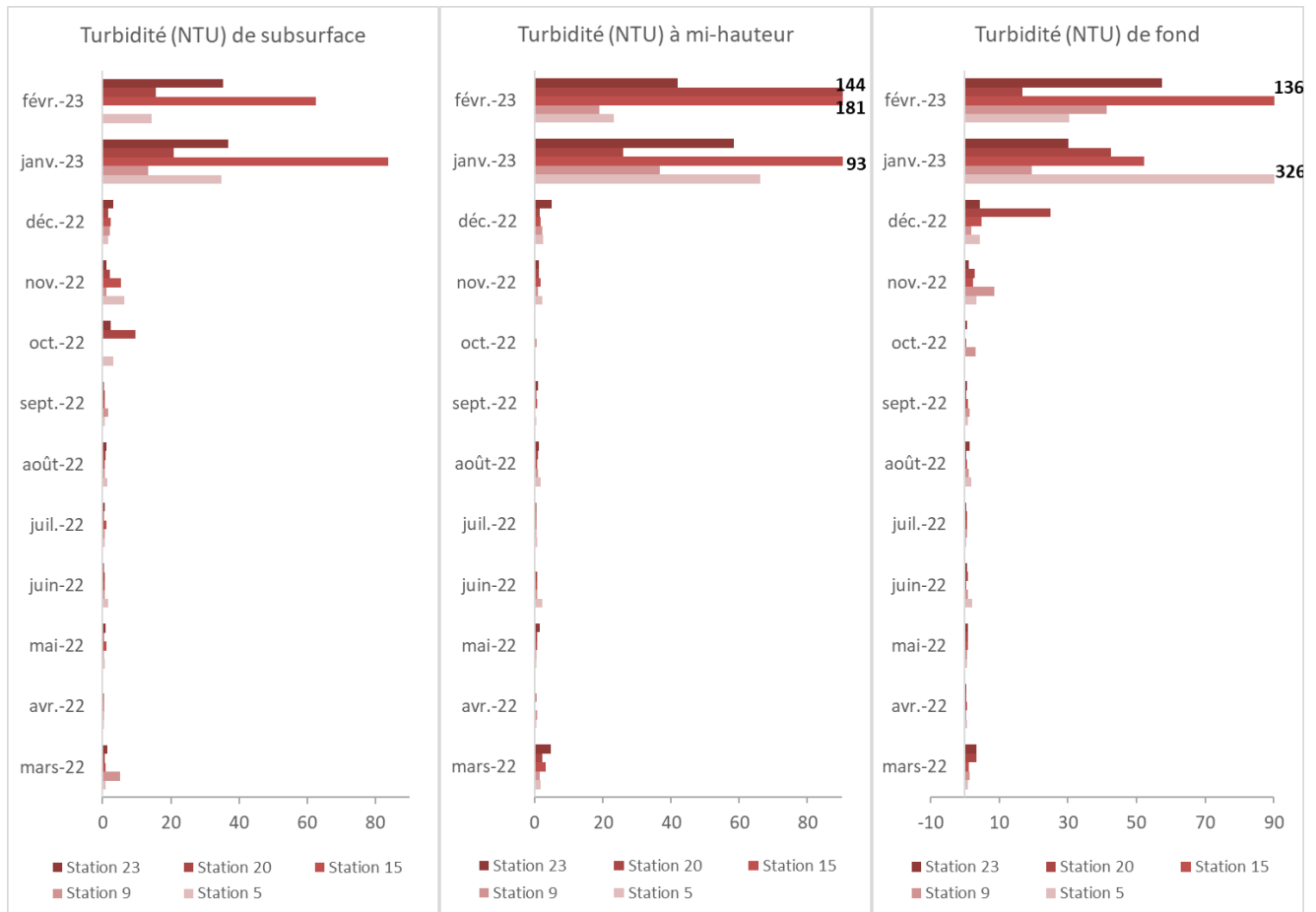


Figure 56 : Turbidités (NTU) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

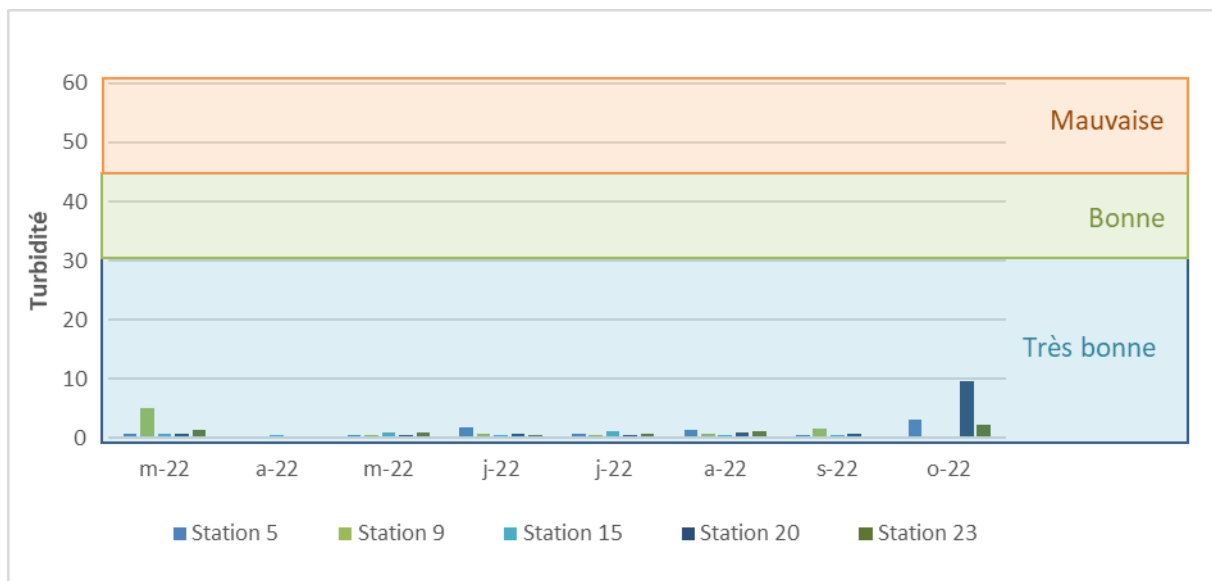
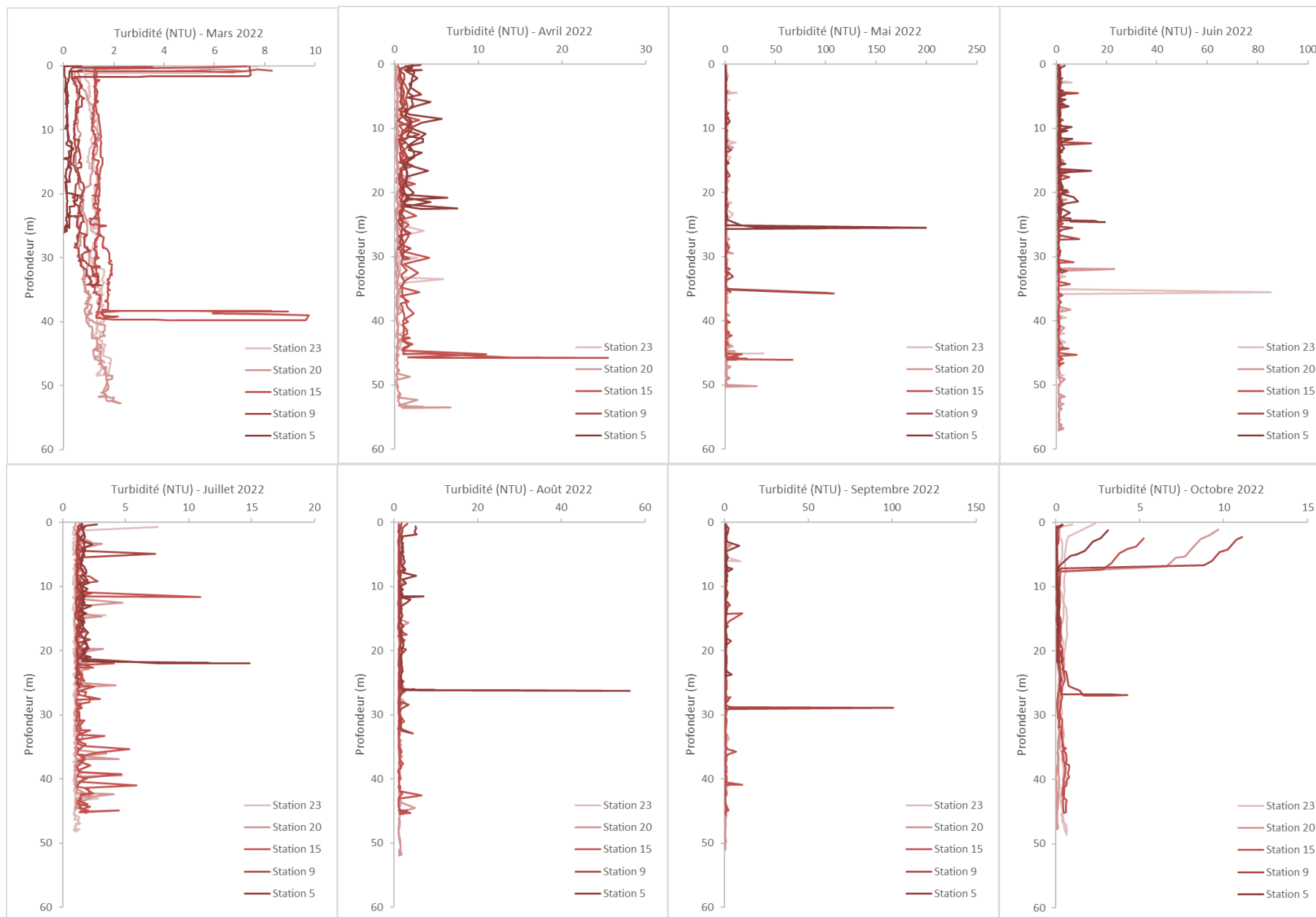


Figure 57 : Evaluation de la qualité de l'eau d'après les critères DCE pour la turbidité/transparence : < 30 pour une très bonne qualité ; entre 30 et 45 pour une bonne qualité ; et > 45 pour une qualité moyenne. Seules les turbidités mesurées entre mars et octobre en surface sont considérées.

La Figure 58 présente les profils de turbidité mesurés entre mars 2022 et février 2023 dans la colonne d'eau. Les valeurs de turbidité restent comprises entre 0 et 10 NTU à toutes les stations entre mars et décembre 2022. Les turbidités les plus fortes sont enregistrées en janvier – février 2023. Les mesures faites proches du fond présentent également de fortes valeurs de turbidité par une remise en suspension des sédiments.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement



Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

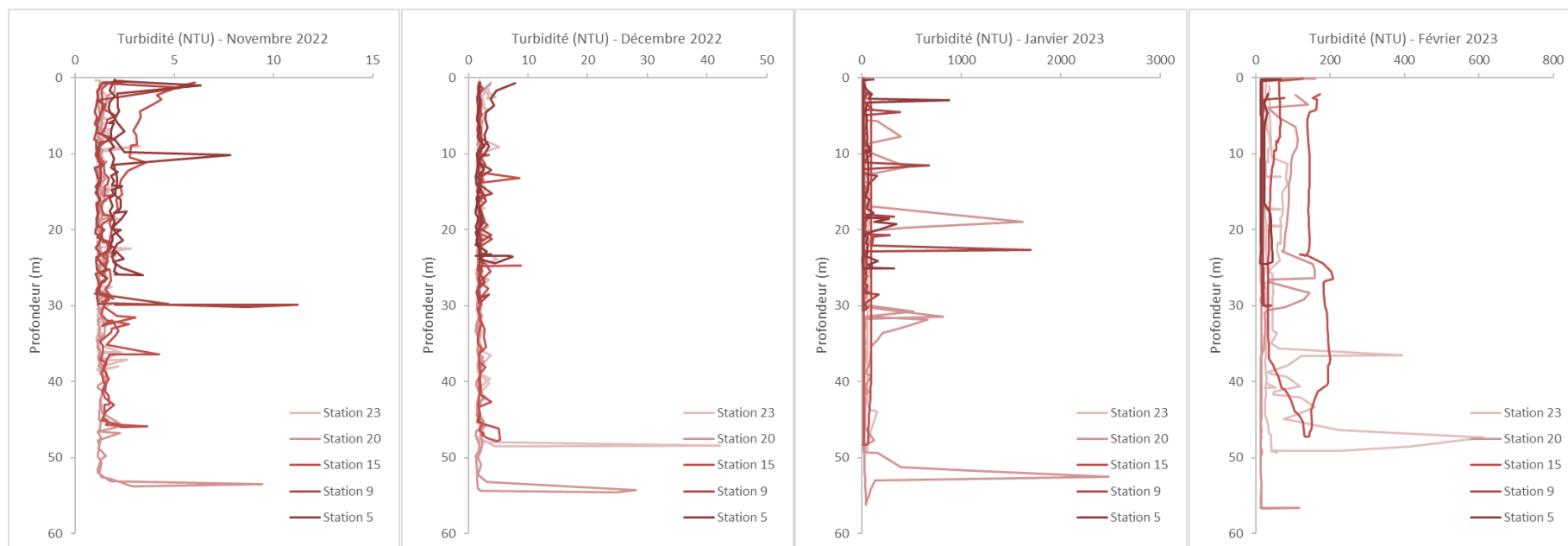


Figure 58 : Profils des concentrations en turbidité (NTU) mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large)

Les concentrations en matières en suspension (MES) ont été mesurées dans les prélèvements d'eau aux cinq mêmes stations. Comme pour la turbidité, les concentrations les plus fortes ont été mesurées en mars 2022 et février 2023, notamment au fond. Une deuxième période de turbidités élevées est observable en septembre – octobre 2022 sur l'ensemble de la colonne d'eau.

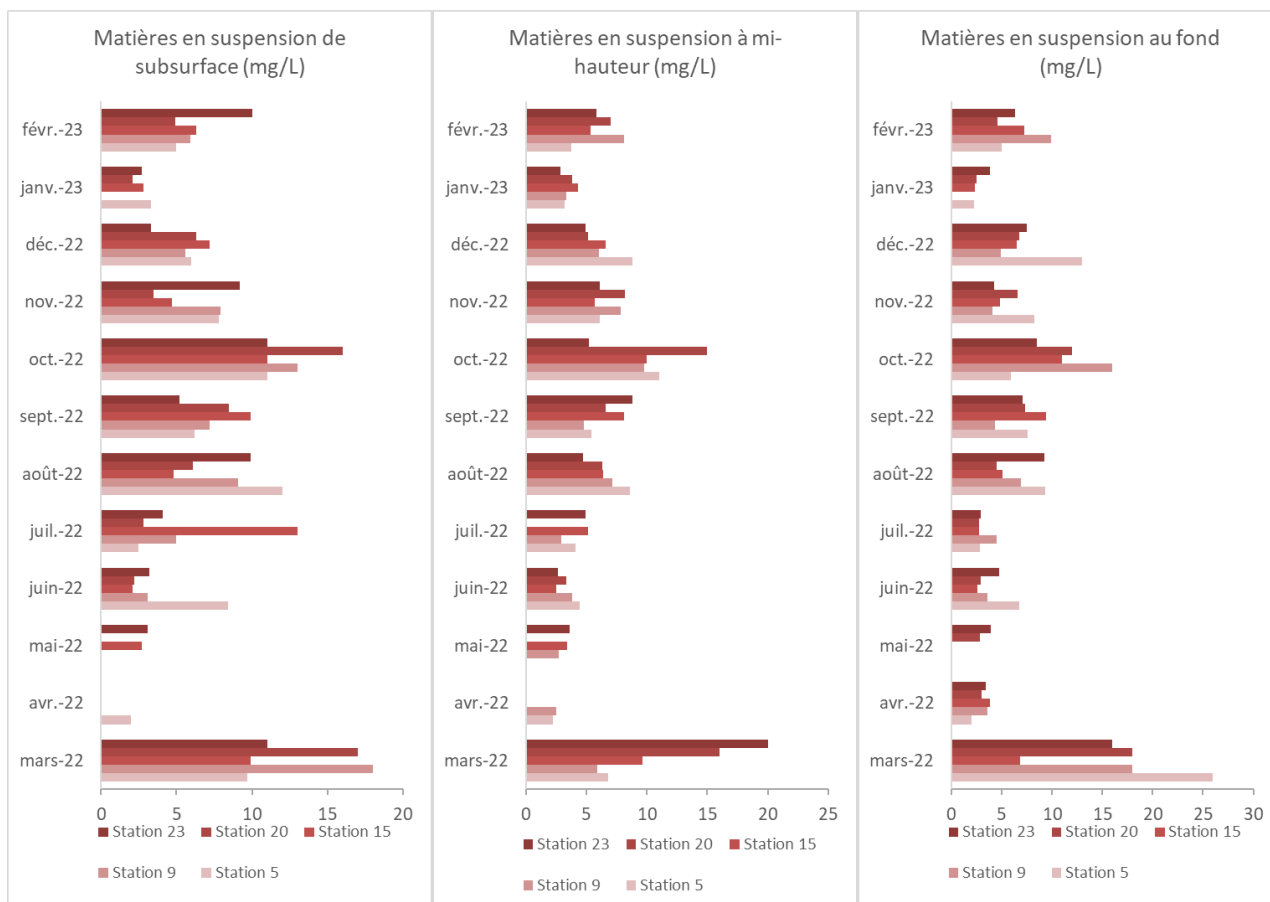


Figure 59 : Concentrations en matières en suspension (MES en mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

5.2.5 Chlorophylle *a*

La Figure 60 présente les données de chlorophylle mesurées dans les prélèvements d'eau à l'exception de la période entre mai et août 2022 où les données ont été complétées par celles du modèle MARS 3D. Elles sont comparables à celles réalisées *in situ*. En surface, les teneurs en chlorophylle *a* varient de 0,8 à 5,9 µg/L avec un gradient côte-large. Au fond, les teneurs sont plus homogènes entre les stations avec des valeurs comprises entre 0,1 et 6,1 µg/L. Les valeurs les plus fortes sont observées en avril - mai et en septembre - octobre à la station la plus proche de la côte. Ces concentrations traduisent une eau de très bonne qualité d'après les critères d'évaluation de la DCE.

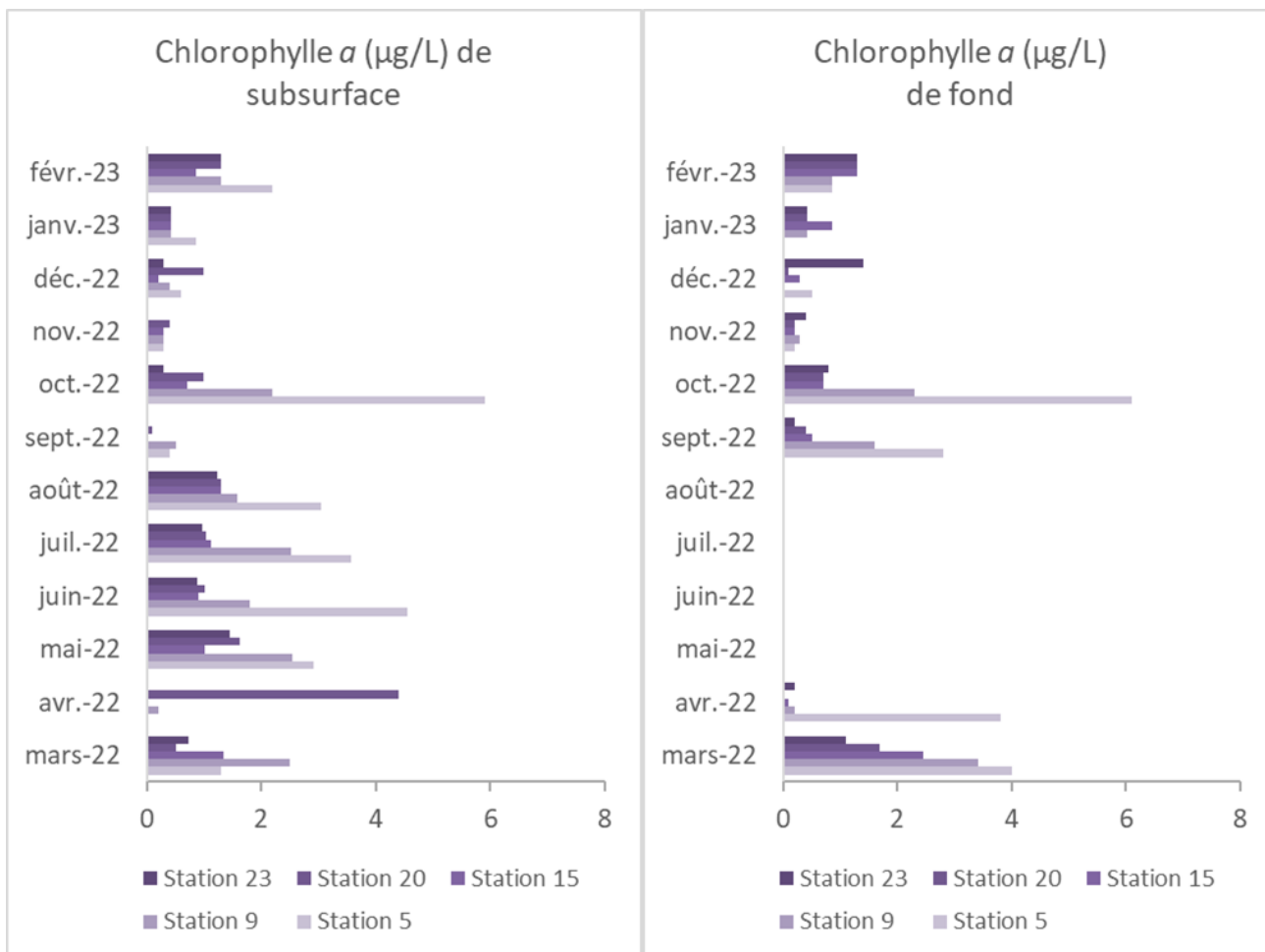


Figure 60 : teneur en chlorophylle *a* (µg/L) mesurée chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi en surface et au fond. Les données de mai à août 2022 sont issues des données satellites obtenues sur le site de MARS 3D (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

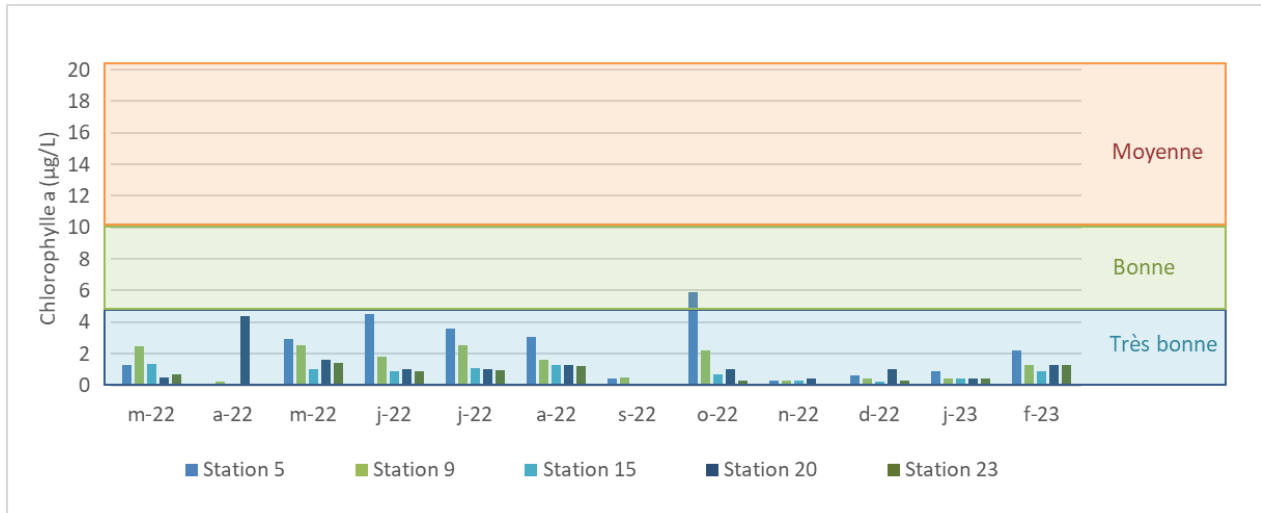
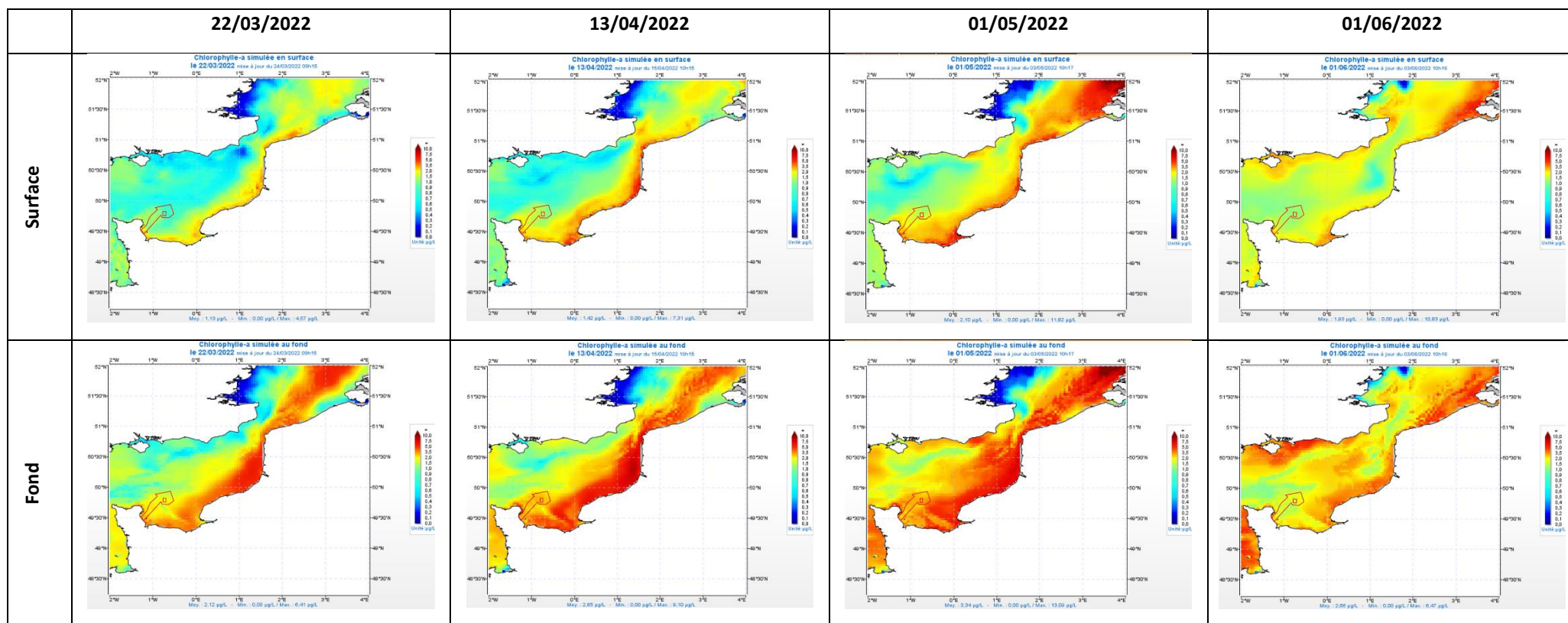


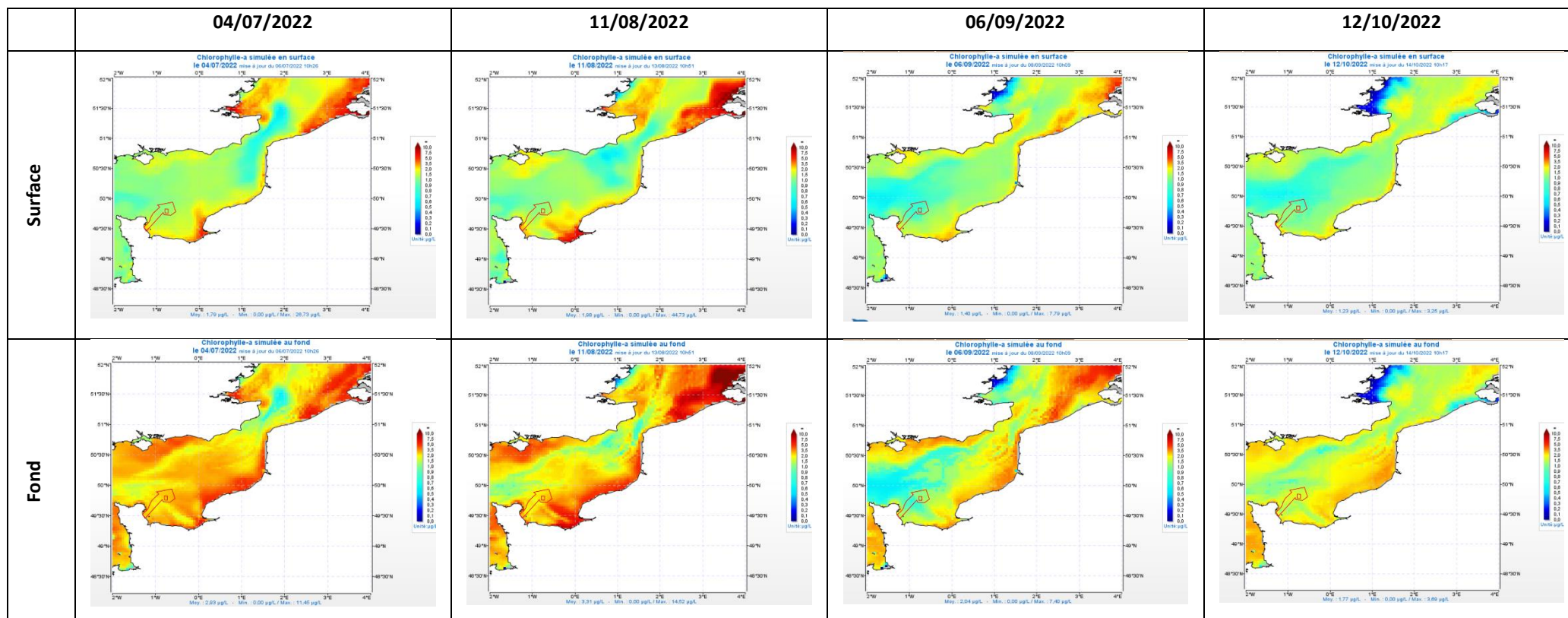
Figure 61 : Evaluation de la qualité de l'eau d'après les critères DCE pour la chlorophylle a : < 5 µg/L pour une très bonne qualité ; entre 5 et 105 pour une bonne qualité ; entre 10 et 20 pour une qualité moyenne ; entre 20 et 40 pour une qualité médiocre et > 40 pour une mauvaise qualité.

La Figure 62 présente les modélisations de MARS 3D pour les dates du suivi. Les périodes de fortes productions primaires semblent être avril – mai et juillet à août. Les concentrations sont plus élevées au fond qu'en surface.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement



Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement



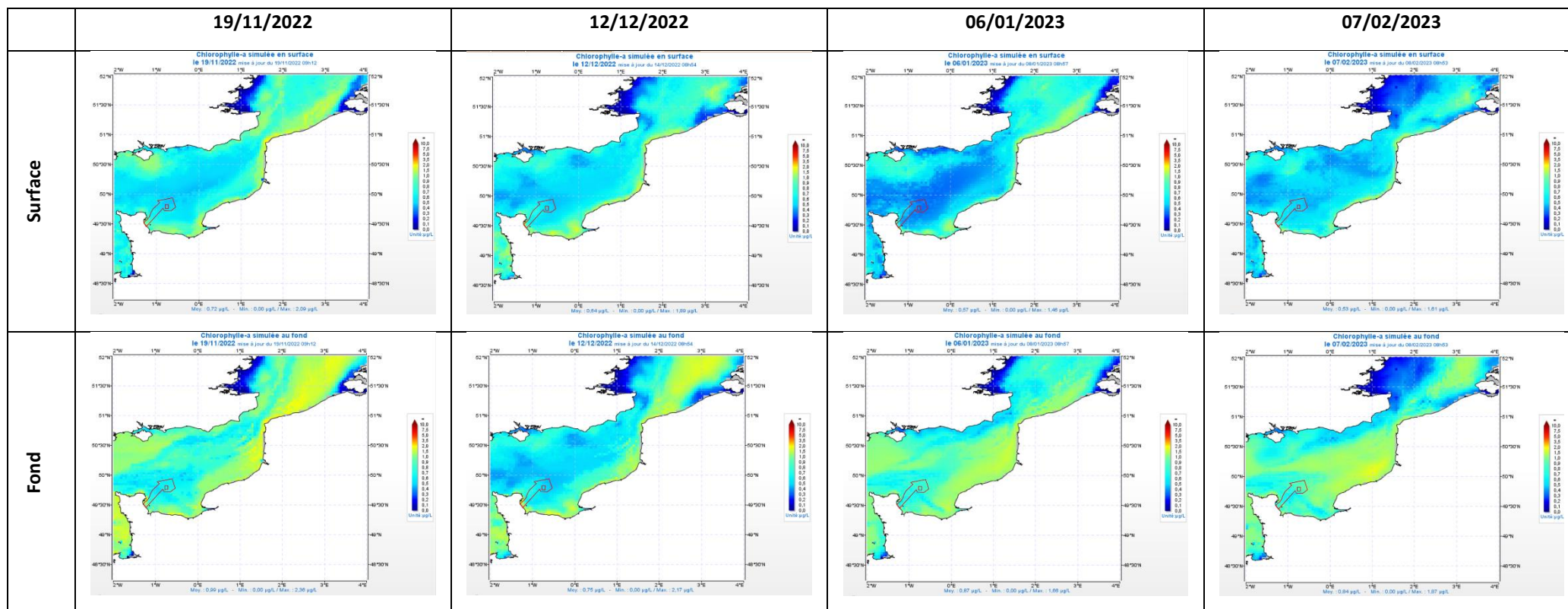


Figure 62 : Concentration en chlorophyllie a ($\mu\text{g/L}$) modélisée à l'échelle de la Manche par le projet MARS3D pour chaque mois du suivi de mars 2022 à février 2023.

5.2.6 pH

Les valeurs de pH mesurées entre avril et décembre 2022 varient entre 8,0 (station 5 en novembre) et 8,8 (Station 5 en septembre). Les valeurs sont homogènes dans la colonne d'eau et entre les stations. Les valeurs les plus élevées sont mesurées en mai 2022 et les plus faibles en novembre - décembre 2022.

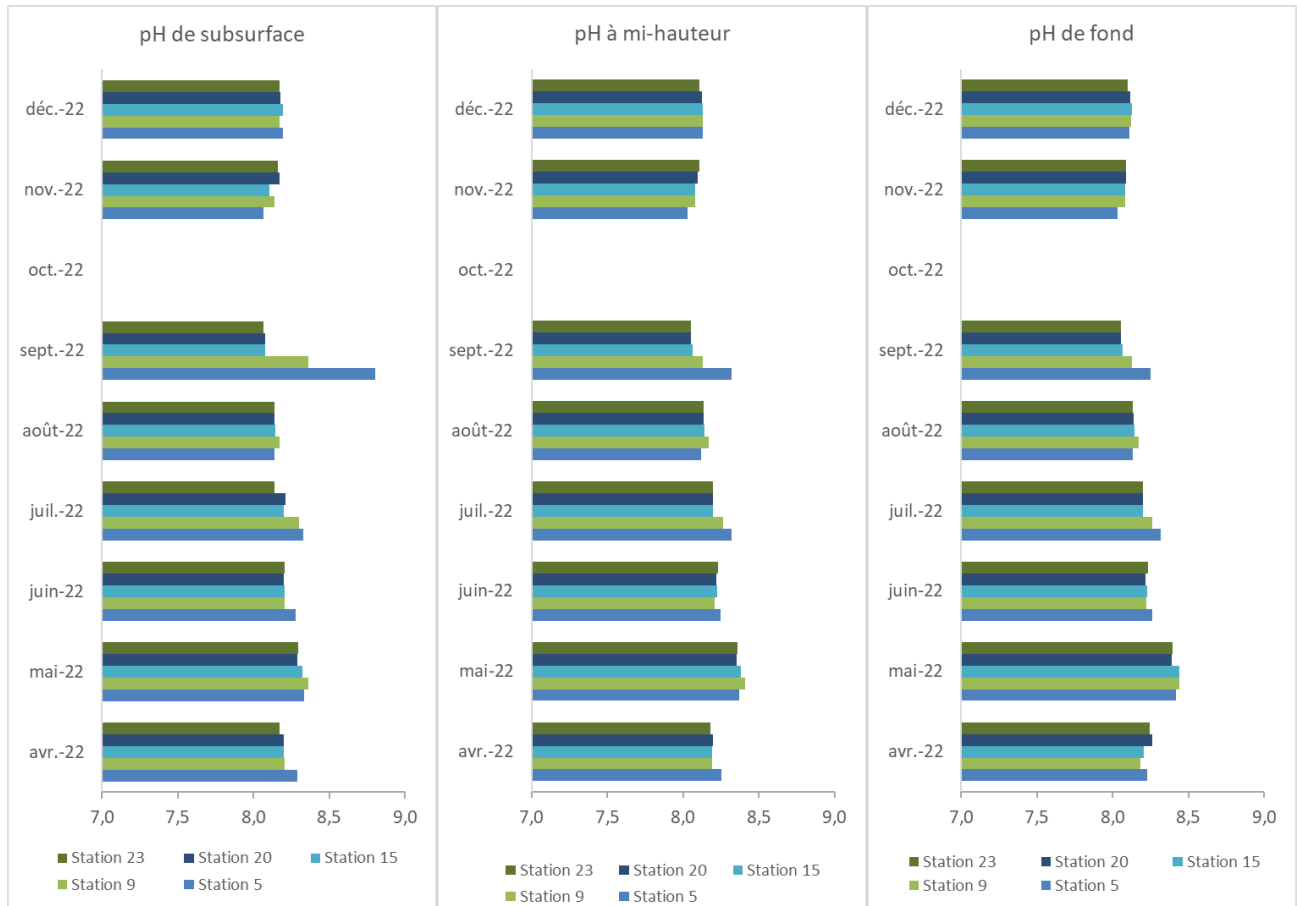


Figure 63 : pH mesuré chaque mois entre avril et décembre 2022 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

La Figure 64 présente les profils de pH mesurés à chaque station entre avril et décembre 2022. Les colonnes d'eau et les stations sont globalement homogènes entre elles. Seules les stations 5 et 9 se distinguent entre juin et août avec des valeurs plus élevées.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

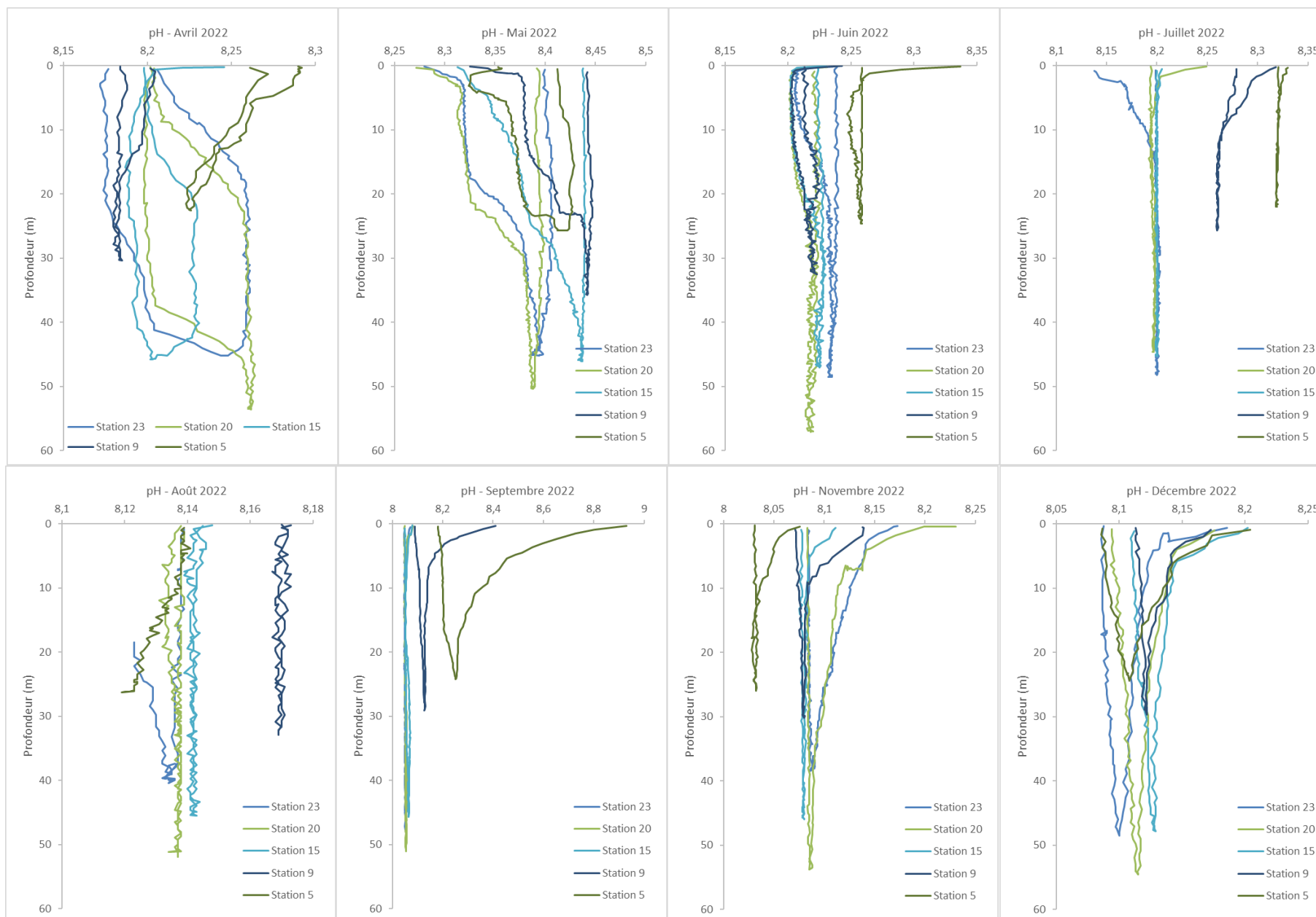


Figure 64 : Profils de pH mesurés chaque mois à chaque station du suivi (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large)

5.2.7 Nutriments

5.2.7.1 Nutriments azotés

Ammonium

Les concentrations mesurées entre mars 2022 et février 2023 varient de 0,25 à 33,1 $\mu\text{mol/L}$ (Figure 65). Les valeurs sont comparables dans toute la colonne d'eau. Les valeurs maximales sont enregistrées entre juin et septembre 2022 alors qu'elles sont minimales en mars et avril. Un gradient côte-large existe avec des concentrations plus élevées aux stations côtières (stations 5 et 9).

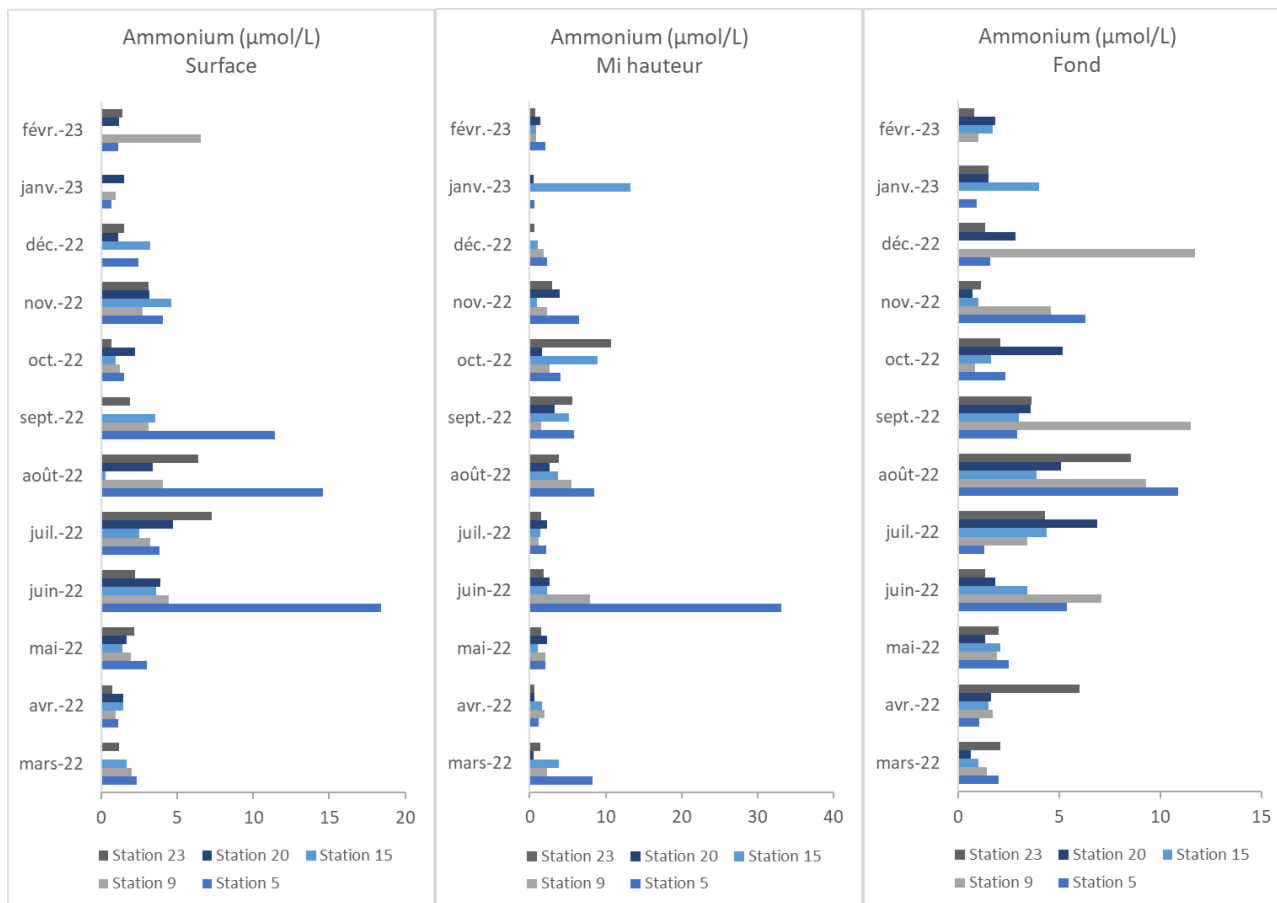


Figure 65 : Concentrations en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

Ces concentrations sont globalement conformes à celles dosées à la station REPHY des Gougins à l'exception de la période entre juin et septembre 2022. Durant cette période, les concentrations mesurées en 2022 sont nettement supérieures à la moyenne des Gougins (Figure 66).

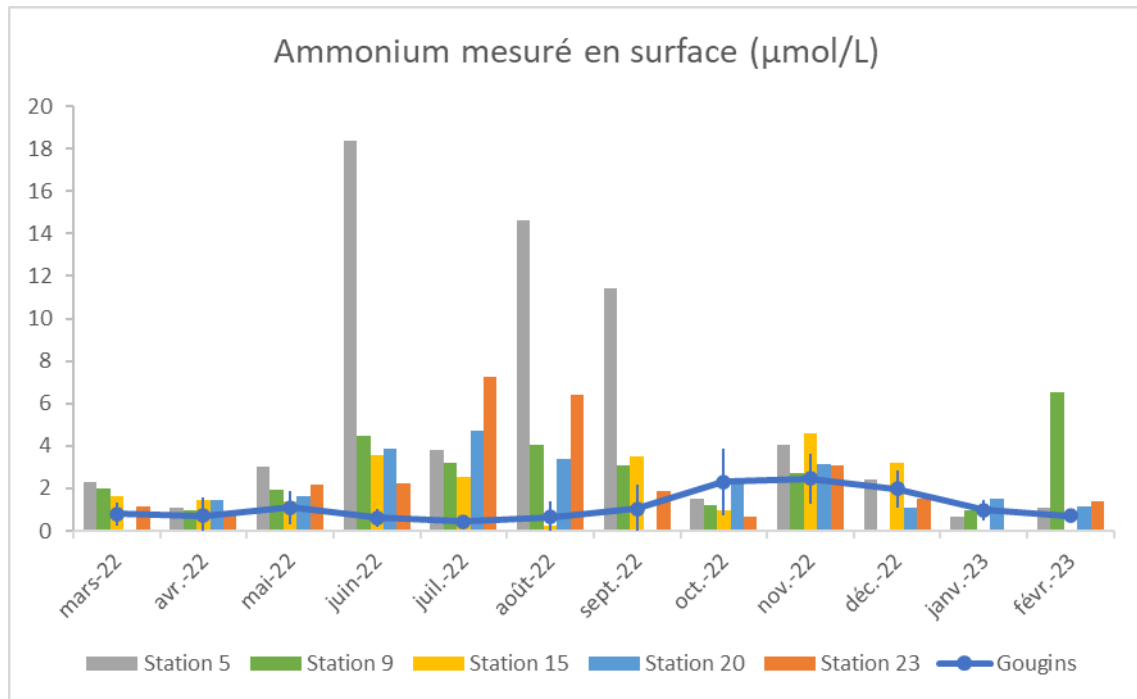


Figure 66 : Comparaison des concentrations en ammonium dosées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes en ammonium enregistrées à la station REPHY des Gougins.

Nitrates

Les concentrations mesurées en 2022-2023 varient entre 0,35 (Station 5 en juillet) et 360 µmol/L (Station 9 en décembre). Les valeurs maximales sont mesurées en mars 2022 puis entre décembre 2022 et février 2023. Les concentrations au fond sont sensiblement plus faibles. Les concentrations en nitrates sont minimales entre mai et août (Figure 67). Cette dynamique est comparable à celle mesurée au Gougins pour les nitrates et les nitrites cumulés. Les nitrites y représentent une part négligeable avec des concentrations inférieures à 2 µmol/L.

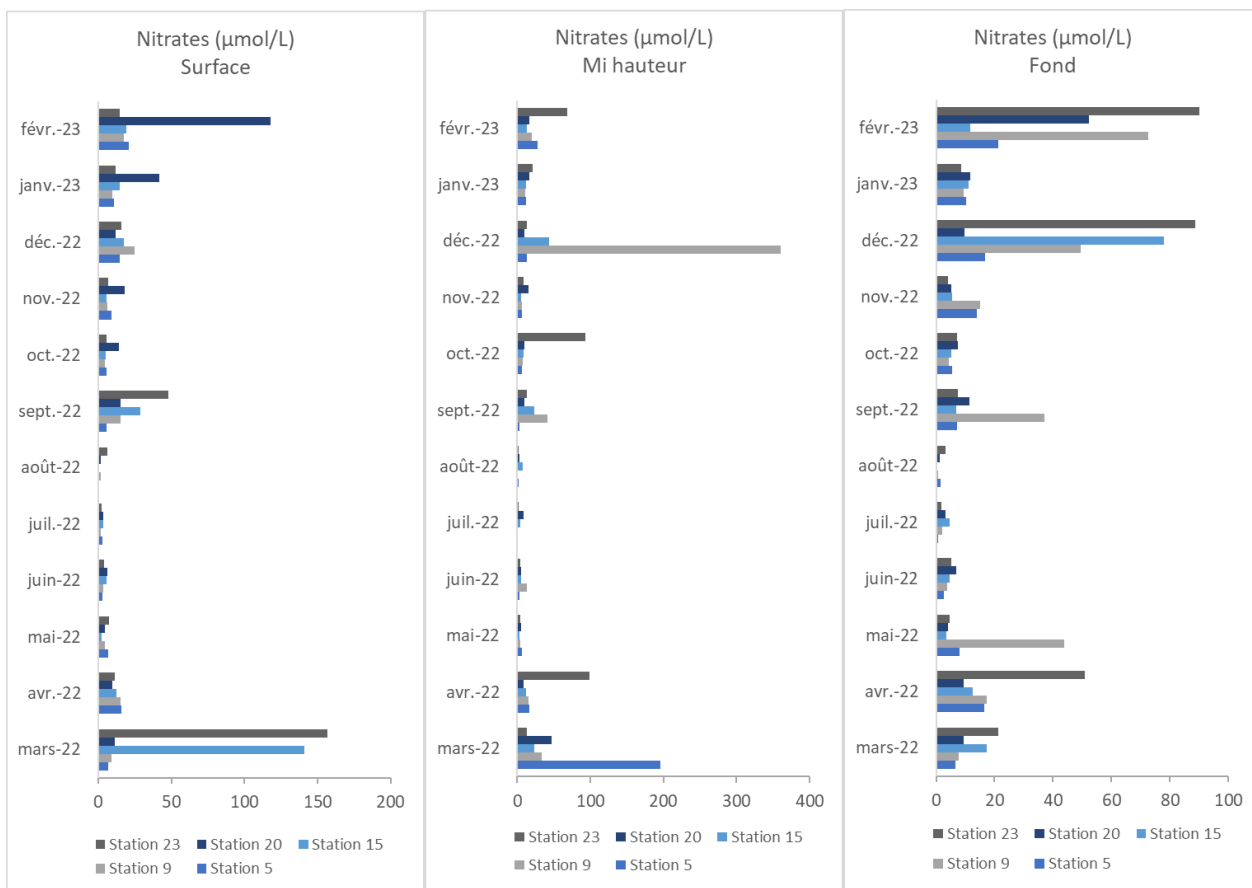


Figure 67 : Concentrations en nitrates (µmol/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars et septembre 2022 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

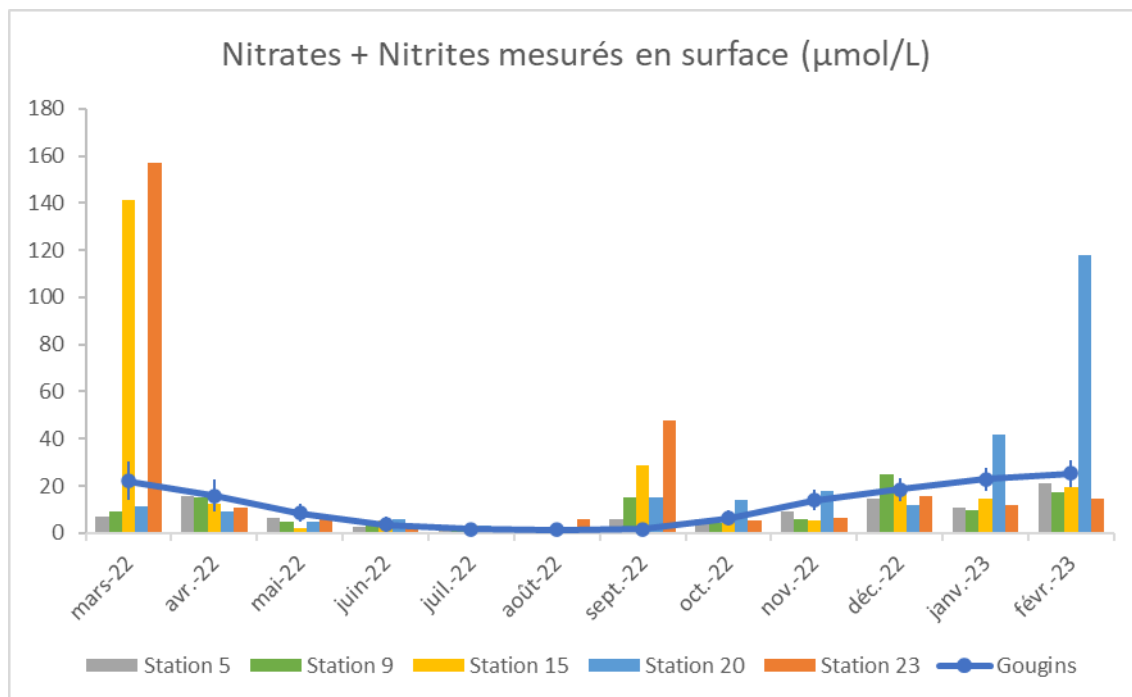


Figure 68 : Comparaison des concentrations en nitrates enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations (nitrates + nitrites) moyennes enregistrées à la station REPHY des Gougins entre 2006 et 2021.

Nitrites

Les concentrations en nitrites mesurées entre mars 2022 et février 2023 varient entre $< 0,04$ (Station 5 et 9 en août en septembre) et $1,6 \mu\text{mol/L}$ (Station 20 en mars). Les gammes de variation sont comparables dans toute la colonne d'eau. Les valeurs maximales sont mesurées entre octobre et décembre 2022. Elles sont minimales entre avril et septembre. Un gradient côte-large est visible avec des concentrations généralement plus élevées à la côte en début et fin d'année et au large entre juillet et septembre.

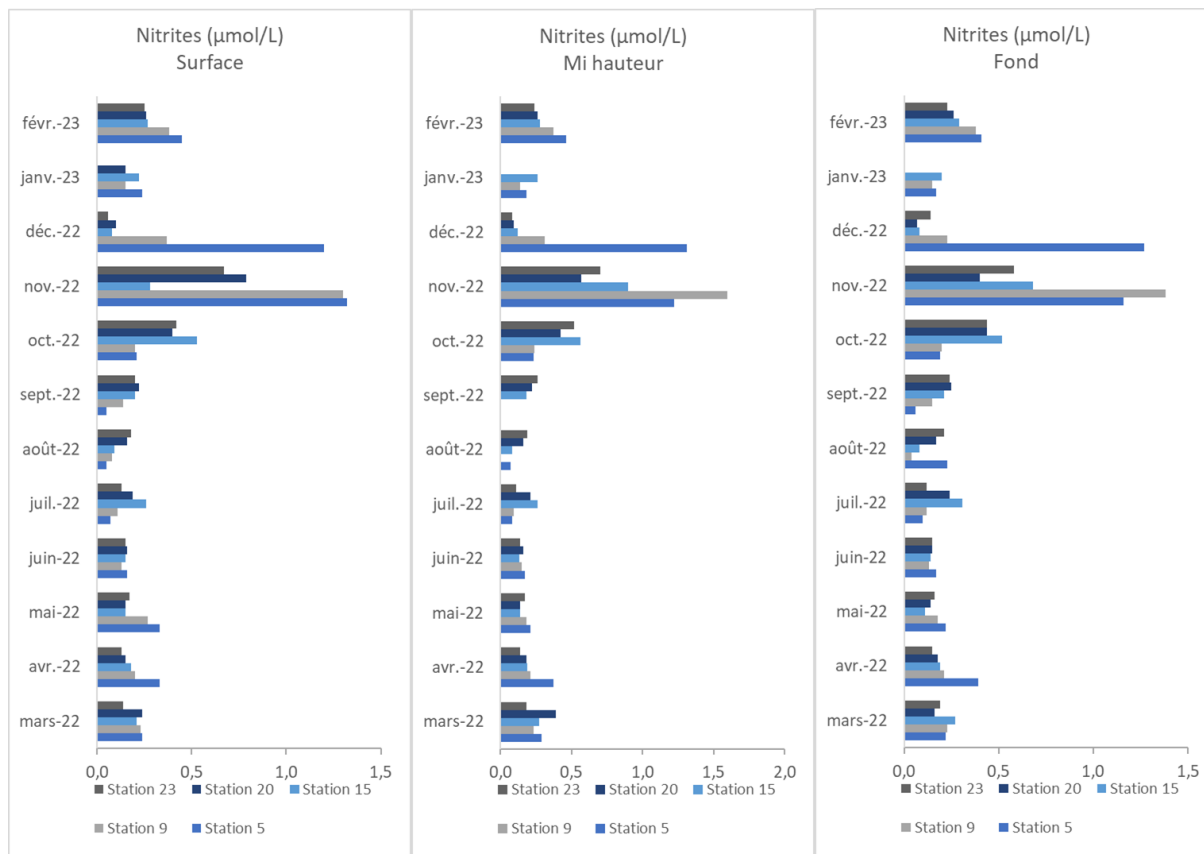


Figure 69 : Concentrations en nitrites ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars et septembre 2022 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

NID

Les concentrations en nitrites, nitrates et ammonium mesurées permettent d'estimer le critère NID de la DCE. La métrique est calculée pour des valeurs mensuelles en surface de novembre à février.

Au cours du suivi et de cette période, cet indice varie de 8,3 à 113. Globalement, la qualité de l'eau peut être qualifiée de bonne voire de très bonne. Seules les concentrations mesurées en janvier – février à la station 20 et en particulier les concentrations en nitrates élevées traduiraient une qualité de l'eau moyenne (Figure 70).

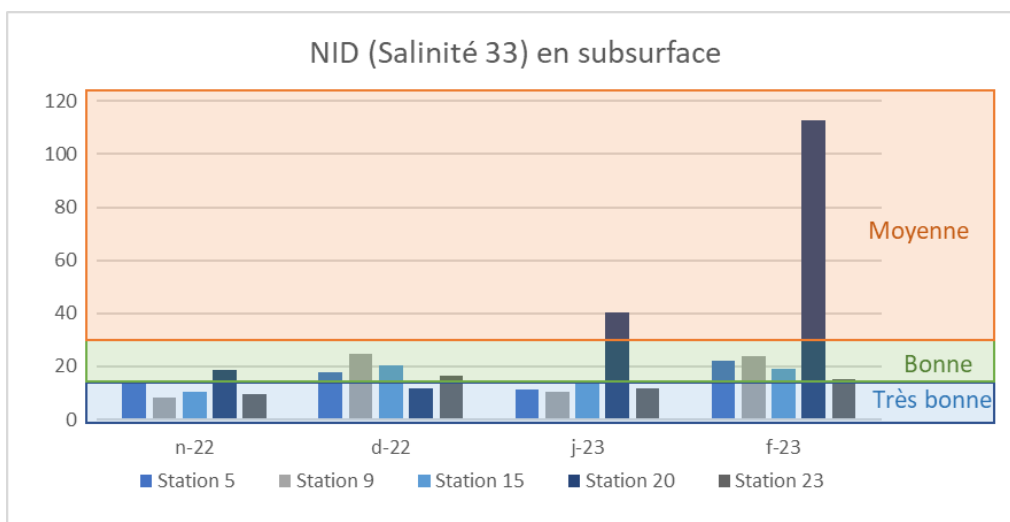


Figure 70 : Indice NID calculé à partir des concentrations en nutriments azotés pour qualifier la qualité des masses d'eau : < 20 pour une très bonne qualité ; entre 20 et 33 pour une bonne qualité ; et > 33 pour une qualité moyenne. Cette métrique est calculée pour des valeurs de surface mensuelle entre novembre 2022 et février 2023.

5.2.7.2 Orthophosphates

Entre mars 2022 et février 2023, les concentrations mesurées varient de 0,16 à 1 $\mu\text{mol/L}$ et sont homogènes dans la colonne d'eau (Figure 71). Les concentrations sont maximales en mars / avril puis entre novembre et février 2023. Elles sont faibles entre mai et septembre. Ces dynamiques sont cohérentes avec celles observées dans les autres suivis et en particulier à la station des Gougins (Figure 72).

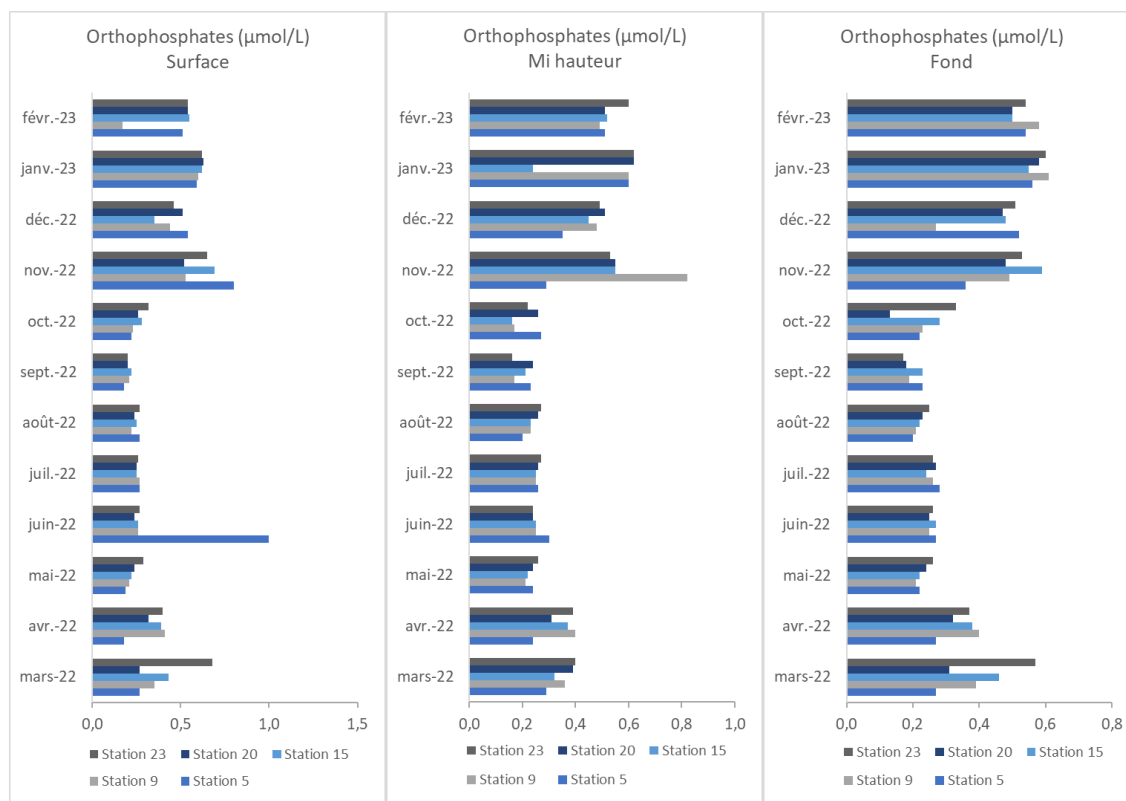


Figure 71 : Concentrations en orthophosphates ($\mu\text{mol/L}$) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4

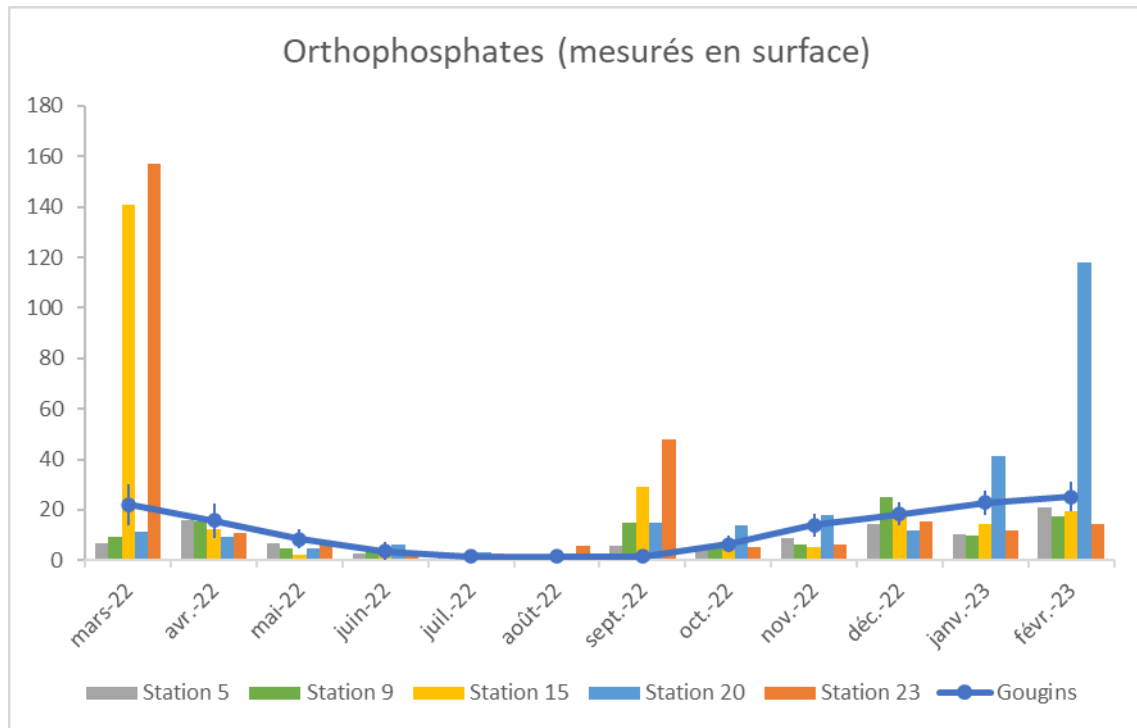


Figure 72 : Comparaison des concentrations en orthophosphates enregistrées en subsurface (-1 m) pour les 5 stations du suivi avec les concentrations moyennes enregistrées à la station REPHY de s Gougins entre 2006 et 2021.

5.2.8 Eléments chimiques

Aluminium

Entre mars 2022 et février 2023, les concentrations en aluminium varient de 11 à 450 µg/L avec des valeurs maximales mesurées en mars, septembre et décembre 2022.

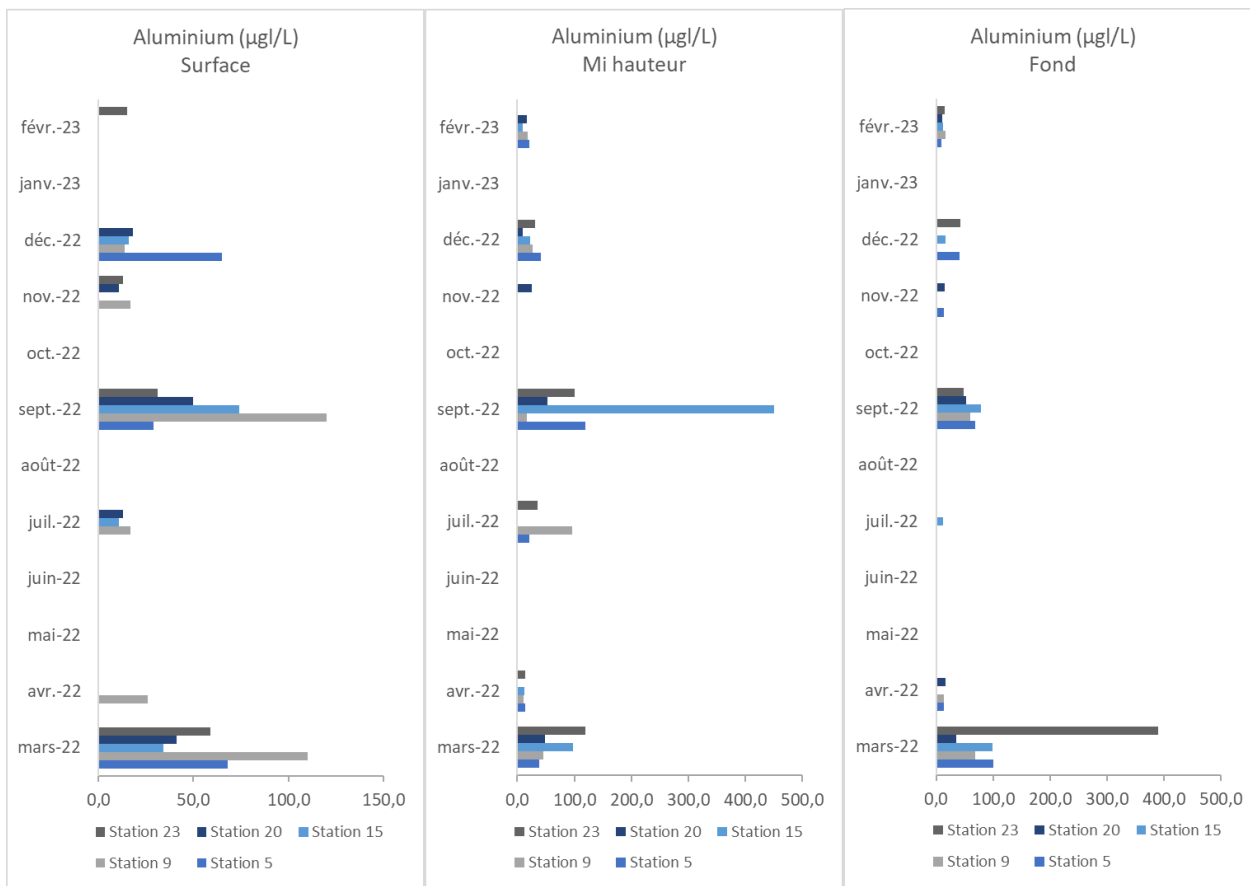


Figure 73 : Concentrations en aluminium (µg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 10 µg/L.

Chrome

Les concentrations en chrome sont généralement inférieures au seuil de détection de 1 µg/L pendant tout le suivi. Seules les concentrations en surface de septembre 2022 varient entre 1 et 1,2 µg/L sur l'ensemble des stations. Des concentrations sont également détectables pour les stations 5 et 9 en décembre et en janvier avec des valeurs comprises entre 1 et 2 µg/L.

Chlore

Les concentrations en chlore varient de 0,03 µg/L à 2,5 µg/L. Les concentrations sont globalement homogènes dans la colonne d'eau sauf entre mai et août où un gradient côte – large est perceptible en surface. Les concentrations à la côte sont plus élevées.

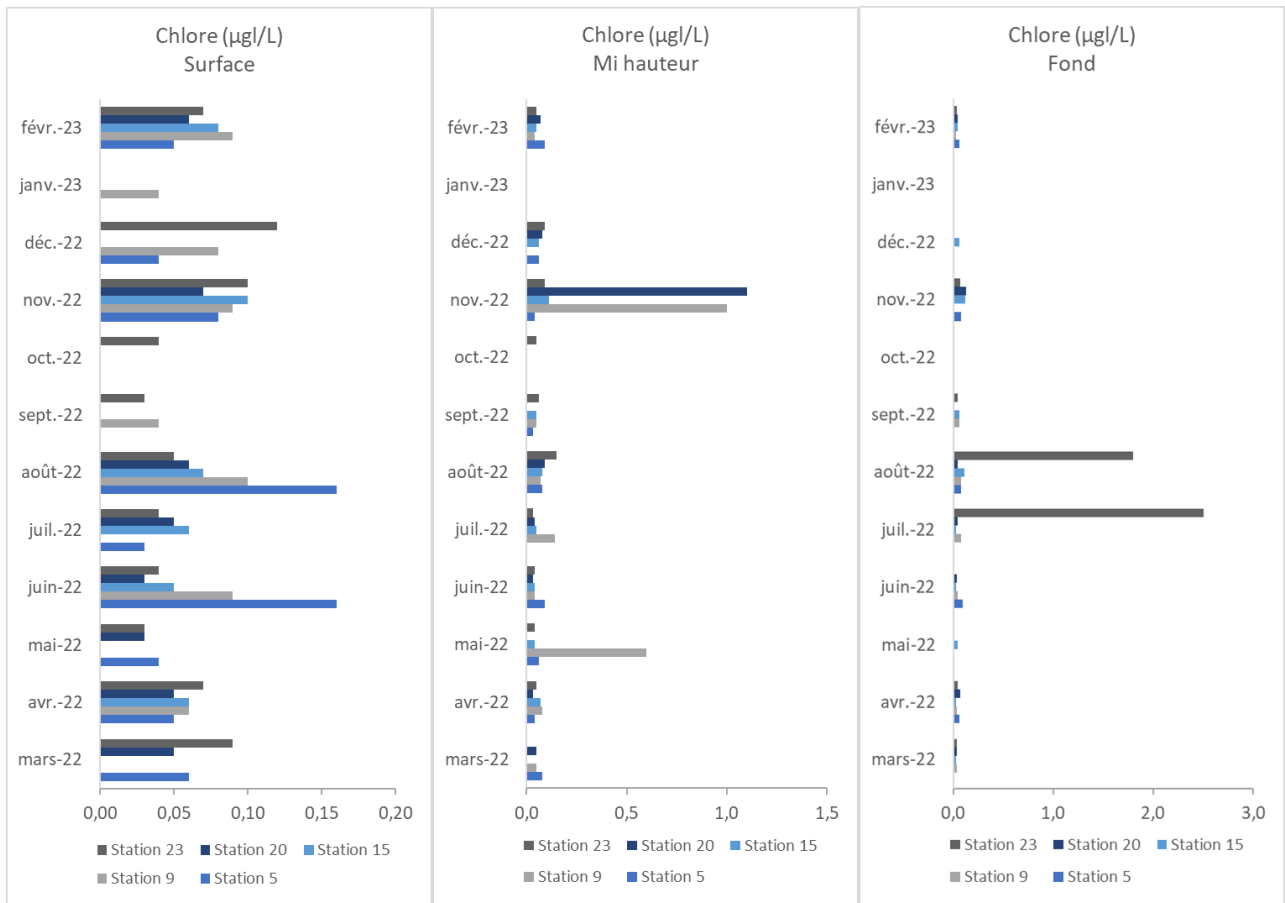


Figure 74 : Concentrations en chlore(µg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 0,03 µg/L.

Cuivre

Les concentrations en cuivre sont généralement inférieures au seuil de détection à l'exception du mois de septembre où elles varient de 1,5 à 34 µg/L.

Manganèse

Les concentrations en manganèse varient de 1 à 54 µg/L et sont maximales en mars et en septembre 2022 pour être minimales entre avril et août puis entre octobre 2022 et février 2023.

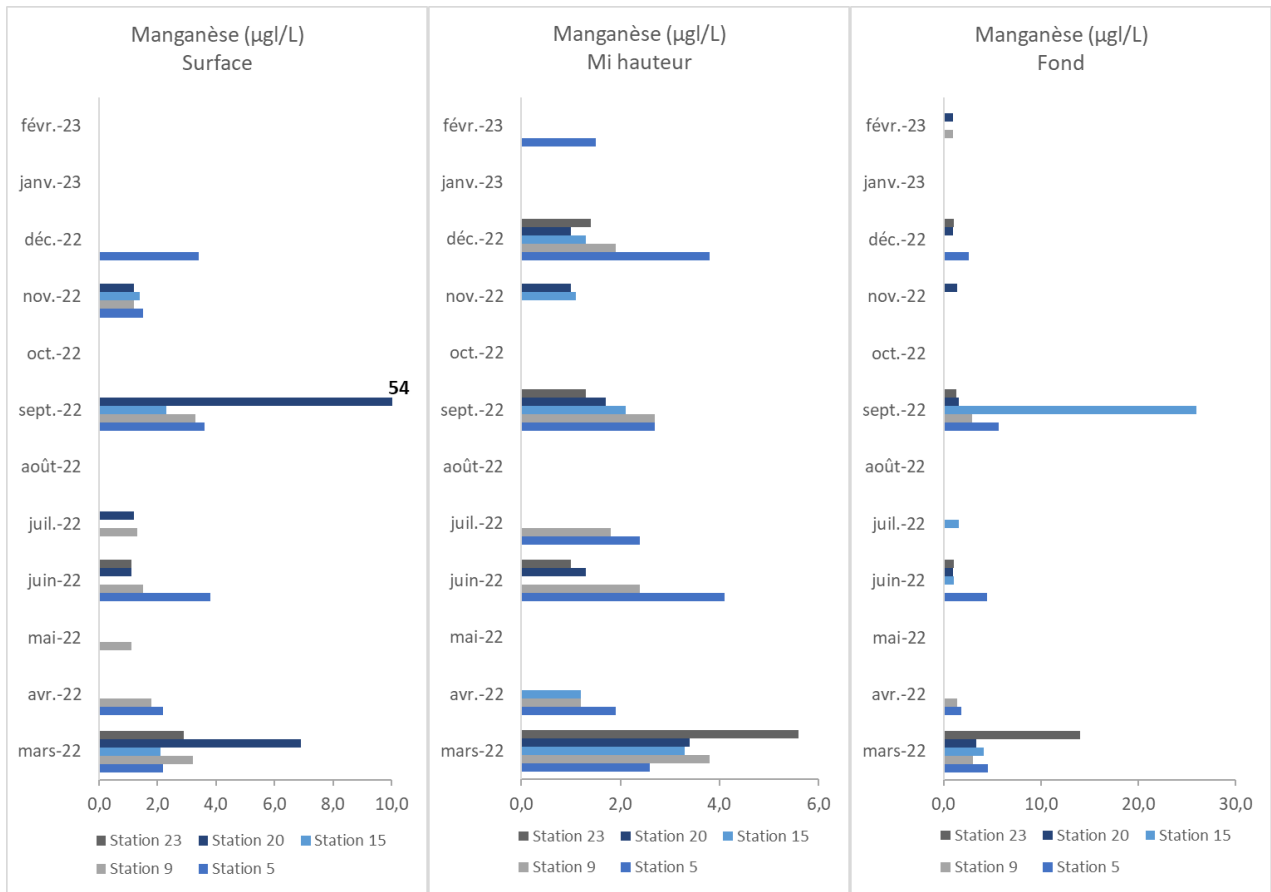


Figure 75 : Concentrations en manganèse(µg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 1 µg/L.

Nickel

Les concentrations en nickel sont globalement inférieures aux limites de détection de 1 µg/L. Seuls quelques pics sont mesurés en septembre 2022 aux stations côtières et varient entre 1,4 et 5,6 µg/L.

Plomb

Les concentrations en plomb sont globalement inférieures aux limites de détection de 1 µg/L à l'exception des mesures de mars, septembre et décembre 2022 où les concentrations varient entre 2,3 et 250 µg/L.

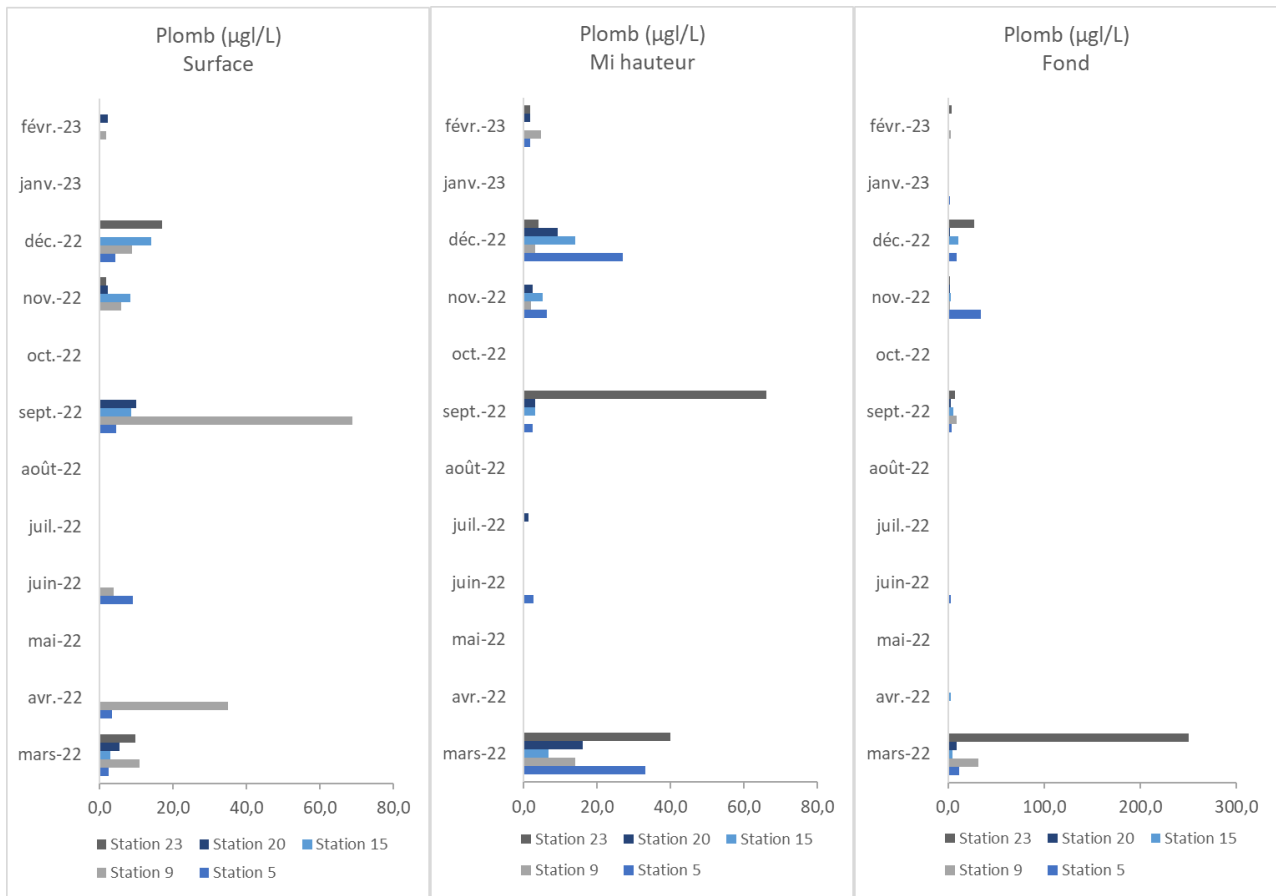


Figure 76 : Concentrations en plomb(µg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 1 µg/L.

Zinc

Les concentrations en zinc varient de 10 à 280 µg/L et sont surtout significatives en mars, septembre et décembre 2022 ainsi qu'en février 2023.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

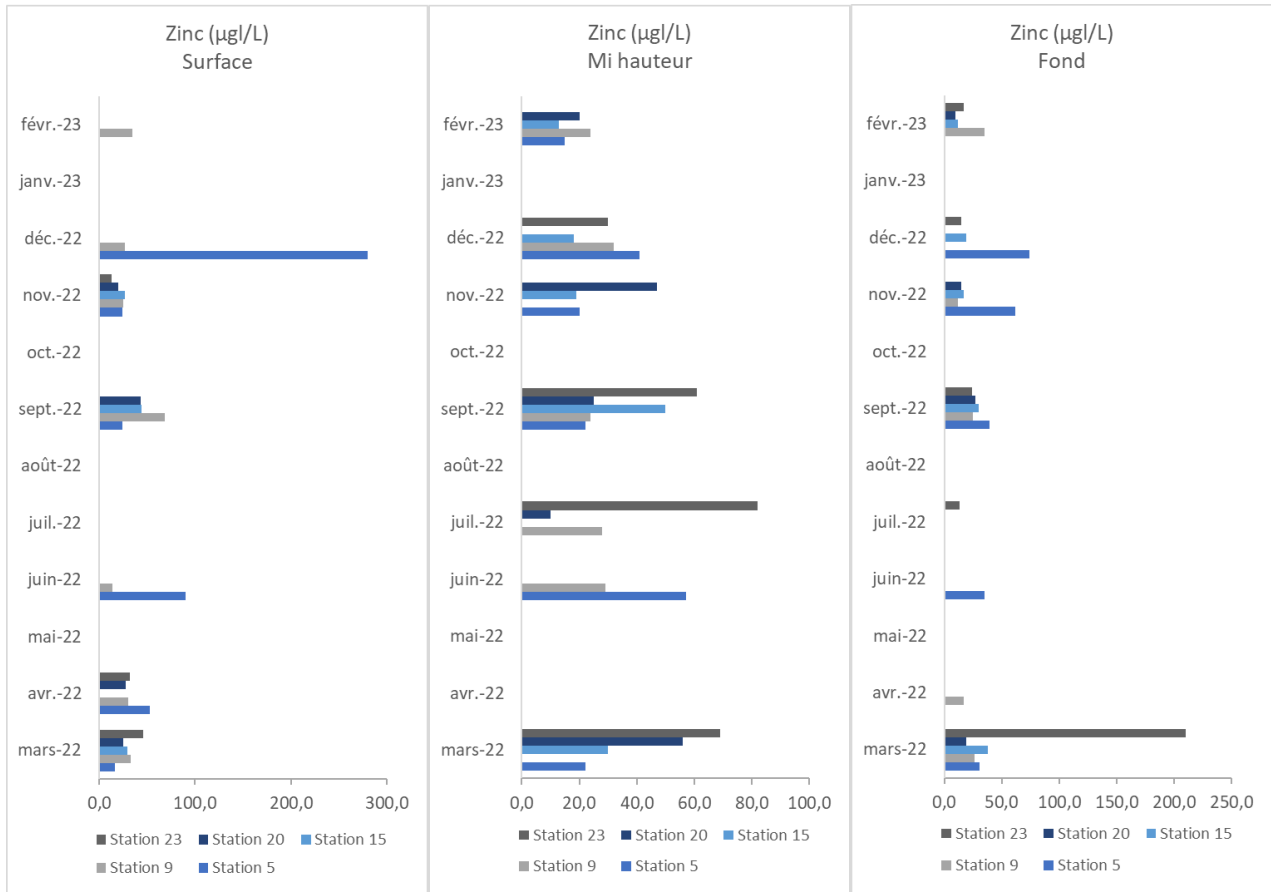


Figure 77 : Concentrations en zinc(µg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 10 µg/L.

5.2.9 Composition ionique

Au cours du suivi, plusieurs éléments correspondant à la composition ionique de l'eau de mer ont été mesurés : calcium, sodium, sulfates, fluorures. Leurs concentrations naturellement présentes dans les océans sont rappelées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Concentration approximative des principaux ions dans l'eau de mer pour une salinité de 35 PSU (Source : Karl K Turekian: Oceans. 1968. Prentice-Hall)

Ion	Concentration (mg/L)
Calcium	410
Sodium	10 800
Sulfates	2 700
Fluorures	1,3

Calcium

Les concentrations en calcium mesurées entre mars 2022 et février 2023 varient entre 346 et 592 mg/L pour une moyenne de 391 ± 49 mg/L. Cette concentration moyenne est inférieure à celle attendue pour une eau de mer de salinité à 35 PSU ce qui est cohérents avec les salinités mesurées qui sont en moyenne de $33,8 \pm 0,8$ PSU. Il est à noter que des concentrations supérieures à 500 mg/L sont mesurées en avril pour toutes les stations alors que la salinité mesurée sur cette période reste comprise entre 33 et 34 PSU.

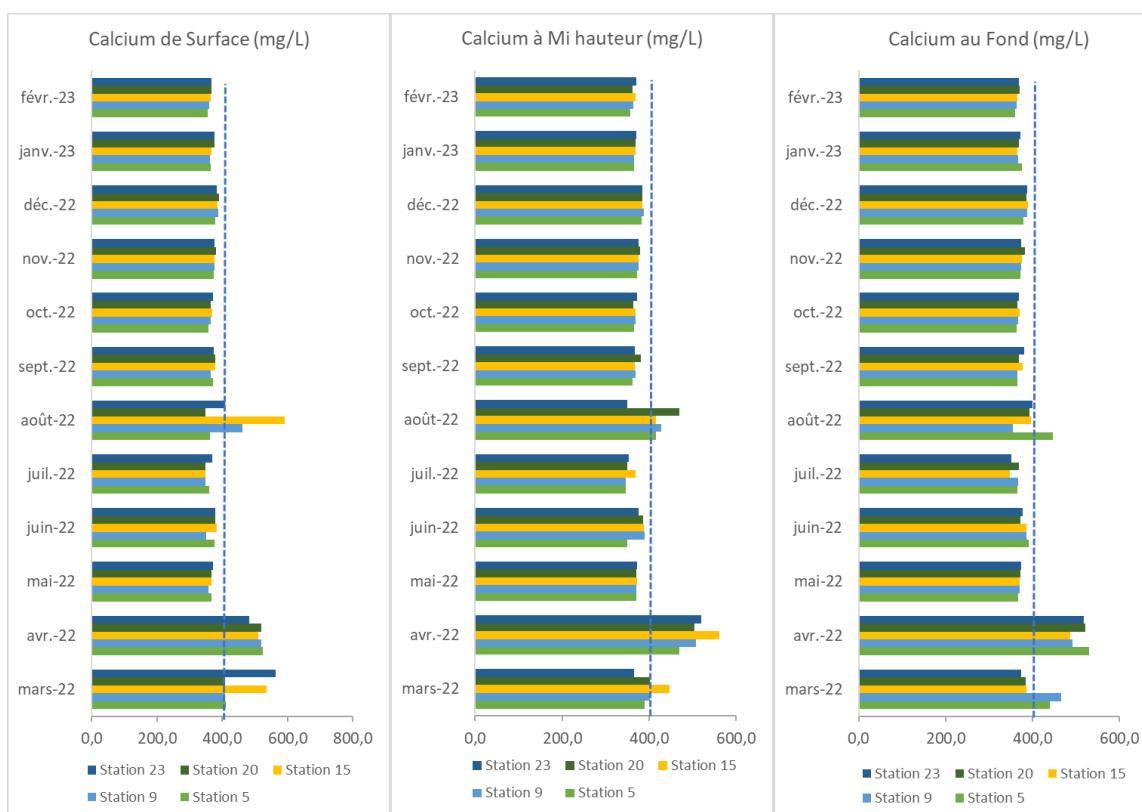


Figure 78 : Concentrations en calcium (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de 400 mg/L attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).

Sodium

Les concentrations en sodium mesurées entre mai 2022 et février 2023 varient entre 9 720 et 11 300 mg/kg (moyenne \pm ET = 10 700 \pm 320 mg/L). Elles sont cohérentes à celles attendues pour des salinités comprises entre 33 et 34 PSU. Les mesures faites en mars et avril 2022 sont nettement plus élevées variant de 13 100 à 15 200 mg/L (Moyenne = 14 076 \pm 639 mg/L) avec une concentration exceptionnelle en avril à la station 9 avec 20 900 mg/L. Cette période de concentrations élevées correspond à celle observée pour le calcium.



Figure 79 : Concentrations en sodium (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de 10 250 mg/L attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).

Sulfates

Les concentrations en sulfates varient entre 2 430 et 3 150 mg/L (moyenne = 2 745 \pm 150 mg/L) avec une valeur exceptionnelle à la station 15 en octobre 2022 avec 3 600 mg/L. Ces concentrations sont cohérentes avec celles attendues pour des salinités comprises entre 33 et 35 PSU.



Figure 80 : Concentrations en sulfates (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de 10 250 mg/L attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).

Fluorures

La concentration moyenne en fluorures est de $0,65 \pm 0,04$ mg/L. Seules les concentrations mesurées en février 2023 sont plus élevées avec $1,01 \pm 0,02$ mg/L (). Ces concentrations restent cependant plus faibles que ce qui peut être attendu pour une salinité de 33,5 PSU (1,2 mg/L).



Figure 81 : Concentrations en fluorures (mg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. La ligne en pointillée indique la concentration de 1,2 mg/L attendue pour l'eau de mer à une salinité de 33,5 PSU (salinité moyenne au cours du suivi).

5.2.10 Toxicité

La **concentration en halogènes (AOX)** sont variables dans la colonne d'eau et au cours du suivi. Ce sont des concentrations faibles qui sont mesurées tout au long du suivi variant de 0 à 46 µg/L entre mars et septembre 2022 et qui peuvent atteindre jusqu'à 120 µg/L en fin d'année.

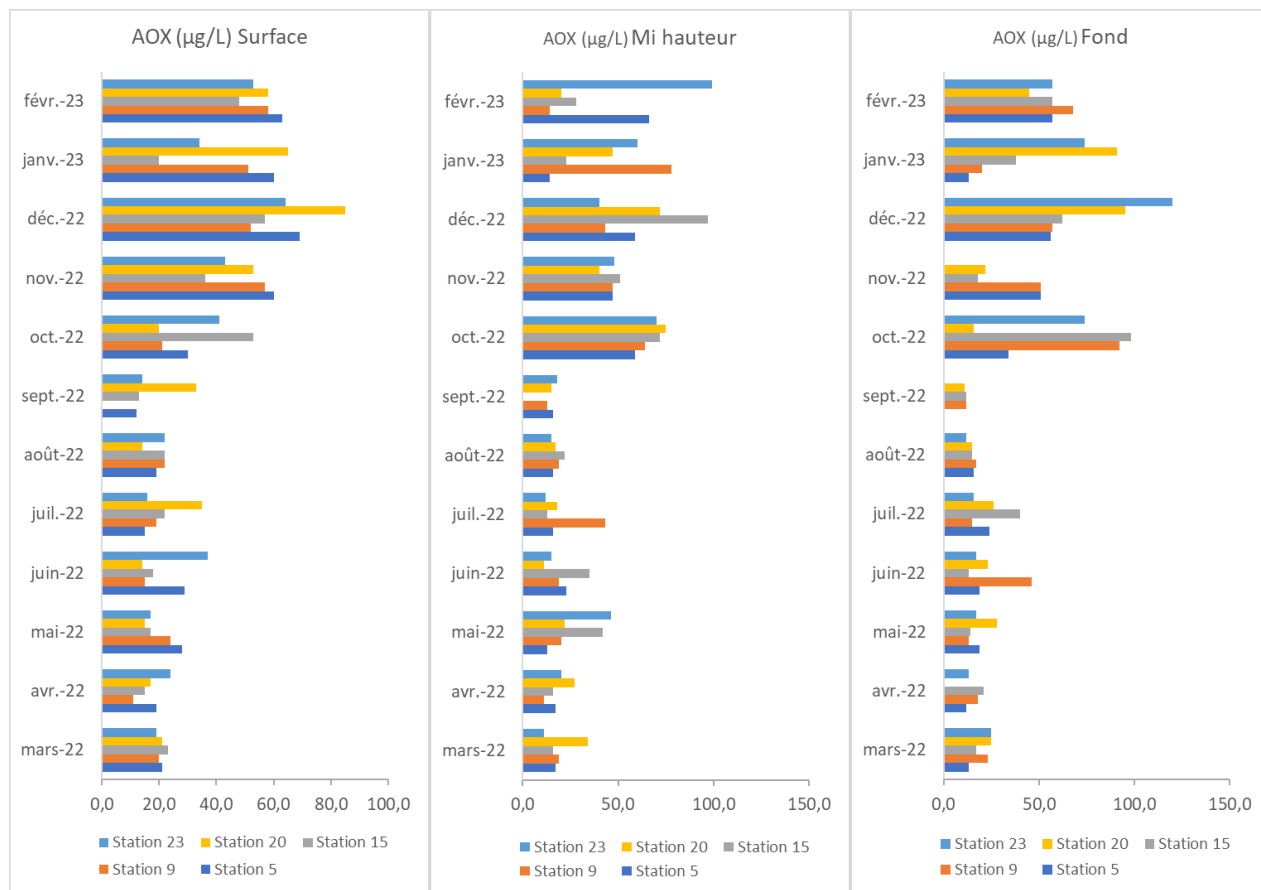


Figure 82 : Concentrations en Organohalogénés absorbables dissous (AOX en µg/L) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 10 µg/L.

Les concentrations en hydrocarbures sont inférieures au seuil de détection pour tous les échantillons.

Enfin, **le test de toxicité** par mesures des matières inhibitrices montre des mesures homogènes suivant les stations avec des valeurs de toxicité comprise entre 1,7 et 5,2 Equitox.m⁻³. Ces valeurs signifient que près de 19 à 58 % des daphnies sont immobiles après 48 h d'exposition. Les valeurs les plus faibles sont observées entre mai et juillet puis en décembre 2022 et janvier 2023.



Figure 83 : Matières inhibitrices (pourcentage d'immobilité des *Daphnia magna*) mesurées dans les prélèvements d'eau chaque mois entre mars 2022 et février 2023 à chaque station du suivi : en subsurface (-1 m), à mi-hauteur et au fond (la station 5 étant la plus proche de la côte et la station 23 la plus au large). Les dates sont précisées dans le Tableau 4. L'absence de valeurs indique une concentration inférieure au seuil de détection de 10 µg/L.

5.2.11 Bactériologie

La grande majorité des dosages réalisées présentent des concentrations en Entérocoques ou en *Escherichia coli* inférieures à 15 cellules / 100 ml. Les seules concentrations significatives en Entérocoques ont été mesurées :

- En surface, à la station 23 en janvier 2023 : 180 cellules / 100 ml ;
- A mi-hauteur, aux stations 20 et 23 en août 2022 avec 30 et 830 cellules / 100 ml respectivement et en janvier 2023 avec 30 et 140 cellules / 100 ml, respectivement.

Pour *Escherichia coli*, les concentrations significatives ont été mesurées :

- En surface : à la station 5 en juin 2022 avec 77 cellules / 100 ml et à la station 23 en janvier 2023 avec 61 cellules / 100 ml ;
- Au fond, à la station 5 en juin 2022 (100 cellules / 100 ml), en juillet 2022 (100 cellules / 100 ml) et en novembre 2022 (30 cellules / 100 ml).

5.3 Suivi des habitats en zone intertidale

5.3.1 Cartographie des habitats

5.3.1.1 Carte des habitats

La Figure 84 illustre la localisation des habitats de la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019). Le Tableau 29 et le Tableau 30 permettent d'établir les correspondances entre les typologies pour les substrats meubles et rocheux, respectivement. Le Tableau 28 présente les superficies des habitats cartographiés.

Le haut de plage est dominé au Nord par :

- A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes,
- A1-6.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral,
- A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux,
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux,
- A3-2.2 Graviers et sables grossiers médiolittoraux ;

Au Sud par :

- A3-2.2 Graviers et sables grossiers médiolittoraux,
- A5-2.1 Sables médiolittoraux mobiles propres.

Le milieu de plage est dominé par A5-3 Sables fins médiolittoraux et le bas de plage par A5-4.5.1 Banquettes à Lanice sur sables médiolittoraux et B1-5.2 Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*.

Tableau 28 : Superficies des différents habitats cartographiés sur la Figure 84

Habitats	Surfaces m ²	Surface ha
A1-2.4 Roches ou blocs médiolittoraux à dominance d'algues rouges x A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes	2 115	0,2
A1-2.4 Roches ou blocs médiolittoraux à dominance d'algues rouges x A5-3 Sables fins médiolittoraux	5 477	0,5
A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes	3 852	0,4
A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes x A5-3 Sables fins médiolittoraux	5 799	0,6
A1-6.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral	1 836	0,2
A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux	3 464	0,3
A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux	6 069	0,6
A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux	163	0,0
A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux x A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes	4 060	0,4
A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux x A5-3 Sables fins médiolittoraux	6 347	0,6
A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux	35 834	3,6
A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux x A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux	26 420	2,6
A5-1 Sables supralittoraux	18 214	1,8
A5-2.1 Sables médiolittoraux mobiles propres	49 338	4,9
A5-3 Sables fins médiolittoraux	392 582	39,3
A5-4.5.1 Banquettes à Lanice sur sables médiolittoraux	1 081 794	108,2
B1-5.1.3 Roches ou blocs infralittoraux à <i>Sargassum muticum</i>	100 476	10,0
B1-5.2 Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	3 315 510	331,6
B1-5.2 Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i> x A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes	13 612	1,4
B5-3 Sables fins envasés infralittoraux	2 460	0,2

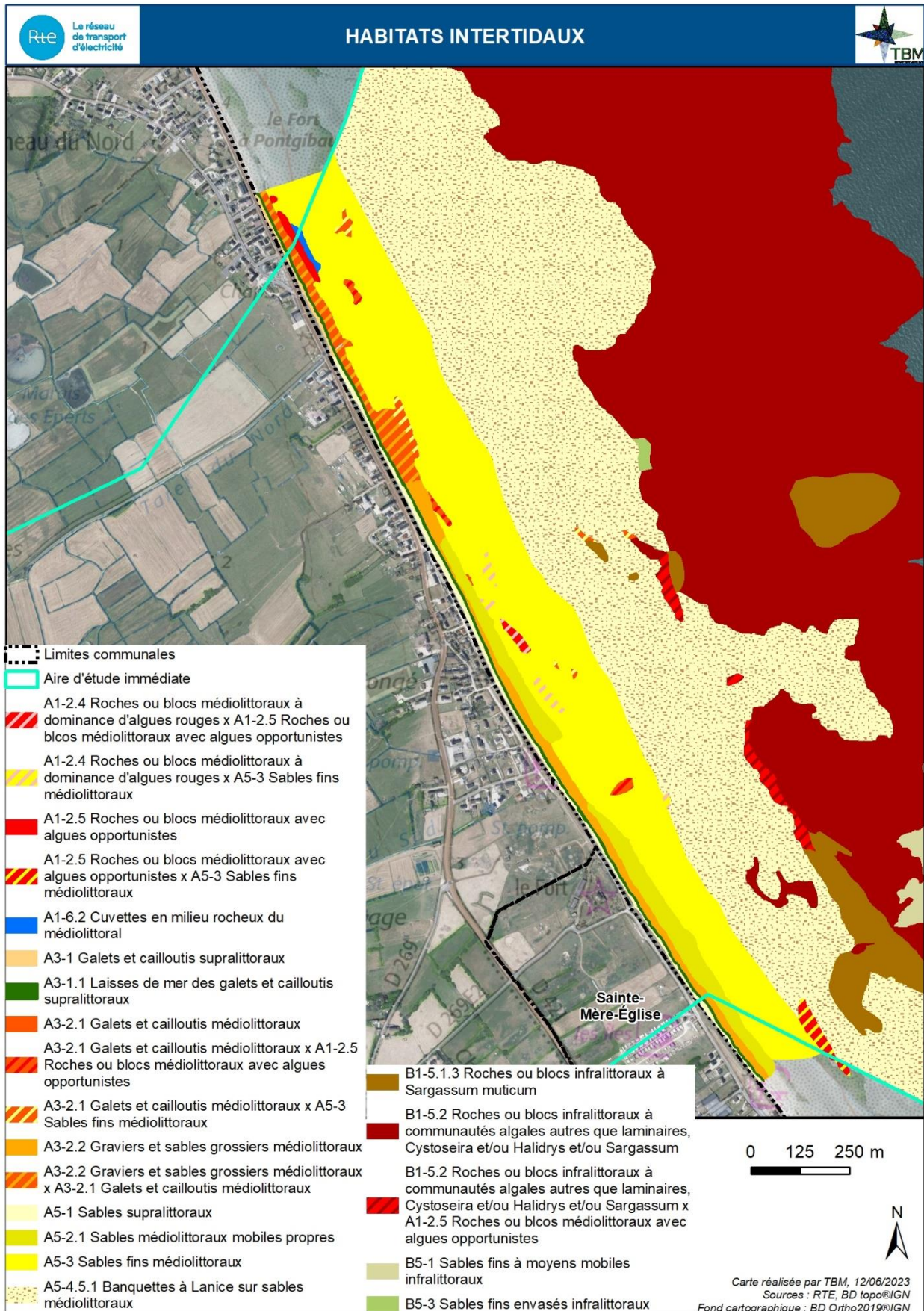


Figure 84 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019)

Tableau 29 : Intitulés et correspondances entre la typologie des cahiers des Habitats EUR27 (Bensettiti et al., 2004), la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) et de la typologie EUNIS 2012-2022 pour les substrats meubles

Substrat	Habitats génériques EUR27	Habitats élémentaires EUR27	Niveau 1 MNHN	Niveau 2 MNHN	Niveau 3 MNHN	Niveau 4 MNHN	EUNIS 2012	EUNIS 2022
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-2 Galets et cailloutis des hauts de plages	A3 Sédiments grossiers du supralittoral et du médiolittoral	A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux			A2.11 - Rivages de cailloutis mobiles et de graviers	MA3-21 - Communautés animales sur sédiments grossiers du supra- et du médiolittoral en milieu marin en Atlantique
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-2 Galets et cailloutis des hauts de plages	A3 Sédiments grossiers du supralittoral et du médiolittoral	A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux	A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux		B2.1 - Laises de mer des plages de galets	MA4-22 - Communautés des laisses de mer sur sédiment hétérogène du supra- et du médiolittoral en Atlantique
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-2 Galets et cailloutis des hauts de plages	A3 Sédiments grossiers du supralittoral et du médiolittoral	A3-2 Sédiments grossiers propres médiolittoraux	A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux		A2.11 - Rivages de cailloutis mobiles et de graviers	MA3-21 - Communautés animales sur sédiments grossiers du supra- et du médiolittoral en milieu marin en Atlantique
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-5 Estrans de sables grossiers et graviers (façade atlantique)	A3 Sédiments grossiers du supralittoral et du médiolittoral	A3-2 Sédiments grossiers propres médiolittoraux	A3-2.2 Graviers et sables grossiers médiolittoraux		A2.1 - Sédiments grossiers intertidaux	MA3-21 - Communautés animales sur sédiments grossiers du supra- et du médiolittoral en milieu marin en Atlantique
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-3 Estrans de sable fin (façade atlantique)	A5 Sables du supralittoral et du médiolittoral	A5-1 Sables supralittoraux			A2.211 - Talitridés du haut de l'estran et laisse de mer	MA5-2 - Sable du supra- et du médiolittoral en Atlantique

Meubles	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-3 Estrans de sable fin (façade atlantique)	A5 Sables du supralittoral et du médiolittoral	A5-2 Sables médiolittoraux mobiles	A5-2.1 Sables médiolittoraux mobiles propres		A2.22 - Estrans de sable mobile, stérile ou dominé par des amphipodes	MA5-23 - Sable mobile propre ou dominé par les amphipodes du supra- et du médiolittoral en Atlantique
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-3 Estrans de sable fin (façade atlantique)	A5 Sables du supralittoral et du médiolittoral	A5-3 Sables fins médiolittoraux			A2.23 - Estrans de sable fin dominés par des amphipodes ou des polychètes	MA5-24 - Sable fin médiolittoral dominé par les polychètes/amphipodes en Atlantique
Meuble	1140 <u>Replats boueux ou sableux exondés à marée basse</u>	1140-3 Estrans de sable fin (façade atlantique)	A5 Sables du supralittoral et du médiolittoral	A5-4 Sables fins envasés médiolittoraux	A5-4.5 Banquettes de polychètes tubicoles médiolittoraux	A5-4.5.1 Banquettes à <i>Lanice</i> sur sables médiolittoraux	A2.245 - <i>Lanice conchilega</i> dans du sable intertidal	MA5-255 - <i>Lanice conchilega</i> dans du sable médiolittoral en Atlantique

Tableau 30 : Intitulés et correspondances entre la typologie des cahiers des Habitats EUR27 (Bensettiti et al., 2004), de la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) et de la typologie EUNIS 2012-2022 pour les substrats rocheux

Habitats génériques EUR27	Habitats élémentaires EUR27	Niveau 1 MNHN	Niveau 2 MNHN	Niveau 3 MNHN	Niveau 4 MNHN	EUNIS 2012	EUNIS 2022
1170 Récifs	1170-3 La roche médiolittorale en mode exposé (façade atlantique)	A1 Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1-2 Roches ou blocs médiolittoraux à dominance algale	A1-2.4 Roches ou blocs médiolittoraux à dominance d'algues rouges		A1.12 - Biocénoses à fucales et/ou à algues rouges résistantes	MA1-23 - Communautés d'algues sur roche du médiolittoral ou de la frange infralittorale en milieu marin en Atlantique
1170 Récifs	1170-3 La roche médiolittorale en mode exposé (façade atlantique)	A1 Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1-2 Roches ou blocs médiolittoraux à dominance algale	A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes		A1.45 - Algues vertes ou rouges éphémères (soumises à l'action de l'eau douce ou du sable) sur substrat fixe	MA1-23G - <i>Ulva</i> (anciennement <i>Enteromorpha</i>) spp. soumise à l'action de l'eau douce et/ou sur roche instable du médiolittoral supérieur
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	B1 - Roches ou blocs infralittoraux	B1-5 - Roches ou blocs infralittoraux à couverture végétale autre que les laminaires	B1-5.1 - Roches ou blocs infralittoraux à <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Sargassum</i> et/ou <i>Halidrys</i>	B1-5.1.3 - Roches ou blocs infralittoraux à <i>Sargassum muticum</i>	A3.315 - <i>Sargassum muticum</i> sur substrat hétérogène infralittoral peu profond soumis à de faibles courants de marée	MB1-21 - Communautés d'algues et de laminaires sur roche de l'infralittoral en Atlantique
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	B1 - Roches ou blocs infralittoraux	B1-5 - Roches ou blocs infralittoraux à couverture végétale autre que les laminaires	B1-5.2 - Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>		A3.3 - Roche infralittorale de l'Atlantique et de la Méditerranée sous faible hydrodynamisme	MB1-221 - Algues rouges foliacées sur roche exposée de l'infralittoral inférieur en Atlantique
1170 Récifs	1170-8 Les cuvettes ou mares permanentes (façade atlantique)	A1 Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1-6 Cuvettes en milieu rocheux	A1-6.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral		A1.41 - Biocénoses des cuvettes rocheuses intertidales	MA1-26 - Communautés des cuvettes rocheuses supra- et médiolittorales en Atlantique

5.3.1.2 Description des habitats

Pour chaque habitat identifié en haut, milieu ou bas d'estran, une description est faite avec les codes habitats selon la typologie des cahiers des habitats EUR27 (indiqué par A) et selon la typologie MNHN 2019 (indiqué par B).

5.3.1.2.1 Substrats meubles

A) 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-2 : Galets et cailloutis des hauts de plages

B) A3-1 : Galets et cailloutis supralittoraux

Cet habitat est une zone de transition entre le milieu aquatique et terrestre et il constitue souvent une zone d'accumulation de débris qui subit fortement l'influence de la marée. Il est composé essentiellement de galets de hauts de plage qui retiennent dans leurs intervalles des débris végétaux rejetés en épave et conservent une grande humidité. C'est une zone de recyclage de la matière organique qui joue un rôle important dans l'alimentation de nombreuses espèces telles que les oiseaux, divers invertébrés, crustacés, insectes, etc. (<https://inpn.mnhn.fr>). Les espèces associées à cet habitat sont variables et essentiellement liées aux différentes sources de débris végétaux et à la taille des galets. Cet habitat se caractérise néanmoins par la présence de détritivores et de leurs prédateurs et d'importantes populations d'amphipodes du genre *Orchestia*. Enfin, cet habitat est exposé aux pollutions. En effet, les polluants sont déposés dans ces endroits relativement abrités lors des grandes marées et, faute de nettoyage par l'action des vagues, mettent une très longue période à se dégrader.



Figure 85 : Galets et cailloutis supralittoraux

A) 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-2 : Galets et cailloutis des hauts de plages

B) A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux

La laisse de mer se forme par l'accumulation des débris végétaux charriés par les vagues qui sont ensuite décomposés par la faune. La taille, la composition et le degré de dégradation des laisses de mer peuvent varier selon les sites. La biocénose se compose principalement d'amphipodes et de diptères adultes et au stade larvaire.



Figure 86 : Haut d'estran avec laisses de mer

A) 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-2 : Galets et cailloutis des hauts de plages

B) A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux

Les rivages de cailloutis, de galets et de graviers sont souvent localisés sur des zones ouvertes et exposées. Cet habitat n'héberge pas une faune diversifiée et les rares individus qu'il est possible d'observer sont quelques amphipodes et polychètes.



Figure 87 : Galets et cailloutis médiolittoraux

B) A3-2.2 Graviers et sables grossiers médiolittoraux

Ce sont de vastes estrans composés de sédiments grossiers entre les archipels rocheux et de champs de petits graviers encroûtés d'*Hildenbranchia* et de *Lithophyllum* dont la présence témoigne de la stabilité de ce milieu. Relativement stable, cet habitat est propice à l'installation de gros mollusques bivalves suspensivores et de vers polychètes de grande taille.



Figure 88 : Galets et cailloutis médiolittoraux

A) 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-3 : Estrans de sable fin (façade atlantique)

B) A5-1 Sables supralittoraux

Cet habitat est une zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, il occupe les hauts de plages constitués de sables fins. Sa localisation est fonction du coefficient de marée. Cet habitat présente une très forte productivité. En effet, des amphipodes, des talitres (puces de sable) consomment les algues en décomposition et sont eux-mêmes consommés par les oiseaux.



Figure 89 : Sables supralittoraux

A) 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-3 : Estrans de sable fin (façade atlantique)

A5-2.1 Sables médiolittoraux mobiles propres

Cet habitat héberge une faune limitée que ce soit en richesse spécifique et en abondance. Il est composé d'un mélange de sable moyen et de sable fin. La proportion de la partie grossière est variable mais négligeable.



Figure 90 : Sables médiolittoraux mobiles propres

1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-3 : Estrans de sable fin (façade atlantique)

A5-3 Sables fins médiolittoraux

Cet habitat, qui est soumis au déferlement de la houle, présente des espèces dont la distribution et la structuration sont essentiellement liées à la stabilité sédimentaire et donc à l'hydrodynamisme. Les sables fins et sables fins envasés sont généralement plus riches (d'un point de vue de la diversité et de l'abondance) contrairement aux sables moyens et grossiers. La proportion de la partie grossière est variable mais négligeable.



Figure 91 : Sables fins médiolittoraux

1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse - 1140-3 : Estrans de sable fin (façade atlantique)

A5-4.5.1 Banquettes à *Lanice* sur sables médiolittoraux

Lanice conchilega est un annélide polychète tubicole fouisseur de grande taille (mesurant jusqu'à 25 voire 30 cm de longueur). Cette espèce est commune sur les côtes européennes et est fréquente sur les plages de sable au-dessous du niveau de mi-marée (Le Mao et al., 2020a, 2020b). Les populations les plus abondantes sont présentes en zones intertidale et subtidale peu profonde (Hartmann-Schröder et al., 1996). Cette espèce, nichée à l'intérieur d'un tube composé de grains de sable et de fragments coquilliers agglomérés, a une régime alimentaire mixte : filtreur et dépositivore de surface (Le Mao et al., 2020b). Lorsqu'elle atteint de fortes densités (jusqu'à plusieurs milliers d'individus/m²), cette espèce ingénieuse est à l'origine de biohermes (banquettes) (Le Mao et al., 2020a). La biodiversité alors associée y est importante car celle-ci structure son environnement physique et biologique en modifiant indirectement le régime hydrodynamique au-dessus du fond en ralentissant les courants et en favorisant la sédimentation silteuse (Hily and Kerninon, 2012). La richesse spécifique, les abondances, la biomasse et l'hétérogénéité du substrat y sont alors plus importantes. Par conséquent, cette espèce fournit un habitat, un refuge contre la prédation, un lieu de compétition, de nourricerie, d'alimentation pour de nombreux consommateurs secondaires tels que les oiseaux limicoles, certains aridéidés et laridés. Néanmoins, les banquettes sont sujettes à divers facteurs d'origines naturelles (hivers rudes) et anthropiques (Le Mao et al., 2020b).

Les banquettes à *Lanice* constituent un habitat un enjeu fort. En effet, cette formation fait partie de la liste des habitats menacés et/ou en déclin de la Convention OSPAR. D'un point de vue de son statut de protection, l'espèce *Lanice conchilega* ne fait pas l'objet de mesures de protection particulières (Hily and Kerninon, 2012).



Figure 92 : Bancs de *Lanices*

5.3.1.2.2 Substrats rocheux

A) 1170 : Récifs - 1170-3 La roche médiolittorale en mode exposé (façade atlantique)

B) A1-2.4 Roches ou blocs médiolittoraux à dominance d'algues rouges

B) A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes

Cet habitat, constitué de roches et de blocs de quelques décimètres cubes à 1 mètre cube, est colonisé par des algues vertes impliquant de ce fait une perte de leur valeur patrimoniale. La localisation de ces roches et blocs sur l'estran associée au retournement des blocs dû à l'action de la houle induit une mortalité importante d'algues et d'invertébrés et un développement sur certaines zones d'algues opportunistes telles que *Ulva* spp. L'algue rouge présente est rhodothamniellao.

Sur le site d'étude, cet habitat est souvent observé dans la portion haute de l'estran.



Figure 93 : Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes

A) 1170 Récifs - 1170-8 Les cuvettes ou mares permanentes (façade atlantique)

B) A1-6.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral

La présence d'une retenue d'eau en haut d'estran est observée. Contrairement à l'habitat cuvettes qui est un habitat particulier, sur le site d'étude elle ne représente pas une enclave écologique et ne va pas augmenter de manière significative l'intérêt patrimonial et la biodiversité marine de la zone d'estran.



Figure 94 : Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral

A) 1170 Récifs - 1170-5 Roche infralittorale en mode exposé

B) B1-5.2 Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*

L'étage infralittoral rocheux de la zone d'étude est caractérisé par des zones à algues rouges. Ces zones indiquent la présence d'une strate arbustive composée d'algues rouges avec quelques dépôts d'algues vertes. Aucune laminaire n'a été observée. Des cuvettes de sable ou des plaquages sur la roche sont également visibles. Un autre habitat rocheux de l'infralittoral est également inventorié B1-5.1.3 (Figure 96). Il est très proche du précédent mais l'algue brune *Sargassum muticum* est présente.



Figure 95 : Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*



Figure 96 : Roches ou blocs infralittoraux à *Cystoseira* et/ou *Sargassum* et/ou *Halidrys* - B1-5.1.3 - Roches ou blocs infralittoraux à *Sargassum muticum*

5.3.2 Prospection sur les substrats meubles intertidaux (2022)

Sur les 24 stations échantillonnées en milieu intertidal, **42 espèces** (17 polychètes, 21 crustacés, 2 mollusques, 1 échinoderme et des némerthes) ont été identifiées sur un effectif total de **879 individus**. Dans les prélèvements des stations NPLA_6, NPLA_10, NPLB_6 et NPLB_8, un réplicat sur cinq était azoïque.

5.3.2.1 Abondance et richesse spécifique

Les abondances totales (somme des réplicats, surface unitaire de 0.029 m²) et moyennes (moyenne des réplicats) relevées sur chacune des stations d'échantillonnage sont présentées en Figure 97 et Figure 98, respectivement. Les abondances totales sont très hétérogènes entre les stations et varient de 13 ind/0,15 m² (NPLB_10) à 75 ind/0,15 m² (NPLB_7). Aucun gradient d'abondance entre le haut et le bas de l'estran n'est identifié.

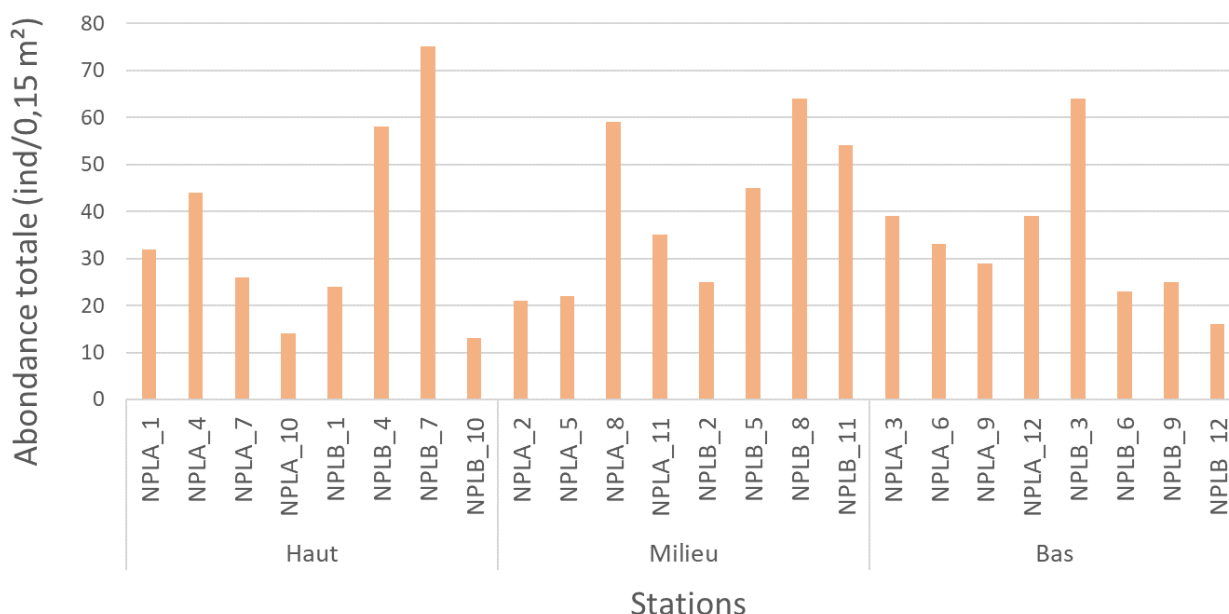


Figure 97. Abondance totale (ind/0,06 m²) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022

Les abondances moyennes mettent en évidence de fortes variabilités inter et intra-stations (Figure 98 et Figure 100). La majorité des valeurs sont inférieures à 300 ind/m². L'abondance la plus élevée est observée sur NPLB_7 (517,2 ± 156,1 ind/m²). À l'inverse, les stations NPLA_10, NPLB_8, NPLA_6 et NPLB_6, présentent de très faibles valeurs d'abondance, comprises entre 89,7 ± 39,3 ind/m², découlant de la présence de réplicats azoïques lors de leur échantillonnage. En outre, certaines stations (NPLB_4, NPLA_8, NPLB_5 et NPLB_11) sont associées à des écart-types très élevés, témoignant d'une forte variabilité inter-réplicat.

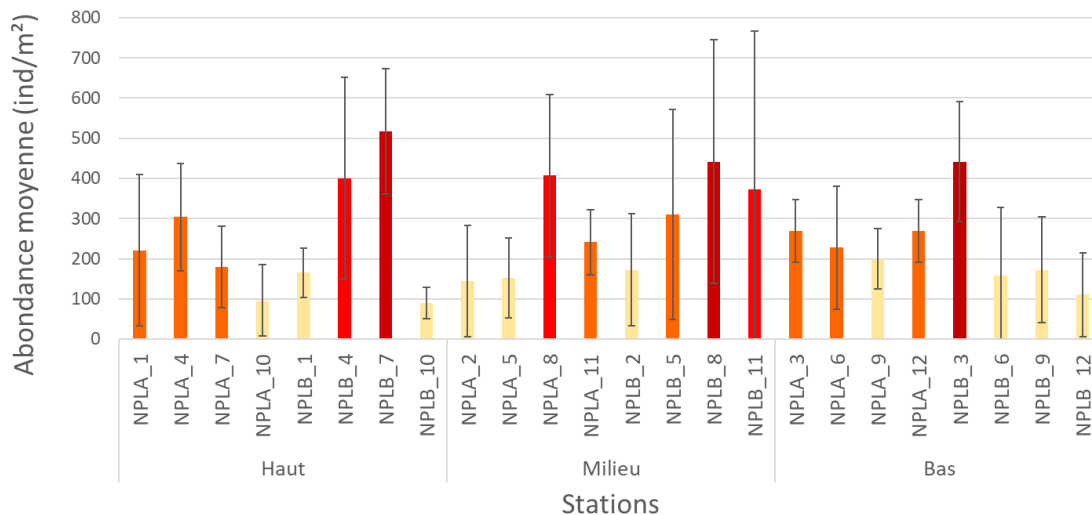


Figure 98. Abondance moyenne (ind/m² ± écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

Sur la zone étudiée, les crustacés et les polychètes sont les 2 embranchements les plus abondants et représentent 35,8 % et 33,8 % de l'effectif total, respectivement (Figure 99 et Figure 101). Ces embranchements sont présents sur toutes les stations, selon des abondances très variables. Les crustacés représentent 1,3 % (NPLB_7) à 76 % (NPLA_2) de l'effectif total tandis que les polychètes représentent 8,9 % (NPLA_8) à 98,6 % (NPLB_7). Les échinodermes sont principalement présents sur les stations du milieu et du bas d'estran (NPLA_8 à NPLB_9). Ils sont dominants sur les stations NPLA_8, NPLA_11, NPLB_2, NPLA_3, NPLA_9 et NPLA_12, situées sur la partie Nord-Ouest de la plage. Enfin, les mollusques et les nématodes sont peu abondants (< 10 %) mais présents sur l'ensemble de l'estran.

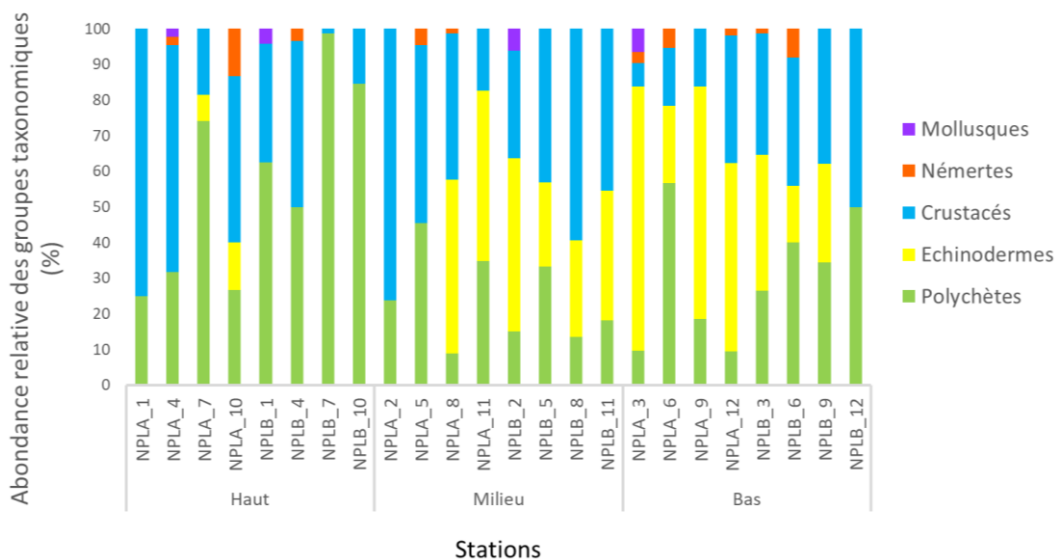


Figure 99. Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

Les Figure 102 et Figure 103 présentent respectivement la richesse spécifique totale et moyenne par station. La diversité observée est très hétérogène sur l'ensemble de l'estran. La richesse spécifique totale maximale atteint 15 espèces et est observée sur la station NPLB_3, située en bas d'estran. La valeur la plus faible (2 espèces) est associée à la station NPLB_7, située sur le haut de l'estran. La faible diversité observée sur cette station semble liée à la granulométrie élevée du site (23,5 % de graviers) qui indique des sédiments plus mobiles.



Figure 100. : Abondance moyenne (ind/m²) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

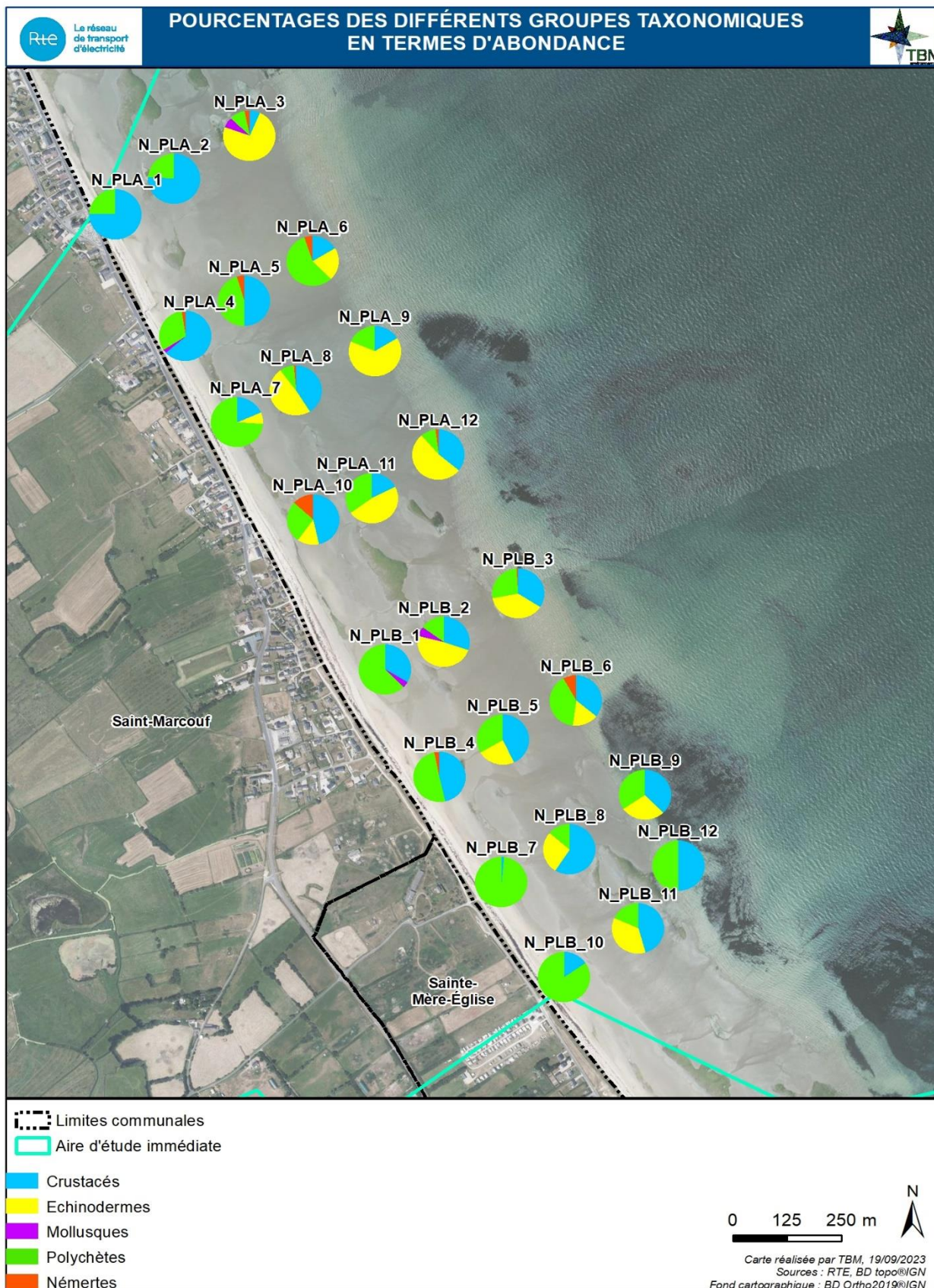


Figure 101. Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

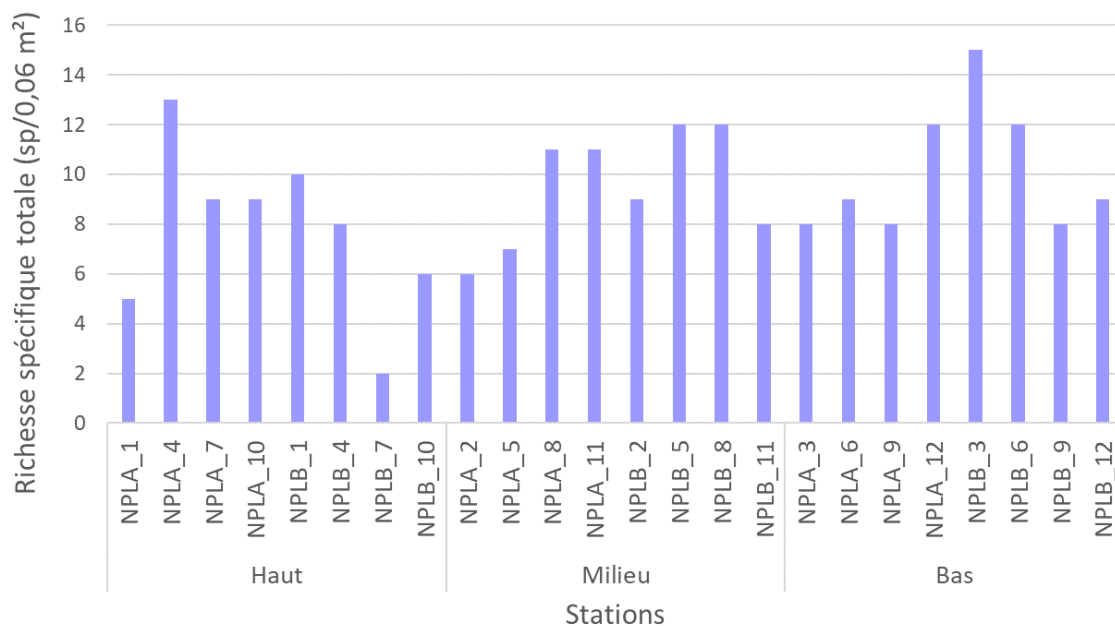


Figure 102. Richesse spécifique totale (sp/ 0,06 m²) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

Les richesses spécifiques moyennes sont comprises entre $1,2 \pm 0,4$ (NPLB_7) espèces et $6,8 \pm 1,7$ (NPLB_8). La Figure 104 permet de spatialiser les stations d'échantillonnage selon leurs richesses spécifiques moyennes. Les stations du haut d'estran sont légèrement moins diversifiées que les stations du milieu et du bas d'estran.

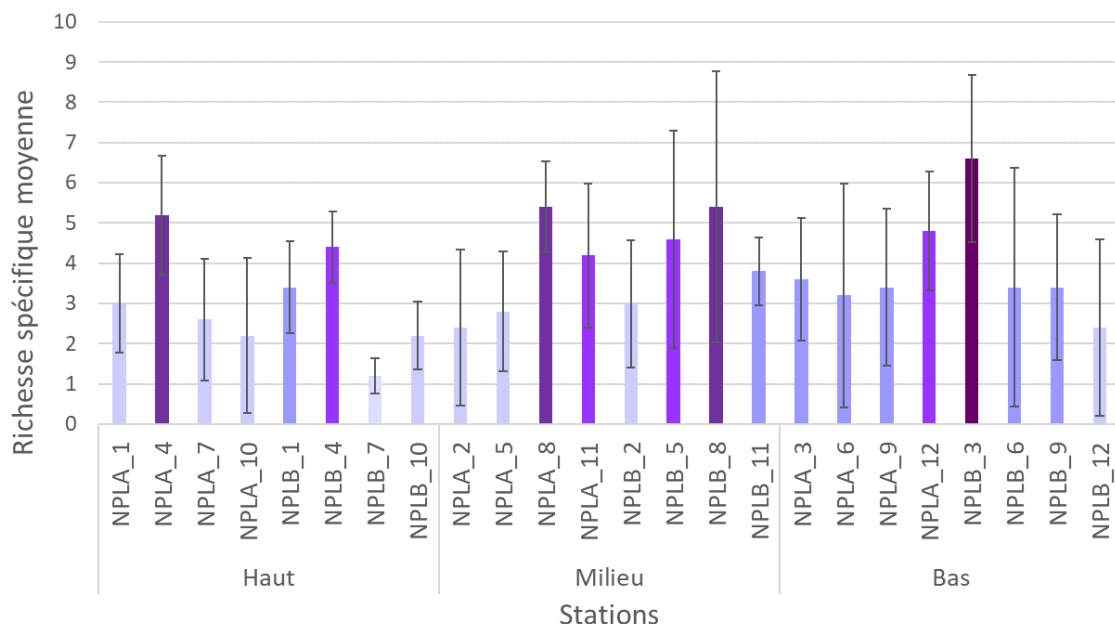


Figure 103. Richesse spécifique moyenne (espèces \pm écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

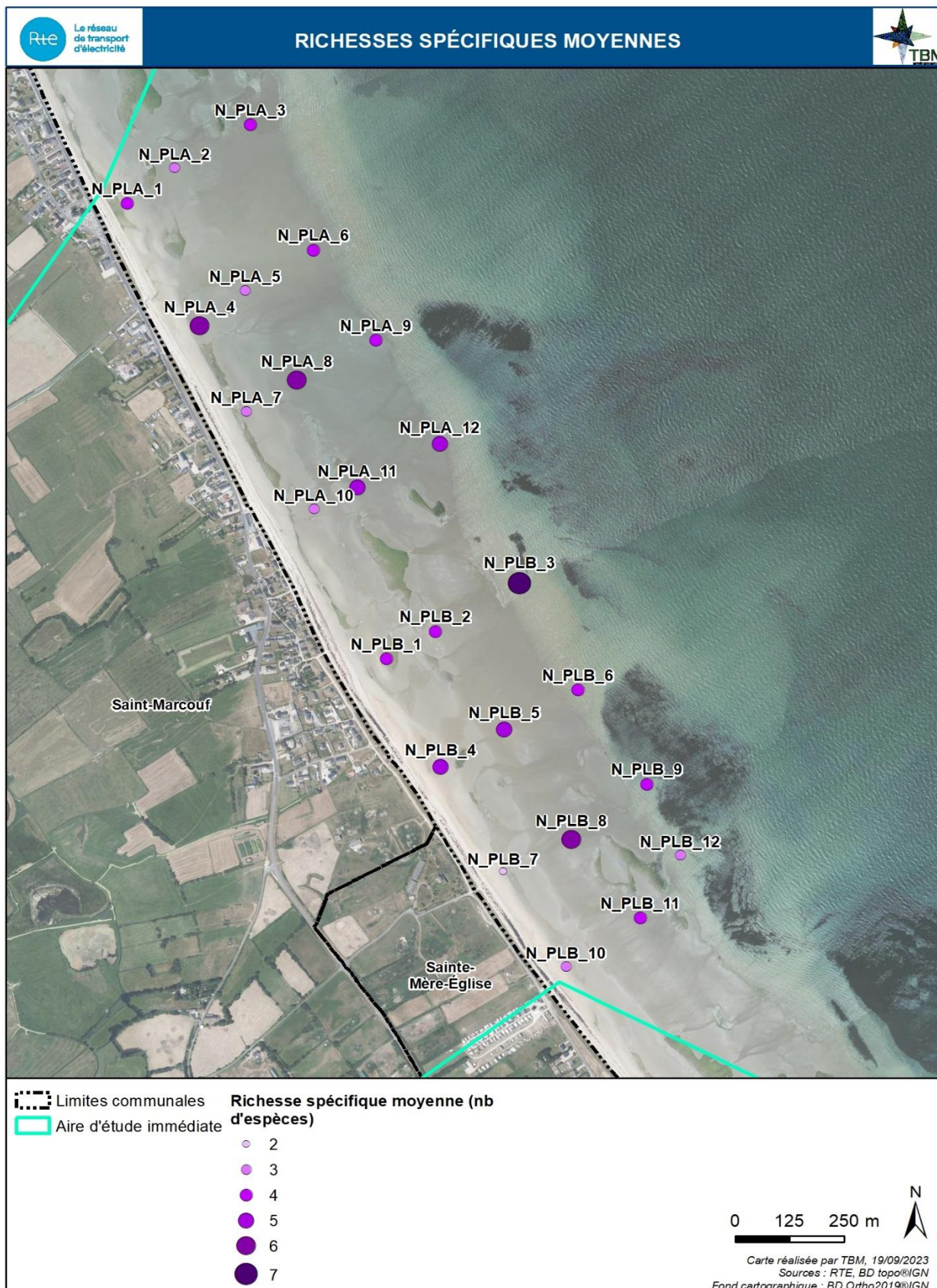


Figure 104. : Richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

Les Figure 105 et Figure 106 présentent la richesse spécifique relative (%) associée aux différents groupes taxonomiques, sur chacune des stations d'échantillonnage. Les groupes des crustacés et des polychètes sont les plus diversifiés et représentent respectivement 44,1 % et 39,3 % des espèces observées sur l'ensemble des échantillons. Les échinodermes constituent le troisième groupe le plus diversifié, leur richesse spécifique variant entre 7,7 % et 29,4 % (stations du milieu et du bas d'estran). Les mollusques (1,4 %) et les némerthes (3,2 %) sont les groupes les moins diversifiés.

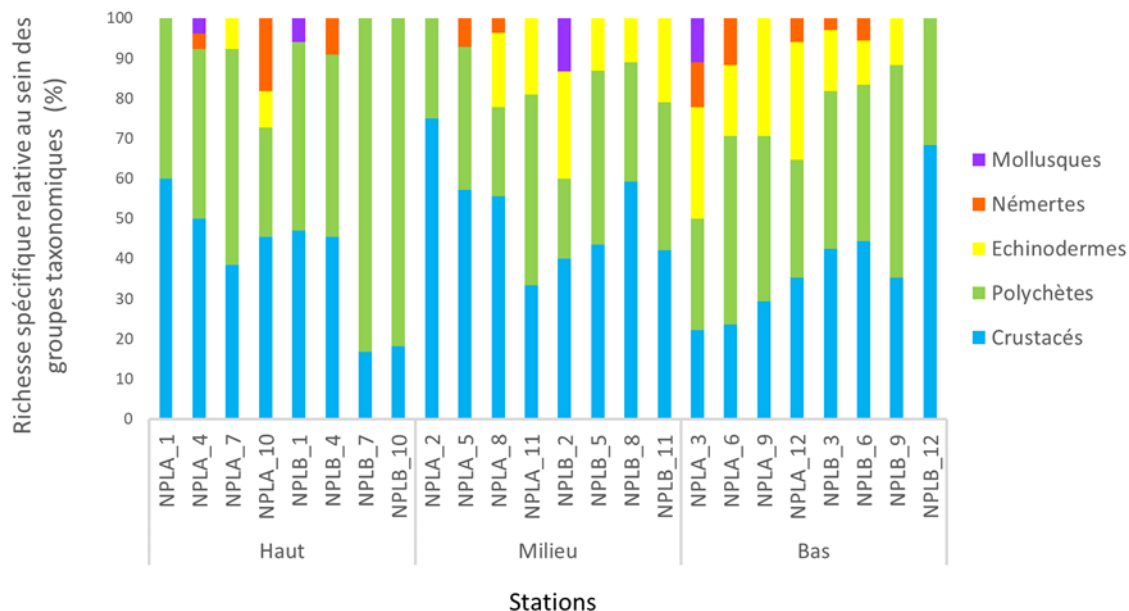


Figure 105. Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de leur richesse spécifique dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

La moitié des espèces identifiées sont rares (21 sur 42 espèces), et apparaissent ainsi dans moins de 12,5 % des échantillons (Tableau 31). Huit espèces sont occasionnelles, 4 espèces sont communes et 7 sont constantes et présentes dans plus de la moitié des stations.

Tableau 31. Constance des espèces.

Constance	Nombre d'espèces
Espèces rares, $C < 12,5 \%$	21
Espèces occasionnelles, $12,5 \leq C < 25 \%$	8
Espèces communes, $25 \leq C < 50 \%$	6
Espèces constantes, $C \geq 50 \%$	7

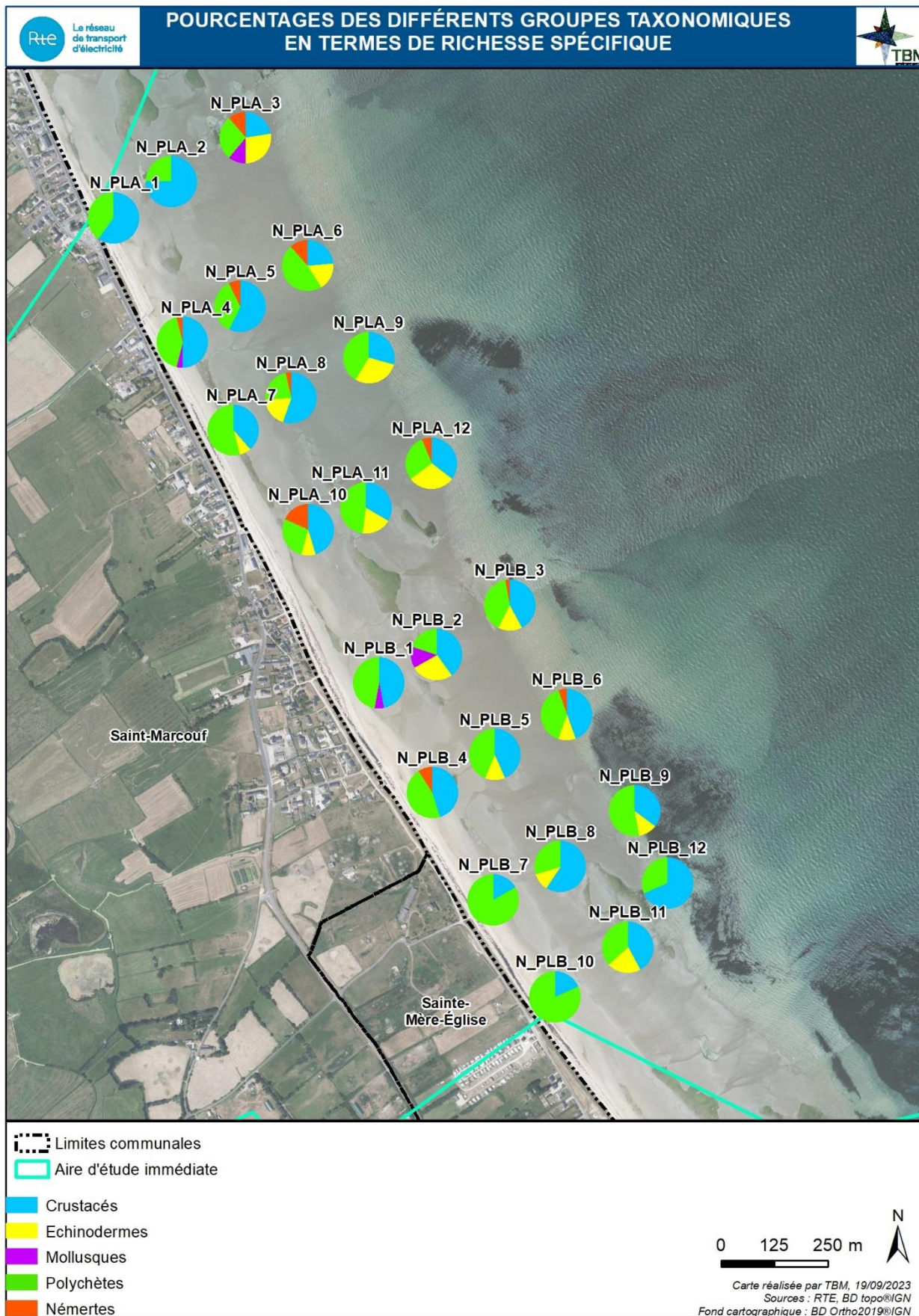


Figure 106. Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de leur richesse spécifique dans les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

5.3.2.2 Indices de diversité

Les indices de Shannon-Weaver mettent en évidence une forte variabilité inter- et intra-stations (Figure 107). De manière générale, les valeurs de l'indice de diversité sont assez faibles et varient de $0,05 \pm 0,12$ (NPLB_7) à $1,7 \pm 0,3$ (NPLB_3). Les stations du haut de l'estran sont légèrement moins diversifiées que les stations du milieu et du bas d'estran.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélou sont assez élevées et comprises entre $0,1 \pm 0,2$ (NPLB_7) et 1 (NPLB_10) (Figure 108). La très grande majorité des stations (22 sur 24) ont un indice de Piélou supérieur à 0,8 ce qui signifie que leurs peuplements sont plutôt équilibrés. En revanche, l'indice de Piélou associé à la station NPLB_7 est très faible ($0,1 \pm 0,2$) et reflète la dominance d'une espèce.

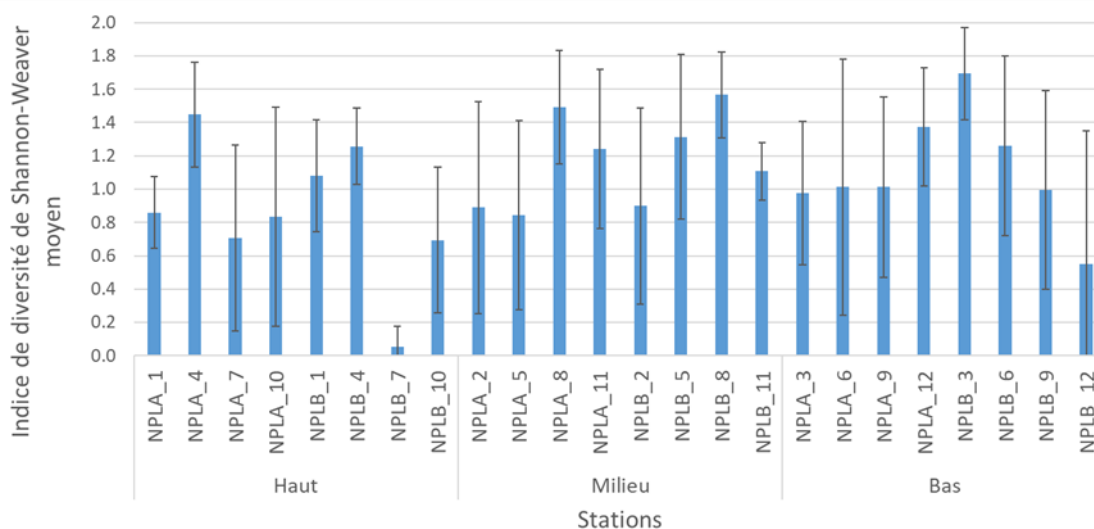


Figure 107. Indice de Shannon-Weaver moyen (\pm écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

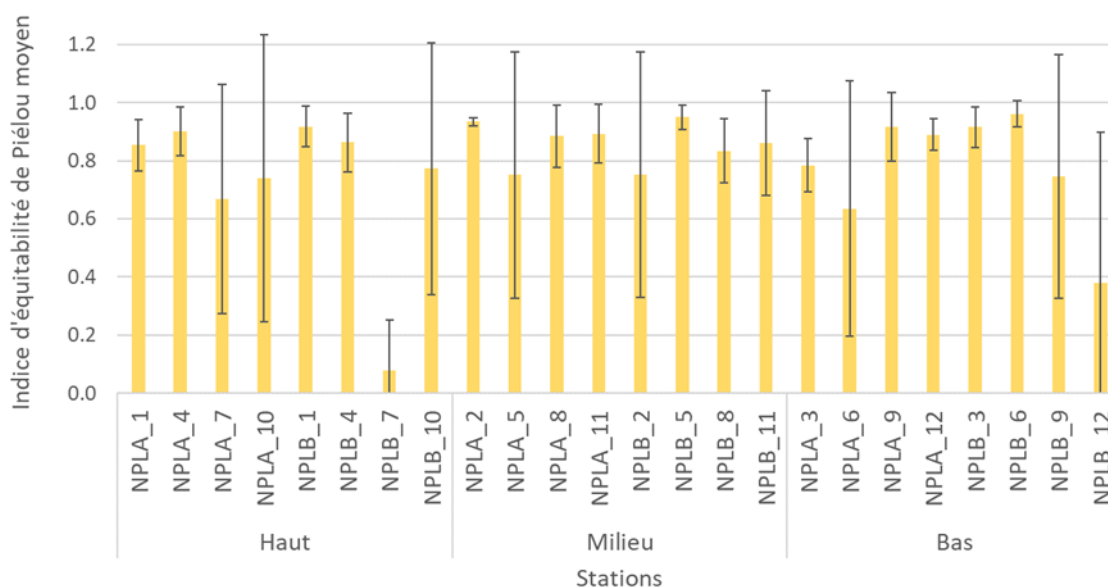


Figure 108. Indice d'équitabilité de Piélou moyen (\pm écart-type) des communautés benthiques sur les stations de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

Les figures suivantes mettent en évidence une différence significative de la structure des communautés selon les stations d'échantillonnage et leur niveau sur l'estran (Figure 111). En effet, trois groupes principaux se distinguent :

- Le premier **(2.2)** rassemble majoritairement les stations du bas et du milieu d'estran et est divisé en deux sous-groupes. Le premier regroupement **(2.2.1)** est dominé par les polychètes *Nephtys cirrosa* (31,5 % de contribution), les crustacés cumacés *Cumopsis goodsir* (21,7 %) et *Cumopsis fagei* (13,5 %) et l'amphipode *Bathyporeia guilliamsoniana* (15,8 %). Ces espèces sont sabulicoles et sont fréquentes dans les sables fins, ce qui est cohérent avec la granulométrie relevée sur leurs stations de prélèvement.

Le second regroupement **(2.2.2)** est quant à lui caractérisé par la dominance de l'ophiure *Acrocnida brachiata* (28,2 %), de l'amphipode *Urothoe poseidonis* (21 %) et du polychète *Nephtys cirrosa* (11,4 %). Ces stations présentent une part plus importante de sable moyen et grossier.

- Le second groupe **(2.1)** rassemble principalement les stations du haut de l'estran, qui sont cette fois-ci dominées par le polychète *Glycera tridactyla* (37,3 %), le cumacé *Cumopsis goodsir* (19 %) et le polychète *Spio martensis* (17,9 %).
- Enfin, le dernier groupe **(1)** correspond exclusivement aux stations du haut de l'estran, largement dominées par le polychète *Scolelepis squamata* (58,6 %) et l'amphipode *Bathyporeia guilliamsoniana* (18,1 %). La granulométrie y est plus élevée, notamment sur NPLB 7 qui présente la plus forte fraction de graviers.

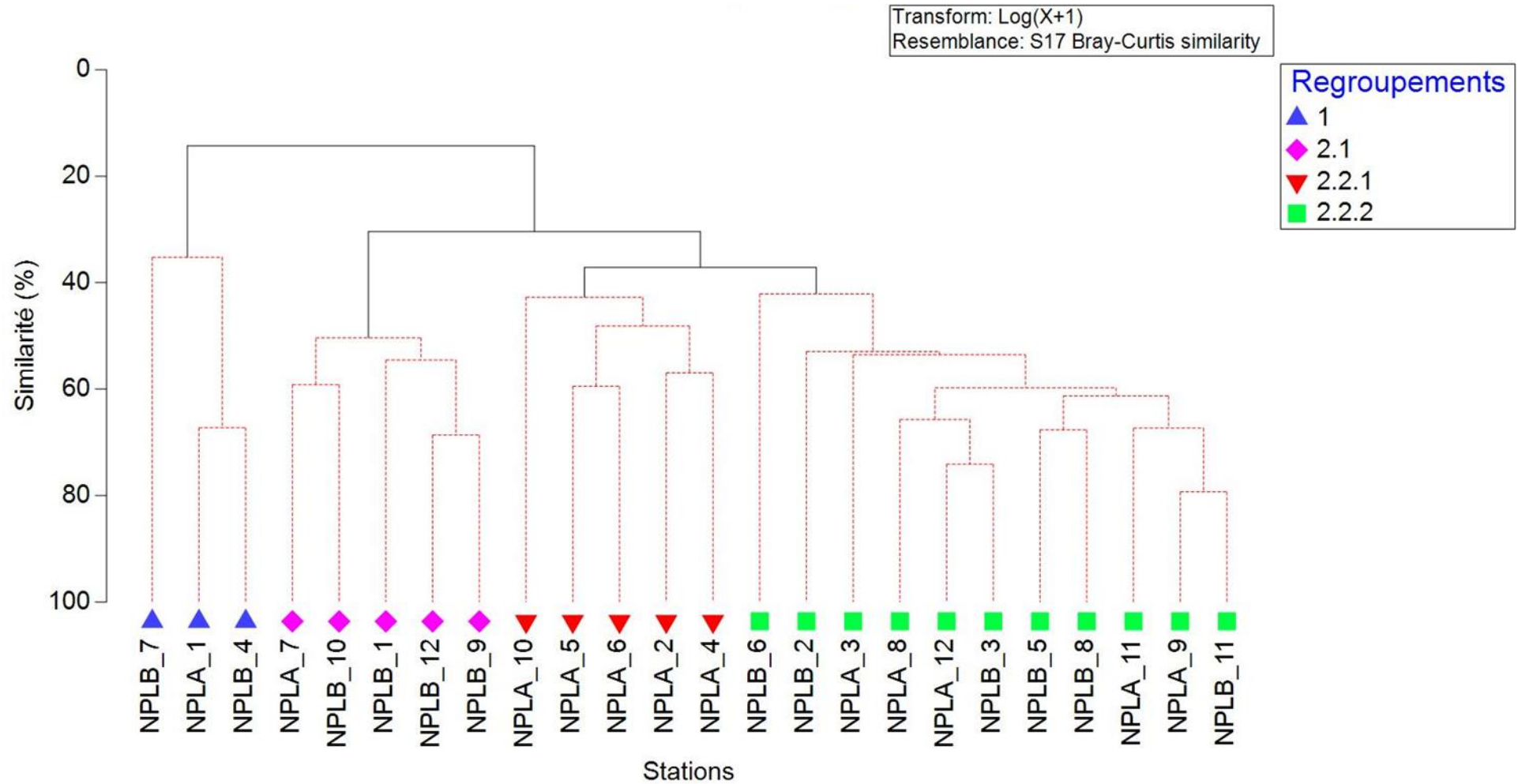


Figure 109. Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations intertidales de la plage de Saint Marcouf. Les lignes rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

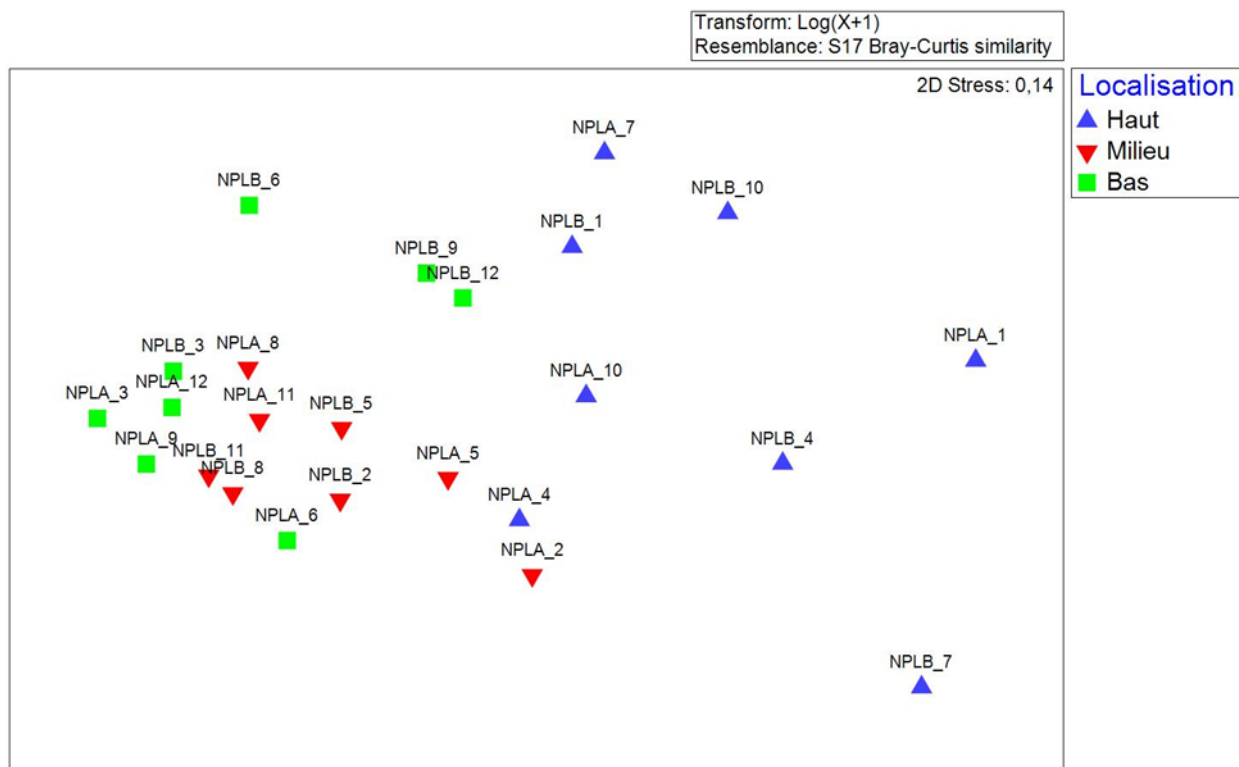


Figure 110. Analyse multidimensionnelle (MDS) effectuée sur les stations de la plage de Saint Marcouf.

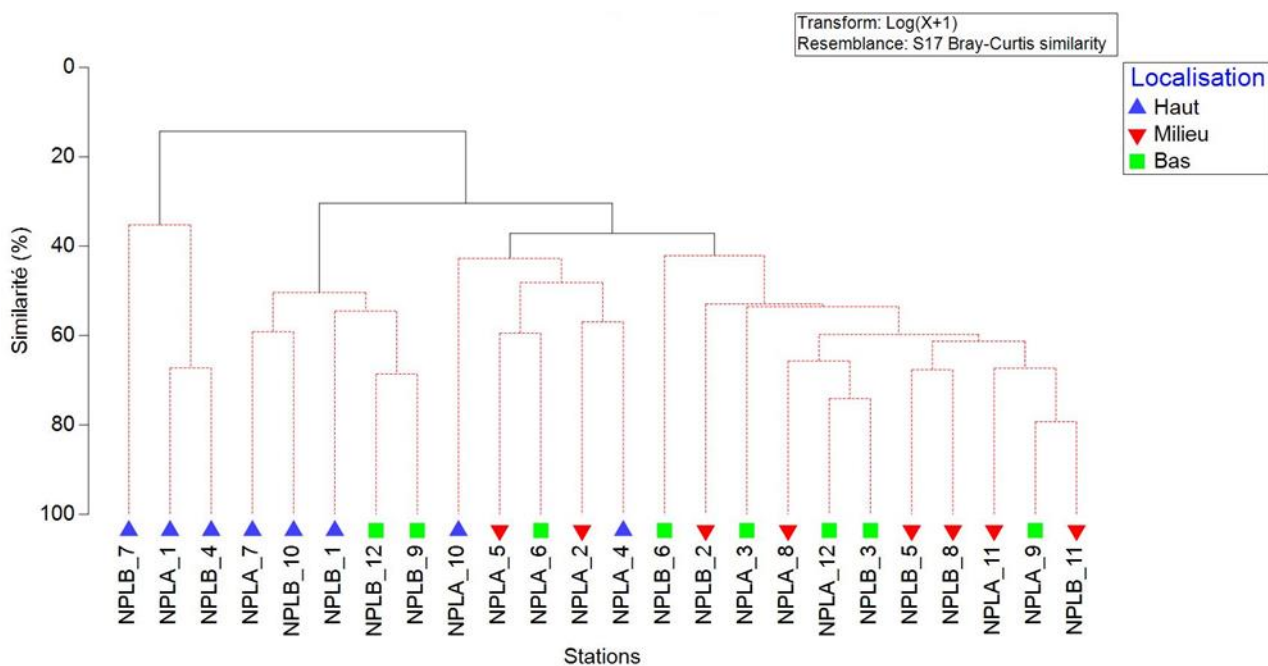


Figure 111. Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations du haut, du milieu et du bas de l'estran de Saint Marcouf. Les lignes rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

Tableau 32. Résultats de l'analyse SIMPER effectuée sur les échantillons de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf en 2022.

Groupe	Similarité moyenne	Espèces	Groupe taxonomique	Contribution (%)	Cumul des contributions (%)
1	45,9	<i>Scolelepis squamata</i>	Polychète	58,6	58,6
		<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Crustacé	18,1	76,7
2.1	53,9	<i>Glycera tridactyla</i>	Polychète	37,3	37,3
		<i>Cumopsis goodsir</i>	Crustacé	19,0	56,4
		<i>Spio martensis</i>	Polychète	17,9	74,3
2.2.1	48,0	<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychète	31,5	31,5
		<i>Cumopsis goodsir</i>	Crustacé	21,7	53,2
		<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Crustacé	15,8	69,0
		<i>Cumopsis fagei</i>	Crustacé	13,5	82,5
2.2.2	55,9	<i>Acrocnida brachiata</i>	Echinoderme	28,2	28,2
		<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacé	21,0	49,2
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychète	11,4	60,6
		<i>Eocuma dollfusi</i>	Crustacé	10,3	70,9

5.3.2.3 Indice biotique : AMBI

Les résultats de l'indice AMBI indiquent que l'état de santé des stations est « bon », ce qui correspond à un état « légèrement pollué » et transitoire, voire « très bon » (Tableau 33).

Tableau 33. AMBI et état de santé

	Stations	AMBI moyen	Etat écologique
Haut	NPLA_1	0,609	Très Bon
	NPLA_4	1,43	Bon
	NPLA_7	1,485	Bon
	NPLA_10	1,411	Bon
	NPLB_1	1,673	Bon
	NPLB_4	1,668	Bon
	NPLB_7	2,977	Bon
Milieu	NPLB_10	1,775	Bon
	NPLA_2	1,45	Bon
	NPLA_5	1,08	Très Bon
	NPLA_8	0,554	Très Bon
	NPLA_11	0,83	Très Bon
	NPLB_2	0,865	Très Bon
	NPLB_5	1,073	Très Bon
Bas	NPLB_8	0,404	Très Bon
	NPLB_11	0,66	Très Bon
	NPLA_3	0,668	Très Bon
	NPLA_6	1,271	Bon
	NPLA_9	0,481	Très Bon
	NPLA_12	0,553	Très Bon
	NPLB_3	0,654	Très Bon
	NPLB_6	0,906	Très Bon
	NPLB_9	1,341	Bon
	NPLB_12	1,2	Très Bon

Les Figure 112 et Figure 113 illustrent la répartition des abondances en fonction des différents groupes écologiques. Pour rappel, ces groupes écologiques sont définis comme suit :

- **Groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu,
- **Groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique,
- **Groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système,
- **Groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées,
- **Groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits.

Sur les stations du milieu et du bas d'estran, la majorité des espèces appartiennent aux groupes écologiques I et II. Des espèces du groupe III sont présentes sur l'ensemble des stations sauf sur NPLB_11. Seules les stations NPLA_2 et NPLB_3, abritent des espèces du groupe V et IV, respectivement. L'apparition du groupe V est causée par la présence d'un spécimen de *Capitella capitata* dans l'un des réplicats et celle du groupe IV est associée à l'espèce opportuniste *Chaetozone gibber*. Les stations du haut d'estran abritent une part plus importante d'espèces du groupe III (espèces tolérantes à une hypertrophisation). Ce groupe est largement dominant sur NPLB_7 et associé à la présence de *Scolecipis squamata*.

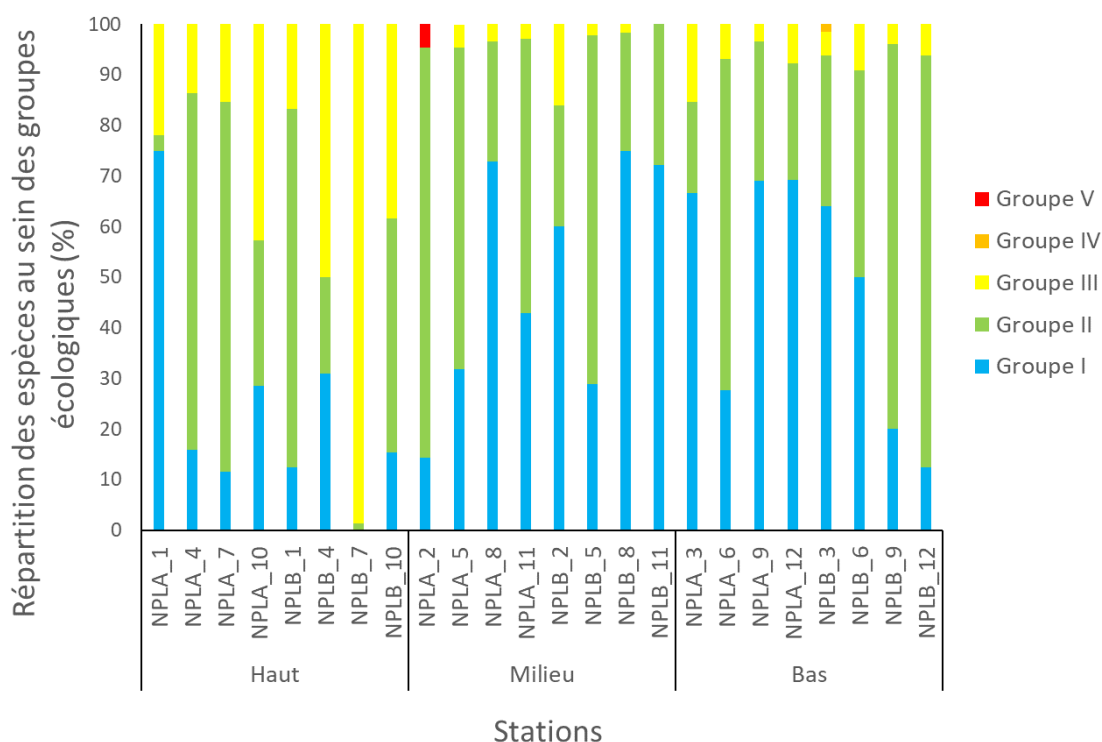


Figure 112. Répartition des groupes écologiques (%) associés aux espèces inventoriées au niveau de chaque station de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).

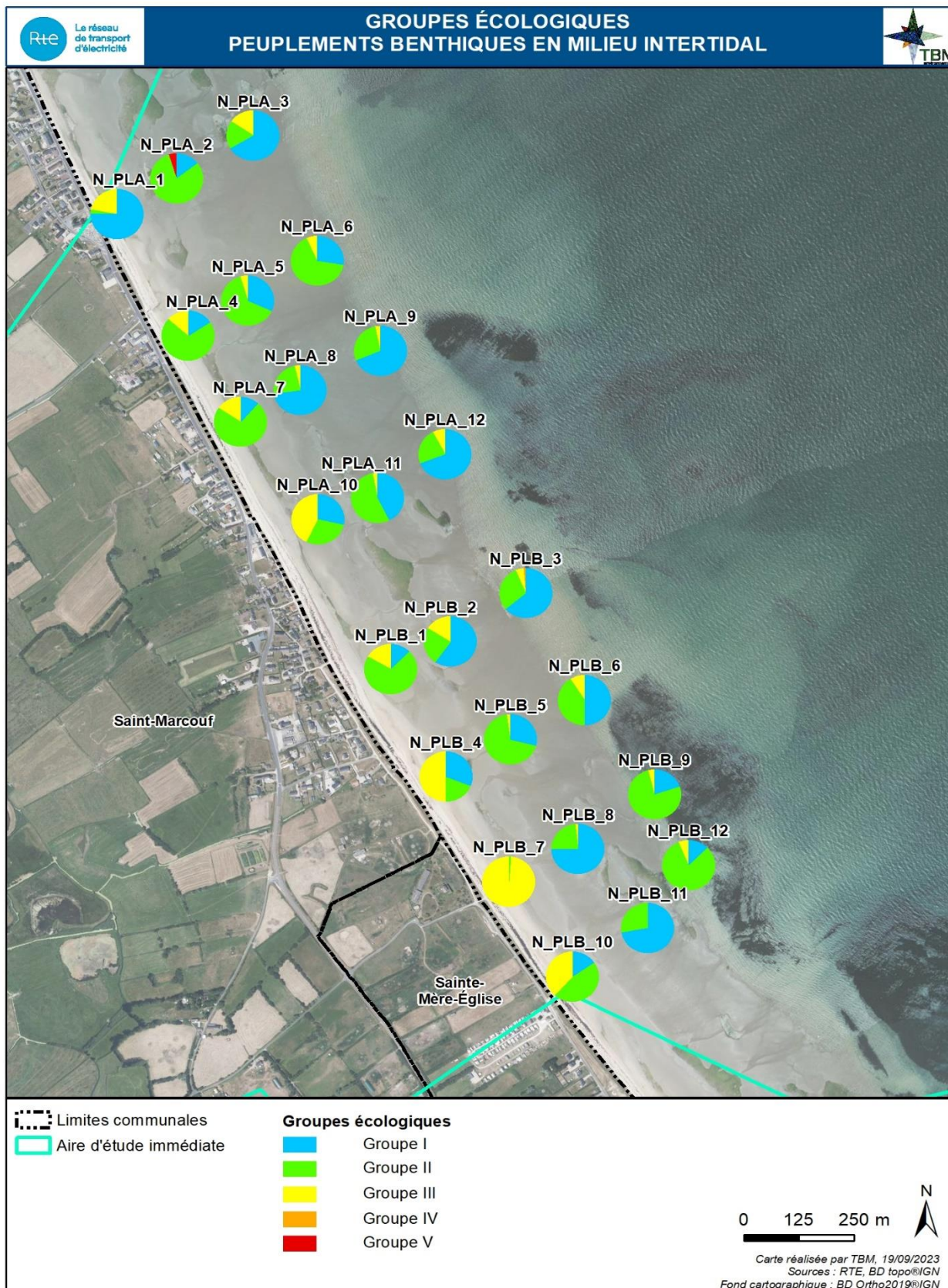


Figure 113. Répartition des groupes écologiques (%) au niveau de chaque station de substrats meubles de la plage de Saint Marcouf (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).

5.3.3 Typologie des habitats

Au vu des résultats issus des analyses granulométriques, des analyses multivariées (MDS et CAH) et des espèces caractéristiques mises en évidence, la plage de Saint Marcouf semble associée à trois types d'habitats (typologie HabRef) :

- 1/ En haut de plage : **A5-2.1.2 "Sables médiolittoraux mobiles à amphipodes et *Scolelepis* spp."**
- 2/ En milieu de plage : **A5-3.3 "Sables fins médiolittoraux dominés par *Nephtys cirrosa* »**
- 3/ Le bas de plage est associé à l'habitat plus généraliste : **A5-3 « Sables fins médiolittoraux »**. Ce secteur constitue cependant une zone de transition avec le milieu infralittoral avec la présence d'espèces telles que *Diogenes pugilator* et *Magelona mirabilis*.

5.4 Suivi des habitats rocheux en zones infralittorale et circalittorale

5.4.1 Cartographie des habitats

La Figure 114 illustre les habitats rocheux infralittoraux et circalittoraux présents dans l'aire d'étude rapprochée et à proximité. La Figure 115 correspond à un zoom au niveau de l'aire d'étude immédiate. La typologie utilisée est MNHN 2019 (Michez et al., 2019). Le Tableau 34 permet d'établir les correspondances entre les typologies pour ces habitats.

La zone infralittorale est largement dominée par l'habitat B1-5.2 Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*.

Au sud-est de l'aire d'étude rapprochée, il est à noter la présence de l'habitat B2-1.2 Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux. L'habitat B1-4 Laminaires de l'infralittoral côtier est également présent en périphérie de l'aire d'étude rapprochée.

Tableau 34 : Intitulés et correspondances entre la typologie des cahiers des Habitats EUR27 (Bensettiti et al., 2004), de la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) et de la typologie EUNIS 2012-2022 pour les substrats rocheux

Habitats génériques EUR27	Habitats élémentaires EUR27	Niveau 1 MNHN	Niveau 2 MNHN	Niveau 3 MNHN	Niveau 4 MNHN	EUNIS 2012	EUNIS 2022
1170 Récifs	1170-3 La roche médiolittorale en mode exposé (façade atlantique)	A1 Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1-2 Roches ou blocs à médiolittoraux dominance algale	A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes		A1.45 - Algues vertes ou rouges éphémères (soumises à l'action de l'eau douce ou du sable) sur substrat fixe	MA1-23G - <i>Ulva</i> (anciennement <i>Enteromorpha</i>) spp. soumise à l'action de l'eau douce et/ou sur roche instable du médiolittoral supérieur
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	B1 - Roches ou blocs infralittoraux	B1-4 – Laminaires de l'infralittoral inférieure			A3.21 - Laminaires et algues rouges sur roche infralittorale sous hydrodynamisme modéré	MB1-21 - Communautés d'algues et de laminaires sur roche de l'infralittoral en Atlantique
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	B1 - Roches ou blocs infralittoraux	B1-5 - Roches ou blocs à infralittoraux à couverture végétale autre que les laminaires	B1-5.1 - Roches ou blocs infralittoraux à <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Sargassum</i> et/ou <i>Halidrys</i>	B1-5.1.3 - Roches ou blocs infralittoraux à <i>Sargassum muticum</i>	A3.315 - <i>Sargassum muticum</i> sur substrat hétérogène infralittoral peu profond soumis à de faibles courants de marée	MB1-21 - Communautés d'algues et de laminaires sur roche de l'infralittoral en Atlantique
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	B1 - Roches ou blocs infralittoraux	B1-5 - Roches ou blocs à infralittoraux à couverture végétale autre que les laminaires	B1-5.2 - Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>		A3.3 - Roche infralittorale de l'Atlantique et de la Méditerranée sous faible hydrodynamisme	MB1-221 - Algues rouges foliacées sur roche exposée de l'infralittoral inférieur en Atlantique
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	B2 - Récifs biogéniques infralittoraux	B2-1 - Récifs de moules (moulières) infralittoraux	B2-1.2 – Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux		A5.62 - Moulières sur sédiment subtidal	MB2-223 - Bancs de moules sur sédiment de l'infralittoral en Atlantique
1170 Récifs	1170-5 Roche infralittorale en mode exposé	C1 - Roches ou blocs du circalittoral côtier	C1-1 – Roches ou blocs circalittoraux côtiers à gorgonaires, <i>Pentapora fascialis</i> et algues sciaphiles			A4.1311 - <i>Eunicella verrucosa</i> et <i>Pentapora fascialis</i> sur roche circalittorale exposée aux vagues	MC1-21 - Communautés animales gazonnantes sur roche du circalittoral en Atlantique

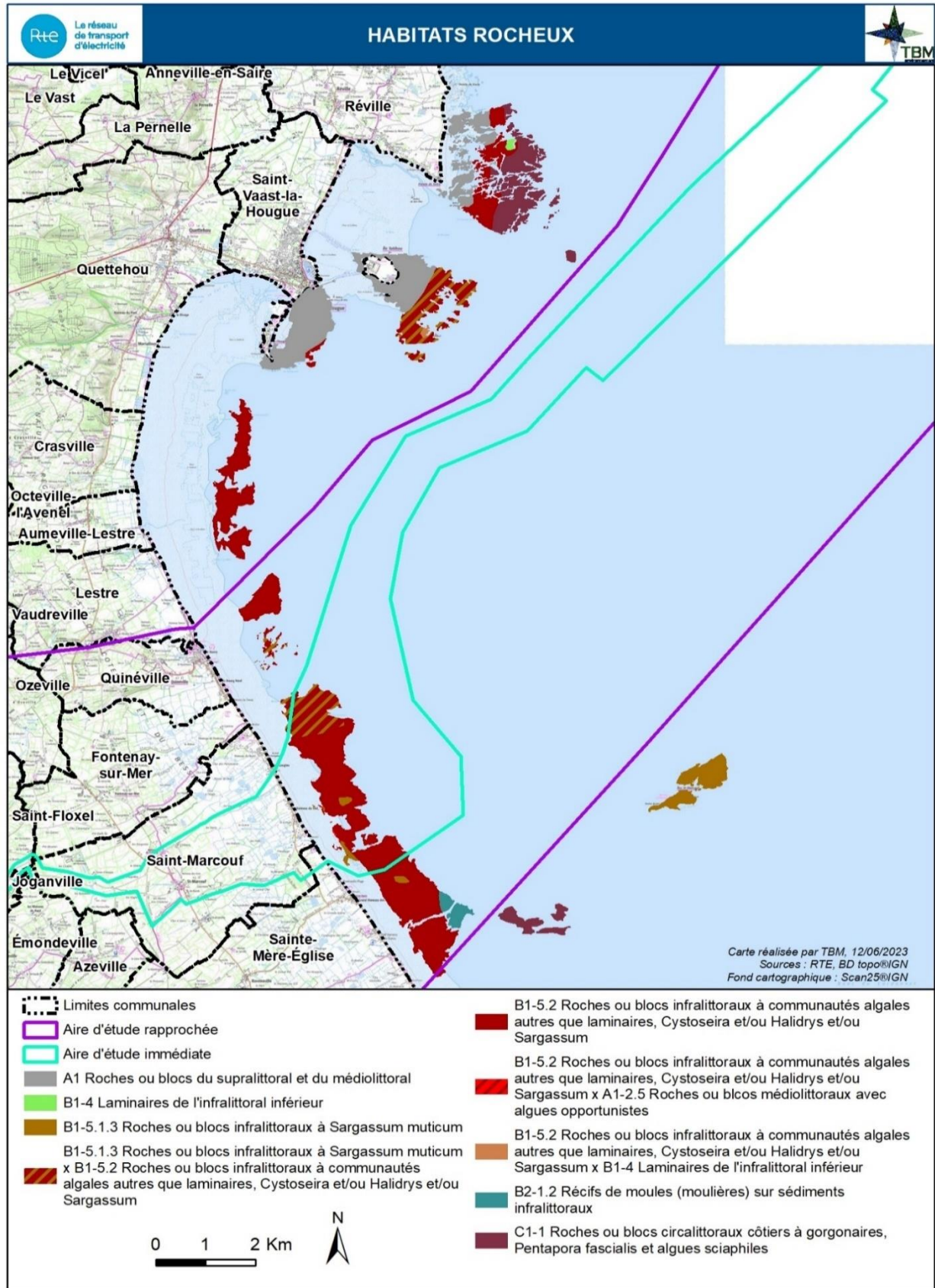


Figure 114 : Carte des habitats marins rocheux infralittoraux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) dans l'aire d'étude rapprochée et à proximité

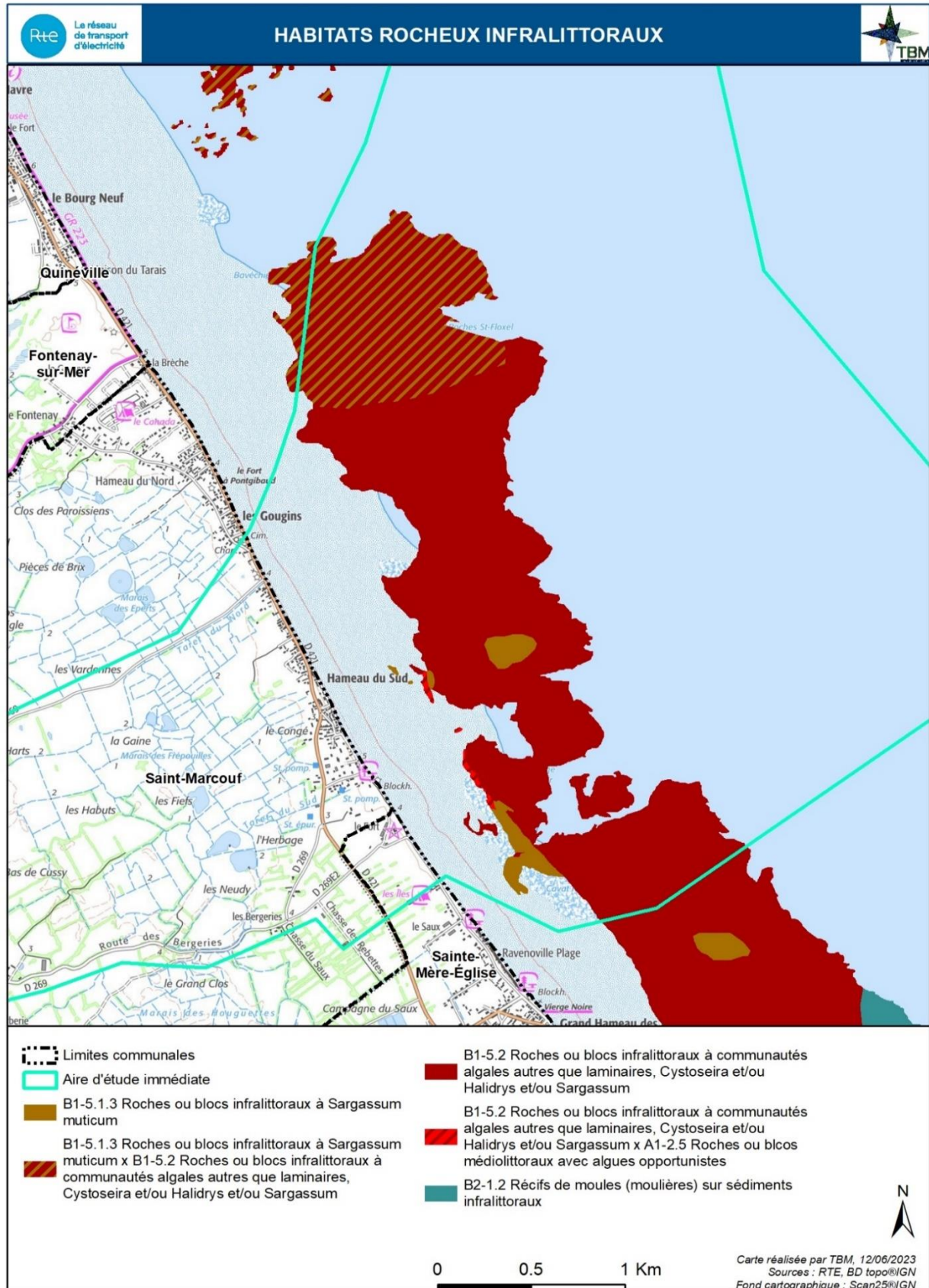


Figure 115 : Carte des habitats marins rocheux infra-littoraux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) dans l'aire d'étude immédiate

5.4.2 Description des habitats

Une grande partie de ces habitats étaient déjà présents sur la carte des habitats intertidaux et donc décrits dans la section précédente. Des illustrations sont présentées en Figure 116.



B1-5.1.3 - Roches ou blocs infralittoraux à *Sargassum muticum*

B1-5.2 - Roches ou blocs infralittoraux à communautés algales autres que laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*

Figure 116 : Illustrations des habitats rocheux en zone infralittorale

A) 1170 Récifs - 1170-5 Roche infralittorale en mode exposé

B) B1-4 – Laminaires de l'infralittoral inférieure

Les forêts de laminaires sont considérées comme des habitats complexes, qui modifient leur environnement local et qui abritent une forte richesse spécifique, notamment d'espèces épiphytes, qui se fixent sur leurs stipes ou leurs frondes. Comme observé sur le site d'étude, ces forêts peuvent être constituées de différents assemblages de laminaire telles que *Saccharina latissima* et *Saccorhiza polyschides*.



Figure 117 : B1-4 Laminaires de l'infralittoral inférieur

A) 1170 Récifs - 1170-5 Roche infralittorale en mode exposé

B) B2-1.2 Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux

Des récifs de moules peuvent s'installer sur des fonds de sédiments hétérogènes en eaux peu profondes, en eaux marines côtières ou parfois en milieu à salinité variable dans les parties extérieures d'estuaires. Les moulières jouent un rôle important, notamment dans la structuration des habitats et en tant que proies de diverses espèces (*p.ex.* téléostéens, mollusques, crustacés).



Figure 118 : B2-1.2 Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux

A) 1170 Récifs - 1170-5 Roche infralittorale en mode exposé

B) C1-1 – Roches ou blocs circalittoraux côtiers à gorgonaires, *Pentapora fascialis* et algues sciaphiles

Cet habitat est typiquement rencontré sur la roche escarpée, les blocs et les affleurements rocheux exposés aux vagues et soumis à des courants de marée variables, du circalittoral côtier. Il comporte

une faune diversifiée, avec la présence conjointe ou non de la gorgone *Eunicella verrucosa* et du bryzoaire *Pentapora fascialis*.



Figure 119 : C1-1 – Roches ou blocs circalittoraux côtiers à gorgonaires, *Pentapora fascialis* et algues sciaphiles

5.5 Suivi des habitats en zone subtidale

5.5.1 Prospections sur les substrats meubles subtidaux (2022)

Sur les 26 stations échantillonnées, **341 espèces** (131 polychètes, 93 crustacés, 52 mollusques, 11 échinodermes, 43 espèces de l'épifaune sessile et 11 espèces autres) ont été identifiées sur un effectif total de **23 082 individus**.

5.5.1.1 Abondance et richesse spécifique

La grande majorité des prélèvements ont été réalisés à la drague Rallier du Baty. Le volume d'échantillonnage de 10 L. En revanche, sur les stations les plus côtières (NPB01, NPB02 et NPB04), les peuplements benthiques ont été prélevés à la benne Day, selon une surface d'échantillonnage de 0,1 m².

Les abondances totales (somme des réplicats) calculées sur chacune des stations d'échantillonnage sont présentées en Figure 120 et Figure 121. Pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty, les valeurs obtenues varient de 178 ind/50 L à 5468 ind/50 L. La majorité des abondances sont inférieures à 1000 ind/50 L et sont relativement homogènes sur tout le gradient côte-large. Toutefois, sur les stations NPB07, NPB08, NPB18 et NPB21, les valeurs sont nettement supérieures et dépassent les 3000 ind/50 L. Concernant les prélèvements à la benne, les valeurs sont comprises entre 46 ind/0,5 m² et 2761 ind/0,5 m².

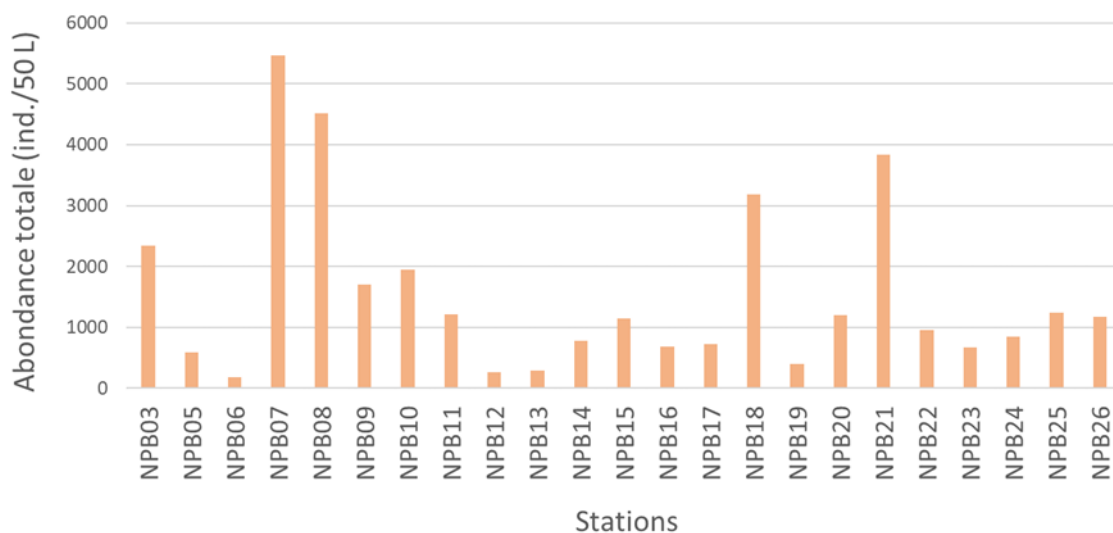


Figure 120. Abondance totale (ind./50 L) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty en mars 2022.

Les abondances moyennes (moyenne des réplicats) des prélèvements à la drague et à la benne sont présentées en Figure 122 et Figure 123, respectivement. Elles varient entre $35,6 \pm 13,3$ ind/10 L (NPB06) et $1094 \pm 348,5$ ind/10 L (NPB07). À nouveau les valeurs sont relativement homogènes sur l'ensemble des stations. Les stations NPB07 et NPB08 présentent les abondances les plus élevées, de $903,6 \pm 416,5$ ind/10 L et $1094 \pm 348,5$ ind/10 L, respectivement et une forte variabilité inter-réplicats. Concernant les stations échantillonnées à la benne, les abondances moyennes varient de $92 \pm 64,2$ ind/m² à $5870 \pm 872,4$ ind/m². Les valeurs associées à chaque station sont cartographiées en Figure 124.

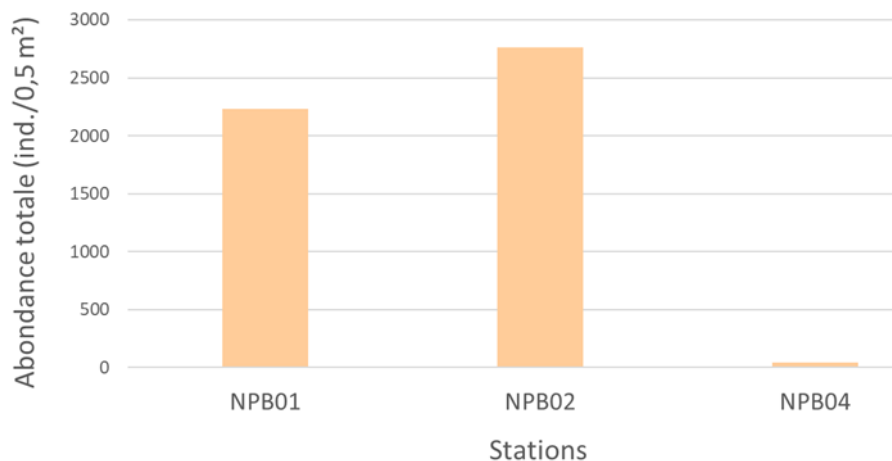


Figure 121. Abondance totale (ind/0,5 m²) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day en mars 2022.

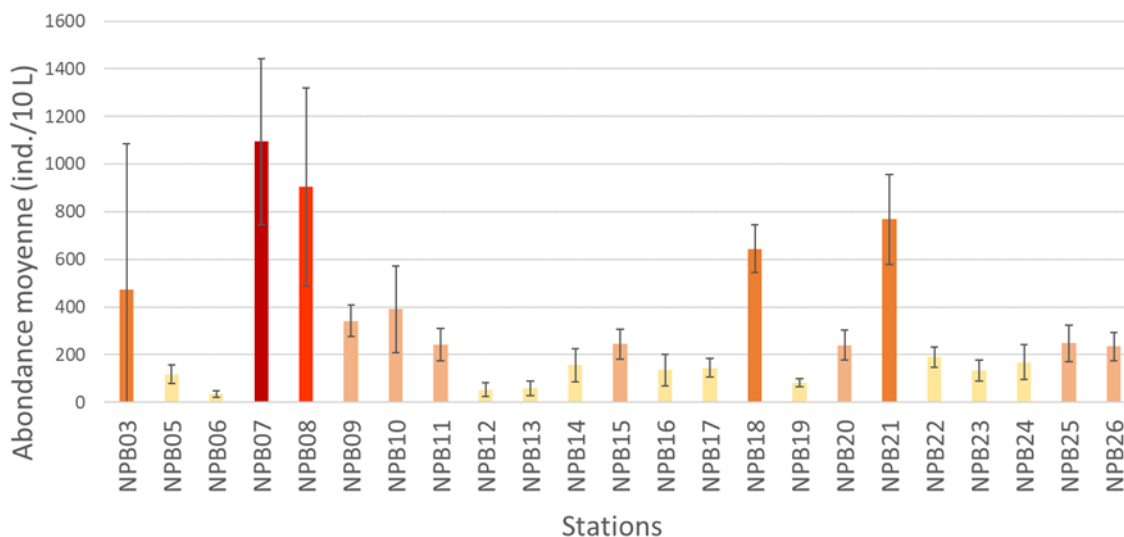


Figure 122 Abondance moyenne (ind/10 L ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty en mars 2022.

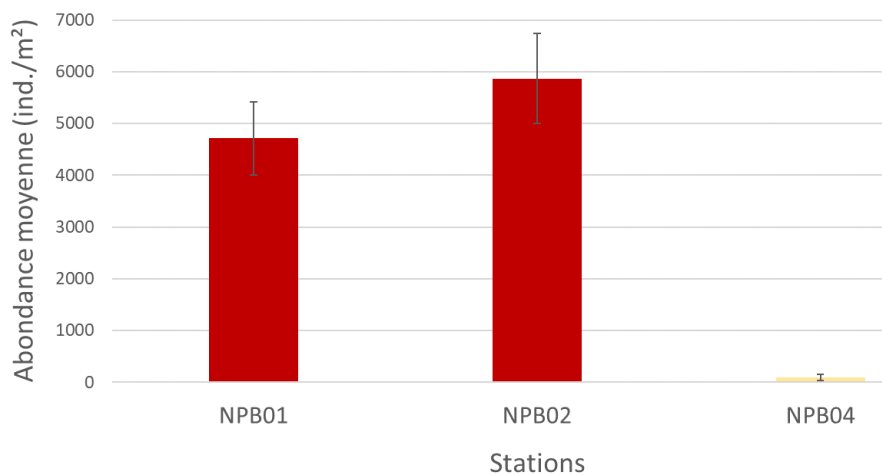


Figure 123 Abondance moyenne (ind/m² ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day en mars 2022.

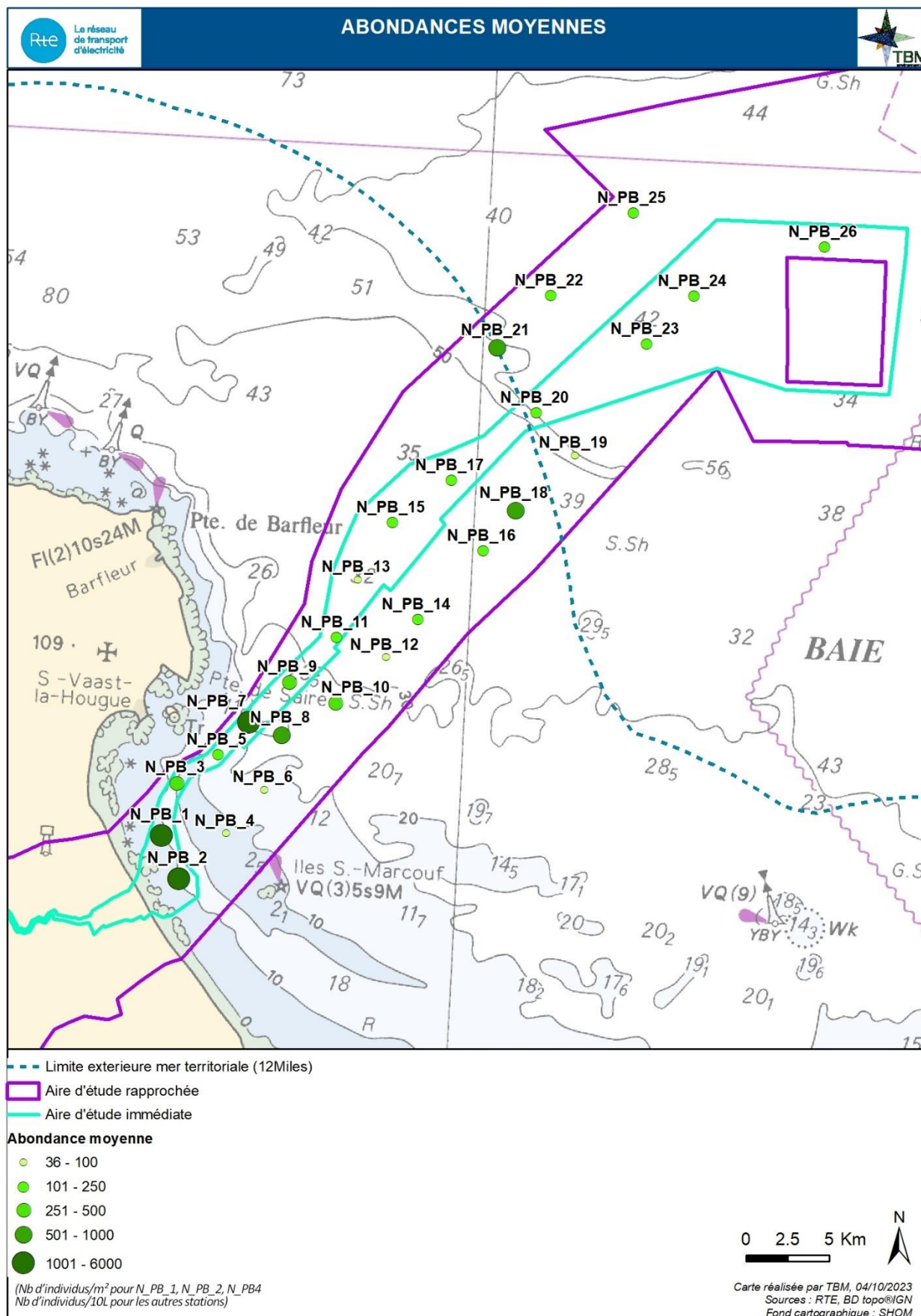


Figure 124 Abondance moyenne des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day (ind/m² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (ind/10 L) en mars 2022.

Sur la zone d'étude, les polychètes et les crustacés sont les 2 embranchements les plus abondants et représentent 41,2 % et 28,5 % de l'effectif total, respectivement (Figure 125 et Figure 126). Ces derniers sont majoritaires sur la plupart des stations. Cependant, les effectifs des stations côtières NPB01, NPB02 et NPB04 (benne Day) sont dominées par des mollusques, tandis que les stations du large NPB21, NPB22, NPB23 et NPB25 (drague) sont dominées par des échinodermes. L'épifaune sessile et autres taxons sont peu abondants (< 5%) mais présents sur la majorité des stations.

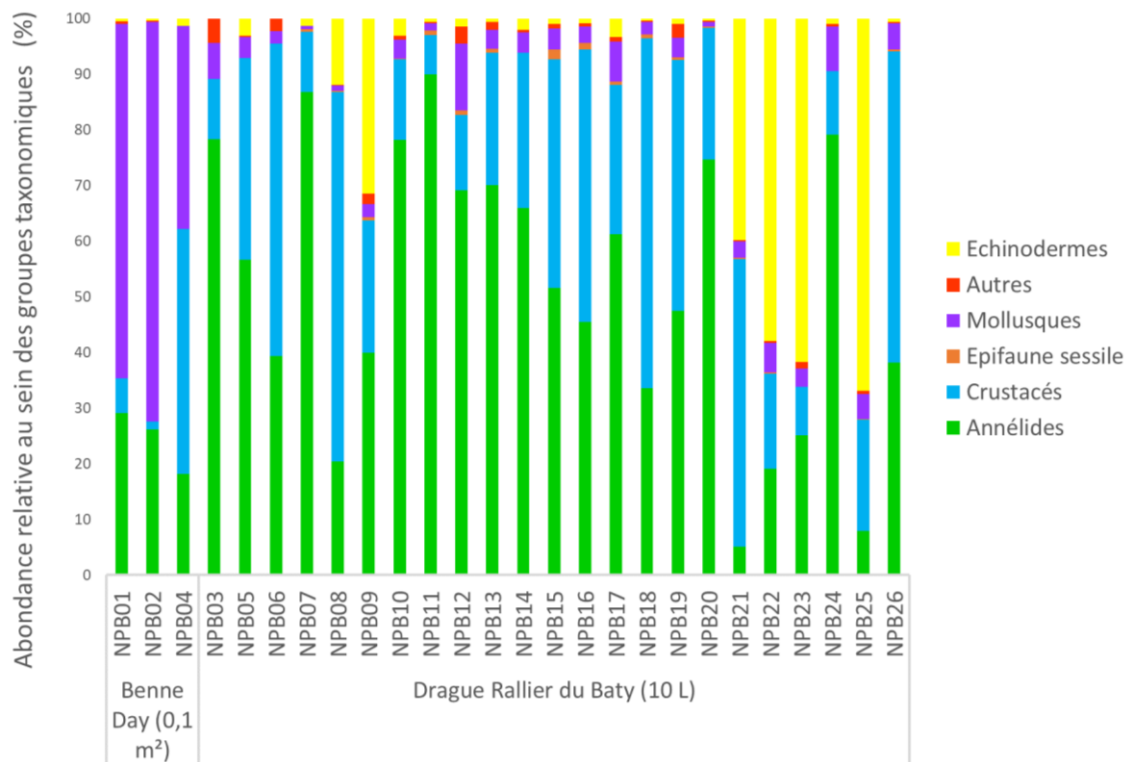


Figure 125. Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.

Les richesses spécifiques totales sont présentées en Figure 127 et Figure 128. Leurs valeurs sont comprises entre 24 et 256 espèces (volume de 50 L) et entre 7 et 74 espèces (surface de 0,5 m²) pour les prélèvements à la drague et à la benne, respectivement. Les richesses spécifiques sont relativement homogènes entre les stations sauf sur les stations NP06 et NPB03 qui semblent particulièrement peu diversifiées. Les richesses spécifiques moyennes varient de 10,4 ± 3,3 espèces (NPB06) à 97,6 ± 17,3 espèces (NPB07) pour les prélèvements à la drague et de 3 ± 1,2 espèces à 42 ± 3,8 espèces pour les prélèvements à la benne (Figure 129). Les valeurs associées à chaque station sont cartographiées en Figure 131.

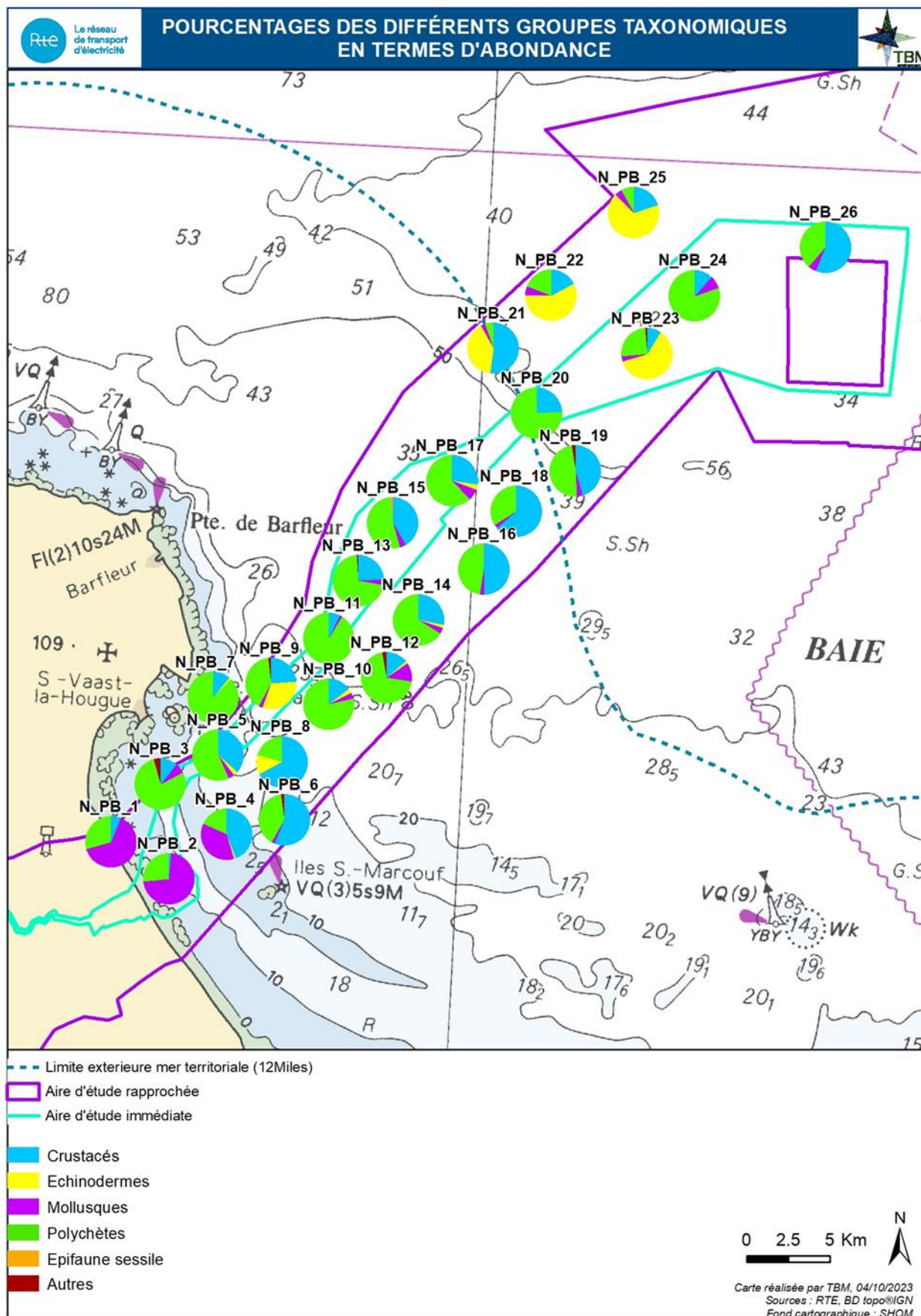


Figure 126 Abondance relative (%) des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.

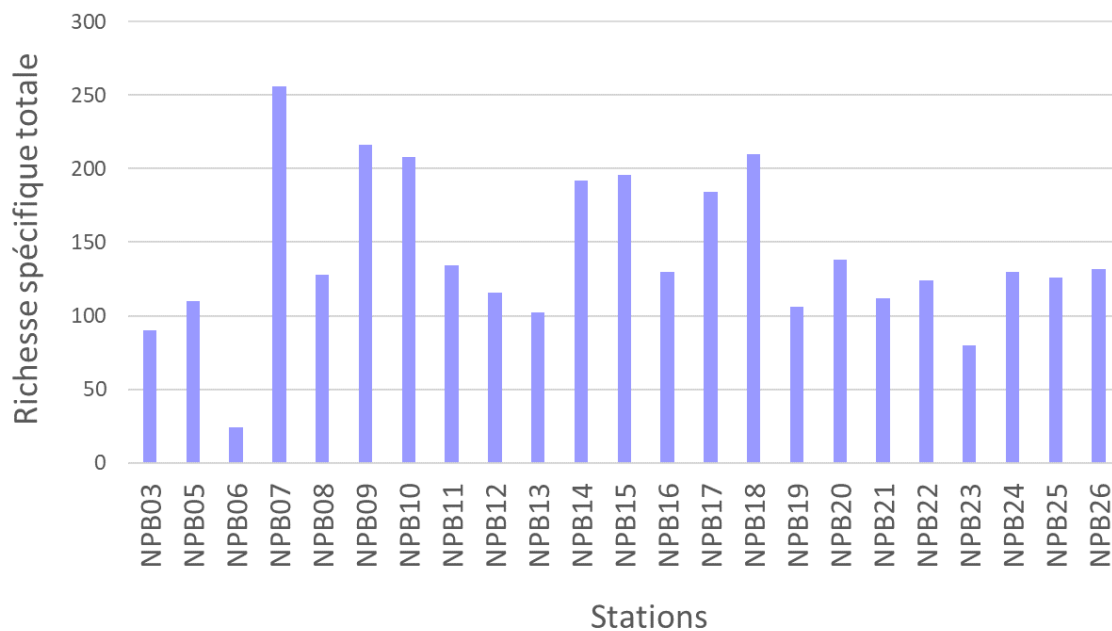


Figure 127 Richesse spécifique totale (sp/50 L) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty en mars 2022.

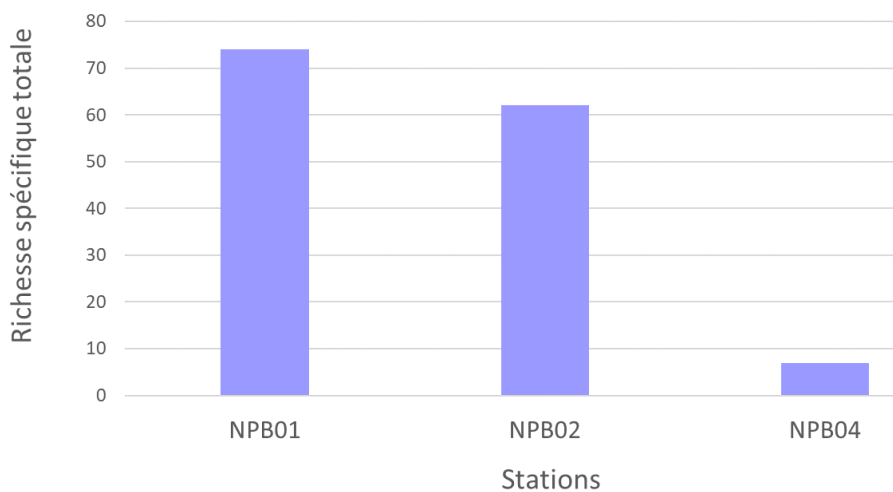


Figure 128 Richesse spécifique totale (sp/0,5 m²) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day en mars 2022.

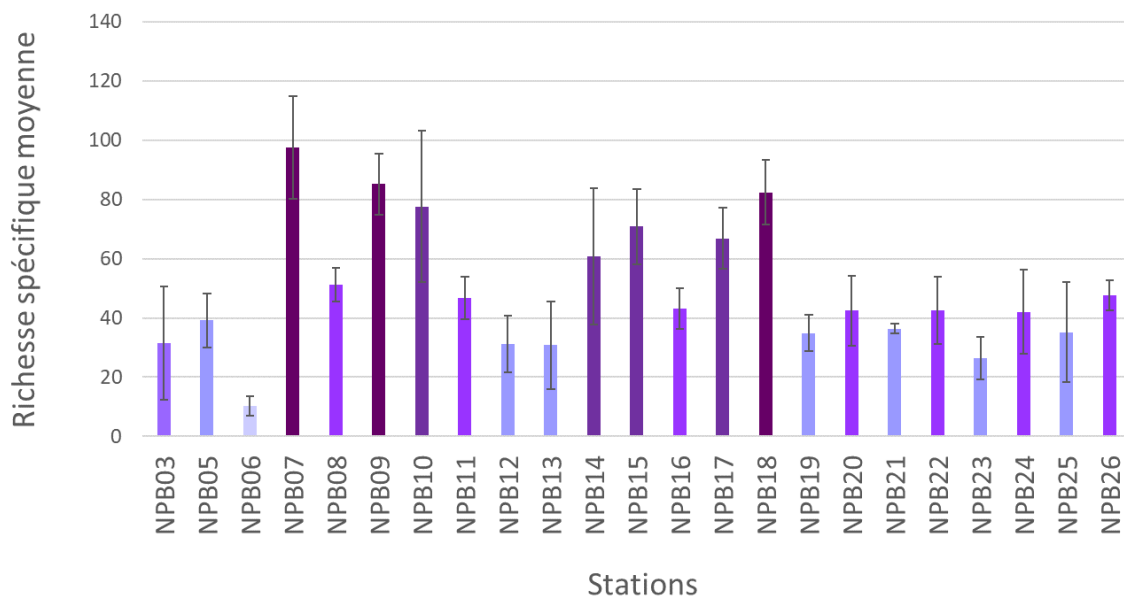


Figure 129 Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la drague Rallier du Baty (sp/10 L) en mars 2022.

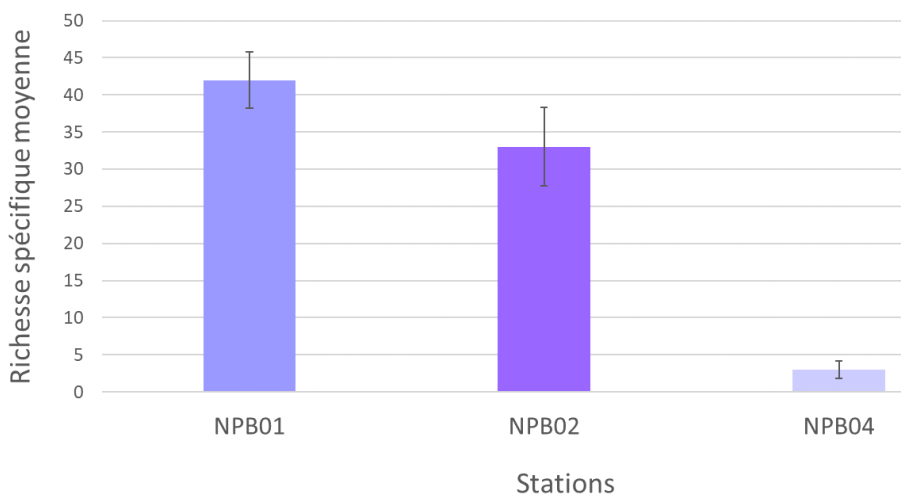


Figure 130 Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day (sp/0,1 m²) en mars 2022.

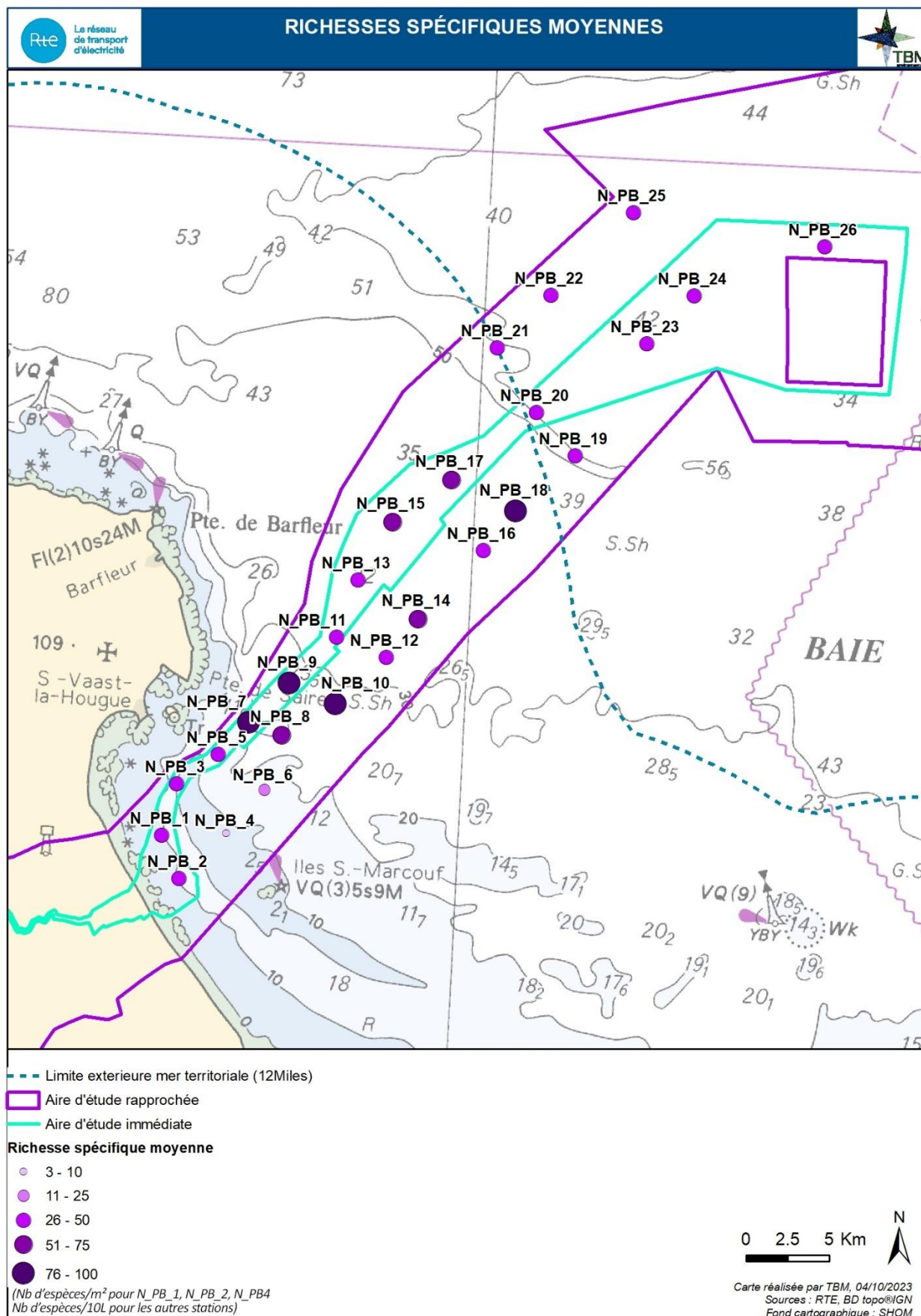


Figure 131 Richesse spécifique moyenne (espèces ± écart-type) des communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées à la benne Day (sp/m² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (sp/10 L) en mars 2022.

L'indice de raréfaction ES (50) permet de comparer la richesse spécifique des stations, indépendamment de leur méthode d'échantillonnage. Pour un effectif commun de 50 individus, la richesse spécifique des stations est comprise en 6 espèces (NPB21) et 27 espèces (NPB17) (Figure 132). Les stations échantillonnées à la benne Day (NPB01, NPB02 et NPB04) ont des richesses spécifiques comparables aux stations les plus côtières échantillonnées à la drague Rallier du Baty.

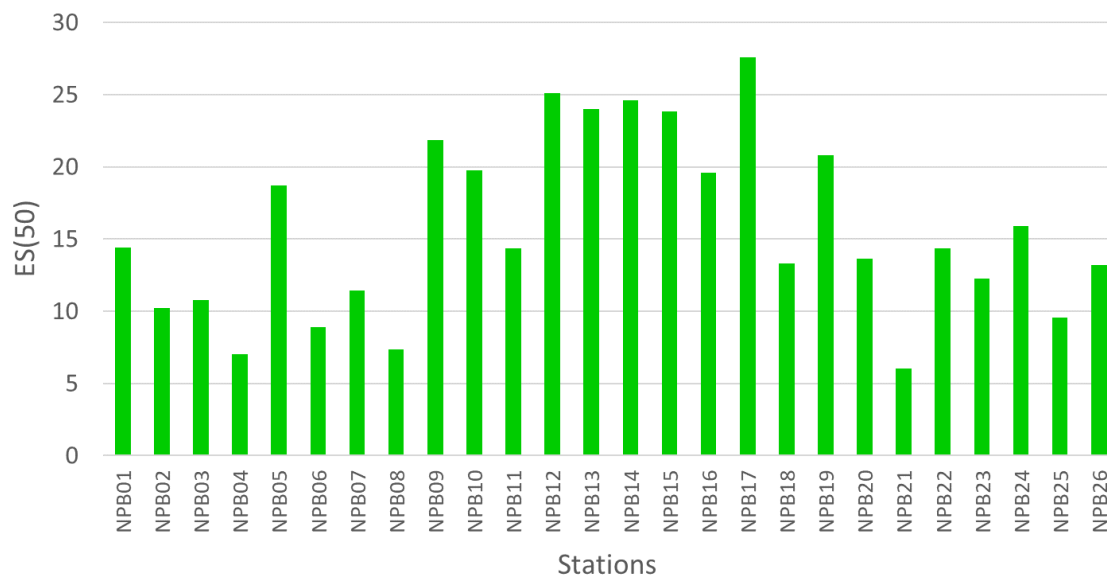


Figure 132 Indice de raréfaction ES (50) de chacune des stations échantillonnées en zone subtidale en mars 2022.

Les Figure 133 et Figure 134 présentent la richesse spécifique relative (%) associée aux différents groupes taxonomiques, sur chacune des stations d'échantillonnage. Le groupe des polychètes est le plus diversifié et représente 47,5 % des espèces observées sur l'ensemble des échantillons. Viennent ensuite les crustacés (23,2 %), puis l'épifaune sessile (14,2 %) qui est très peu présente sur les stations côtières (< 0,5 %). La présence d'une épifaune sessile plus diversifiée et plus abondante témoigne de la stabilité sédimentaire des sédiments sablo-graveleux observés sur les stations du large.

Les stations côtières sont caractérisées par une plus forte diversité de mollusques, lesquels sont présents sur l'ensemble des stations (9,7 %). Les échinodermes (3,5 %) et autres taxons (2 %) sont les groupes les moins diversifiés.

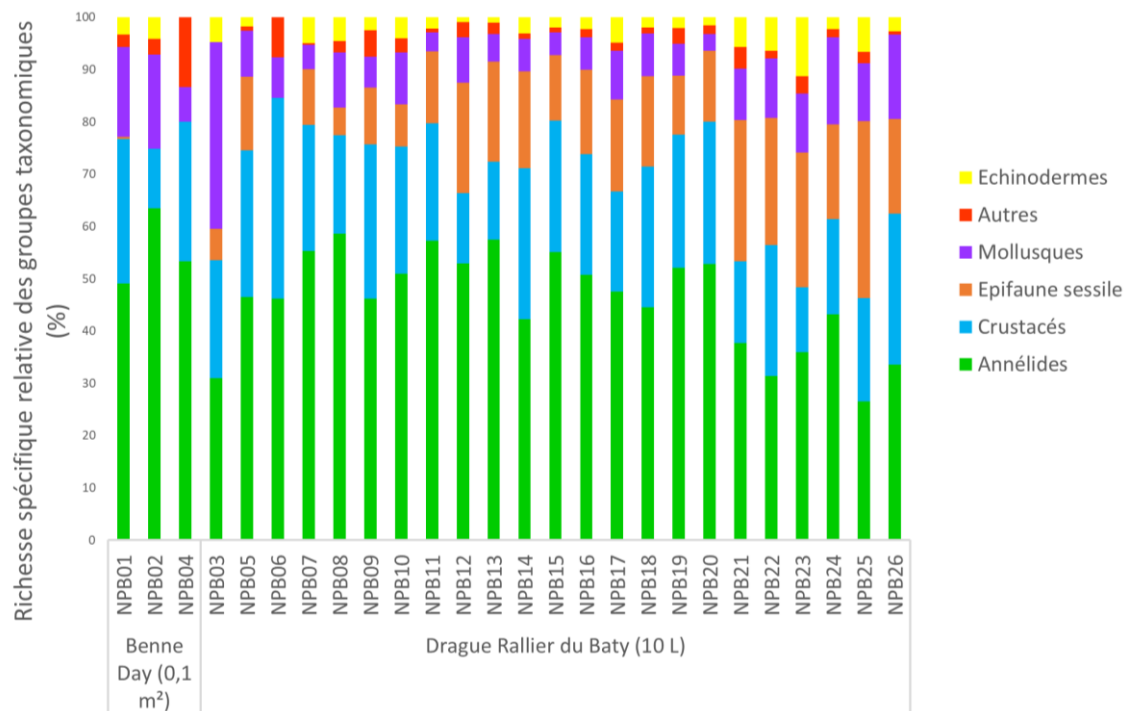


Figure 133 Richesse spécifique relative (%) des différents groupes taxonomiques dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.

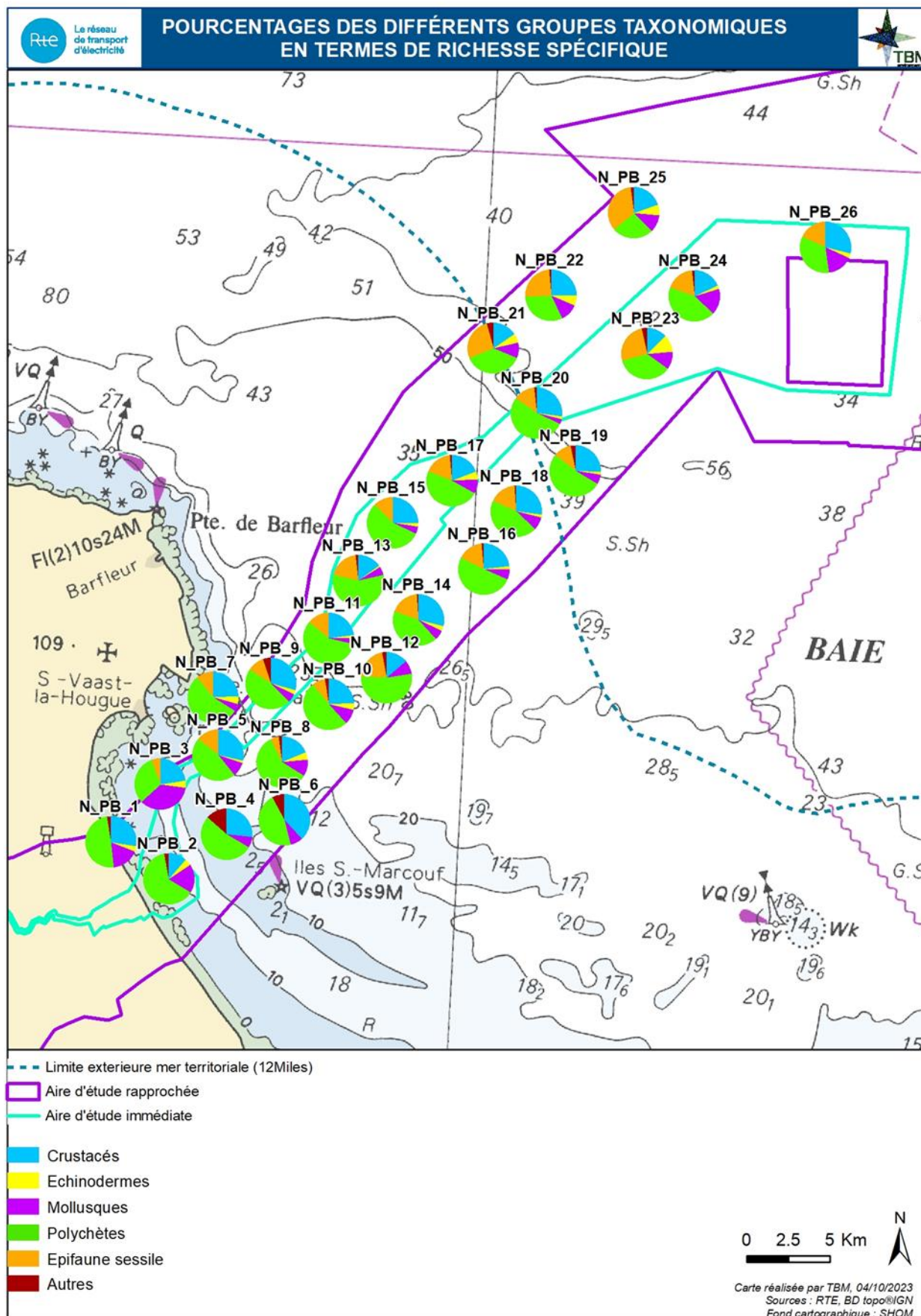


Figure 134 Richesse spécifique relative (%) des différents groupes taxonomiques dans les stations subtidales échantillonnées en mars 2022.

La grande majorité des espèces identifiées sont rares (175 sur 341 espèces), et apparaissent dans moins de 12,5 % des stations (Tableau 35). Ensuite, 66 espèces sont occasionnelles, 68 sont communes et 32 sont constantes (c'est-à-dire présentes dans plus de 50 % des 26 stations).

Tableau 35 Constance des espèces

Constance	Nombre d'espèces
Espèces rares, $C < 12,5 \%$	175
Espèces occasionnelles, $12,5 \leq C < 25 \%$	66
Espèces communes, $25 \leq C < 50 \%$	68
Espèces constantes, $C \geq 50 \%$	32

Le Tableau 36 présente les richesses spécifiques associées à l'endofaune et à l'épifaune vagile (RSv), ainsi qu'à l'épifaune sessile (RSs). Il apparaît clairement que les taxa sessiles représentent une part non négligeable des peuplements des stations situées le plus au large. Les pourcentages varient entre 0 (NPB02) et 28,1 % (NPB25) de la richesse spécifique totale.

Tableau 36 Richesse spécifique associée aux différents modes de vie des organismes : RSt = Richesse Spécifique totale, RSv = Richesse Spécifique de l'endofaune et de l'épifaune vagile, RSs = Richesse Spécifique de l'épifaune sessile.

STATIONS	RSt	RSv	RSs	%RSs
NPB01	74	73	1	1,4
NPB02	62	62	0	0,0
NPB03	45	41	4	8,9
NPB04	7	7	0	0,0
NPB05	55	50	5	9,1
NPB06	12	12	0	0,0
NPB07	129	114	15	11,6
NPB08	65	60	5	7,7
NPB09	110	94	16	14,5
NPB10	105	95	10	9,5
NPB11	68	58	10	14,7
NPB12	58	46	12	20,7
NPB13	52	43	9	17,3
NPB14	97	84	13	13,4
NPB15	100	86	14	14,0
NPB16	65	56	9	13,8
NPB17	93	80	13	14,0
NPB18	106	91	15	14,2
NPB19	53	46	7	13,2
NPB20	70	60	10	14,3
NPB21	56	41	15	26,8
NPB22	62	50	12	19,4
NPB23	40	32	8	20,0
NPB24	65	55	10	15,4
NPB25	64	46	18	28,1
NPB26	67	57	10	14,9

5.5.1.2 Indices de diversité

Les indices de Shannon-Weaver mettent en évidence des variations à la fois inter- et intra-stations (Figure 135). Les valeurs de l'indice de diversité sont faibles et varient de $0,3 \pm 0,2$ (NPB04) à $1,4 \pm 0,1$ (NPB17). Les valeurs les moins élevées sont associées aux stations les plus proches de la côte et au large.

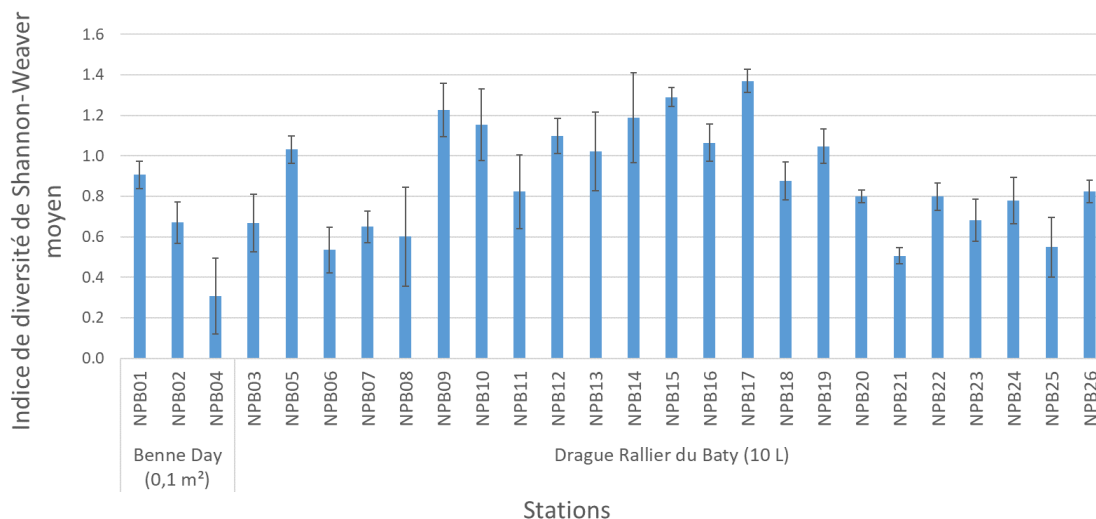


Figure 135 Indice de diversité de Shannon-Weaver moyen associé aux communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées en mars 2022.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou sont relativement élevées et comprises entre $0,4 \pm 0,04$ (NPB07) et $0,9 \pm 0,03$ (NPB12) (Figure 136). Toutefois, plusieurs stations (NPB02, NPB07, NPB08, NPB21) ont un indice de Pielou inférieur à 0,5 ce qui signifie que leurs peuplements sont plutôt déséquilibrés et dominés par certaines espèces.

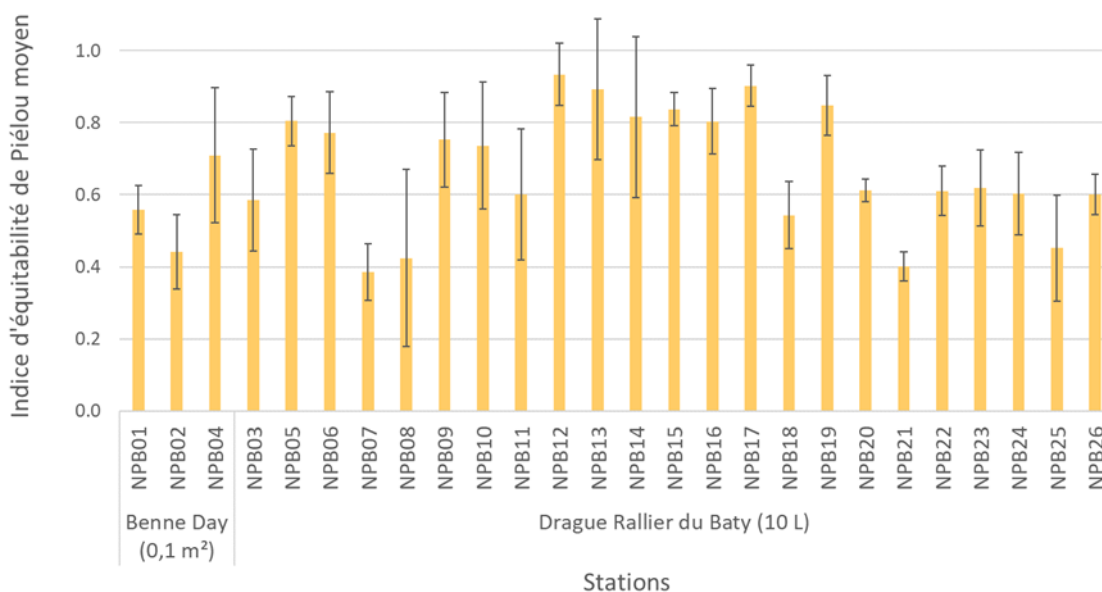


Figure 136 Indice de Pielou moyen associé aux communautés benthiques subtidales présentes sur les stations échantillonnées en mars 2022.

5.5.1.3 Assemblages faunistiques

Les résultats des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) et des analyses SIMPER sont présentés ci-après, en fonction de la méthode de prélèvement utilisée.

Les stations échantillonnées à la benne sont réparties en deux groupes (Figure 137 et Tableau 37) :

- Le groupe (1) est uniquement constitué de la station NPB04 qui est très peu diversifiée et associée à de faibles abondances. Cette station est caractérisée par des sables moyens. L'espèce la plus abondante est le polychète *Nephtys cirrosa*.
- Le groupe (2) correspond aux stations NPB01 et NPB02. Ces deux stations sont assez peu diversifiées et associées à des abondances peu élevées. Elles sont caractérisées par des fonds sablo-vaseux. Les espèces dominantes sont le mollusque bivalve *Varicorbula gibba* (7,58 %, Figure 139), le polychète *Leiochone leiopygos* (6,07 %) et le bivalve *Abra alba* (5,17 %).

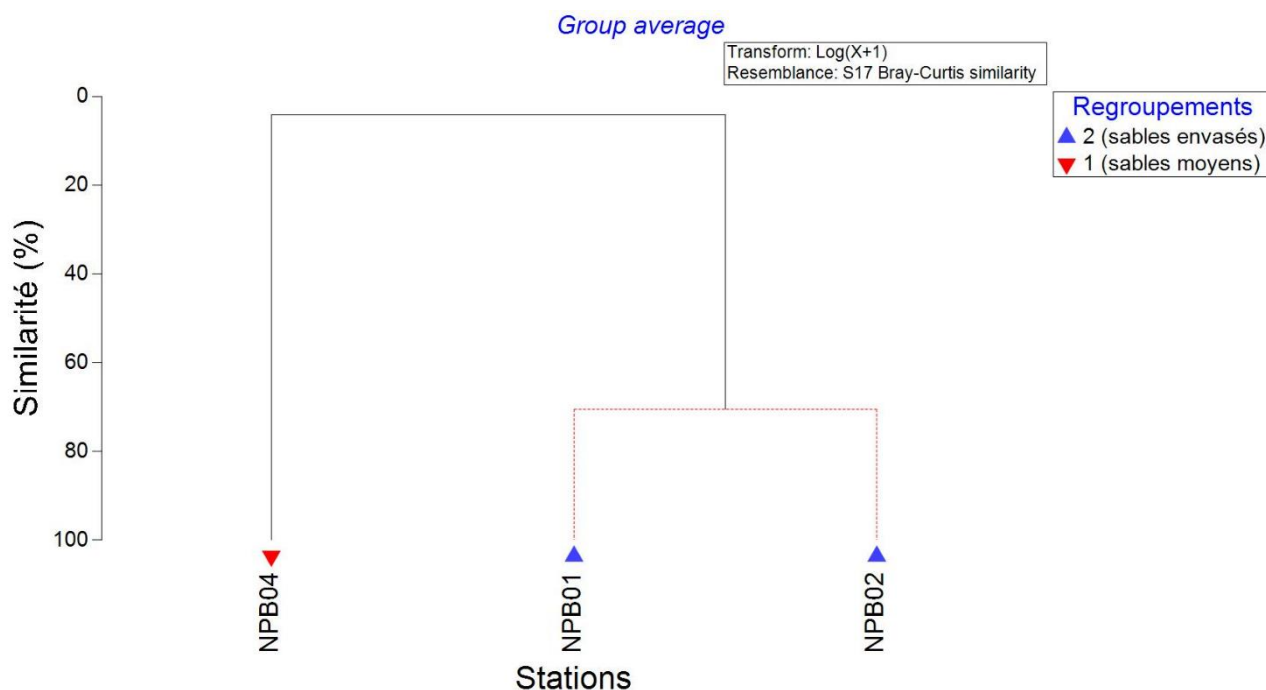


Figure 137 Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée à partir des abondances d'espèces relevées sur les stations subtidales échantillonnées en mars 2022, à la benne. Les lignes rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

Tableau 37 Résultats de l'analyse SIMPER effectuée sur les stations subtidales échantillonnées en mars en 2022 à la benne

Groupe	Similarité moyenne	Espèces	Groupe taxonomique	Contribution (%)	Cumul des contributions (%)
1		Moins d'une station			
2	70,53	<i>Varicorbula gibba</i>	Mollusque	7,58	7,58
		<i>Leiochone leiopygos</i>	Polychète	6,07	13,64
		<i>Abra alba</i>	Mollusque	5,17	18,81

Les stations échantillonnées à la drague sont réparties en deux groupes principaux (Figure 138 et Tableau 38) :

- Le groupe (1) rassemble la grande majorité des stations et est divisé en quatre sous-groupes. Les fonds sédimentaires sont sablo-graveleux.
 - o Le sous-groupe (1.1) rassemble les stations NPB08 et NPB09 qui sont dominées par l'échinoderme *Ophiothrix fragilis* (9,70 %), le crustacé *Apsedopsis latreillii* (6,40 %) et le polychète *Caulleriella alata* (6,21 %).
 - o Le sous-groupe (1.2.1) est dominé par 3 polychètes, *Notomastus latericeus* (9,96 %), *Spirobranchus triqueter* (9,55 %) et *Glycera lapidum* (8,18 %).
 - o Le sous-groupe (1.2.2.1) est dominé par l'hermelle *Sabellaria spinulosa* (7,01 %), *Glycera lapidum* (4,75 %) et *Pisidia longicornis* (4,73 %).
 - o Le sous-groupe (1.2.2.2) est dominé par *Spirobranchus triqueter* (10,84 %), le crustacé *Pisidia longicornis* (10,79 %) et *Ophiothrix fragilis* (6,37 %).
- Le groupe (2) rassemble trois stations, NPB06, NPB03 et NPB05. Elles sont constituées de sables mobiles moyens et fins. Les espèces dominantes sont les polychètes sabulicoles *Nephtys cirrosa* (24,18 %), *Lumbrineris cingulata* (12,66 %) et *Gastrosaccus spinifer* (12,11 %).

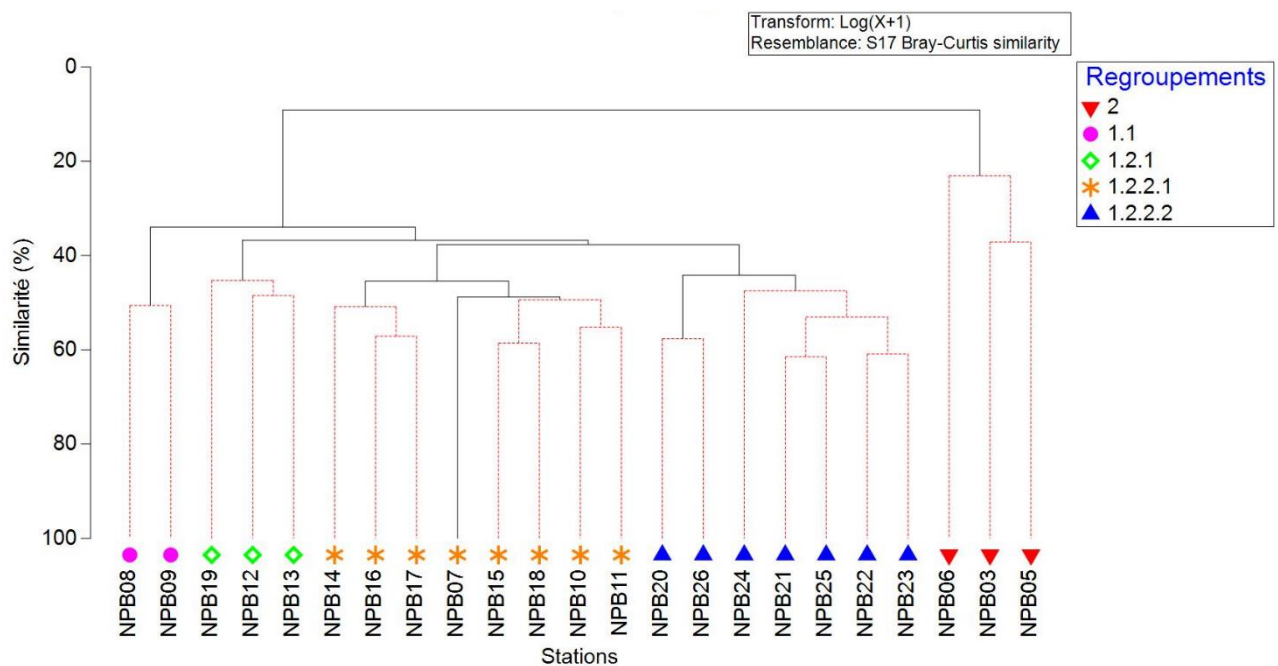


Figure 138 Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée à partir des abondances des stations échantillonnées en mars 2022, à la drague.

Tableau 38 Résultats de l'analyse SIMPER effectuée sur les stations subtidales échantillonnées en mars en 2022 à la drague.

Groupe	Similarité moyenne	Espèces	Groupe taxonomique	Contribution (%)	Cumul des contributions (%)
1.1	50,61	<i>Ophiothrix fragilis</i>	Echinoderme	9,70	9,70
		<i>Apeudopsis latreillii</i>	Crustacé	6,40	16,10
		<i>Cauleriella alata</i>	Polychète	6,21	22,31
1.2.1	46,36	<i>Notomastus latericeus</i>	Polychètes	9,96	9,96
		<i>Spirobranchus triqueter</i>		9,55	19,51
		<i>Glycera lapidum</i>		8,18	27,69
1.2.2.1	48,11	<i>Sabellaria spinulosa</i>	Polychète	7,01	7,01
		<i>Glycera lapidum</i>	Polychète	4,75	11,76
		<i>Pisidia longicornis</i>	Crustacé	4,73	16,49
1.2.2.2	48,77	<i>Spirobranchus triqueter</i>	Polychète	10,84	10,84
		<i>Pisidia longicornis</i>	Crustacé	10,79	21,63
		<i>Ophiothrix fragilis</i>	Echinoderme	6,37	28,00

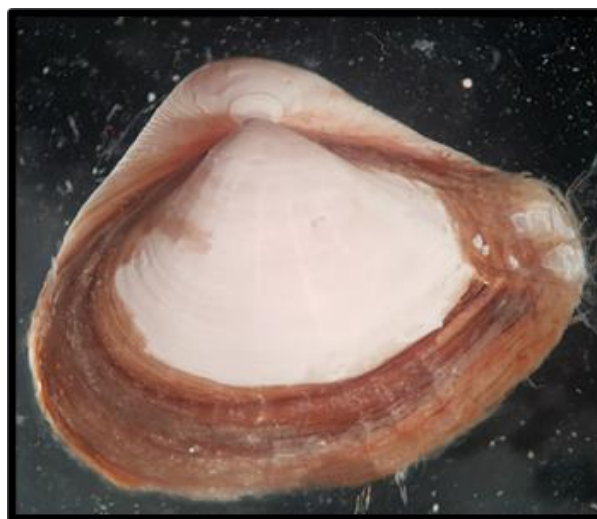


Figure 139 Photographie de la valve droite de *Varicorbula gibba*.

Les principales différences observées semblent liées au type sédimentaire des stations (Figure 140 , Figure 141 et Figure 142). Les stations côtières (NPB01 à NPB06), qu'elles soient échantillonnées à la benne ou à la drague, ont une granulométrie plus faible et sont en effet associées à de fortes abondances d'espèces caractéristiques des sables mobiles, telles que *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia pilosa*, ou encore *Varicorbula gibba* (Figure 140).

Les stations plus au large présentent des fonds sédimentaires de type sablo-graveleux. Les espèces les plus abondantes se développent sur des substrats durs, peu soumis à l'action des courants. Elles comptent par exemple : les vers tubicoles *Spirobranchus triqueter* ou *Sabellaria spinulosa* (Figure 143) ou le crustacé décapode *Pisidia longicornis*. Leur dominance au sein des stations varie en fonction de la présence plus ou moins forte de galets, car ces derniers leur fournissent généralement un support de fixation. *Sabellaria spinulosa* n'est présente que sur quinze stations, selon des abondances relativement faibles (Tableau 39 et Figure 144). Les données faunistiques et granulométriques mettent en évidence une différence significative de la structure des communautés selon un gradient côte-large.



Figure 140 Effectifs des dix premières espèces dominantes sur les stations côtières (NPB01 à NPB06) et les stations du large.

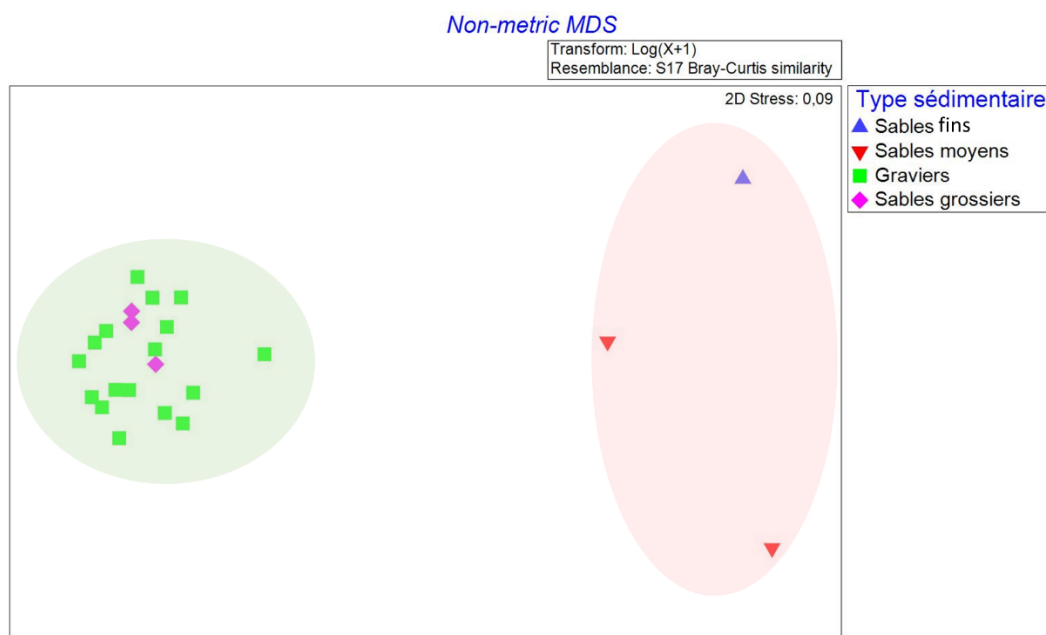


Figure 141 Analyse multidimensionnelle effectuée à partir des abondances et selon le type sédimentaire des stations subtidales échantillonnées en mars 2022, à la drague.

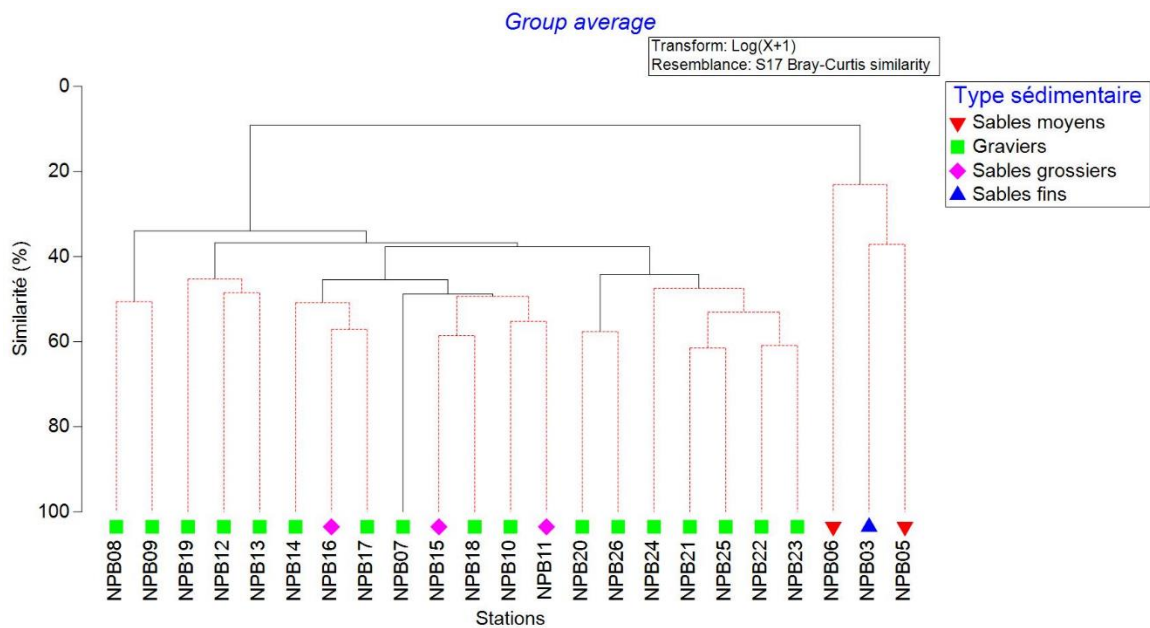


Figure 142 Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée à partir des abondances des stations et selon leur type sédimentaire, échantillonnées en mars 2022 à la drague.

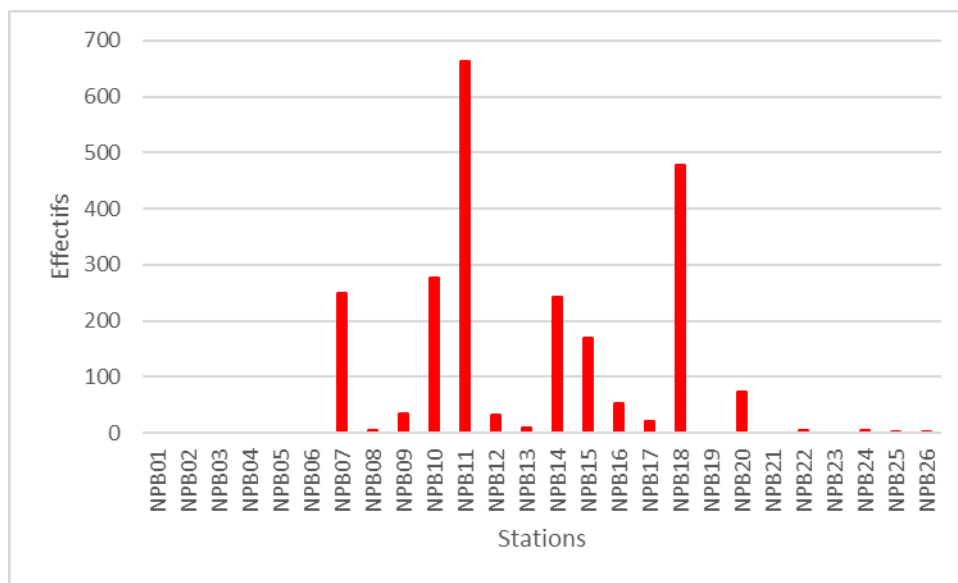


Figure 143 Effectifs (nombre d'individus) de l'hermelle épineuse *Sabellaria spinulosa* sur les stations échantillonnées en mars 2022. (ind/0,5 m² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (ind/50 L) en mars 2022.

Tableau 39 Abondance relative (%) de *Sabellaria spinulosa* sur les stations échantillonnées en mars 2022.

Stations	Abondance relative (%)
NPB01	0
NPB02	0
NP03	0
NPB04	0
NPB05	0
NPB06	0
NPB07	4,6
NPB08	0,1
NPB09	2
NPB10	14,1
NPB11	54,5
NPB12	12
NPB13	3,4
NPB14	31
NPB15	13,9
NPB16	7,9
NPB17	3
NPB18	14,8
NPB19	0
NPB20	6,2
NPB21	0
NPB22	0,4
NPB23	0
NPB24	0,5
NPB25	0,2
NPB26	0,2

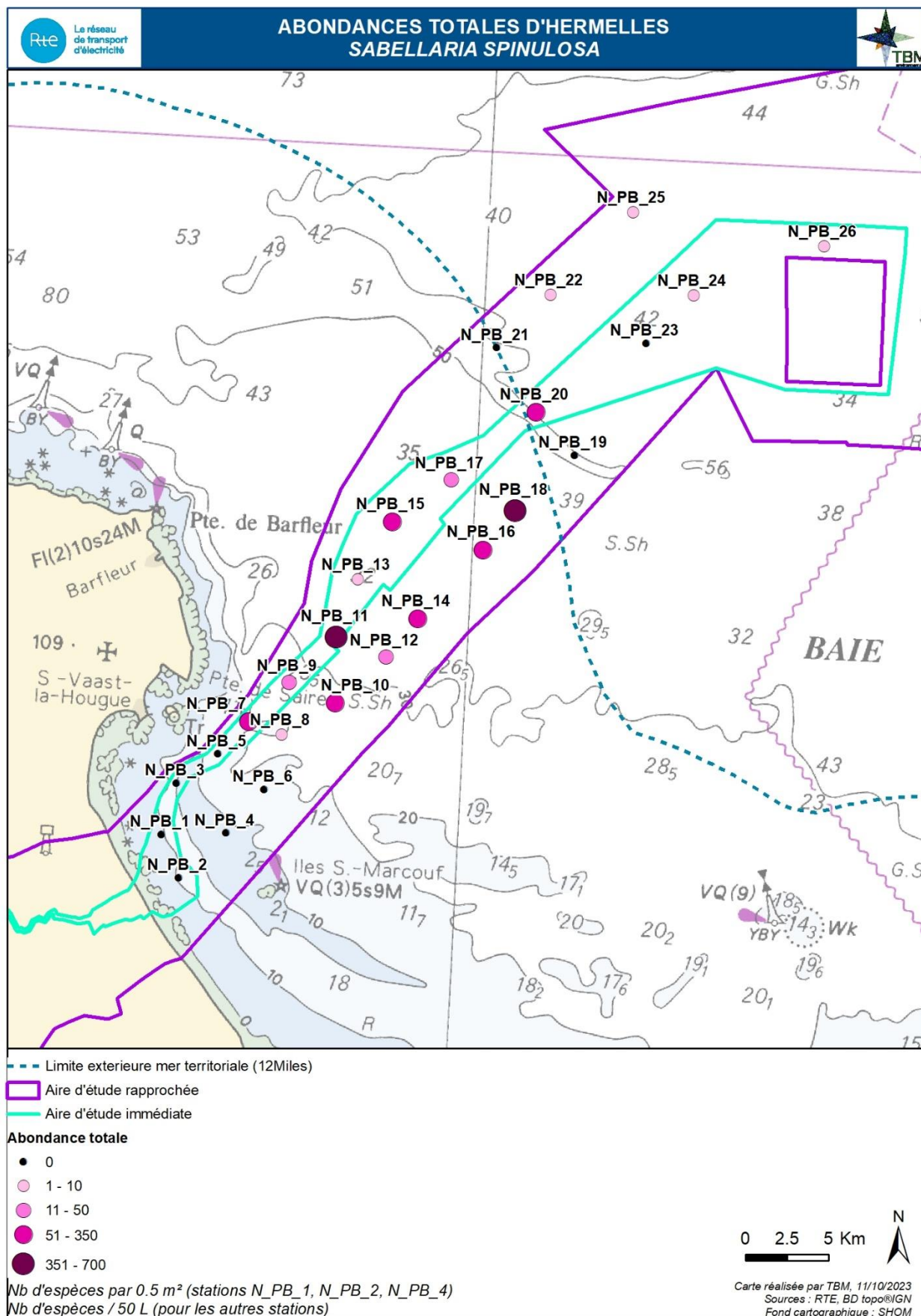


Figure 144 Abondance totale de Sabellaria spinulosa sur les stations échantillonnées à la benne Day (ind/0,5 m² - Stations N_PB_1, N_PB_2, N_PB_4) et à la drague Rallier du Baty (ind/50 L) en mars 2022.

5.5.1.4 Indice biotique : AMBI

Les résultats de l'indice AMBI indiquent que **l'état de santé de la majorité des stations est « bon**, ce qui correspond à un état « légèrement pollué » (Tableau 40). De nombreuses stations ont un état de santé « **très bon** ». L'état de santé de la station NPB02 est qualifié de « **moyen** » et de modérément pollué.

Tableau 40 AMBI et état de santé.

Stations	AMBI moyen	Etat écologique	Classification de la pollution
NPB01	3,25	Bon	Légèrement pollué
NPB02	3,62	Moyen	Modérément pollué
NPB03	1,73	Bon	Légèrement pollué
NPB04	1,52	Bon	Légèrement pollué
NPB05	1,09	Très bon	Normal
NPB06	2,23	Bon	Légèrement pollué
NPB07	1,39	Bon	Légèrement pollué
NPB08	2,59	Bon	Légèrement pollué
NPB09	1,17	Très bon	Normal
NPB10	1,16	Très bon	Normal
NPB11	0,68	Très bon	Normal
NPB12	1,37	Bon	Légèrement pollué
NPB13	1,76	Bon	Légèrement pollué
NPB14	0,80	Très bon	Normal
NPB15	1,02	Très bon	Normal
NPB16	1,26	Bon	Légèrement pollué
NPB17	1,31	Bon	Légèrement pollué
NPB18	0,39	Très bon	Normal
NPB19	1,14	Très bon	Normal
NPB20	1,08	Très bon	Normal
NPB21	0,10	Très bon	Normal
NPB22	0,34	Très bon	Normal
NPB23	0,59	Très bon	Normal
NPB24	1,40	Bon	Légèrement pollué
NPB25	0,20	Très bon	Normal
NPB26	0,68	Très bon	Normal

La Figure 145 et la Figure 146 illustrent la répartition des abondances en fonction des différents groupes écologiques. Pour rappel, ces groupes écologiques sont définis comme suit :

- **Groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu,
- **Groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique,
- **Groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système,

- **Groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées,
- **Groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des déposivores, proliférant dans les sédiments réduits.

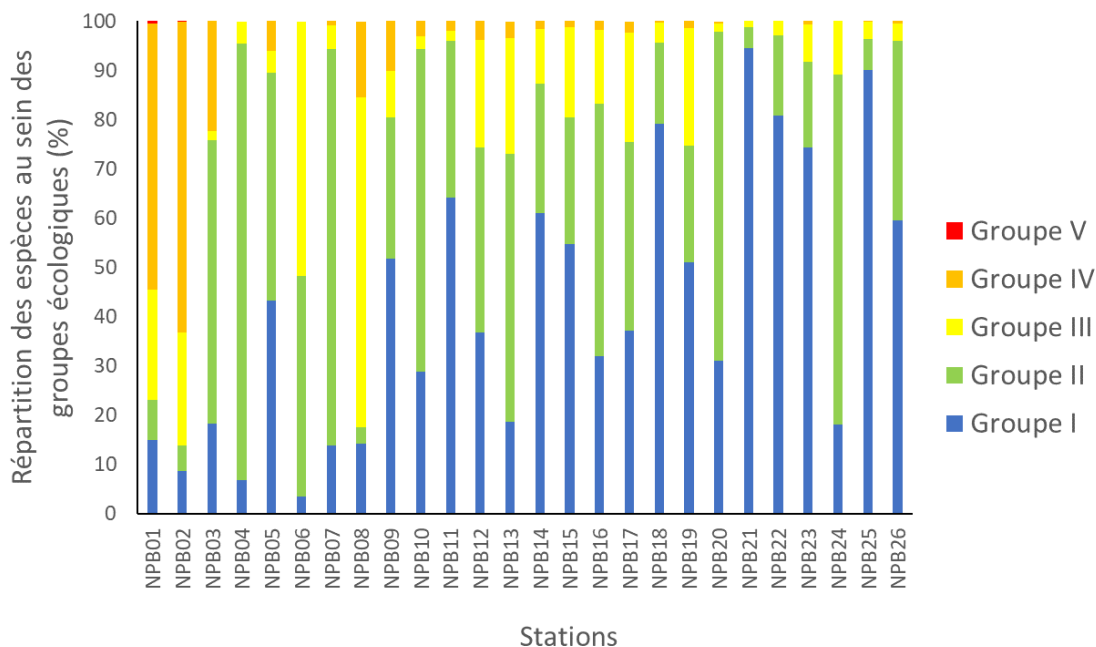


Figure 145 Répartition des groupes écologiques (%) associés aux espèces inventoriées au niveau de chaque station subtidale (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).

Les stations côtières NPB01, NPB02 et NPB03 comptent une forte proportion (de 22,5 à 63,1 %) d'espèces du groupe IV, principalement lié à la dominance du mollusque bivalve *Varicorbula gibba*. Ce bivalve est souvent abondant dans les fonds meubles dégradés ou en voie de rétablissement et est un bio-indicateur de pollution et d'excès de matière organique (Hrs-Brenko, 2006). *V. gibba* est une espèce dominante à court terme, dont la fécondité élevée lui permet de former des populations denses, dans des communautés à faible diversité. Elle est tolérante à la pollution, aux conditions anaérobies et aux hausses de turbidité. Ainsi, sa dominance sur les stations côtières est possiblement liée à la pollution générée par les activités portuaires de Saint-Vaast-la-Hougue ou à des apports terrestres. Certaines espèces du groupe V, comme le polychète *Capitella minima* et le crustacé *Nebalia sp.*, sont également présentes en faible proportion (< 0,5 %) sur NPB01 et NPB02.

Les stations NPB06 et NPB08 abritent une part importante d'espèces du groupe III, du fait de la présence du crustacé *Apsudopopsis latreillii*. Le reste des stations est largement dominé par des espèces du groupe I et II.

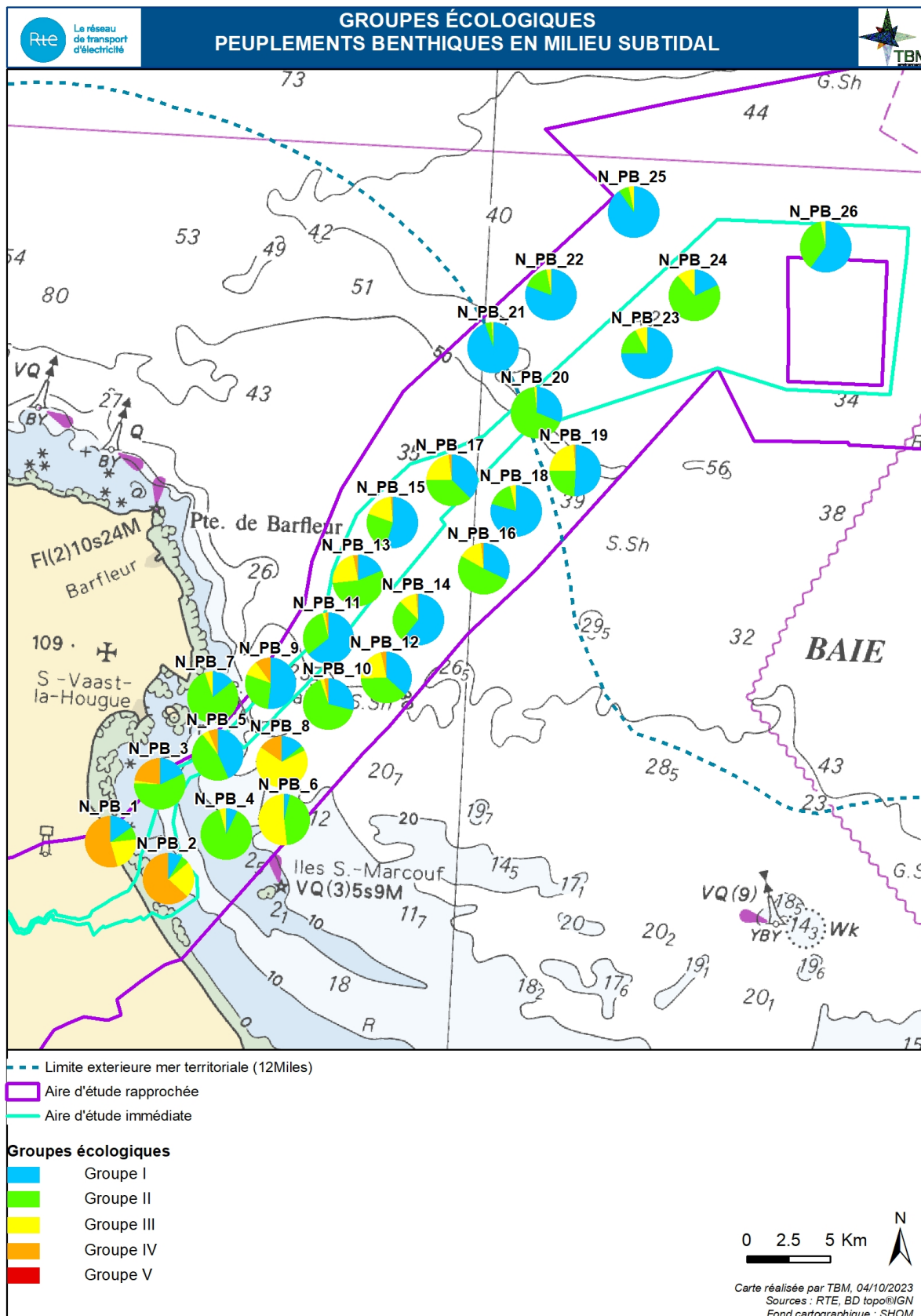


Figure 146 Répartition des groupes écologiques (%) associés aux espèces inventoriées au niveau de chaque station subtidale (GR I = espèces sensibles à une hypertrophisation, GR II = espèces indifférentes à une hypertrophisation, GR III = espèces tolérantes à une hypertrophisation, GR IV = espèces opportunistes de second ordre et GR V = espèces opportunistes de premier ordre).

5.5.1.5 Typologie des habitats

Les résultats des analyses morpho-sédimentaires et biologiques ont permis de caractériser trois entités de substrats meubles (tylologie HabRef) (Figure 147) :

- 1/ l'habitat B5-3 Sables fins envasés infralittoraux
- 2/ l'habitat B5-1 Sables fins à moyens mobiles infralittoraux
- 3/ l'habitat C5-1 Sables fins à moyens mobiles circalittoraux côtiers
- 4/ l'habitat C3-1.1.1 Cailloutis circalittoraux côtiers à épibiose sessile avec *Ophiotrix fragilis*.
- 5/ l'habitat C3-2 Sables grossiers et graviers circalittoraux côtiers

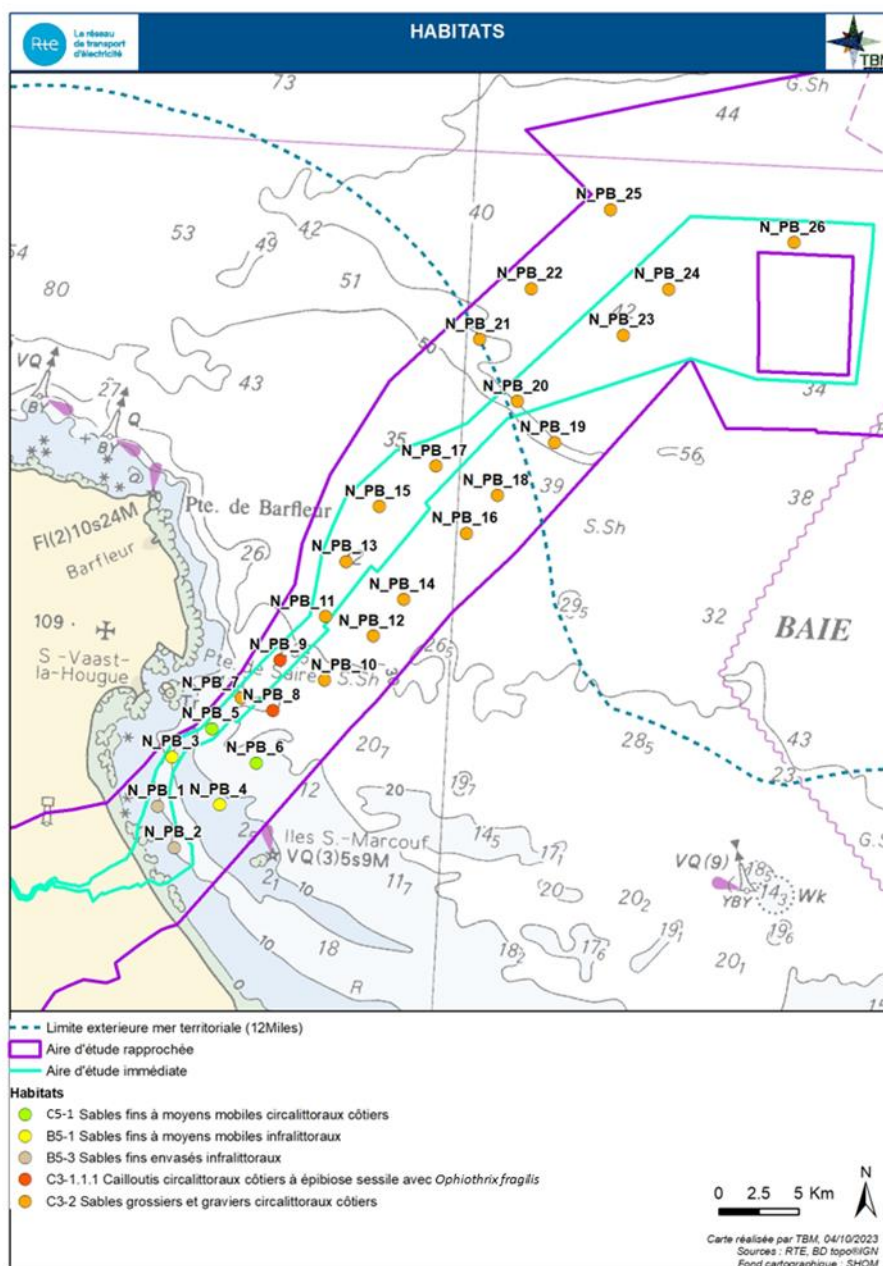


Figure 147 Habitats identifiés sur la zone d'étude

5.5.2 Suivi de l'ichtyoplancton

5.5.2.1 Distribution des œufs

Sur l'ensemble des échantillons, la majorité des spécimens ont pu être identifiés autant que possible au niveau de l'espèce. Cependant pour les spécimens suivants, une identification précise des œufs n'a pu être réalisée :

- Les œufs identifiés comme Pleuronectidae peuvent représenter soit les œufs de limande (*Limanda limanda*), soit les œufs de flet (*Platichthys flesus*). Il n'y a pas de caractéristiques qui permettraient de distinguer les deux différentes espèces à ce stade. Les larves des deux espèces sont présentes dans les échantillons.
- Les œufs de Gaidropsaridae peuvent représenter plusieurs espèces de motelles. Il n'y a pas de caractéristiques qui permettraient de distinguer les différentes espèces à ces stades. Potentiellement les œufs pourraient appartenir à la motelle à cinq barbillons (*Ciliata mustela*), la motelle nordique (*Ciliata septentrionalis*), la motelle commune (*Gaidropsarus vulgaris*) et/ou la motelle de Méditerranée (*Gaidropsarus mediterraneus*).
- Les œufs déterminés comme Gadidae peuvent représenter les œufs de tacaud commun (*Trisopterus luscus*), tacaud norvégien (*Trisopterus esmarkii*) ou le capelan de l'Atlantique (*Trisopterus minutus*) les œufs de lieu jaune (*Pollachius pollachius*) ou les œufs de merlan (*Merlangius merlangus*). Les trois genres de Gadidae ne peuvent pas être séparés car le diamètre de leurs œufs se chevauche.
- Les œufs du genre *Callionymus* (famille : Callionymidae) ne sont pas identifiés au niveau de l'espèce. C'est indiqué comme *Callionymus* sp. Potentiellement les œufs pourraient appartenir au dragonnet lyre (*Callionymus lyra*), au dragonnet réticulé (*Callionymus reticulatus*), ou au dragonnet tacheté (*Callionymus maculatus*).
- Les œufs de la famille Triglidae ne sont pas identifiés au niveau de l'espèce.

La Figure 148 présente l'abondance totale des œufs calculée pour chaque station et chaque mois de suivi. Les abondances les plus élevées sont obtenues en février 2023, mars 2022 et avril 2022 notamment sur les stations côtières (N_PB_5 et N_PB_9). Pour les stations plus au large, les abondances les plus élevées sont observées en mai 2022 et en novembre 2022 pour N_PB_20. Les fortes abondances observées sont dues à la présence d'espèces pélagiques : des œufs de sardine en novembre (station 20) et des œufs de sprats pour l'ensemble des stations de février. Les abondances sont très faibles de juin 2022 à janvier 2023 pour l'ensemble des stations (à l'exception de la station N_PB_20 en novembre).

Le nombre d'espèces identifiées dans les échantillons varie de 6 à 10 entre mars et mai 2022 et en février 2023. Entre juin 2022 et janvier 2023, le nombre d'espèces est inférieur à 5 quelle que soit la station (Figure 149).

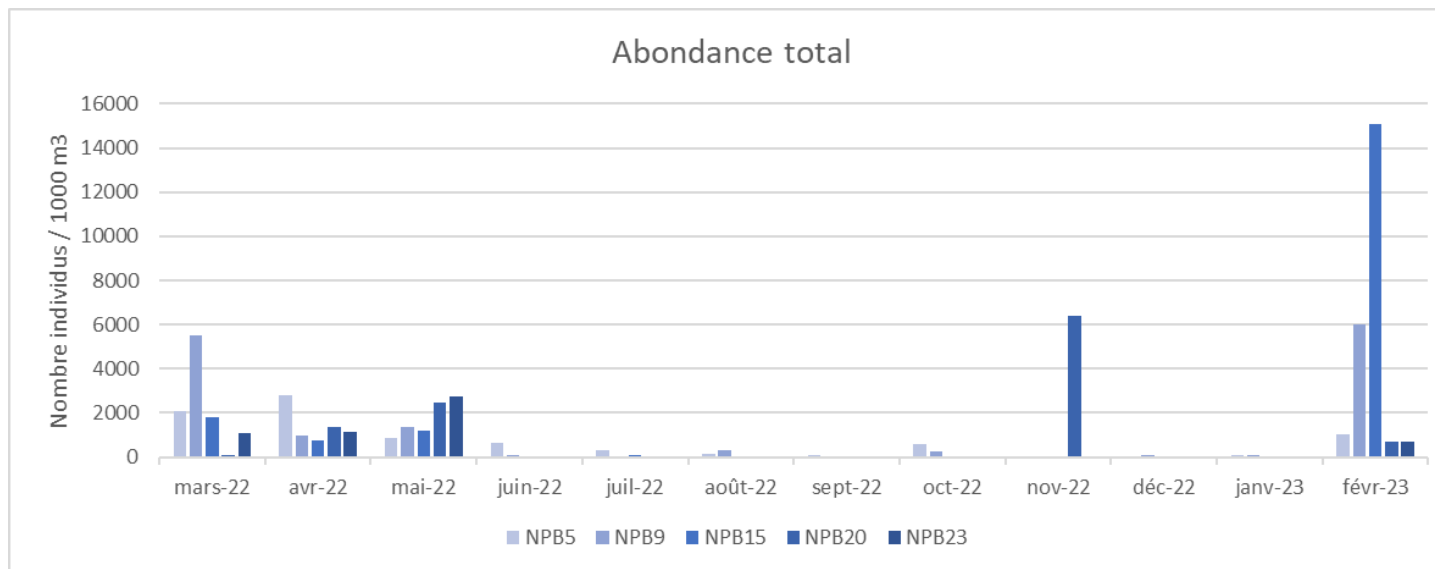


Figure 148 : Abondance total en œufs (Nombre / 1000 m3) mesurées à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.

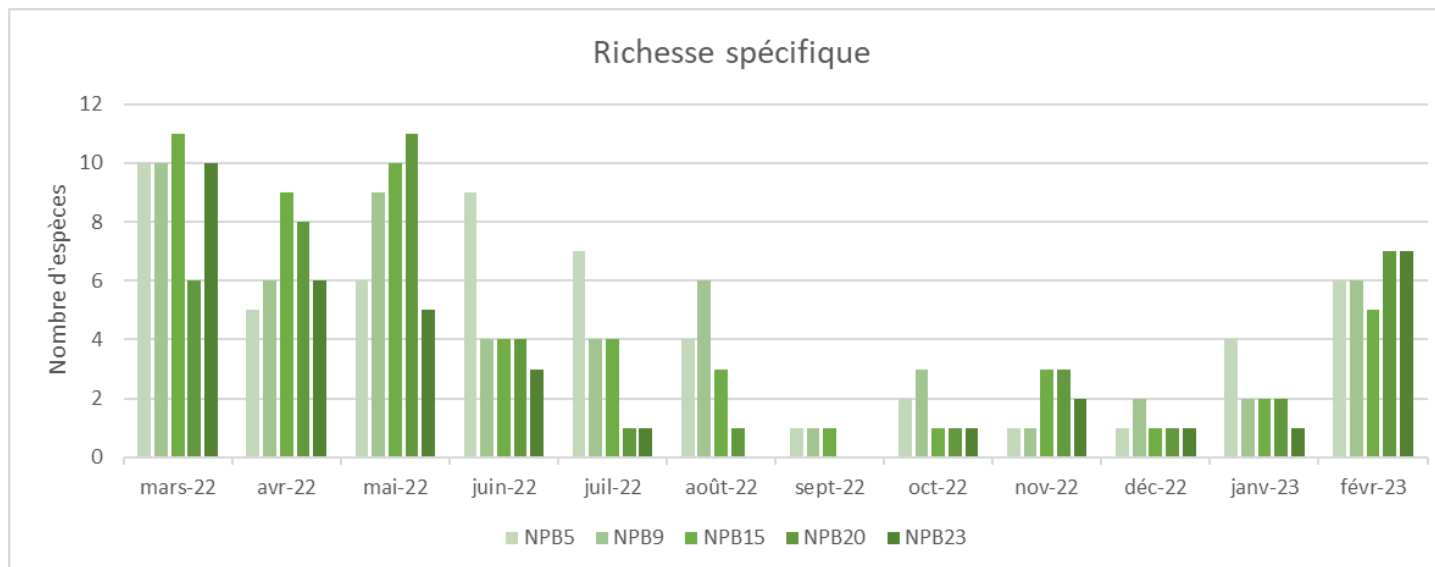


Figure 149 : Richesse spécifique des œufs (Nombre d'espèces) identifiés à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.

L'indice de diversité de Shannon-Wheaver (Figure 150) calculé à partir de ces données confirme des échantillons peu diversifiés sur l'ensemble des échantillons avec des indices nul entre septembre et décembre 2022 pour la majorité des stations. Entre mars et juillet 2022, les indices varient entre 0,2 et 0,7 et ont tendance à être plus faibles à la côte qu'au large. Il en est de même entre janvier et février 2023.

L'indice d'équitabilité de Pielou (Figure 151) est nul ou très faible pour les mois de septembre et octobre 2022 confirmant le très faible nombre d'espèces dans les échantillons (0 à 2 espèces dans toutes les stations). Les autres mois du suivi, les indices sont plus élevés avec un gradient côte – large. Les stations à la côte ont tendance à avoir des indices plus faibles qu'au large où le nombre d'œufs par espèce est comparable.

La présence et l'abondance des œufs des différentes espèces permettent de définir un calendrier pour chaque station (Figure 152 à Figure 156). Nous n'avons retenu ici que les espèces pour lesquelles des œufs de stade I étaient présents suggérant que la zone est utilisée comme frayère pour l'espèce. Ainsi les espèces telles que la fausse limande, la petite sole jaune, la petite vive, le barbeau ou le chinchard vont avoir tendance à utiliser préférentiellement la zone côtière comme zone de frayère. D'autres espèces auront une zone de frayère plus étendue se rencontrant à la fois sur les stations côtières et sur les stations au large : les dragonnets, le bar, la sardine, le spart. Enfin la limande et la plie se retrouvent majoritairement sur les stations au large.

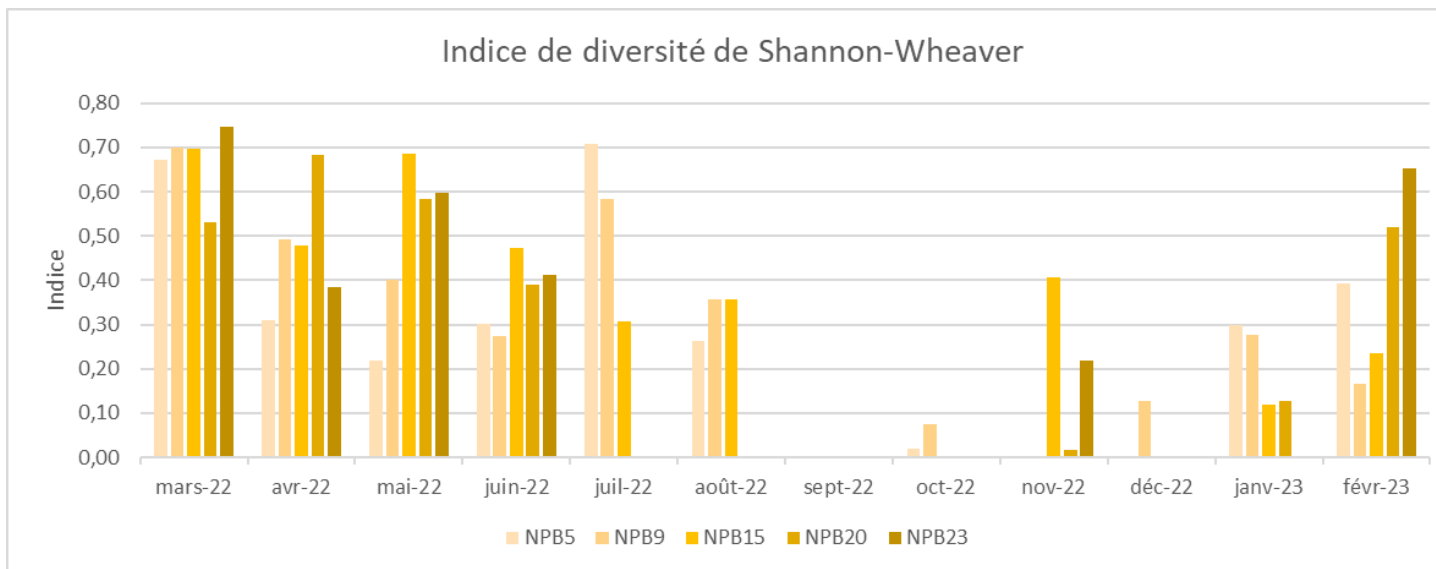


Figure 150 Indice de diversité de Shannon-Weaver associé aux œufs présents sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.

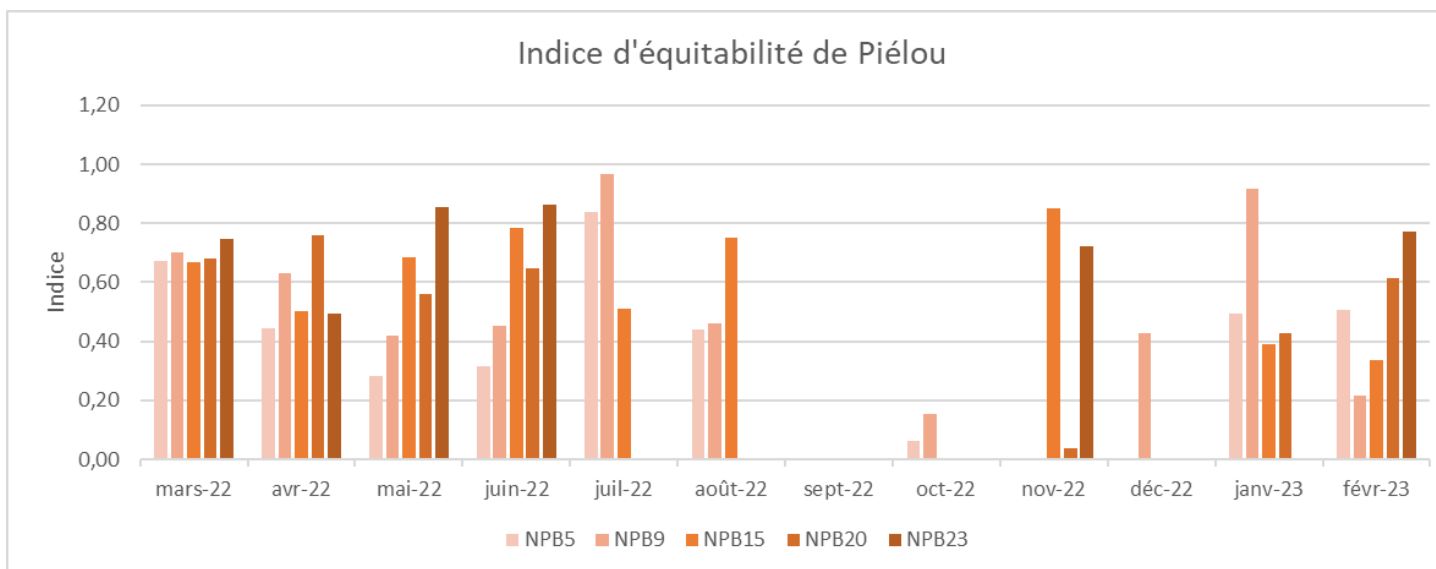


Figure 151 Indice de Pielou moyen associé aux œufs présents sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Arnoglossus sp.</i>	Fausse limande												
<i>Buglossidium luteum</i>	Petite sole jaune												
<i>Callionymus</i>	Dragonnets												
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre												
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun												
<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive												
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois												
<i>Pegusa lascaris</i>	Sole pole												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine commune												
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue												
<i>Solea solea</i>	Sole commune												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard												
<i>Gaidropsaridae</i>	Motelles												
<i>Gadidae</i>	Merlan, lieu, tacaud												
<i>Pleuronectidae</i>	Limande, plie												
<i>Triglidae</i>	Grondins												

Figure 152 : Calendrier de présence des œufs à la station 5. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Arnoglossus sp.</i>	Fausse limande												
<i>Buglossidium luteum</i>	Petite sole jaune												
<i>Callionymus</i>	Dragonnets												
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun												
<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive												
<i>Pegusa lascaris</i>	Sole pole												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine commune												
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue												
<i>Solea solea</i>	Sole commune												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Gaidropsaridae</i>	Motelles												
<i>Gadidae</i>	Merlan, lieu, tacaud												
<i>Pleuronectidae</i>	Limande, plie												
<i>Triglidae</i>	Grondins												

Figure 153 : Calendrier de présence des œufs à la station 9. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Buglossidium luteum</i>	Petite sole jaune												
<i>Callionymus</i>	Dragonnets												
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre												
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun												
<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive												
<i>Microchirus variegatus</i>	Sole perdrix commune												
<i>Pegusa lascaris</i>	Sole pole												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine commune												
<i>Scophthalmus maximus</i>	Turbot												
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue												
<i>Solea solea</i>	Sole commune												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard												
<i>Gaidropsaridae</i>	Motelles												
<i>Gadidae</i>	Merlan, lieu, tacaud												
<i>Pleuronectidae</i>	Limande, plie												
<i>Triglidae</i>	Grondins												

Figure 154 : Calendrier de présence des œufs à la station 15. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Callionymus</i>	Dragonnets												
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre												
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun												
<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive												
<i>Pegusa lascaris</i>	Sole pole												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine commune												
<i>Solea solea</i>	Sole commune												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Gaidropsaridae</i>	Motelles												
<i>Gadidae</i>	Merlan, lieu, tacaud												
<i>Pleuronectidae</i>	Limande, plie												
<i>Triglidae</i>	Grondins												

Figure 155 : Calendrier de présence des œufs à la station 20. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Callionymus</i>	Dragonnets												
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine commune												
<i>Solea solea</i>	Sole commune												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Gaidropsaridae</i>	Motelles												
<i>Gadidae</i>	Merlan, lieu, tacaud												
<i>Pleuronectidae</i>	Limande, plie												
<i>Triglidae</i>	Grondins												

Figure 156 : Calendrier de présence des œufs à la station 23. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

5.5.2.2 Distribution des larves

Sur l'ensemble des échantillons, la majorité des spécimens ont pu être identifiés autant que possible au niveau de l'espèce. Cependant pour les spécimens suivants, une identification précise des œufs n'a pu être réalisée :

- Pour les larves des espèces de l'ordre des Gadiformes (Famille : Gadidae et Gaidropsaridae), la notochorde ne subit pas la flexion typique comme chez les autres poissons. De ce fait, les stades de flexion et de postflexion ne s'appliquent pas à ces espèces. En conséquence, leur stade larvaire est indiqué comme « NA ».
- Les larves de la famille Gobiidae ne sont pas identifiées au niveau de l'espèce.
- Les larves de Gaidropsaridae peuvent représenter plusieurs espèces de motelles. Il n'y a pas de caractéristiques qui permettraient de distinguer les différentes espèces à ces stades. Potentiellement les larves pourraient appartenir à la motelle à cinq barbillons (*Ciliata mustela*), la motelle nordique (*Ciliata septentrionalis*), la motelle commune (*Gaidropsarus vulgaris*) et/ou la motelle de Méditerranée (*Gaidropsarus mediterraneus*).
- En décembre il y avait un mélange des larves de deux espèces d'ammodytidae (*Ammodytes tobianus* et *Hyperoplus lanceolatus*). Ils ne sont pas répertoriés séparément car il était trop difficile de les séparer.

Les abondances les plus élevées sont observées en mars et en mai 2022 puis de novembre 2022 à février 2023 (Figure 157). A la côte, peu de larves sont dénombrées à la station N_PB_5. Deux pics d'abondance sont observés :

- Un en mars 2022 à la station N_PB_9 due à un groupe d'espèces ;
- Un en février 2023 à la station N_PB_15 due à la forte présence de larves de hareng.

Entre juillet 2022 et octobre 2022 ainsi qu'en janvier 2023, les abondances sont très faibles voire nulles.

La richesse spécifique est présentée en Figure 158. Les plus grands nombres d'espèces sont observés sur le premier trimestre du suivi entre mars 2022 et juin 2022 avec entre 3 et 14 espèces par échantillon (Figure 158). Les espèces se localisent plutôt au centre du raccordement à la station N_PB_15. Au-delà d'août 2022, le nombre d'espèces est faible et inférieur à 3 espèces par échantillon.

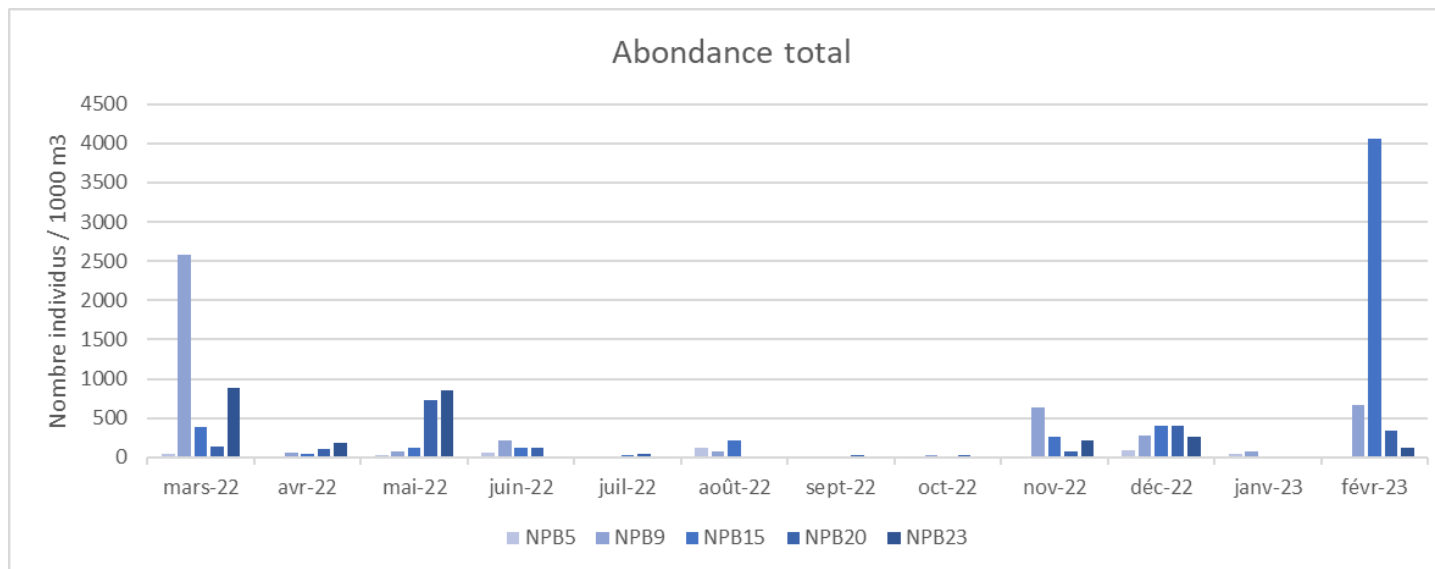


Figure 157 : Abondance total en larves (Nombre / 1000 m3) mesurées à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.

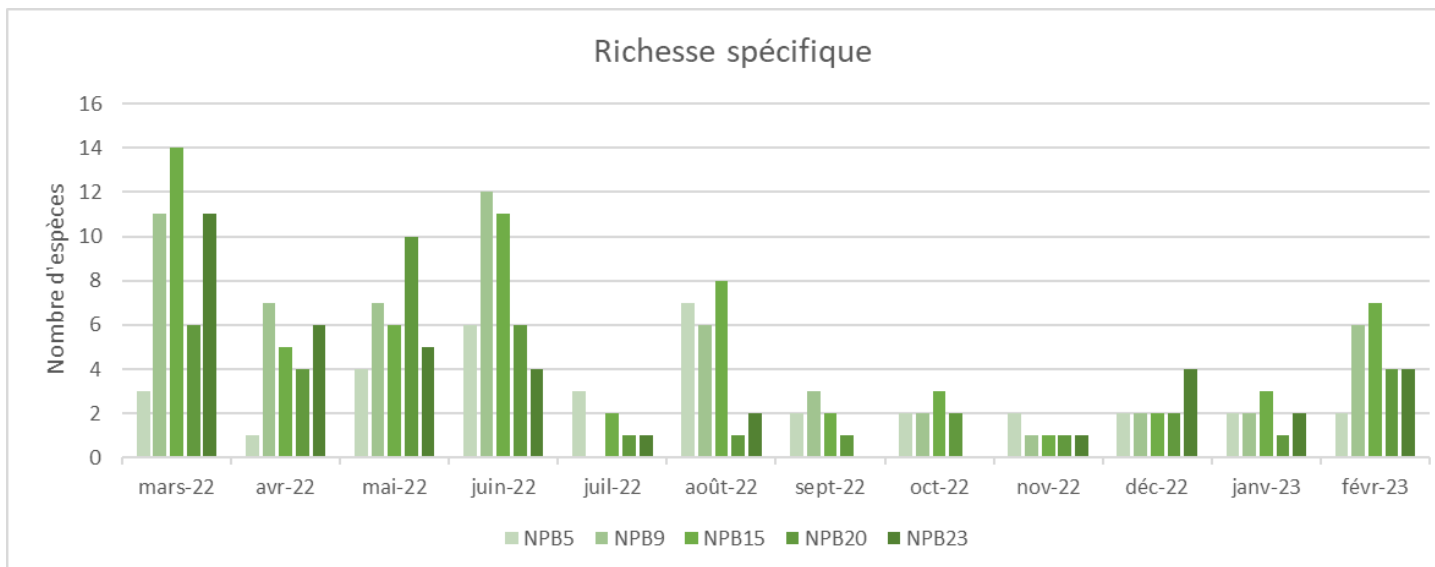


Figure 158 : Richesse spécifique des larves (Nombre d'espèces) identifiés à chaque station et pour chaque mois de suivi entre mars 2022 et février 2023.

L'indice de diversité de Shannon-Wheaver (Figure 159) calculé à partir de ces données confirme des échantillons peu diversifiés en particulier entre juillet 2022 et décembre 2022. Entre mars et juin 2022, les indices varient entre 0,3 et 0,9. L'indice a tendance à être faible à nul proche de la côte, maximal au centre du raccordement puis plus faible au large.

L'indice d'équitabilité de Pielou (Figure 160) est globalement proche de 1 pour les échantillons collectés de mars à juin 2022 traduisant une répartition équitable entre les espèces. Entre juillet 2022 et novembre 2022, l'indice calculé est nul pour de nombreuses stations traduisant la domination d'une espèce.

La présence et l'abondance des larves des différentes espèces permettent de définir un calendrier pour chaque station (Figure 161 à Figure 165). Nous n'avons retenu ici que les espèces pour lesquelles les échantillonnages étaient significatifs et représentaient des quantités supérieures à 100 larves / 1000 m³. Comme identifié précédemment, peu de larves ont été collectés à la côte et aucune période ne se définit clairement (Figure 161). A partir de la station N_PB_9, les groupements d'espèces sont relativement homogènes et surtout présents au printemps et en hiver.

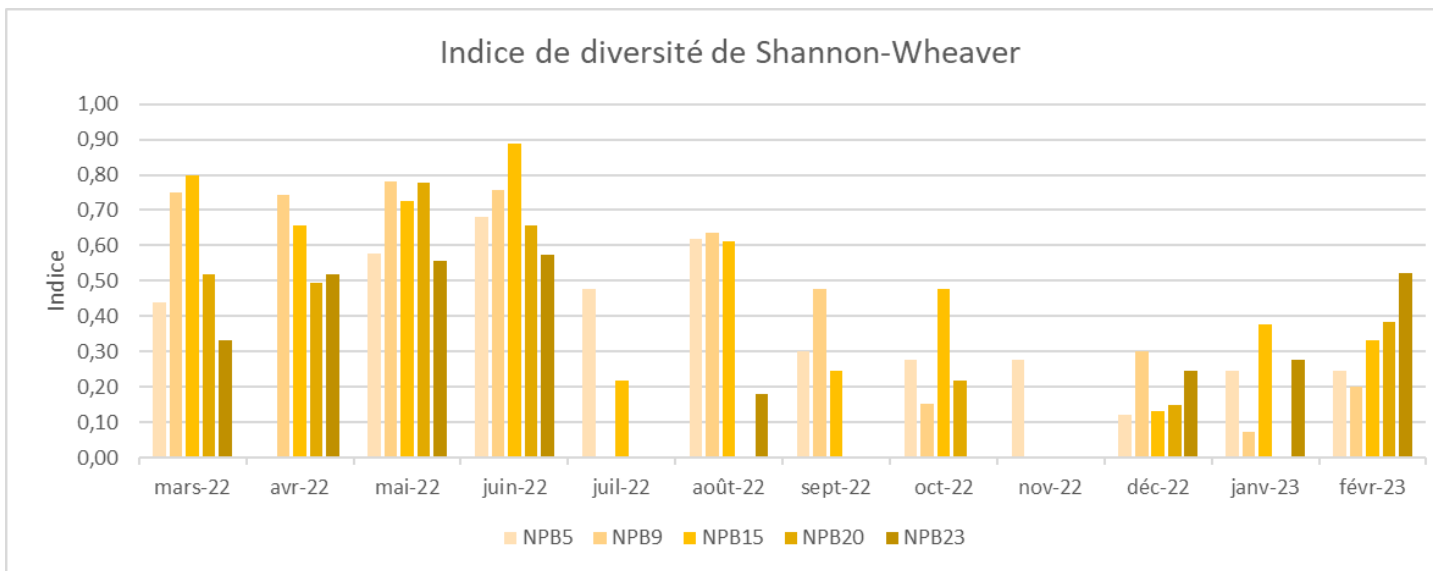


Figure 159 Indice de diversité de Shannon-Weaver associé aux larves présentes sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.

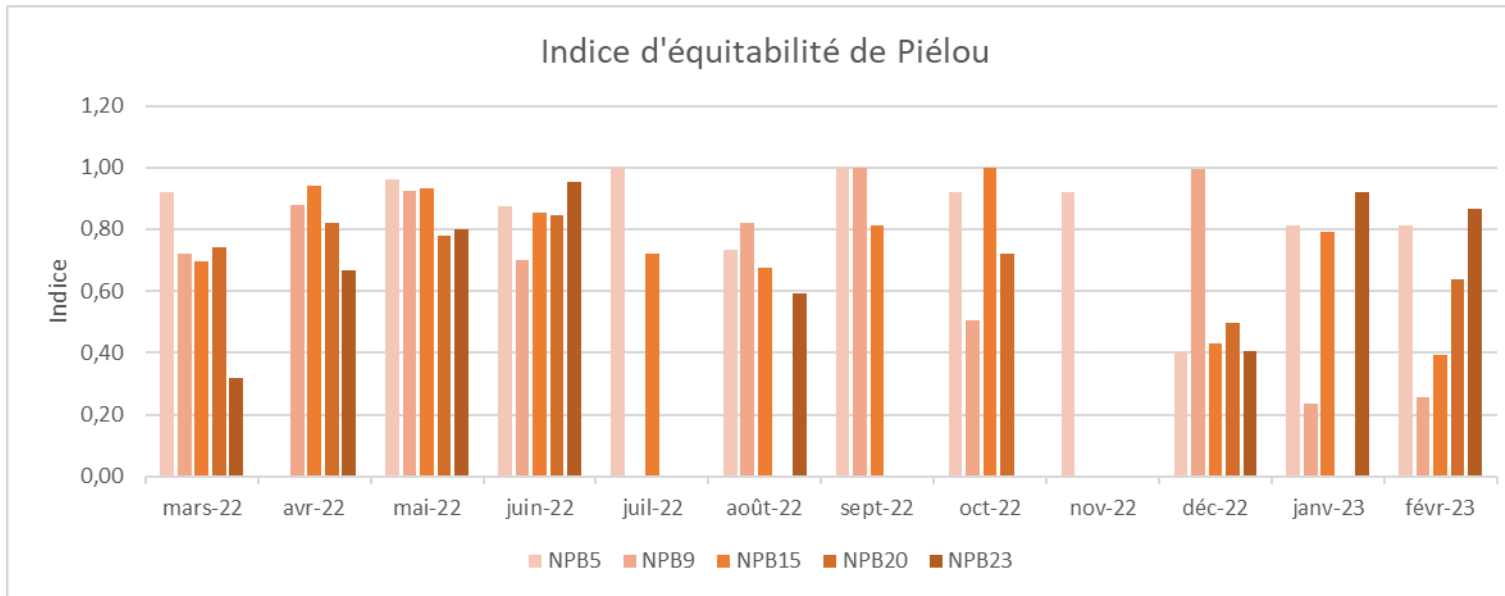


Figure 160 Indice de Pielou moyen associé aux larves présentes sur les stations échantillonnées entre mars 2022 et février 2023.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Ammodytidae</i>	Lançons												
<i>Blenniidae</i>	Blennies												
<i>Callionymidae</i>	Dragonnets												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Soleidae</i>	Soles												

Figure 161 : Calendrier de présence des larves à la station 5. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Ammodytidae</i>	Lançons												
<i>Blenniidae</i>	Blennies												
<i>Callionymidae</i>	Dragonnets												
<i>Clupea harengus</i>	Hareng												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Pleuronectidae</i>	Plie, Limande, Flet												
<i>Soleidae</i>	Soles												

Figure 162 : Calendrier de présence des larves à la station 9. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Ammodytidae</i>	Lançons												
<i>Blenniidae</i>	Blennies												
<i>Callionymidae</i>	Dragonnets												
<i>Clupea harengus</i>	Hareng												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Pleuronectidae</i>	Plie, Limande, Flet												
<i>Soleidae</i>	Soles												

Figure 163 : Calendrier de présence des larves à la station 15. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Ammodytidae</i>	Lançons												
<i>Blenniidae</i>	Blennies												
<i>Callionymidae</i>	Dragonnets												
<i>Clupea harengus</i>	Hareng												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Soleidae</i>	Soles												

Figure 164 : Calendrier de présence des larves à la station 20. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

Espèces		mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	janv.-23	févr.-23
<i>Ammodytidae</i>	Lançons												
<i>Blenniidae</i>	Blennies												
<i>Callionymidae</i>	Dragonnets												
<i>Clupea harengus</i>	Hareng												
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine												
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat												
<i>Pleuronectidae</i>	Plie, Limande, Flet												
<i>Soleidae</i>	Soles												

Figure 165 : Calendrier de présence des larves à la station 23. Le gradient de couleur reflète le gradient d'abondance.

5.5.2.3 Distribution du zooplancton

Le zooplancton a également été identifié dans les échantillons. La composition des échantillons est très largement dominée par les crustacés représentés par des copépodes et malacostracés typiques (*Eumalacostraca*).

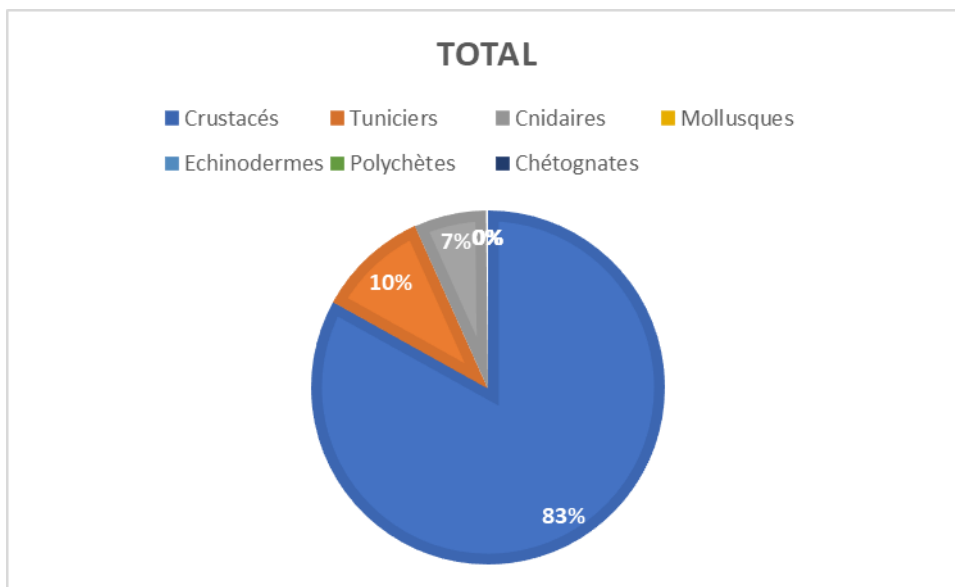


Figure 166 : Distribution du zooplancton dans les échantillons collectés

Les spécimens de crustacés et de tuniciers étaient surtout présents dans la station au large N_PB_23 alors que les cnidaires, les échinodermes et les polychètes se retrouvaient surtout dans la station côtière N_PB_5 (Figure 167). Les mollusques étaient eux surtout présents dans la station N_PB_20.

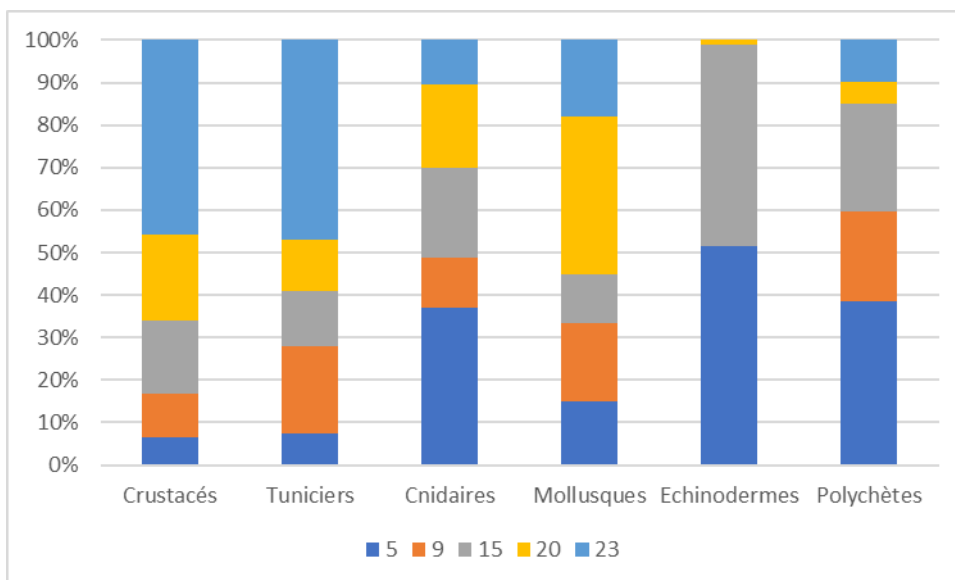


Figure 167 : Distribution des différents groupes de zooplancton en fonction des stations échantillonnées.

Enfin la composition des échantillons a également été fonction de la date d'échantillonnage. Les crustacés ont dominé les prélèvements sauf en juillet 2022, en novembre 2022 et en janvier 2023 où ce sont les cnidaires qui ont dominés (Figure 168).

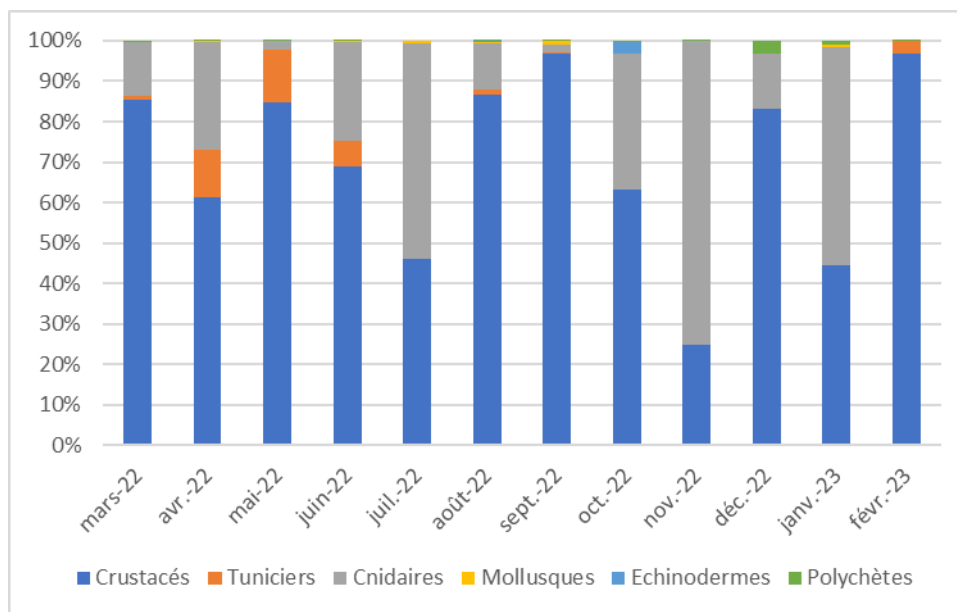


Figure 168 : Distribution des groupes échantillonnés suivant la date de prélèvement.

5.5.3 Suivi des ressources halieutiques

5.5.3.1 Campagnes au chalut canadien

5.5.3.1.1 Richesse spécifique

Trois campagnes de pêche ont été réalisées au chalut canadien : deux en 2022, printemps et automne, et une en hiver 2023. L'ensemble de ces campagnes a permis d'échantillonner 66 espèces au total.

La richesse spécifique totale varie entre 4 (N_CH_01 en hiver) et 21 (N_CH_08 en hiver) espèces suivant les stations et les saisons (Figure 169, Figure 172). La richesse spécifique moyenne sur toutes les saisons varie de 8 ± 4 espèces (N_CH_01) à 16 ± 5 espèces (N_CH_06 et N_CH_08).

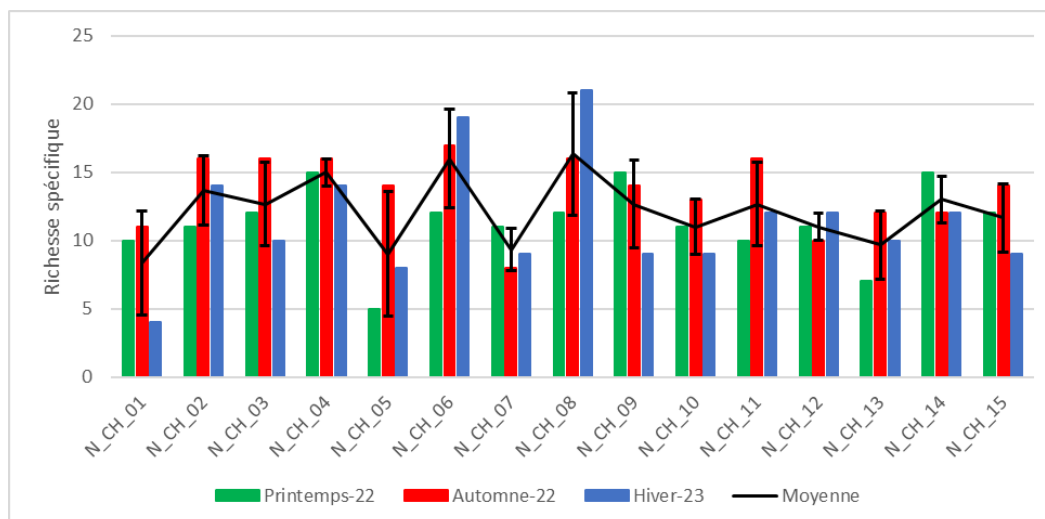


Figure 169 : Richesse spécifique totale et moyenne par stations et par saison

La Figure 170 présente l'évolution saisonnière de la richesse spécifique totale aux 15 stations de la zone étudiée. Il ressort quatre dynamiques de cette figure, différenciées par les gammes de teintes des courbes : jaune, vert, bleu, rose.

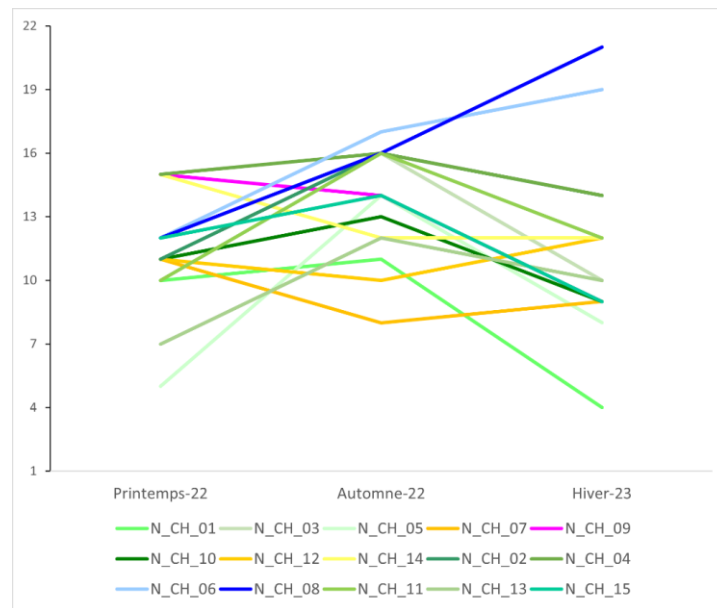


Figure 170 : Dynamique saisonnière de la richesse spécifique aux stations échantillonnées au chalut canadien.

La dynamique verte rassemble le plus de stations et présente une dynamique avec une diversité spécifique en cloche atteignant un pic en automne et deux valeurs plus faibles de mêmes ordres de grandeurs en hiver et au printemps. Elle concerne ainsi cinq stations dans l'aire d'étude immédiate (N_CH_01, 03, 05, 10, 14) et quatre stations référence dans l'aire d'étude rapprochée (N_CH_04, 11, 13, 15). De ce groupement, les stations N_CH_05 et N_CH_01 se distinguent par les plus faibles valeurs de richesse spécifique de toute la zone respectivement au printemps et en hiver.

La dynamique jaune rassemble uniquement des stations dans l'aire d'étude immédiate (N_CH_07, N_CH_12, N_CH_14) et constitue la dynamique miroir de celle mentionnée plus haut : une cloche inversée avec un minimum de richesse spécifique atteint en automne et deux valeurs plus fortes au printemps et en hiver.

Ensuite viennent deux dynamiques linéaires :

- En rose : une diminution annuelle de la diversité spécifique du printemps à l'hiver concernant uniquement la station N_CH_09 ;
- En bleu : une augmentation linéaire de la richesse spécifique du printemps à l'hiver concernant deux stations N_CH_08 et N_CH_06.

La richesse spécifique est comparable dans et hors du fuseau au printemps. En automne et en hiver la richesse spécifique est supérieure dans l'aire d'étude rapprochée.

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

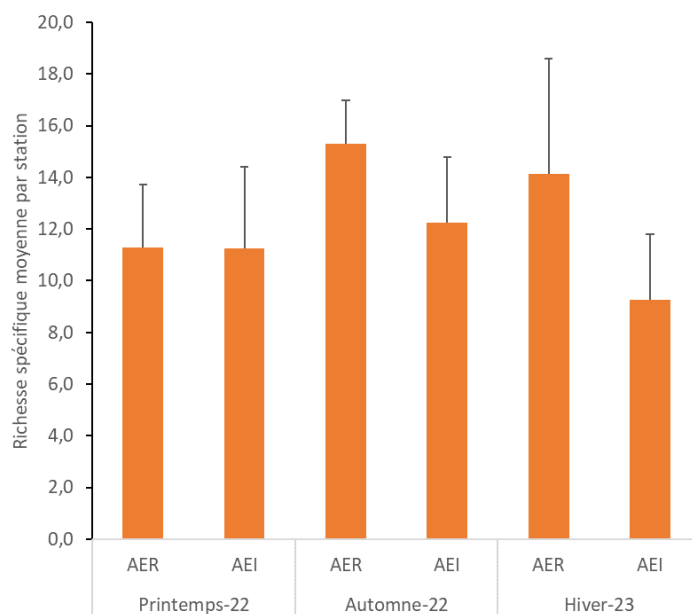


Figure 171 : Nombre moyen d'espèces par station selon la localisation dans l'aire d'étude immédiate AEI (intra = N_CH_01, N_CH_03, N_CH_05, N_CH_07, N_CH_09, N_CH_10, N_CH_12, N_CH_14) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER = N_CH_02, N_CH_04, N_CH_06, N_CH_08, N_CH_11, N_CH_13, N_CH_15) et la saison.

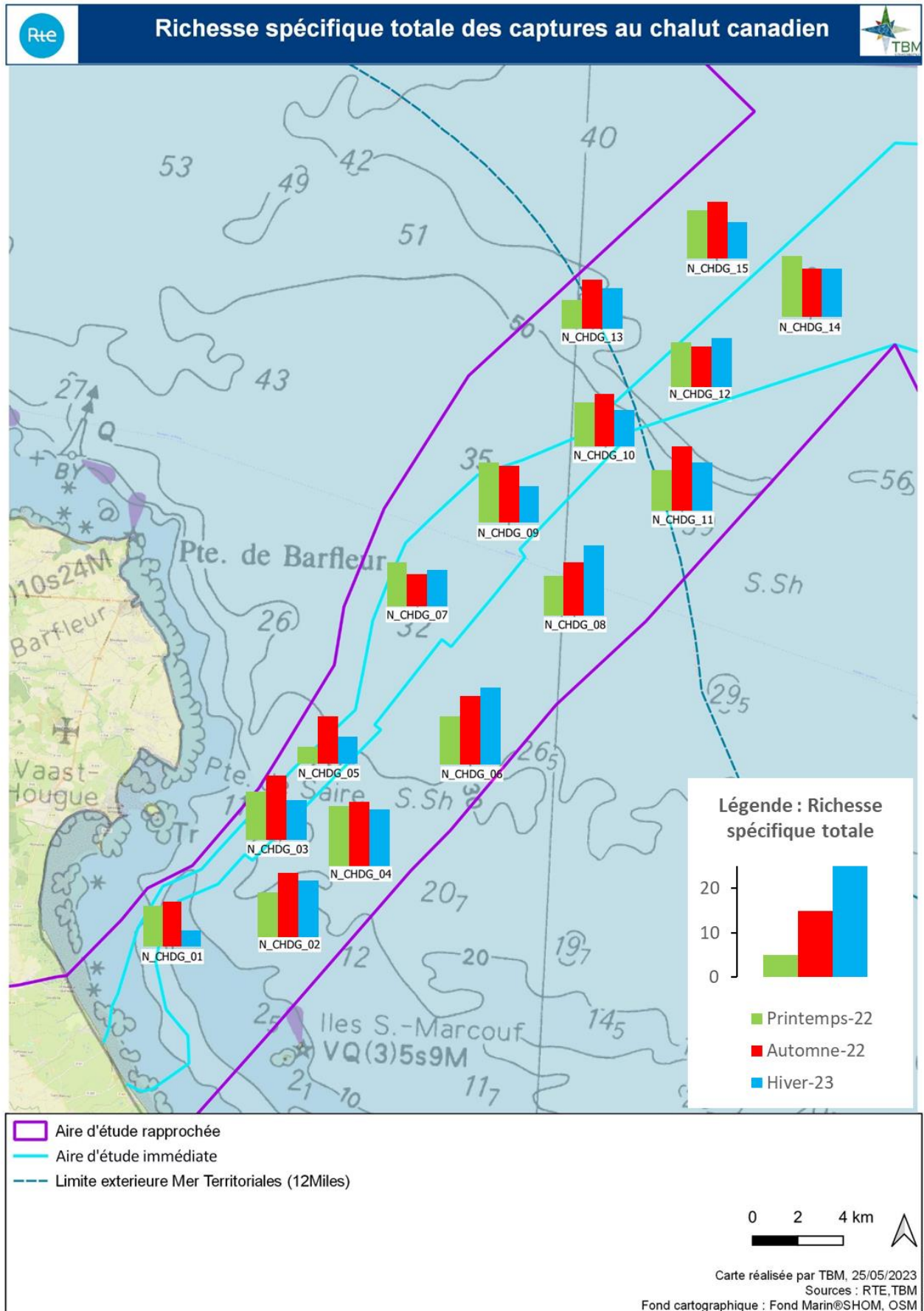


Figure 172 : Représentation spatiale de la richesse spécifique aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.

Le Tableau 41 liste les espèces échantillonnées sur l'ensemble des campagnes réalisées au chalut canadien. Ainsi, ces campagnes ont permis de dénombrer cinq taxons de céphalopodes (3 démersaux et 2 pélagiques), 16 taxons d'invertébrés (15 benthiques et 1 pélagique), 45 espèces de poissons (36 démersaux et 9 pélagiques).

Tableau 41 : Liste des espèces échantillonnées au chalut canadien par catégories biologiques et mode de vie associé à leurs effectifs totaux par saison (* pour présence).

		Printemps-22	Automne-22	Hiver-23	Totale années
Céphalopodes		241	550	189	980
Démersaux			7	6	13
<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune		7	2	9
<i>Sepia orbignyana</i>	Seiche rosée			2	2
<i>Sepiolidae</i>	Sepiole			2	2
Pélagiques		241	543	183	967
<i>Alloteuthis spp.</i>	Casseron	232	85	146	463
<i>Loligo vulgaris</i>	Encornet commun	9	458	37	504
Invertébrés		21	34	8	62
<i>Aequipecten opercularis</i>	Pétoncle blanc	1	16		17
<i>Ascidacea</i>	Ascidie spp.		2		2
<i>Ascidella scabra</i>	Ascidie spp.	2			2
<i>Aurelia aurita</i>	Méduse spp.		2		2
<i>Bryozaires spp.</i>	Bryozaires spp.	*			*
<i>Buccinum undatum</i>	Bulot	1		1	2
<i>Homarus gammarus</i>	Homard européen			1	1
<i>Hyas coarctatus</i>	Crabe spp.	1			1
<i>Liocarcinus depurator</i>	Crabe spp.	1	2	1	4
<i>Maja brachydactyla</i>	Araignée de mer		9	4	13
<i>Necora puber</i>	Etrille commune		1	1	2
<i>Ophiothrix fragilis</i>	Ophiure spp.	8			8
<i>Pagurus bernhardus</i>	Bernard l'hermitte		1		1
<i>Psammechinus miliaris</i>	Oursin vert	5			5
<i>Crangon crangon</i>	Crevette grise	1			1
<i>Upogebia deltaura</i>	Crevette spp.		1		1
Poissons		1221	5703	2911	9835
Démersaux		946	3395	687	5028
<i>Ammodytes tobianus</i>	Lançon equille	7	30		37
<i>Callionymus lyra</i>	Callionyme lyre		1	1	2
<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin rouge	13	69	18	100
<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	Grondin camard		1	1	2
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Grondin perlon			3	3
<i>Conger conger</i>	Congre	2	3	1	6
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun	14	9		23
<i>Gaidropsarus vulgaris</i>	Motelle commune	1			1
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Hippocampe à museau court		3		3
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Lançon commun	68	111	27	206
<i>Labrus bergylta</i>	Vieille commune	5	15	3	23
<i>Limanda limanda</i>	Limande	1	1		2
<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie commune			1	1
<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan	231	1	26	258
<i>Microchirus variegatus</i>	Sole perdrix			1	1
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget barbet	7	27	38	72
<i>Mustelus asterias</i>	Emissole tachetée	9	18	31	58
<i>Mustelus mustelus</i>	Emissole lisse			3	3
<i>Pegusa lascaris</i>	Sole-pole claire			3	3
<i>Platichthys flesus</i>	Flet			2	2
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plie	3	2	15	20
<i>Raja brachyura</i>	Raie lisse	2	23		25
<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée	5	11	16	32
<i>Raja microocellata</i>	Raie mêlée		2		2
<i>Raja undulata</i>	Raie brunette	2	5		7
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue	1		1	2

<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite roussette	30	132	85	247
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Grande roussette	5	24	6	35
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Griset	123	289	221	633
<i>Squalus acanthias</i>	Aiguillat commun			3	3
<i>Symphodus bailloni</i>	Vracton grelue		1		1
<i>Trachinus draco</i>	Grande vive			2	2
<i>Trachinus vipera</i>	Petite vive		3	2	5
<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud commun	147	2200	88	2435
<i>Trisopterus minutus</i>	Petit tacaud	263	401	83	747
<i>Zeus faber</i>	Saint Pierre	7	13	6	26
Pélagiques		275	2308	2224	4807
<i>Clupea harengus</i>	Hareng commun	8	1	5	14
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois	2			2
<i>Gadus morhua</i>	Morue		1		1
<i>Galeorhinus galeus</i>	Requin-hâ	3	1		4
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine commune	7		2082	2089
<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau commun	186	63	111	360
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat			10	10
<i>Trachurus picturatus</i>	Chinchard bleu			7	7
<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard commun	69	2242	9	2320
	Total général	1482	6287	3108	10877

Le nombre d'espèces de céphalopodes ou d'invertébrés est globalement stable entre les stations (Figure 173). La variabilité entre les stations dépend du nombre d'espèces de poissons capturées variant entre 11 (N_CH_01) et 24 (N_CH_08). Il est plus stable au large, à partir de N_CH_09 avec 15 à 17 espèces que proche de la côte où il varie entre 11 et 21 espèces.

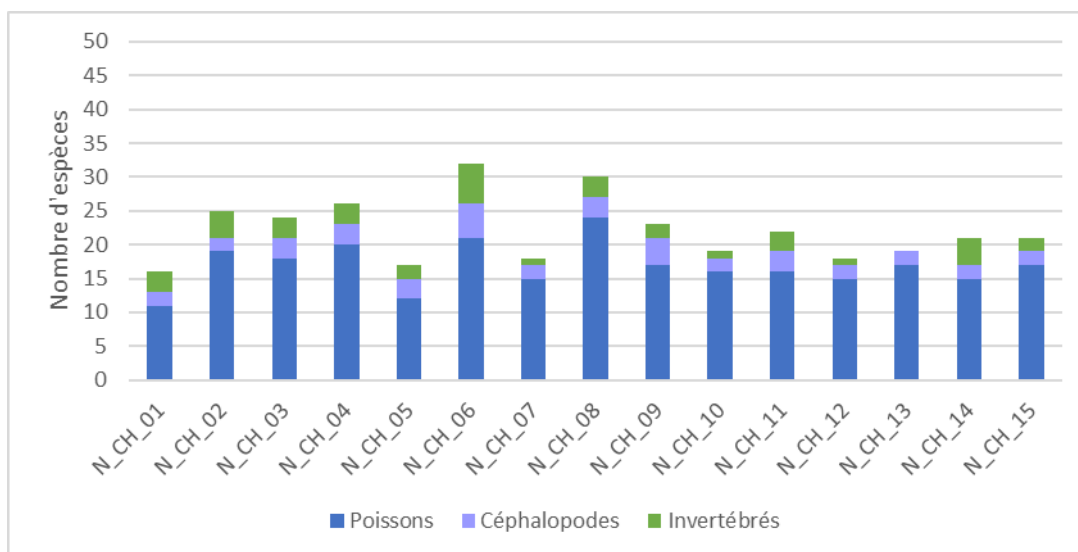


Figure 173 : Richesse spécifique totale à chaque trait pour l'ensemble des campagnes

La diversité moyenne des différents groupes biologiques varie cependant peu inter/extra aire d'étude immédiate (AEI vs AER) ni saisonnièrement (Figure 174).

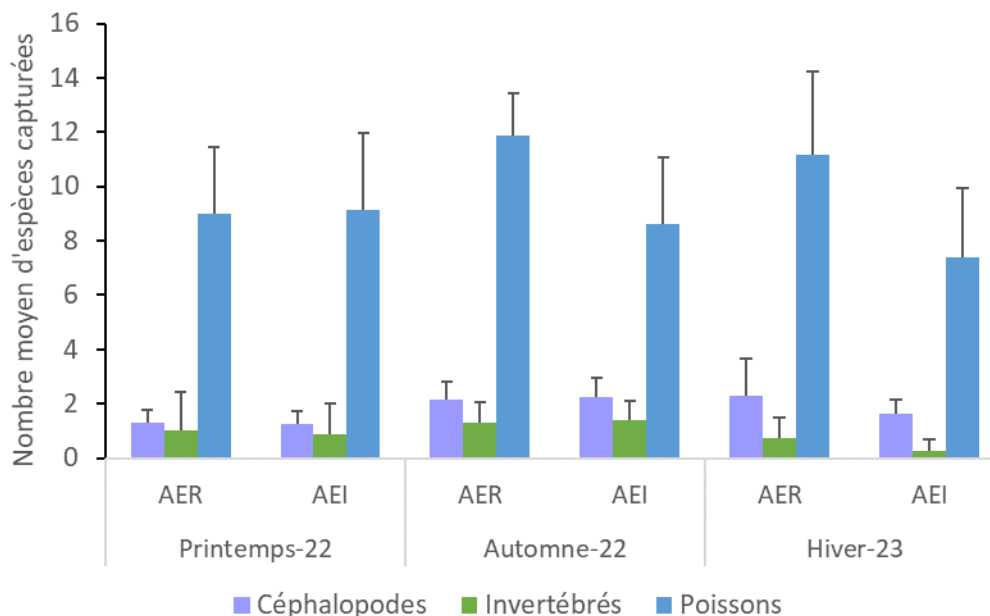


Figure 174 : Nombre moyen d'espèces par groupe biologique aux stations dans l'aire d'étude immédiate (AEI) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER) selon la saison d'échantillonnage

Le nombre d'espèces pélagiques varie généralement entre 6 et 8 espèces pour la majorité des stations à l'exception des stations N_CH_05, N_CH_07, N_CH_10, N_CH_11 et N_CH_15 où le nombre d'espèces est plus faible (entre 3 et 5). Pour les espèces démersales, leur nombre varie entre 7 (N_CH_01) et 20 (N_CH_06).

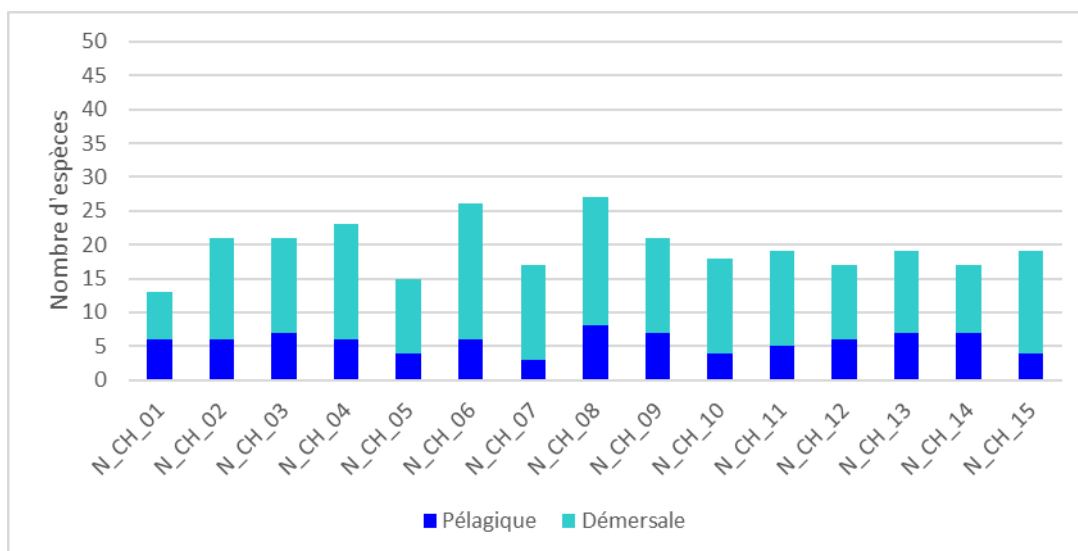


Figure 175 : Richesse spécifique totale à chaque trait pour l'ensemble des campagnes en ne considérant que les poissons et céphalopodes

Au regard du Tableau 41 et de la Figure 176 qui représente le nombre total d'espèces rencontrées aux stations, intra (rouge) ou extra (jaune) aire d'étude immédiate, en fonction du mode de vie de l'espèce et de son groupe biologique, c'est bien la catégorie des poissons, et, qui plus est, démersaux qui influence la richesse spécifique et ce pour l'ensemble de la zone d'étude.

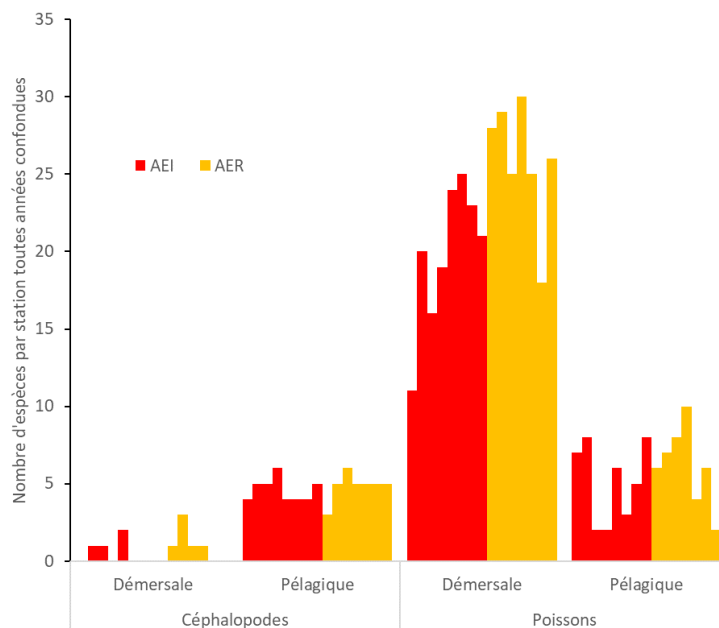


Figure 176 : Nombre d'espèce totales aux stations rencontrées toutes années confondues, selon le mode de vie et la catégorie biologique, les stations dans l'aire d'étude immédiate AEI apparaissent rouges et les stations de référence dans l'aire d'étude rapprochée apparaissent jaune.

5.5.3.1.2 Recensement et fréquence d'occurrence

Pour l'ensemble des espèces de céphalopodes et de poissons rencontrées sur toutes les stations, le calcul des fréquences d'occurrence pour les trois saisons et sur l'ensemble de l'année est donné dans le Tableau 42.

Tableau 42: Fréquence d'occurrence des espèces de poissons et de céphalopodes aux stations sur les trois campagnes d'échantillonnages (Printemps, Automne 22, Hiver 23), ainsi que sur l'ensemble des campagnes confondues (Année totale). Cette fréquence représente le pourcentage des stations où l'espèce est rencontrée.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Printemps-22	Automne-22	Hiver-23	Année totale
Poissons					
Griset	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	80	100	80	87
Petite roussette	<i>Scyliorhinus canicula</i>	60	87	87	78
Petit tacaud	<i>Trisopterus minutus</i>	53	93	67	71
Chinchard commun	<i>Trachurus trachurus</i>	67	93	33	64
Gronquin rouge	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	40	93	47	60
Merlan	<i>Merlangius merlangus</i>	100	7	47	51
Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>	60	60	33	51
Rouget barbet	<i>Mullus surmuletus</i>	27	40	60	42
Emissolle tachetée	<i>Mustelus asterias</i>	27	47	47	40
Grande roussette	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	33	53	20	36
Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>	27	40	33	33
Tacaud commun	<i>Trisopterus luscus</i>	60	7	27	31
Saint Pierre	<i>Zeus faber</i>	27	47	20	31
Lançon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	20	27	27	24
Sardine commune	<i>Sardina pilchardus</i>	33	0	40	24
Plie	<i>Pleuronectes platessa</i>	20	7	40	22
Hareng	<i>Clupea harengus</i>	33	7	13	18
Vieille commune	<i>Labrus bergylta</i>	20	27	7	18

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	27	20	0	16
Raie brunette	<i>Raja undulata</i>	13	33	0	16
Langon équille	<i>Ammodytes tobianus</i>	13	20	0	11
Raie lisse	<i>Raja brachyura</i>	13	20	0	11
Chinchard bleu	<i>Trachurus picturatus</i>	0	0	33	11
Congre	<i>Conger conger</i>	13	7	7	9
Petite vive	<i>Trachinus vipera</i>	0	13	13	9
Grondin perlon	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0	0	20	7
Requin-hâ	<i>Galeorhinus galeus</i>	13	7	0	7
Hippocampe à museau court	<i>Hippocampus hippocampus</i>	0	20	0	7
Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	0	0	20	7
Callyonyme Lyre	<i>Callionymus lyra</i>	0	7	7	4
Grondin camard	<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	0	7	7	4
Limande	<i>Limanda limanda</i>	7	7	0	4
Sole-pole claire	<i>Pegusa lascaris</i>	0	0	13	4
Flet	<i>Platichthys flesus</i>	0	0	13	4
Barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>	7	0	7	4
Aiguillat commun	<i>Squalus acanthias</i>	0	0	13	4
Anchois	<i>Engraulis encrasicolus</i>	7	0	0	2
Morue	<i>Gadus morhua</i>	0	7	0	2
Motelle commune	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>	7	0	0	2
Baudroie commune	<i>Lophius piscatorius</i>	0	0	7	2
Sole perdrix	<i>Microchirus variegatus</i>	0	0	7	2
Emissole lisse	<i>Mustelus mustelus</i>	0	0	7	2
Raie mêlée	<i>Raja microocellata</i>	0	7	0	2
Vracton grelue	<i>Symphodus bailloni</i>	0	7	0	2
Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	0	0	7	2
Céphalopodes					
Casseron	<i>Alloteuthis</i>	100	87	80	89
Encornet commun	<i>Loligo vulgaris</i>	27	100	80	69
Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>	0	33	13	16
Seiche rosée	<i>Sepia orbignyana</i>	0	0	13	4
Sépiole	<i>Sepiolidae</i>	0	0	7	2
Invertébrés					
Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	0	40	20	20
Pétoncle blanc	<i>Aequipecten opercularis</i>	7	40	0	16
Crabe spp.	<i>Liocarcinus depurator</i>	7	13	7	9
Ophiure spp.	<i>Ophiothrix fragilis</i>	20	0	0	7
Oursin vert	<i>Psammechinus miliaris</i>	20	0	0	7
Ascidie spp.	<i>Asciella scabra</i>	13	0	0	4
Bulot	<i>Buccinum undatum</i>	7	0	7	4
Etrille commune	<i>Necora puber</i>	0	7	7	4
Ascidie spp.	<i>Ascidie</i>	0	13	0	4
Méduse spp.	<i>Aurelia aurita</i>	0	7	0	2
Bryozoaires spp.	<i>Bryozoaires spp.</i>	7	0	0	2
Crevette grise	<i>Crangon crangon</i>	7	0	0	2
Homard européen	<i>Homarus gammarus</i>	0	0	7	2
Crabe spp.	<i>Hyas coarctatus</i>	7	0	0	2
Bernard l'Hermite	<i>Pagurus bernhardus</i>	0	7	0	2
Crevette spp.	<i>Upogebia deltaura</i>	0	7	0	2

Sur l'ensemble de la zone, deux espèces sont considérées comme constantes au cours de l'année : le casseron et le griset (Tableau 43). On distingue un peuplement d'automne où s'ajoutent aux deux espèces annuelles et cinq espèces constantes : la petite roussette, le petit tacaud, l'encornet commun, le chinchard commun et les grondins rouges. Le peuplement de printemps est complété par une espèce constante le merlan. Pour le peuplement d'hiver, ce sont l'encornet commun et la petite roussette qui sont également constantes.

Pour les espèces communes, elles varient entre 2 et 5 suivant les saisons (Tableau 43). Entre 17 et 23 espèces sont identifiées comme occasionnelles. Parmi les invertébrés benthiques, l'araignée de mer est l'espèce majoritaire avec un pic en automne.

Tableau 43 : Tableaux présentant le nombre d'espèces par catégorie de pourcentage de d'occurrence aux stations par saison et pour l'ensemble des campagnes.

Nombre d'espèces	Printemps-22	Automne-22	Hiver-23	Ensemble des campagnes
Espèce constante $C \geq 80\%$	3	7	4	2
Espèce commune, $50 \leq C < 80\%$	5	2	2	7
Espèce occasionnelle, $10 \leq C < 50\%$	21	17	23	19
Espèce rare, $0 < C < 10\%$	10	16	14	38
Total	39	42	43	66

5.5.3.1.3 Captures par unité d'effort

Les Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ et en nombre d'individus $\cdot \text{ha}^{-1}$ sont données pour les espèces démersales (Figure 178 et Figure 179) et pour les espèces pélagiques (Figure 180 et Figure 181) pour les trois saisons de pêches réalisées. Les invertébrés n'étant pas suffisamment représentés et renseignés, ils ne seront pas intégrés dans cette analyse.

Le Tableau 44 et la Figure 177 présentent ces CPUE en fonction des saisons et de leur localisation dans l'aire d'étude immédiate (AEI) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER). On peut remarquer :

- Au printemps : des CPUE légèrement plus élevées en AEI pour les espèces démersales alors que les pélagiques sont nettement plus présents en AER. Les tonnages et abondances sont faibles indiquant des individus de petite taille.
- En Automne 2022 : Les CPUE en tonnages en pélagiques sont comparables entre les deux zones mais légèrement plus élevés en AER en nombre d'individus. Ceci indique des captures d'individus légèrement plus petits en AER. Pour les espèces démersales, il y a une très nette différence entre les deux zones et en particulier pour ce qui est du nombre d'individus. Ainsi, un plus grand nombre d'individus de plus petite taille ont été capturés dans l'AEI que dans l'AER.
- En hiver 2023 : les espèces démersales sont légèrement plus représentées dans l'AER que dans l'AEI tant en tonnage qu'en nombre. Une nette différence est cependant visible pour les espèces pélagiques avec des individus de plus petite taille pêchés en plus grand nombre dans l'AER.

Tableau 44: Capture Par Unité d'Effort (CPUE) des espèces démersales et pélagiques additionnées par localisation des stations aux différentes campagnes réalisées. Les CPUE sont indiquées par kg par surface et par individus par surface.

Saison	Localisation	CPUE (kg.ha ⁻¹)		CPUE (Ind.ha ⁻¹)	
		Démersales	Pélagiques	Démersales	Pélagiques
Printemps-22	AER	31,24	20,74	139	149
	AEI	39,61	4,76	248	50
	Zone Entière	70,84	25,50	387	199
Automne-22	AER	54,62	12,04	187	529
	AEI	125,42	11,78	1065	409
	Zone Entière	180,04	23,83	1252	937
Hiver-23	AER	54,13	46,60	197	632
	AEI	37,28	6,90	97	102
	Zone Entière	91,40	53,50	294	734

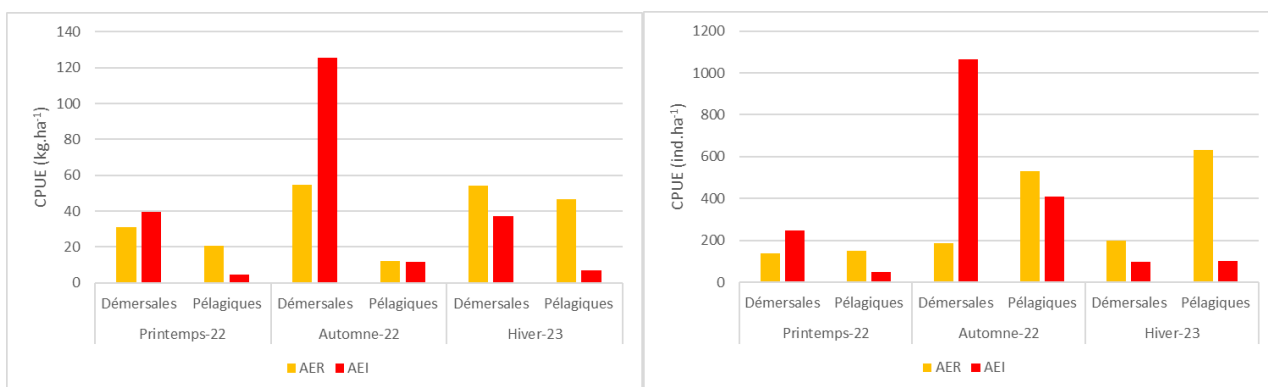


Figure 177 : Captures par unité d'effort en kg.ha⁻¹ (à gauche) et en nombre d'individus.ha⁻¹ (à droite) des espèces démersales et pélagiques en fonction de leur localisation et de la saison.

Le Tableau 45 et le Tableau 46 présentent les espèces au plus fort tonnage en CPUE (kg.ha⁻¹) et à la plus forte abondance en CPUE (Ind.ha⁻¹) pour les trois saisons de pêches réalisées ainsi que suivant la localisation des stations.

Pour les espèces démersales, une différence côte-large se dessine. Pour les premiers traits N_CH_01 à N_CH_05, les peuplements sont dominés en quantité par le merlan, les lançons et le griset et en tonnage par des espèces variables au printemps, le griset en automne et la petite roussette en hiver. Au large (traits N_CH_09 à N_CH_15), les peuplements sont dominés en quantité par le petit tacaud, le tacaud commun et la petite roussette. Les tonnages sont plutôt dominés par la petite et la grande roussettes et les émissoles tachetées. Pour les traits intermédiaires, il est à noter la dominance en tonnage du bar commun au printemps.

Pour les espèces pélagiques, les peuplements sont dominés en nombre et en tonnage par les céphalopodes (casseron et encornet commun) et le maquereau commun au printemps ; par le chinchard commun en automne ; et par la sardine commune et les céphalopodes en hiver.

A l'échelle de la saison, seul le printemps semble présenter des variations spatiales AER et AEI tant pour les espèces pélagiques que pour les espèces démersales. En ce qui concerne les saisons d'hiver et d'automne, les captures ne sont pas représentées par les mêmes espèces, cependant au sein d'une même saison, les captures sont homogènes.

Tableau 45 : Espèces démersales au plus fort tonnage en CPUE (kg.ha⁻¹) et à la plus forte abondance en CPUE (Ind.ha⁻¹) pour les différentes saisons d'échantillonnage

	CPUE ind.ha ⁻¹			CPUE kg.ha ⁻¹		
	Printemps	Automne	Hiver	Printemps	Automne	Hiver
NCH01	Merlan	Lançon	Lançon	Merlan	Lançon	Lançon
NCH02	Lançon	Griset	Lançon	Lançon	Raie mêlée	Petite roussette
NCH03	Griset	Griset	Merlan	Tacaud commun	Griset	Raie mêlée
NCH04	Merlan	Griset	Griset	Petite roussette	Griset	Petite roussette
NCH05	Merlan	Griset	Lançon	Vieille commune	Griset	Petite roussette
NCH06	Griset	Petit tacaud	Tacaud commun	Bar commun	Raie lisse	Tacaud commun
NCH07	Petit tacaud	Petit tacaud	Griset	Petit tacaud	Emissole tachetée	Raie bouclée
NCH08	Griset	Petite roussette	Griset	Bar commun	Grande roussette	Petite roussette
NCH09	Tacaud commun	Petit tacaud	Tacaud commun	Congre	Emissole tachetée	Tacaud commun
NCH10	Petit tacaud	Tacaud commun	Grondin rouge	Grande roussette	Tacaud commun	aiguillat commun
NCH11	Petit tacaud	Petit tacaud	Griset	Tacaud commun	Raie brunette	Griset
NCH12	Petit tacaud	Petit tacaud	Petite roussette	Emissole tachetée	Raie bouclée	Petite roussette
NCH13	Merlan	Petit tacaud	Emissole	Emissole tachetée	Grande roussette	Emissole tachetée
NCH14	Petit tacaud	Grondin rouge	Petite roussette	Raie bouclée	Grande roussette	Petite roussette
NCH15	Tacaud commun	Petit tacaud	Raie bouclée	Emissole tachetée	Grande roussette	Raie bouclée
AER	Tacaud commun	Griset	Griset	Emissole tachetée	Raie lisse	Petite roussette
AEI	Petit tacaud	Tacaud commun	Griset	Grande roussette	Tacaud commun	Petite roussette

Tableau 46 : Espèces pélagiques au plus fort tonnage en CPUE (kg.ha⁻¹) et à la plus forte abondance en CPUE (Ind.ha⁻¹) pour les différentes saisons d'échantillonnage

	CPUE ind.ha ⁻¹			CPUE kg.ha ⁻¹		
	Printemps	Automne	Hiver	Printemps	Automne	Hiver
NCH01	Casseron	Chincharde commun	Sardine commune	Casseron	Chincharde commun	Sardine commune
NCH02	Casseron	Chincharde commun	Sardine commune	Casseron	Chincharde commun	Sardine commune
NCH03	Encornet commun	Chincharde commun	Sardine commune	Encornet commun	Chincharde commun	Sardine commune
NCH04	Maquereau commun	Chincharde commun	Sardine commune	Maquereau commun	Encornet commun	Sardine commune
NCH05	Maquereau commun	Encornet commun	Casseron	Maquereau commun	Encornet commun	Encornet commun
NCH06	Casseron	Chincharde commun	Sardine commune	Chincharde commun	Maquereau commun	Sardine commune
NCH07	Casseron	Encornet commun	Casseron	Casseron	Encornet commun	Encornet commun
NCH08	Maquereau commun	Chincharde commun	Casseron	Maquereau commun	Requin hâ	Encornet commun
NCH09	Casseron	Chincharde commun	Chincharde commun	Requin hâ	Chincharde commun	Encornet commun
NCH10	Chincharde commun	Chincharde commun	Encornet commun	Chincharde commun	Chincharde commun	Encornet commun
NCH11	Chincharde commun	Chincharde commun	Encornet commun	Chincharde commun	Chincharde commun	Encornet commun
NCH12	Casseron	Encornet commun	Casseron	Maquereau commun	Encornet commun	Casseron
NCH13	Maquereau commun	Chincharde commun	Casseron	Maquereau commun	Chincharde commun	Encornet commun
NCH14	Casseron	Maquereau commun	Casseron	Requin hâ	Maquereau commun	Encornet commun
NCH15	Casseron	Chincharde commun	Casseron	Casseron	Chincharde commun	Encornet commun
AER	Maquereau commun	Chincharde commun	Sardine commune	Maquereau commun	Chincharde commun	Sardine commune
AEI	Casseron	Chincharde commun	Sardine commune	Requin hâ	Chincharde commun	Sardine commune

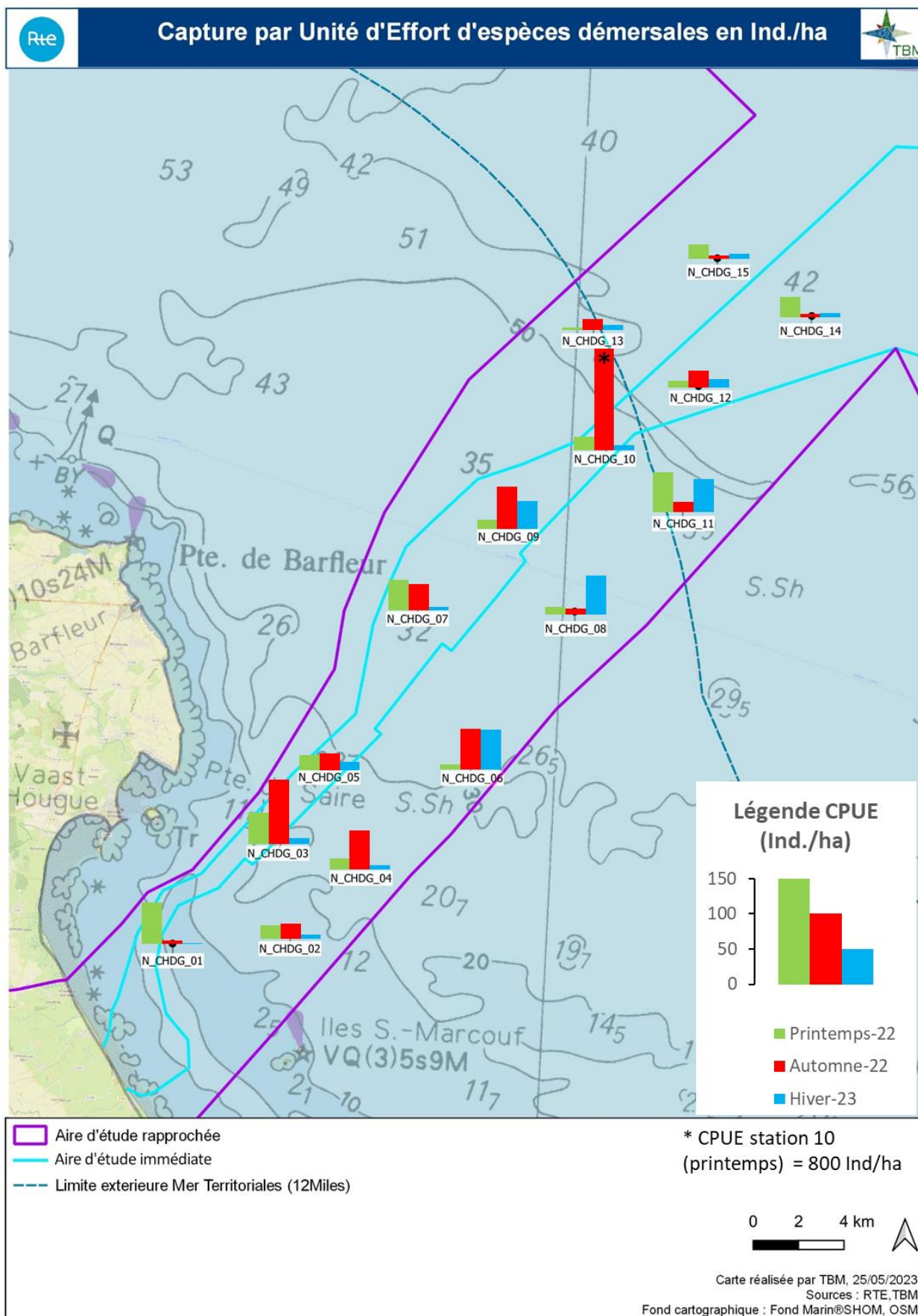


Figure 178 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en Ind.ha⁻¹, des espèces démersales, aux stations, selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.

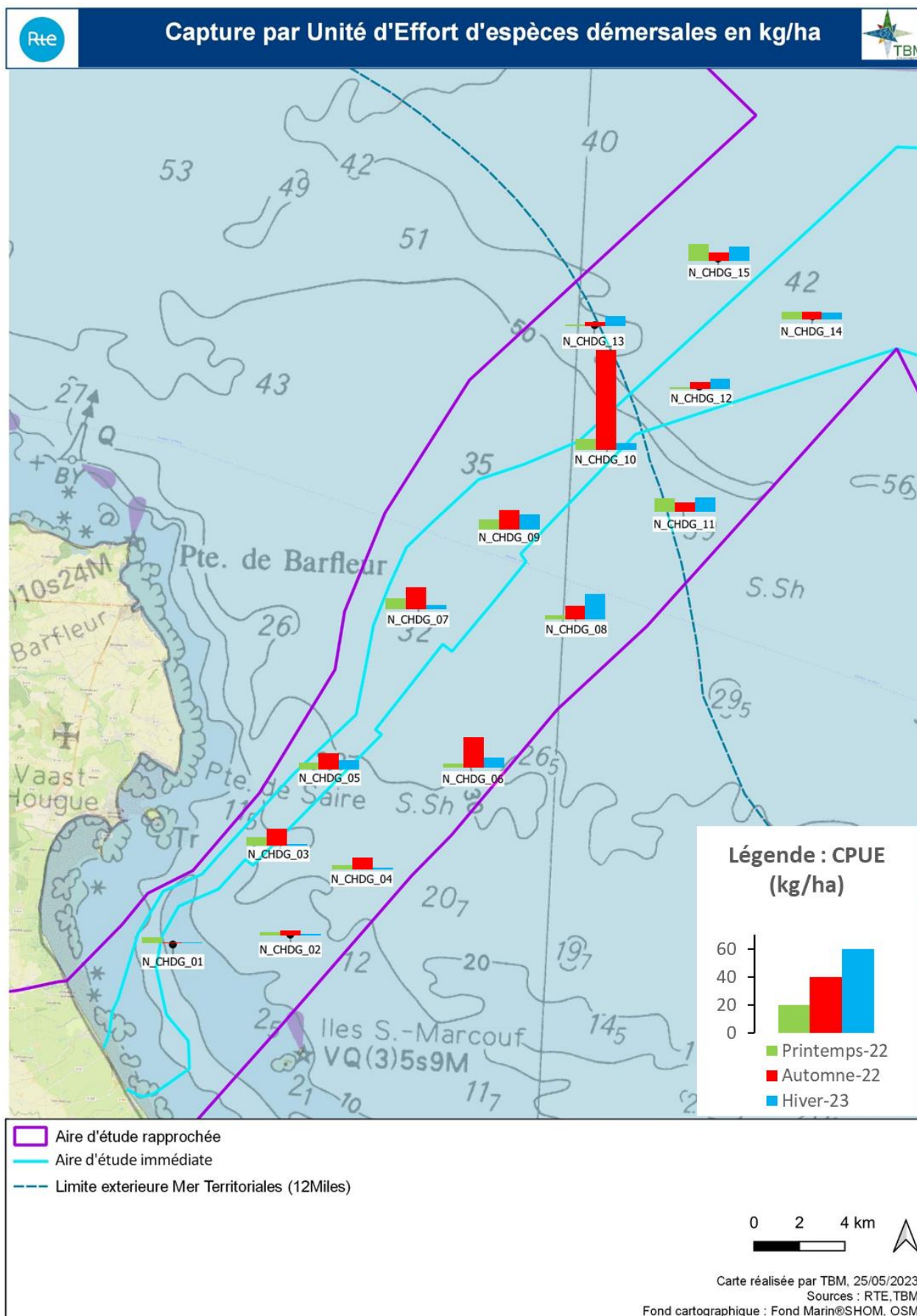


Figure 179 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en $kg \cdot ha^{-3}$, des espèces démersales aux stations, selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.

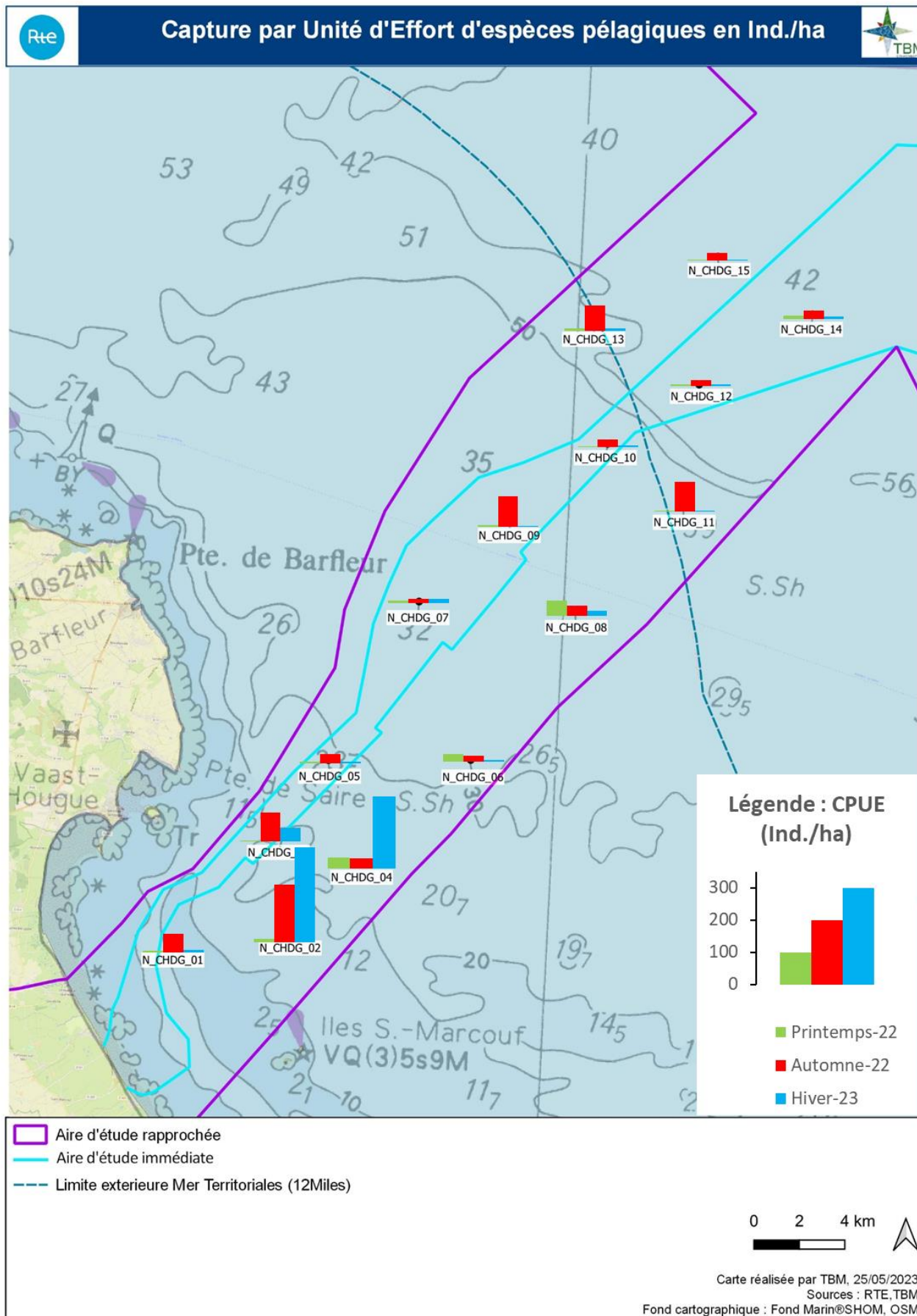


Figure 180 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en Ind.ha⁻¹, des espèces pélagiques aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.

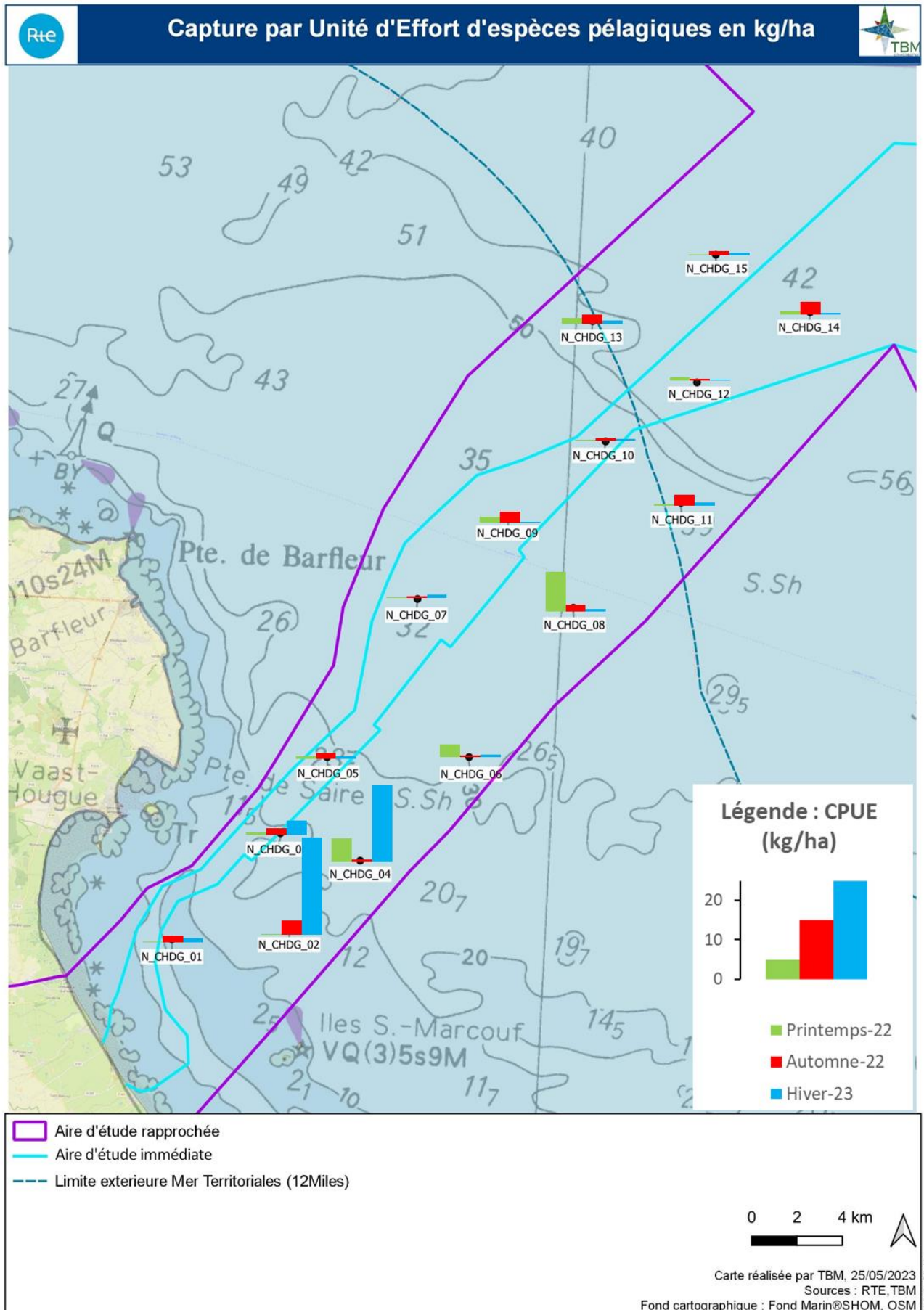


Figure 181 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en $kg \cdot ha^{-1}$, des espèces pélagiques aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée au chalut canadien.

5.5.3.1.4 Espèces remarquables IUCN /Etat des stocks et Zones ZNIEFF

Durant les 3 campagnes d'échantillonnage au chalut canadien, allant de 2022 à 2023, 66 espèces ont été capturées. Parmi elles, 13 espèces présentent un stock en état préoccupant en Baie de Seine ou en Europe (Biseau, 2022 ; Würz et al., 2013). La liste de ces espèces ainsi que les volumes capturés en effectifs et en poids sont présentés Tableau 47. On notera particulièrement la présence de :

- la Morue d'Atlantique (*Gadus Morhua*) avec un individu juvénile (40 cm ; 0,8kg) capturé en Automne 2022 (Mahé et al., 2006). Le stock de Morue est considéré comme effondré en Europe (Biseau, 2022) et l'espèce est classée en voie de disparition ("The IUCN Red List of Threatened Species," n.d.) ;
- l'Aiguillat commun (*Squalus acanthias*) avec deux femelles adultes (105 cm, 98 cm) et un juvénile mâle (54 cm) pêchés en Hiver 2023 dans la zone d'étude. Le stock est considéré comme reconstituable mais c'est une espèce menacée de disparition.

Tableau 47 : Liste des espèces à l'état IUCN ou des stocks préoccupants et leurs caractéristiques selon les campagnes. IUCN Red list : DD : Données insuffisantes ; LC : préoccupation mineure ; NT : quasi-menacée ; VU : Espèce menacée de disparition Vulnérable ; EN : Espèce menacée de disparition En Danger.

	Printemps-22		Automne-22		Hiver-23		Total Années		Etat IUCN	Etat des stocks
	Poids (kg)	Effectifs	Poids (kg)	Effectifs	Poids (kg)	Effectifs	Poids (kg)	Effectifs		
Céphalopodes	2,85	9	22,2	458	11,825	37	36,875	504		
Pélagique	2,85	9	22,2	458	11,825	37	36,875	504		
<i>Loligo vulgaris</i>	2,85	9	22,2	458	11,825	37	36,875	504	DD	Sur-pêchés
Poissons	70,8	137	181,549	2476	115,729	157	368,078	2770		
Démersale	56,3	68	144,149	233	115,437	148	315,886	449		
<i>Ammodytes tobianus</i>	0,15	7	0,33	30			0,48	37	DD	Sur-pêchés & dégradés
<i>Dicentrarchus labrax</i>	8,6	14	4,209	9			12,809	23	LC	Reconstituable
<i>Mullus surmuletus</i>	0,75	7	2,85	27	6,535	38	10,135	72	LC	Sur-pêchés & dégradés
<i>Raja brachyura</i>	1,6	2	31,3	23	0	0	32,9	25	NT	Décroissant
<i>Raja microocellata</i>	0	0	5,6	2	0	0	5,6	2	NT	Stable
<i>Raja undulata</i>	2,8	2	19,4	5	0	0	22,2	7	NT	Non classifié
<i>Raja clavata</i>	10,1	5	27,9	11	27,59	16	65,59	32	NT	Stable
<i>Scyliorhinus canicula</i>	21,4	30	43,06	132	60,542	85	125,002	247	LC	Croissant
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	15,3	5	65,8	24	9,35	6	90,45	35	NT	Décroissant
<i>Squalus acanthias</i>					11,42	3	11,42	3	EN	Reconstituable
Pélagique	14,5	69	37,4	2243	0,292	9	52,192	2321		
<i>Gadus morhua</i>			0,8	1			0,8	1	VU	Effondré
<i>Trachurus trachurus</i>	14,5	69	36,6	2242	0,292	9	51,392	2320	VU	Reconstituable
Total général	73,65	146	203,749	2934	127,554	194	404,953	3274		

La zone d'étude est traversée, ou du moins, se trouve à proximité de cinq habitats de Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique, (ZNIEFF) dont font partie : l'habitat Baie de Seine (classé comme un habitat à part entière), le platier rocheux subtidal de Barfleur à st Vaast-la-Hougue, les moulières infralittorales de Réville et du Moulard, les Bancs d'*Ophiothrix fragilis* de la Baie de Seine, et les Iles Saint Marcouf (A. Baffreau, 2020).

Parmi les 66 espèces capturées durant nos campagnes, 18 espèces sont classées comme déterminantes pour au moins un de ces habitats. Ces espèces et leurs caractéristiques sont présentées en Tableau 48. Dans la catégorie des poissons, nous noterons la présence des espèces : la Plie commune (*Pleuronectes platessa*) et le Merlan (*Merlangius merlangus*) qui atteignent des poids considérables et sont recensés à toutes les saisons. Les habitats concernés sont la Baie de Seine et le platier rocheux subtidal de Barfleur à st Vaast-la-Hougue. La Baie de Seine est connue pour être une zone de reproduction de ces deux espèces, le platier rocheux est considéré comme une zone de reproduction certaine ou probable (Baffreau, 2020 ; Regimbart et al., 2018).

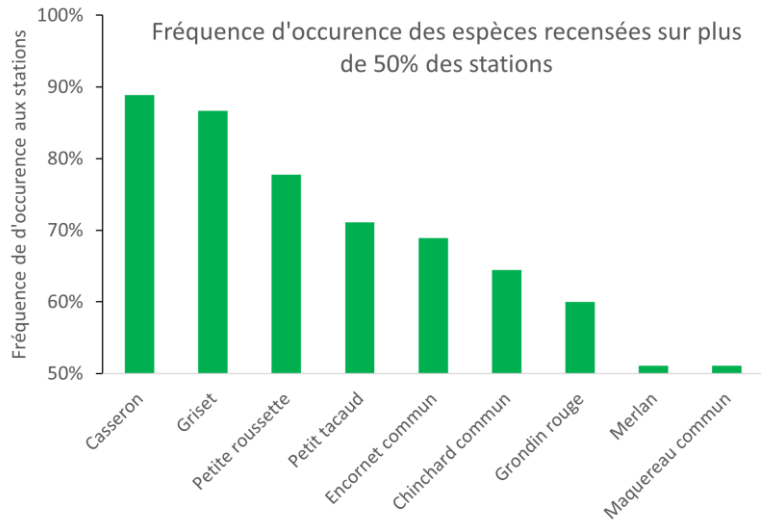
Tableau 48 : Liste des espèces déterminantes pour au moins un habitat classé ZNIEFF, (pour certaines espèces benthiques, seule la présence a été notée pendant les campagnes et est repérée ici par un astérisque *).

	Printemps-22		Automne-22		Hiver-23		Total Années		Habitats concernés				
	Poids (kg)	Ind.	Poids (kg)	Ind.	Poids (kg)	Ind.	Poids (kg)	Ind.	Baie de Seine	Iles St Marcouf	Platier rocheux	Bancs d' <i>ophiothrix fragilis</i>	Moulières
Céphalopodes	2,85	9	25,5	465	12,2	39	40,5	513					
Espèce démersale			3,25	7	0,38	2	3,63	9					
<i>Sepia officinalis</i>			3,25	7	0,38	2	3,63	9		X			
Espèce pélagique	2,85	9	22,2	458	11,8	37	36,9	504					
<i>Loligo vulgaris</i>	2,85	9	22,2	458	11,8	37	36,9	504		X			
Invertébrés	*	17	13,7	30	3,78	7	17,4	54					
<i>Aequipecten opercularis</i>	*	1	0,2	16			0,2	17	X				
<i>Ascidie</i>			*	2			*	2	X				
<i>Bryozaires spp.</i>	*	1					*	1					
<i>Buccinum undatum</i>	*	1			*	1	*	2	X		X	X	X
<i>Crangon crangon</i>	*	1					*	1	X			X	
<i>Homarus gammarus</i>					0,67	1	0,67	1	X	X	X		
<i>Maja brachydactyla</i>			13,5	9	2,96	4	16,4	13	X				
<i>Necora puber</i>			*	1	0,15	1	0,15	2	X	X	X		X
<i>Ophiothrix fragilis</i>	*	8					*	8	X	X		X	X
<i>Pagurus bernhardus</i>			*	1			*	1	X			X	
<i>Psammechinus miliaris</i>	*	5					*	5	X	X		X	
<i>Upogebia deltaura</i>			*	1			*	1	X			X	
Poissons	25,5	236	16,4	7	9,32	43	51,2	286					
Espèce démersale	25,5	236	16,4	7	9,32	43	51,2	286					
<i>Callionymus lyra</i>			0,2	1	0,02	1	0,22	2	X	X			
<i>Conger conger</i>	5,8	2	15,8	3	1,23	1	22,8	6	X	X	X	X	X
<i>Merlangius merlangus</i>	19,4	231	*	1	4,98	26	24,4	258	X		X		
<i>Pleuronectes platessa</i>	0,3	3	0,4	2	3,09	15	3,79	20	X		X		
Total général	28,4	262	55,5	502	25,3	89	109	853					

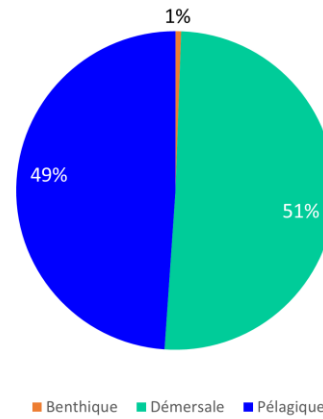
5.5.3.1.5 Synthèse

Cette synthèse présente les principales caractéristiques des pêches réalisées au chalut canadien :

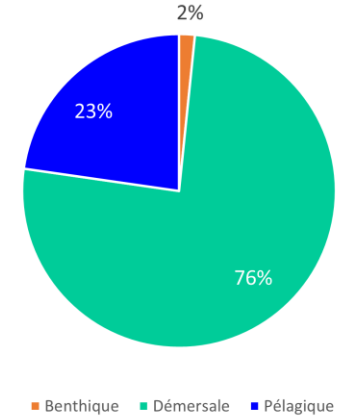
- ✚ 3 campagnes réalisées :
 - Printemps 2022
 - Automne 2022
 - Hiver 2023
- ✚ 66 espèces récoltées : 13 benthiques / 41 démersales / 12 pélagiques
- ✚ 2 espèces constantes annuellement aux stations : le casseron, le griset.
- ✚ Captures (effectifs et tonnages) plus élevées en automne, notamment en espèces démersales.
- ✚ Les espèces démersales sont dominées par le tacaud commun, le petit tacaud, le griset et le merlan ; les pélagiques par la sardine commune, le chinchard commun et le maquereau commun.
- ✚ Peu de différence à noter suivant la position dans l'aire d'étude rapprochée.



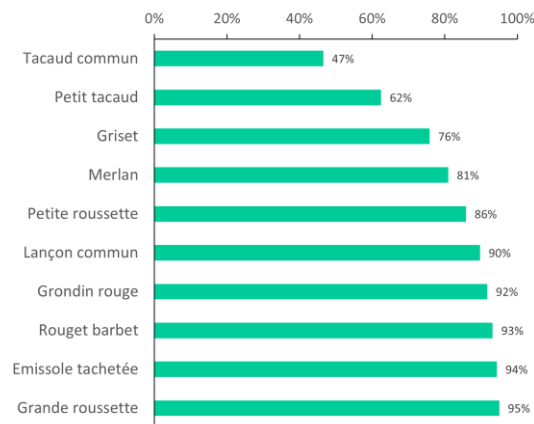
Fréquences de l'abondance capturée par catégorie (CPUE Ind.ha⁻¹)



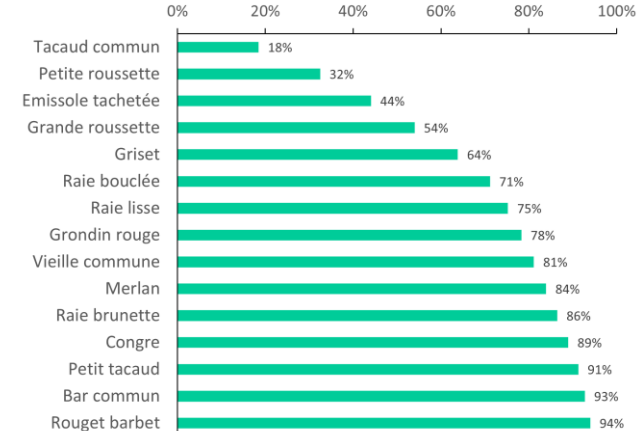
Fréquences du tonnage capturé par catégorie (CPUE kg.ha⁻¹)



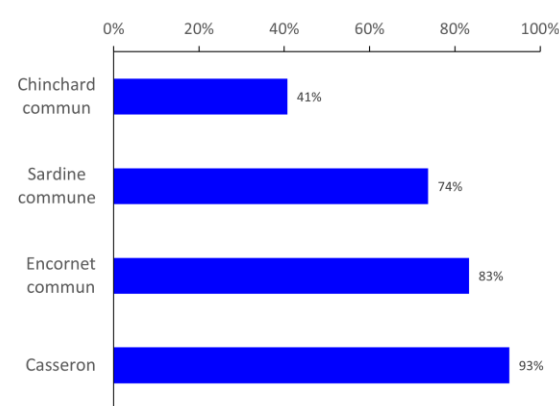
Fréquence cumulée (%CPUE ind.ha⁻¹) des espèces composants 95% des captures des espèces démersales



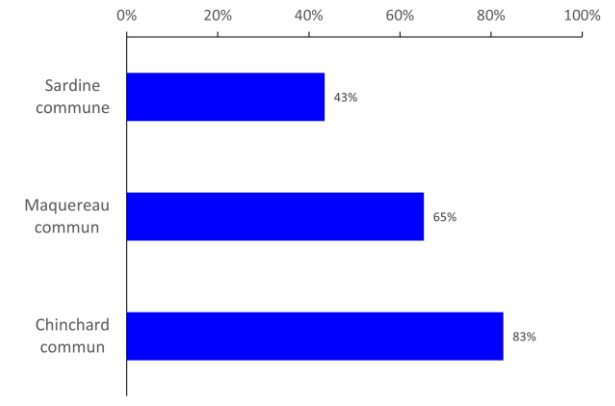
Fréquence cumulée (%CPUE kg.ha⁻¹) des espèces composants 95% des captures des espèces démersales



Fréquence cumulée (%CPUE ind.ha⁻¹) des espèces composants 95% des captures des espèces pélagiques



Fréquence cumulée (%CPUE kg.ha⁻¹) des espèces composants 95% des captures des espèces pélagiques



5.5.3.2 Campagnes de pêche à la drague à coquilles

5.5.3.2.1 Richesse spécifique

Deux campagnes de pêche ont été réalisées à la drague en mars et en octobre 2022 pendant lesquelles 58 espèces ont été recensées.

La Figure 182 et la Figure 185 présentent la richesse spécifique par station au printemps et en automne 2022. La richesse spécifique totale varie de 3 à 15 espèces suivant les stations et les saisons. A l'exception des stations N_CHDG_11, N_CHDG_12 et N_CHDG_14, les richesses spécifiques totales sont comparables aux deux saisons. Pour ces trois stations, elles sont plus importantes au printemps. En général, les stations plus proches de la côtes (jusqu'à N_CHDG_07 inclus) présentent des richesses plus faibles avec des minimums aux stations N_CHDG_01, N_CHDG_02 et N_CHDG_03. Au large, le nombre d'espèces est globalement plus important

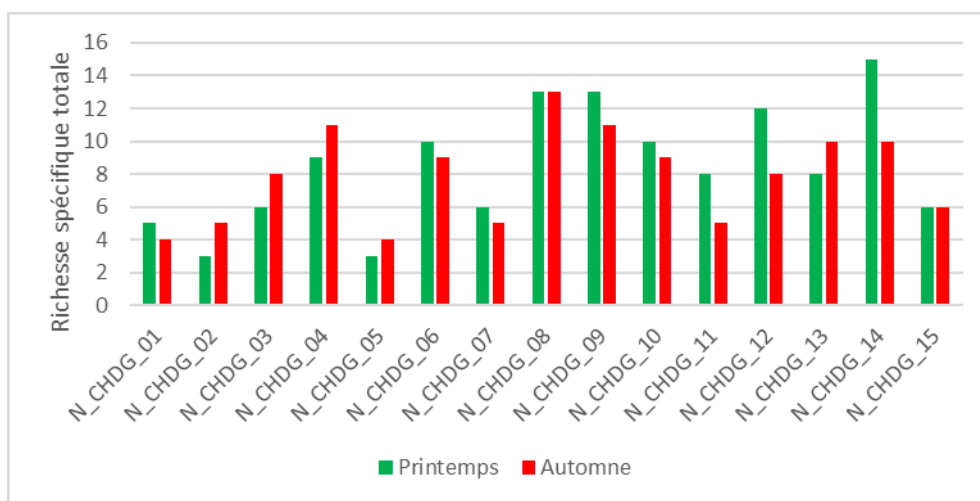


Figure 182 : Richesse spécifique totale aux stations selon leur localisation et la saison.

Parmi les 58 espèces, il est dénombré 14 espèces de poissons, 1 de céphalopodes et 43 espèces d'invertébrés (Tableau 49).

Tableau 49 : Liste des espèces échantillonnées à la drague par catégories biologiques associées à leurs effectifs totaux par saison (* pour présence)

		Printemps-22	Automne-22	Total
Céphalopodes			12	12
<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune		12	12
Invertébrés		14555	1874	16429
<i>Actiniidae</i>	Anémone spp.		1	1
<i>Aequipecten opercularis</i>	Pétoncle blanc	34	35	69
<i>Ascidia</i>	Ascidiidae		*	*
<i>Asterias rubens</i>	Etoile de mer commune	93	22	115
<i>Atelecyclus undecimdentatus</i>	Grand crabe circulaire	1		1
<i>Bryzoaire spp.</i>	Bryzoaire spp.		*	*
<i>Buccinum undatum</i>	Buccin commun	9	1	10
<i>Cancer pagurus</i>	Tourteau	1	2	3
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune		*	*
<i>Crepidula fornicata</i>	Crépidule		3	3
<i>Crossaster papposus</i>	Crachat d'amiral	6		6
<i>Anseropoda placenta</i>	Etoile patte-d'oe	9	4	13
<i>Eurynome aspera</i>	Eurynome	2		2
<i>Galathea intermedia</i>	Galathée intermédiaire	6		6
<i>Glycymeris glycymeris</i>	Amande de mer	2		2
<i>Henricia oculata</i>	Etoile cuir	1	2	3
<i>Homarus gammarus</i>	Homard européen	1	1	2
<i>Hyas coarctatus</i>	Crabe-lyre du Canada	2		2
<i>Hydrallmania falcata</i>	Hydrozoa		*	*
<i>Inachus dorsettensis</i>	Crabe-araignée scorpion	2	3	5
<i>Macropodia rostrata</i>	Macropode rostré	9	9	18
<i>Maja brachydactyla</i>	Araignée de mer	263	645	908
<i>Mimachlamys varia</i>	Pétoncle noir	5		5
<i>Nemertesia antennina</i>	Hydrozoa		*	*
<i>Ocenebra erinacea</i>	Cormaillet		1	1
<i>Ophiothrix fragilis</i>	Ophiure spp.	12764	105	12869
<i>Ophiura albida</i>	Ophiure spp.	1		1
<i>Ostrea edulis</i>	Huître plate	1	2	3
<i>Pagurus prideaux</i>	Bernard l'ermite		6	6
<i>Pecten maximus</i>	Coquille Saint-Jacques	1140	1005	2145
<i>Pelogenia arenosa</i>	Polychète spp.	1		1
<i>Phylodoce sp.</i>	Polychète spp.	1		1
<i>Pilumnus hirtellus</i>	Pilumne hirsute		4	4
<i>Pisidia longicornis</i>	Crabe porcelaine à longues pinces	162	*	162
<i>Polititapes rhomboides</i>	Palourde rose	4	5	9
<i>Psammechinus miliaris</i>	Oursin vert	27	12	39
<i>Pyuridae</i>	Ascidiacea		5	5
<i>Sabella pavonina</i>	Sabelle	1		1
<i>Urticina felina</i>	Anémone spp.	1		1
<i>Xantho pilipes</i>	Xanthe poilu	5	1	6
<i>Actinia spp.</i>	Anémone spp.		*	*
Poissons		45	15	60
<i>Callionymus lyra</i>	Callionyme lyre	2		2
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Hypocampe à museau court		1	1
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Lançon commun		1	1
<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie commune	1	1	2
<i>Pleuronectes platessa</i>	Plie	12	5	17
<i>Raja brachyura</i>	Raie lisse	1	1	2
<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée	15	2	17
<i>Raja microocellata</i>	Raie mée		1	1
<i>Raja undulata</i>	Raie brunette	3	1	4
<i>Scophthalmus maximus</i>	Turbot	1		1
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue	4	1	5
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite roussette	1		1

<i>Solea solea</i>	Sole commune	3	1	4
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Griset	2		2

Une espèce de céphalopode se rencontre sur la majorité des stations. Pour les poissons, le nombre d'espèces est plus important pour les stations proches de la côte à l'inverse des invertébrés (Figure 183).

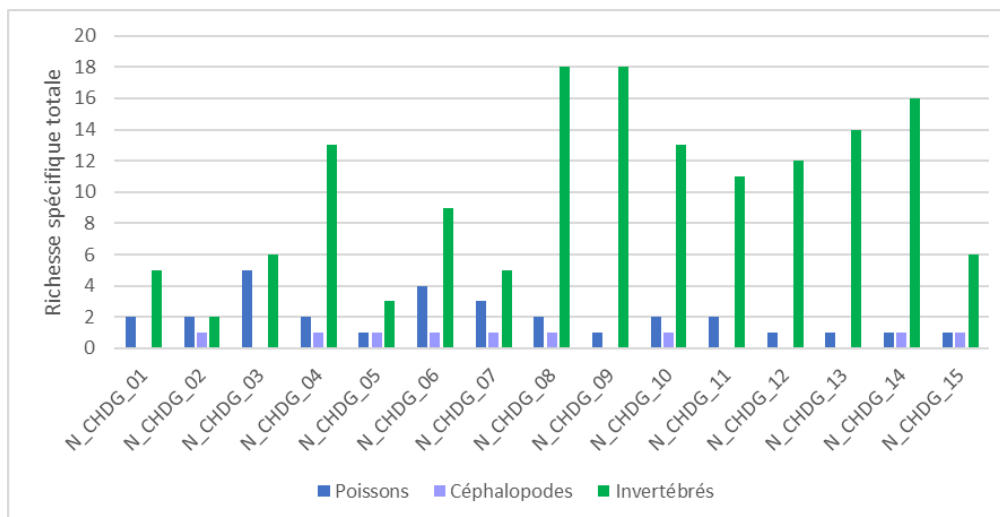


Figure 183 : Richesse spécifique totale des trois grands groupes aux différentes stations.

Les richesses spécifiques moyennes des trois groupes biologiques sont présentées selon la localisation et la saison en Figure 184. On remarque une variation saisonnière, avec l'apparition du groupe des céphalopodes en Automne sur les deux zones considérées. Pour les deux autres groupes, les richesses moyennes calculées sont comparables suivant les saisons et les aires d'études.

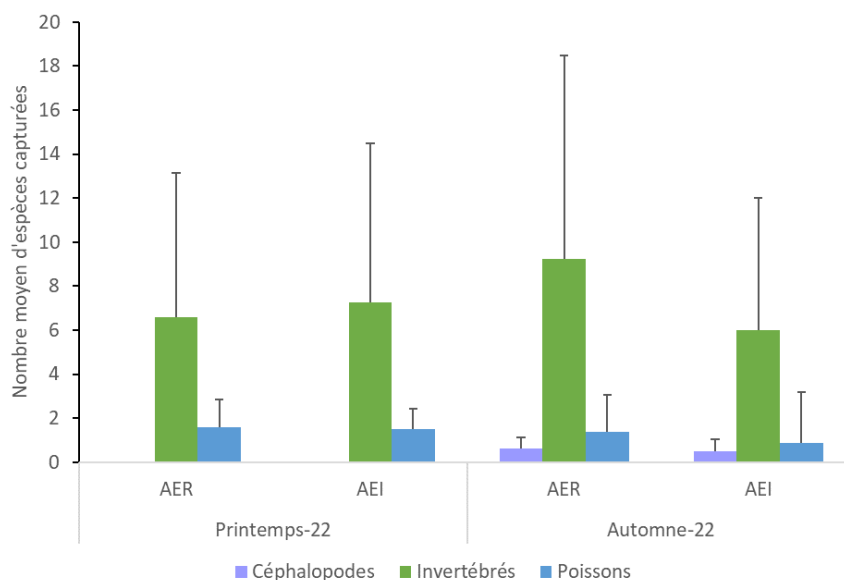


Figure 184 : Richesse spécifique moyenne des trois grands groupes biologiques, aux stations extra et intra fuseau ainsi que pour l'ensemble de la zone d'étude aux différentes saisons.

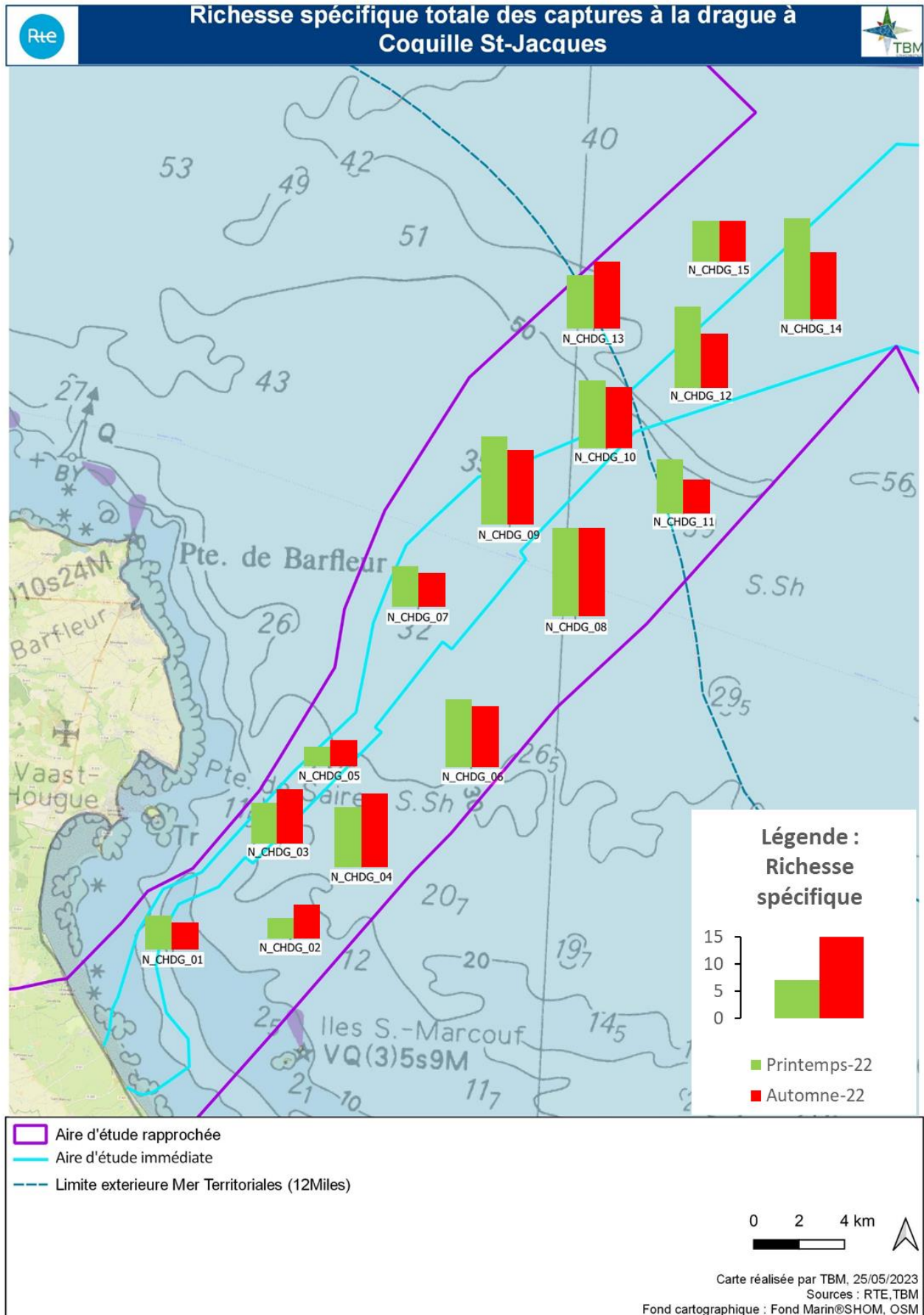


Figure 185 : Représentation spatiale de la richesse spécifique totale aux stations, selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée à la drague à coquille St-Jacques.

5.5.3.2.2 Recensement et fréquence d'occurrence

Pour l'ensemble des espèces rencontrées, le calcul des fréquences d'occurrence pour les trois saisons et sur l'ensemble de l'année est donné dans le Tableau 50.

Tableau 50: Fréquence d'occurrence des espèces rencontrées aux stations sur les trois campagnes d'échantillonnages (Printemps, Automne 22, Hiver 23), ainsi que sur l'ensemble des campagnes confondues (Année totale). Cette fréquence représente le pourcentage des stations où l'espèce est rencontrée.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Printemps-22	Automne-22	Année-22
Coquille Saint-Jacques	<i>Pecten maximus</i>	93	100	97
Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	93	100	97
Ophiure spp.	<i>Ophiothrix fragilis</i>	53	27	40
Crabe porcelaine à longues pinces	<i>Pisidia longicornis</i>	60	13	37
Pétoncle blanc	<i>Aequipecten opercularis</i>	33	33	33
Macropode rostré	<i>Macropodia rostrata</i>	40	27	33
Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>	0	60	30
Etoile de mer commune	<i>Asterias rubens</i>	27	20	23
Etoile patte-d'oie	<i>Anseropoda placenta</i>	27	20	23
Oursin vert	<i>Psammechinus miliaris</i>	33	13	23
Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>	33	13	23
Buccin commun	<i>Buccinum undatum</i>	33	7	20
Plie	<i>Pleuronectes platessa</i>	20	20	20
Pétoncle noir	<i>Mimachlamys varia</i>	33	0	17
Hydrozoa	<i>Nemertesia antennina</i>	0	33	17
Bernard l'ermite	<i>Pagurus prideaux</i>	0	33	17
Bryozoaire spp.	<i>Bryozoaire spp.</i>	0	27	13
Palourde rose	<i>Polititapes rhomboides</i>	13	13	13
Raie brunette	<i>Raja undulata</i>	20	7	13
Sole commune	<i>Solea solea</i>	20	7	13
Ascidiidae	<i>Ascidia</i>	0	20	10
Tourteau	<i>Cancer pagurus</i>	7	13	10
Clione jaune	<i>Cliona celata</i>	0	20	10
Galathée bicolore	<i>Galathea strigosa</i>	20	0	10
Etoile cuir	<i>Henricia oculata</i>	7	13	10
Crabe-araignée scorpion	<i>Inachus dorsettensis</i>	13	7	10
Ascidiacea	<i>Pyuridae</i>	0	20	10
Barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>	13	7	10
Crépidule	<i>Crepidula fornicata</i>	0	13	7
Eurynome	<i>Eurynome aspera</i>	13	0	7
Amande de mer	<i>Glycymeris glycymeris</i>	13	0	7
Homard européen	<i>Homarus gammarus</i>	7	7	7
Huître plate	<i>Ostrea edulis</i>	0	13	7
Pilumne hirsute	<i>Pilumnus hirtellus</i>	0	13	7
Xanthe poilu	<i>Xantho pilipes</i>	7	7	7
Callionyme lyre	<i>Callionymus lyra</i>	13	0	7
Baudroie commune	<i>Lophius piscatorius</i>	7	7	7
Raie lisse	<i>Raja brachyura</i>	7	7	7

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Printemps-22	Automne-22	Année-22
Anémone spp.	<i>Actinia spp.</i>	0	7	3
Anémone spp.	<i>Actiniidae</i>	0	7	3
Grand crabe circulaire	<i>Atelecyclus undecimdentatus</i>	7	0	3
Crachat d'amiral	<i>Crossaster papposus</i>	7	0	3
Crabe-lyre du Canada	<i>Hyas coarctatus</i>	7	0	3
Hydrozoa	<i>Hydrallmania falcata</i>	0	7	3
Huître creuse	<i>Magallana gigas</i>	7	0	3
Cormaillet	<i>Ocenebra erinacea</i>	0	7	3
Ophiure spp.	<i>Ophiura albida</i>	7	0	3
Polychète spp.	<i>Pelogenia arenosa</i>	7	0	3
Polychète spp.	<i>Phyllodoce sp.</i>	7	0	3
Hydrozoa	<i>Plumularia setacea</i>	7	0	3
Sabelle	<i>Sabella pavonina</i>	7	0	3
Anémone spp.	<i>Urticina felina</i>	7	0	3
Hippocampe à museau court	<i>Hippocampus hippocampus</i>	0	7	3
Lançon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	0	7	3
Raie mée	<i>Raja microocellata</i>	0	7	3
Turbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	7	0	3
Petite roussette	<i>Scyliorhinus canicula</i>	7	0	3
Griset	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	7	0	3

Sur l'année, deux espèces sont constamment échantillonnées par le métier de la drague à coquille : la coquille st Jacques et l'araignée de mer. Aucune espèce ne ressort comme étant commune annuellement, elles sont toutes considérées comme occasionnelles dans la zone, c'est-à-dire capturées sur moins de 50 % des stations (Tableaux 51).

La plupart de ces espèces sont des invertébrés benthiques bien que l'on note la présence d'espèces de poissons plats : *Pleuronectes platessa*, *Raja clavata*, *Raja undulata*, *Solea solea* et *Sepia officinalis*, faisant l'objet de pêche ciblée en baie de Seine. La raie brunette (*Raja undulata*) n'est remarquable qu'au printemps. Cette espèce est considérée comme en danger d'extinction dans le monde et quasi menacée au sein des eaux européennes. L'autre espèce de raie présente occasionnellement au sein de cette étude, la raie bouclée (*Raja clavata*). Elle est considérée comme stabilisée en Europe bien que quasi-menacée, elle est ici rencontrée à toutes les saisons.

Tableaux 51 : Nombre d'espèce échantillonnées sur moins de 10% des stations (rare), entre 10 et 50% des stations (occasionnelle), entre 50 et 80% des stations (commune) et sur plus de 80% (constante) des stations, ce pour les différentes saisons et sur toutes les années confondues.

Nombre d'espèces	Printemps-22	Automne-22	Ensemble des campagnes
Espèce constante $C \geq 80\%$	2	2	2
Espèce commune, $50 \leq C < 80\%$	2	1	0
Espèce occasionnelle, $10 \leq C < 50\%$	18	21	26
Espèce rare, $0 < C < 10\%$	19	16	30
Total	41	40	58



Figure 186 : Captures de coquilles Saint Jacques et d'araignées à la drague

5.5.3.2.3 Captures par unités d'effort

Dans cette partie, seule l'espèce ciblée par l'engin utilisé sera discutée : la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*.

Nous choisirons de discuter les CPUE en kg/heure. Il est à noter que les variations sont comparables suivant si on parle de tonnage ou d'effectifs. Rapporter les prises à l'heure de aura tendance à augmenter les prises effectives alors qu'exprimer la CPUE en kg/hectare aura tendance à diminuer les prises effectives.

La Figure 187 présente le tonnage de coquille St-Jacques aux stations pour les deux campagnes: automne et printemps. Les captures varient entre 0 kg/heure (station 13 au printemps) à 210 kg/heure station 14 en automne. Les prises de coquilles semblent saisonnièrement plus variables et basses aux stations dans l'aire d'étude immédiate. Trois stations montrent tout de même des prises importantes dans l'AEI : station 05 (printemps), 12 (deux saisons), et 14 (deux saisons), ces trois stations ne suffisent pas à remonter la moyenne qui est de 48 kg/heure \pm 61kg pour la zone AEI.

Les stations de référence dans l'aire d'étude rapprochée forment un groupement homogène de stations aux fortes prises de coquilles avec une moyenne de 66 kg/heure \pm 33kg. On notera que deux stations présentent des valeurs analogues au printemps et en automne : la station 02, très côtière, et la station 11, plus au large. La Figure 189 représente les captures de coquilles selon la saison en CPUE kg/h et la station.

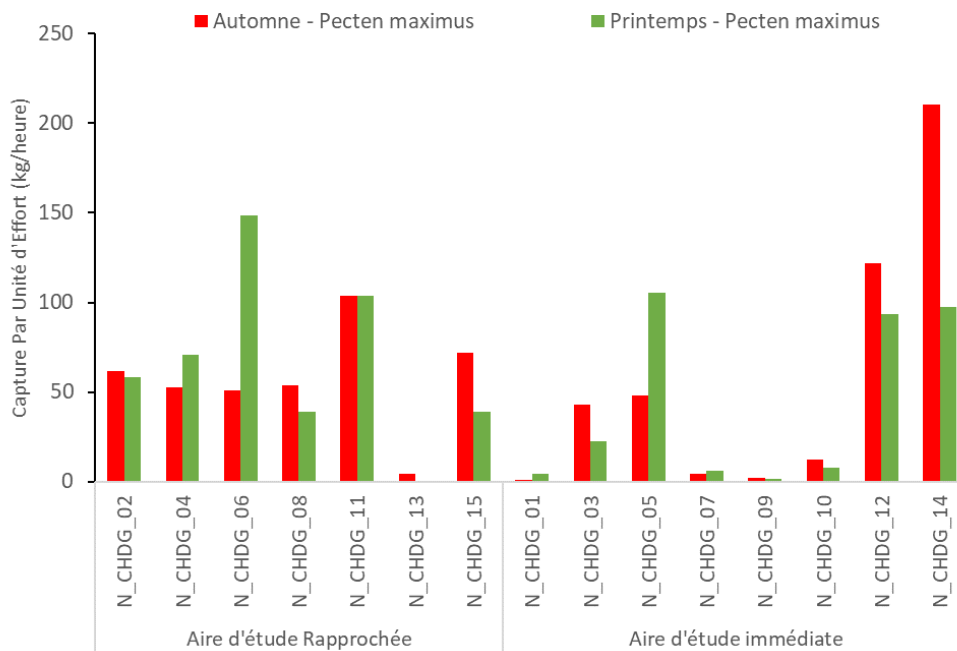


Figure 187: Capture Par Unité d'Effort totale (CPUE) en kg/heure, des coquilles St-Jacques (Pecten maximus), aux stations, selon la saison et la localisation.

5.5.3.2.4 Classes de tailles des coquilles Saint-Jacques

Les tailles des coquilles St-Jacques recensées varient entre 60 et 135mm. Les tailles des coquilles sont relativement homogènes selon la saison et la localisation. Pour l'ensemble de la zone étudiée la moyenne des tailles varie entre 103 ± 15 mm et 106 ± 8 mm.

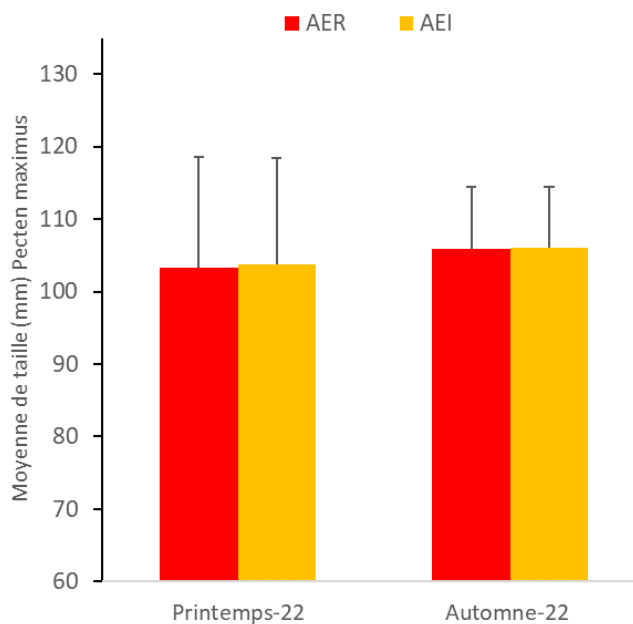


Figure 188 : Moyenne de taille des coquilles St-Jacques selon la saison et la localisation.

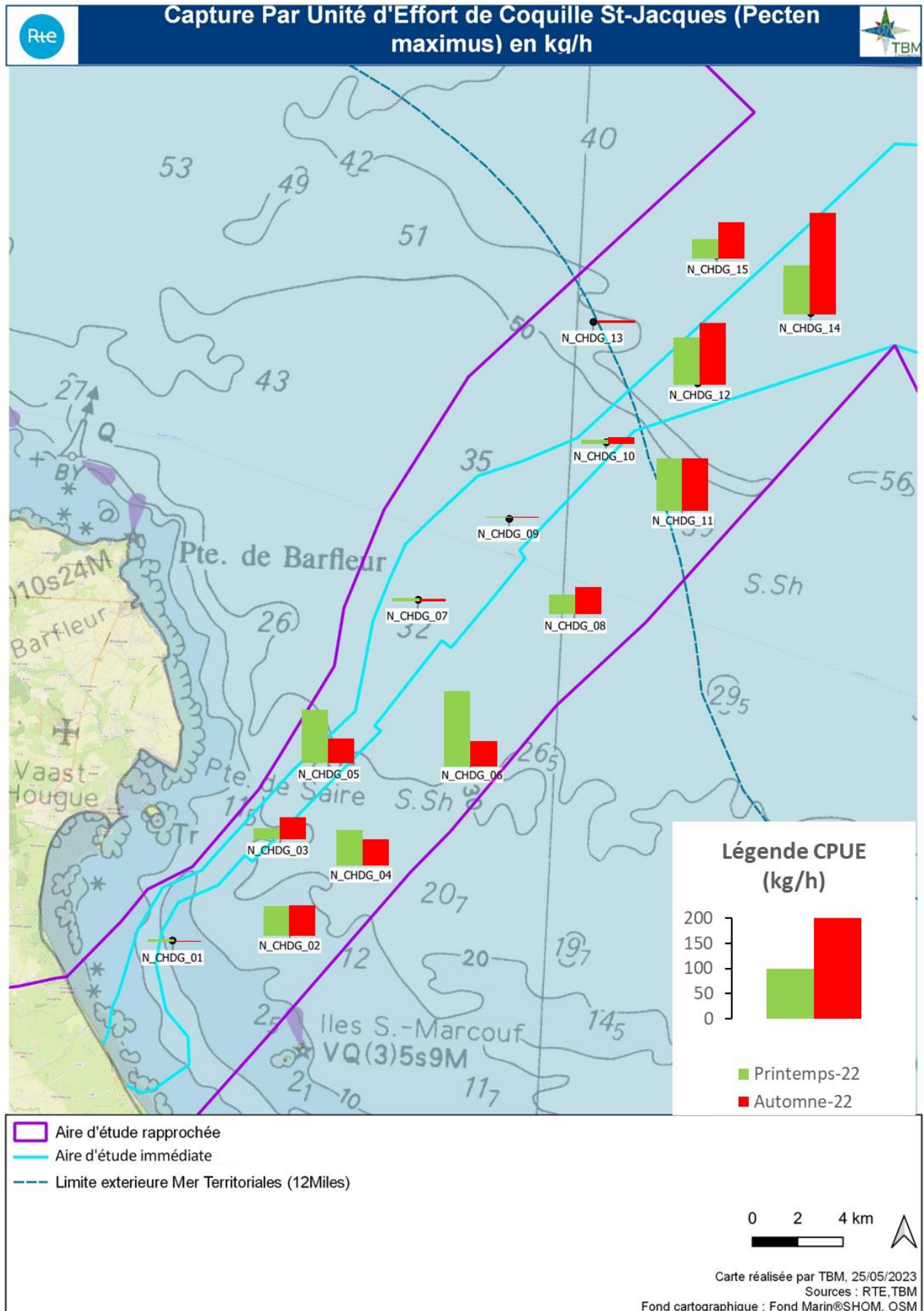


Figure 189 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en kg/h, des coquilles St-Jacques, aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée à la drague à coquille.

5.5.3.2.5 Synthèse

58 espèces dont 43 espèces d'invertébrés ont été recensés durant les deux campagnes de l'année 2022. La richesse spécifique est plus importante à la côte avec peu de variations saisonnières. En automne la zone semble accueillir des juvéniles de céphalopodes dont la présence n'a pas été détectée au printemps. En termes de fréquence aux stations, deux espèces sont constantes annuellement : la coquille St Jacques et l'araignée de mer. En termes de tonnage de coquille St Jacques, les densités sont plus faibles au centre de l'aire d'étude immédiate et à la côte. Les plus fortes densités ont été mesurées au large en automne ou à la côte au printemps. La taille des individus varie de 60 mm à 135 mm, avec une majorité d'individus supérieure à 100 mm.

5.5.3.3 Campagne de pêche au casier à bulots

5.5.3.3.1 Richesse spécifique

Deux campagnes de pêche au casier à bulot (*Buccin* commun ou *Buccinum undatum*) ont été réalisées à un an d'intervalle : juin 2022 vs juin 2023. Ces campagnes ont permis d'échantillonner un total de 24 espèces, principalement des invertébrés benthiques. Par station le nombre moyen d'espèces capturées est de trois pour les deux saisons.

Au total, la campagne d'été 2022 a recensé 17 espèces et celle de 2023, 18. Il y a très peu de variabilité saisonnière en termes de richesse spécifique associée à ce métier.

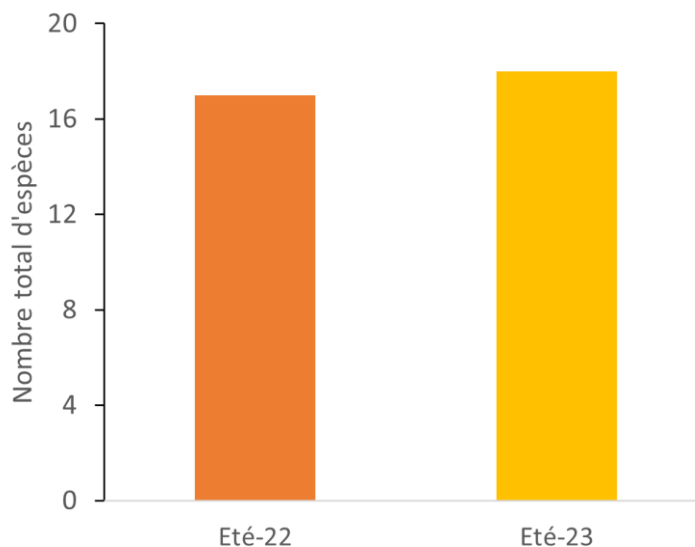


Figure 190 : Richesse spécifique total des campagnes d'échantillonnages au casier à bulots.

La richesse spécifique par station est présentée en Figure 191. Les stations 13 et 5 n'ont pu être échantillonnées en 2022 car les filières n'ont pas été retrouvées après 24 h de pose. Il est possible qu'elles aient été chalutées durant la nuit. Les richesses spécifiques aux stations varient de 2 à 8 espèces. Globalement les richesses spécifiques sont similaires au sein de la zone d'étude, la campagne de 2022 montre des diversités plus fortes à la côte et celle de 2023 plus au large (Figure 191).

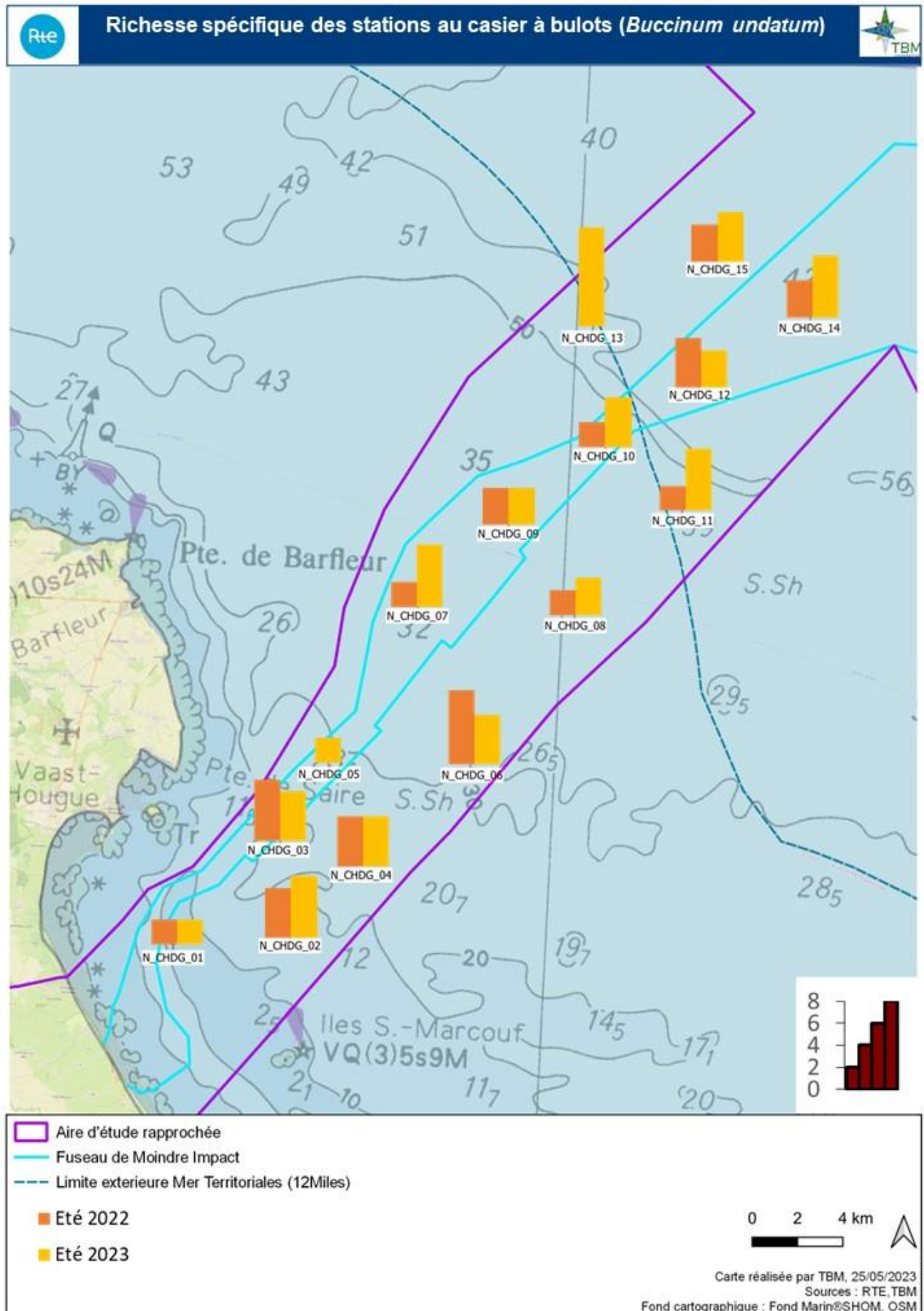


Figure 191 : Représentation spatiale de la richesse spécifique aux stations selon la saison d'échantillonnage au casier à bulots.

5.5.3.3.2 Recensement et fréquence d'occurrence

Parmi les espèces capturées, le Buccin commun a été capturé sur 92 % des stations en été 2022 et 93% en été 2023 (Tableau 52). La Nasse réticulée (*Tritia reticulata*) est échantillonnée sur 38 à 40 % des stations. Une variation saisonnière de fréquence d'occurrence aux stations est visible avec une alternance de Cormaillet communément présent aux stations en 2022 (54 %) et de l'Etrille lisse (*Liocarcinus vernalis*), fréquente en 2023 (53 %) (Tableau 52).

Tableau 52 : Fréquence d'occurrence des espèces aux stations échantillonnées au casier à bulots.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Eté-22	Eté-23	Total toutes saisons
Buccin commun	<i>Buccinum undatum</i>	92	93	93
Nasse réticulée	<i>Tritia reticulata</i>	38	40	39
Etrille lisse	<i>Liocarcinus vernalis</i>	8	53	32
Cormaillet	<i>Ocenebra erinacea</i>	54	7	29
Oursin vert	<i>Psammechinus miliaris</i>	15	40	29
Etoile de mer commune	<i>Asterias rubens</i>	0	27	14
Ophiure spp.	<i>Ophiothrix fragilis</i>	8	20	14
Calliostome	<i>Calliostoma zizyphinum</i>	8	13	11
Araignée des anémones	<i>Inachus phalangium</i>	0	20	11
Etrille à pattes bleues	<i>Liocarcinus depurator</i>	0	20	11
Macropode rostré	<i>Macropodia rostrata</i>	8	13	11
Gobie de steven	<i>Gobius gasteveni</i>	0	13	7
Crabe lyre du canada	<i>Hyas coarctatus</i>	0	13	7
Crabe-araignée scorpion	<i>Inachus dorsettensis</i>	8	7	7
Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	8	7	7
Bernard l'ermite	<i>Pagurus bernhardus</i>	15	0	7
Pagurus cuanensis	<i>Pagurus cuanensis</i>	15	0	7
Crabe porcelaine à longues pinces	<i>Pisidia longicornis</i>	8	7	7
Isopode spp.	<i>Conilera cylindracea</i>	8	0	4
Ebalie bosselée	<i>Ebalia tuberosa</i>	0	7	4
Eurynome épineux	<i>Eurynome spinosa</i>	0	7	4
Galathea strigosa	<i>Galathea strigosa</i>	8	0	4
Etrille commune	<i>Necora puber</i>	8	0	4
Pourpre	<i>Nucella lapillus</i>	8	0	4

La majorité des espèces pêchées sont rares (Tableau 53), c'est-à-dire pêchées sur moins de 10 % des stations, ou occasionnelle (< 50 % des stations). Une seule espèce est constante annuellement et saisonnièrement : le Buccin commun (Tableau 53). Le casier à bulot affiche une forte sélectivité vis-à-vis de l'espèce ciblée : le Buccin commun (Figure 192).

Tableau 53: Seuil de classification de la constance d'une espèce en termes de capture par station.

Nombre d'espèces	Eté-22	Eté-23	Total toutes saisons
Espèce rare, $0 < C < 10 \%$	11	6	13
Espèce occasionnelle, $10 \leq C < 50\%$	4	10	10
Espèce commune, $50 \leq C < 80\%$	1	1	0
Espèce constante $C \geq 80\%$	1	1	1
Total	17	18	24



Figure 192 : Captures de bulots au casier.

5.5.3.3.3 Captures par unités d'effort

Dans cette partie, seule l'espèce ciblée par l'engin utilisé sera discutée : le buccin commun. La capture par unité d'effort varie entre 0 kg/jour (Station 01, été 2023) et 52 kg (Station 02, été 2023) (Figure 194). En moyenne 6 à 11 kg ont été capturés par station (Figure 193). Globalement, que les stations se situent dans l'aire d'étude immédiate (AEI) ou rapprochée (AER) les moyennes sont similaires sauf pour l'échantillonnage d'été 2023 où, en station 02 la capture atteint 52 kg/jour, cette forte valeur tire la moyenne des captures dans l'aire d'étude rapprochée à 11 kg/jour. Ce résultat est associé à un fort écart-type et ne permet pas de tirer de conclusion.

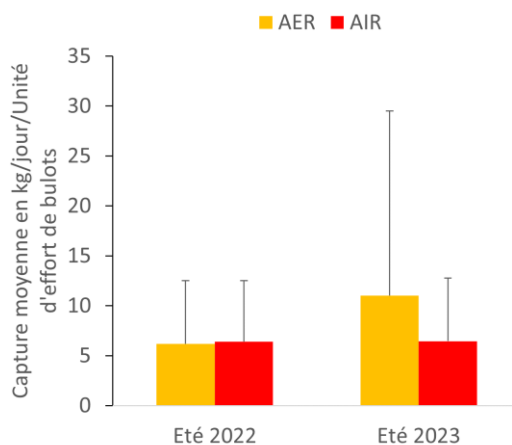


Figure 193 : Moyenne du tonnage de bulot capturé par stations dans l'aire d'étude immédiate (AEI) ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée (AER) CPUE/kg/jour.

Deux catégories de stations ressortent de l'analyse : les stations où le tonnage de bulot est supérieur à la valeur médiane des moyennes par station, ≥ 8 kg, ce sont les stations 02, 03, 04, 10, 11, 12, 14 et 15, cette catégorie est majoritaire, et celles où le tonnage de bulot est inférieur à la valeur médiane de la moyenne (≤ 8 kg) : station 01, 05, 06, 07, 08, 09 et 13 (Figure 194).

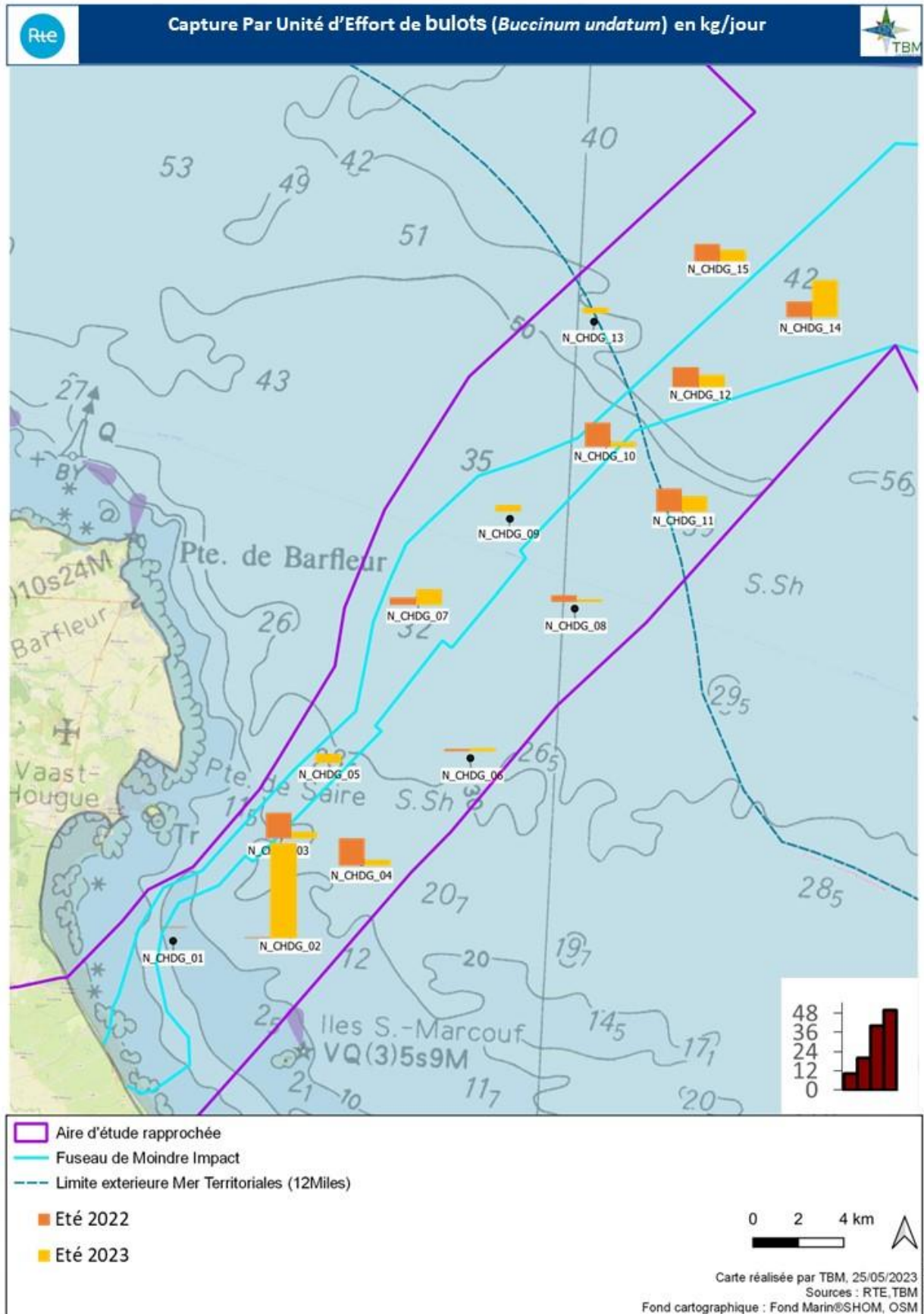


Figure 194 : Représentation spatiale des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en kg/jour, des bulots, aux stations selon la saison et pour l'ensemble de la zone étudiée aux casiers à bulots.

5.5.3.3.4 Caractéristiques des bulots capturés

La Figure 195 présente la structure en taille des bulots capturés sur l'ensemble des stations. La taille des bulots capturés se situe entre 18 mm et 90 mm de hauteur. Il n'apparaît pas de différence significative entre la structure en taille des bulots au sein de l'aire d'étude immédiate (AEI) et dans l'aire d'étude rapprochée (AER).

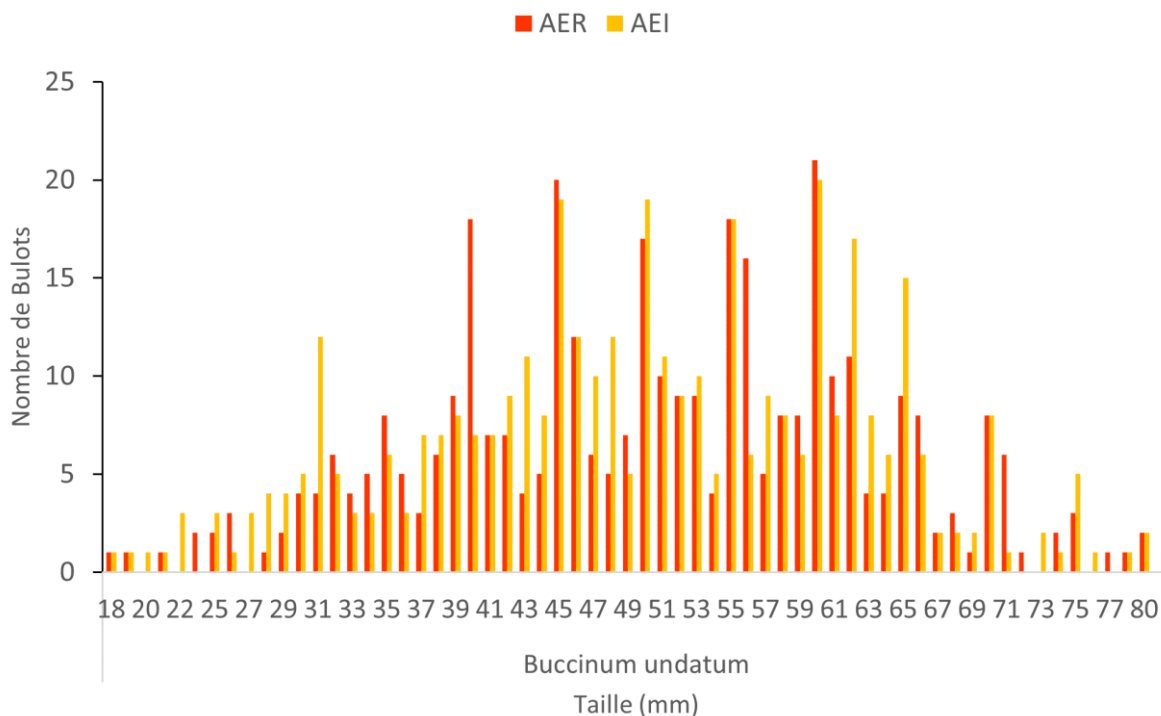


Figure 195 : Structure en taille des bulots capturés sur l'ensemble de la zone étudiée, en nombre de bulot/taille en mm.

Sur l'ensemble de la zone étudiée, le pourcentage de bulot de taille non commercialisable (< 45mm) est égal à 56%, celui de bulot de taille supérieure à 45 mm est égal à 43%. Ces pourcentages ne varient entre les stations situées dans l'aire d'étude immédiate (AEI) et rapprochée (AER).

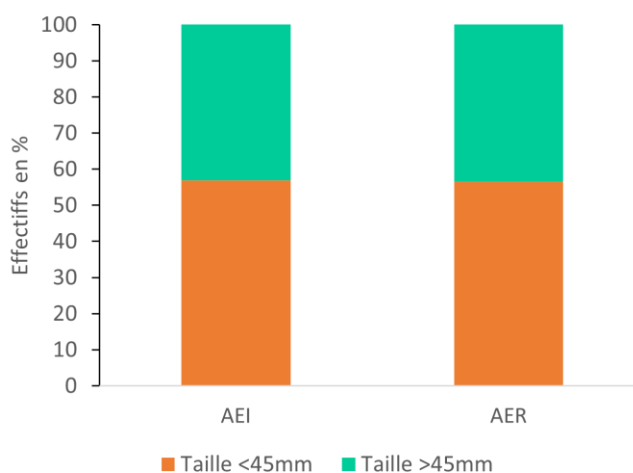


Figure 196 : Pourcentage de bulot de taille <45mm ou >45mm, aux stations dans l'aire d'étude immédiate (AEI) et dans l'aire d'étude rapprochée.

5.5.3.3.5 Synthèse

Un total de 24 espèces a été recensé. Seul le bulot est considéré comme constant sur la zone étudiée. Le tonnage de bulot varie de 0 kg/jour (station 01, été 2023) à 52 kg (station 02, été 2023). La zone semble décomposée en deux types de stations celles pour lesquelles les tonnages de buccin commun pêché sont majoritaire et ≥ 8 kg (station 02, 03, 04, 10, 11, 12, 14 et 15) et les stations où les prises sont faibles et ≤ 8 kg (station 01, 05, 06, 07,08, 09 et 13). En été, la part de bulot commercialisable c'est-à-dire dont la taille est supérieure à 45 mm est minoritaire sur l'ensemble de la zone (43 % des bulots capturées).

5.5.3.4 Approche mono-spécifique

Dans cette partie, nous nous intéresserons à la structure de tailles d'espèces à enjeux et dominant le peuplement dans la zone étudiée.

Nous rappelons que le Tableau 45 présente les espèces dominant la capture au chalut canadien. Les métiers de la drague à coquille (Tableau 49) et du casier à bulot (Tableau 52) ont principalement permis de capturer des espèces benthiques et à quelques occasions des poissons plats et rajidés. Ces engins sont apparus comme sélectifs concernant les espèces ciblées : la coquille St-Jacques et les bulots. Les caractéristiques du peuplement des espèces ciblées par ces métiers ont été présentés en Figure 188 et Figure 195.

En ce qui concerne les espèces menacées ou quasi-menacée, leurs caractéristiques sont présentées en Tableau 47. Le nombre d'individus étant souvent trop faible pour réaliser une étude de structure de taille, nous n'en discuterons pas dans cette partie. Il en va de même pour les espèces d'invertébrés pouvant rentrer dans la composition de peuplements déterminants pour les habitats ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique) le nombre d'individus ne permettant pas une étude plus approfondie, leurs caractéristiques sont présentées en Tableau 48.

Les espèces détaillées ci-dessous ont été sélectionnées suivant leur fréquence d'occurrence (constante ou dominante), l'importance de la zone en tant que zone fonctionnelle (nourricerie, frayère), l'état du stock ou leur statut sur la liste IUCN.

5.5.3.4.1 Griset (*Spondyllosoma cantharus*)

Le griset, ou dorade grise domine le peuplement d'hiver 2023 au chalut canadien en termes de nombre d'individus (Tableau 45). Elle est aussi considérée comme constamment présente aux stations étudiées toutes campagnes de chalut canadien confondues. Sa structure de taille est présentée en Figure 197. Cette figure comprend les données de drague à coquille, où deux juvéniles furent capturés au printemps, en station 03. Le griset est une espèce hermaphrodite progynique c'est-à-dire qu'à leur première maturité sexuelle à l'âge de 2 à 4 ans, correspondant à une taille de 20 cm, les individus sont femelles puis un changement de sexe se produit progressivement à l'âge de 7-8 ans (taille 35 cm). La baie de Seine est un habitat à enjeux pour le griset puisqu'elle constitue une zone de nourricerie et de frayère pour l'espèce (Mahé et al., 2006; Regimbart et al., 2018).

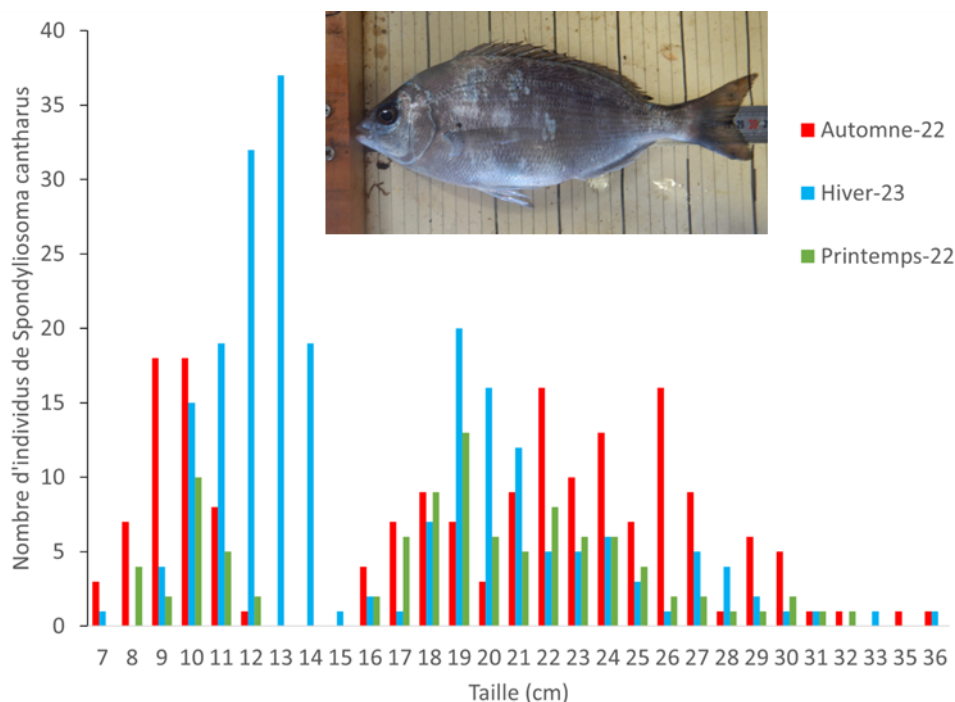


Figure 197 : Nombre d'individus par taille en cm de Griset, tous métiers confondus, présentés par saison.

La dorade grise pond dans les eaux côtières, jusqu'à leur maturité sexuelle, les juvéniles restent aux abords de leurs zones côtières de reproduction puis ils rejoignent les bancs d'adultes (Mahé et al., 2006). En Manche la période de ponte est principalement située au printemps avec des pontes tardives automnales en Baie de Seine. Globalement, dans la zone étudiée, les individus capturés sont soit juvéniles (<20 cm) soit des femelles reproductrices (entre 20 et 36 cm). Deux pics automnaux d'individus matures sont visibles en même temps qu'une cohorte de petits individus (<12 cm) correspondant au recrutement des pontes printanières probablement. En hiver, un pic de juvéniles au stade de pré-reproduction (entre 12 et 20 cm) est remarquable et compose largement les prélèvements.

Ainsi, les individus de griset au stade pré reproducteur (entre 12 et 20 cm) dominant le peuplement de poissons démersaux d'hiver de l'ensemble de la zone étudiée en termes de nombre d'individus. Les femelles matures, accompagnées d'une cohorte de juvéniles, dominent, les effectifs des poissons démersaux des stations extra-fuseau en automne sur 100 % des stations (Tableau 45 ; Figure 197). Il est ainsi mis en avant à la fois une fonction de frayère (zone de reproduction des jeunes femelles) et de nourricerie de la Baie de Seine (zone de regroupement d'alevins et de juvéniles pour s'y nourrir et poursuivre leur développement).

5.5.3.4.2 Petite roussette (*Scyliorhinus canicula*)

La petite roussette vit de la zone côtière jusqu'à 500 m de profondeur (Rodríguez-Cabello et al., 2004). C'est une espèce benthopélagique vivant sur des fonds graveleux et sableux (Carpentier et al., 2005). La petite roussette est très abondante en Manche-Est (Mahé et al., 2006). Sa période de reproduction s'étale de mai à septembre mais est mal connue. La taille de première maturité sexuelle est de 52 cm pour les mâles et 55 cm pour les femelles.

La Figure 198 présente la structure en taille des individus prélevés sur l'ensemble des métiers et stations, sachant que seul le métier chalut canadien a largement contribué à la capture de cette espèce : pas de prélèvements au casier à bulot et un prélèvement au printemps à la drague à coquille.

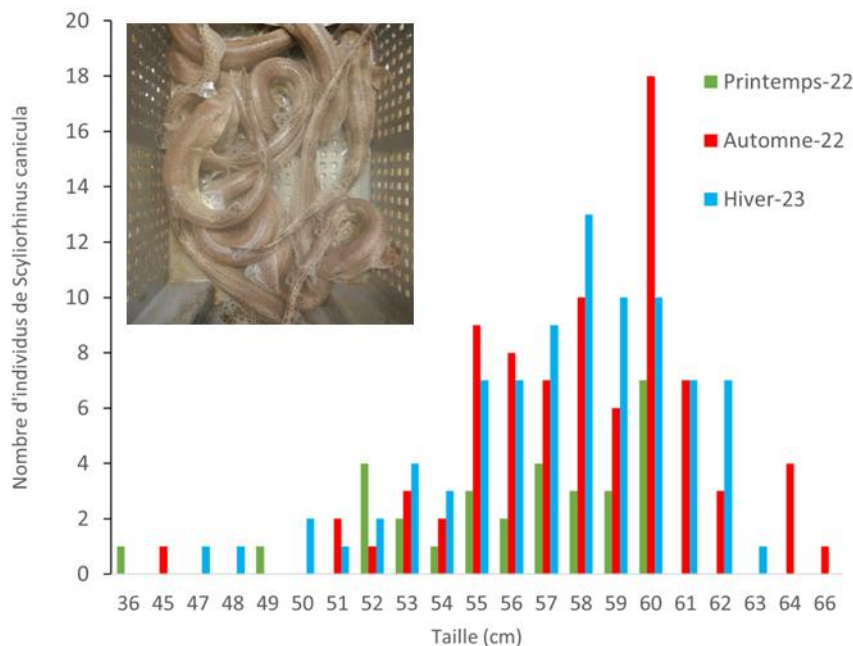


Figure 198 : Nombre d'individus par tailles en cm de petite roussette, tous métiers confondus, présentés par saison.

Sur la zone d'étude la capture de roussette est constante annuellement et domine en termes de tonnage les prélèvements de poissons démersaux au chalut canadien d'hiver. La liste rouge de l'IUCN la classe en préoccupation mineure. Le peuplement de la zone étudiée est largement composé d'individus mature et ce à toute saison avec une médiane de taille située en hiver à 58 cm et en automne à 60 cm.

5.5.3.4.3 Merlan (*Merlangius merlangus*)

Le merlan est une espèce benthodémersale vivant sur les fonds graveleux ou vaseux entre 10 et 200 m de profondeur, avec les concentrations les plus fortes entre 30 et 100 m (Mahé et al., 2006).

En Manche orientale, la reproduction a lieu entre janvier et juin. Les œufs sont pélagiques, et les larves et juvéniles sont associés avec les méduses avant de rejoindre le fond lorsqu'ils atteignent 5 à 10 cm. Les juvéniles se concentrent dans les eaux côtières (5 à 30 m de profondeur) et atteignent leur première maturité sexuelle à 19 cm.

La zone étudiée est identifiée comme étant une zone de nurserie pour cette espèce (Regimbart et al., 2018) et le merlan fait partie des espèces déterminantes des habitats ZNIEFF « Platier rocheux subtidal de Barfleur à st Vaast-la-Hougue » et « Baie de Seine » (Tableau 48). Au printemps de cet état initial, le merlan a été échantillonné au chalut canadien sur 100 % des stations (Tableau 42). La Figure 199 montre la structure en taille de cette espèce tous métiers confondus, néanmoins seul le chalut canadien a permis de le recenser.

Le peuplement est composé d'individus pré-reproducteurs (18 cm < T < 19 cm) à adulte (> 19 cm), présents presque essentiellement au printemps. Ainsi, la zone étudiée joue probablement le rôle de nurserie pour l'espèce et non de frayère.



Figure 199 : Nombre d'individus par taille en cm du Merlan, tous métiers confondus, présentés par saison

5.5.3.4.4 Grondin rouge (*Chelidonichthys cuculus*)

Le grondin rouge est un poisson démersal vivant sur des fonds compris entre 0 et 200 m de profondeur. Il est présent essentiellement sur des fonds composés de sables grossiers et de graviers du plateau continental situés de 30 à 60 m de fond en Manche orientale. Il se nourrit de petits crustacés voire de poisson. C'est un chasseur actif qui utilise ses trois rayons libres pour « marcher » sur les fonds et rechercher ses proies. Sa zone de frayère identifiée se situe au milieu de la Manche, au large des côtes du Cotentin. Le grondin atteint sa première maturité à 15 cm pour les femelles et 20 cm pour les mâles.

La Figure 200 présente la structure en taille des individus rencontrés essentiellement au chalut. Le grondin rouge est présent sur 93% des stations en automne (Tableau 42). Au vu de ce diagramme, la taille médiane des individus est de 27 cm. Les individus sont adultes (entre 15 et 38 cm) et se servent de la zone comme aire d'alimentation.

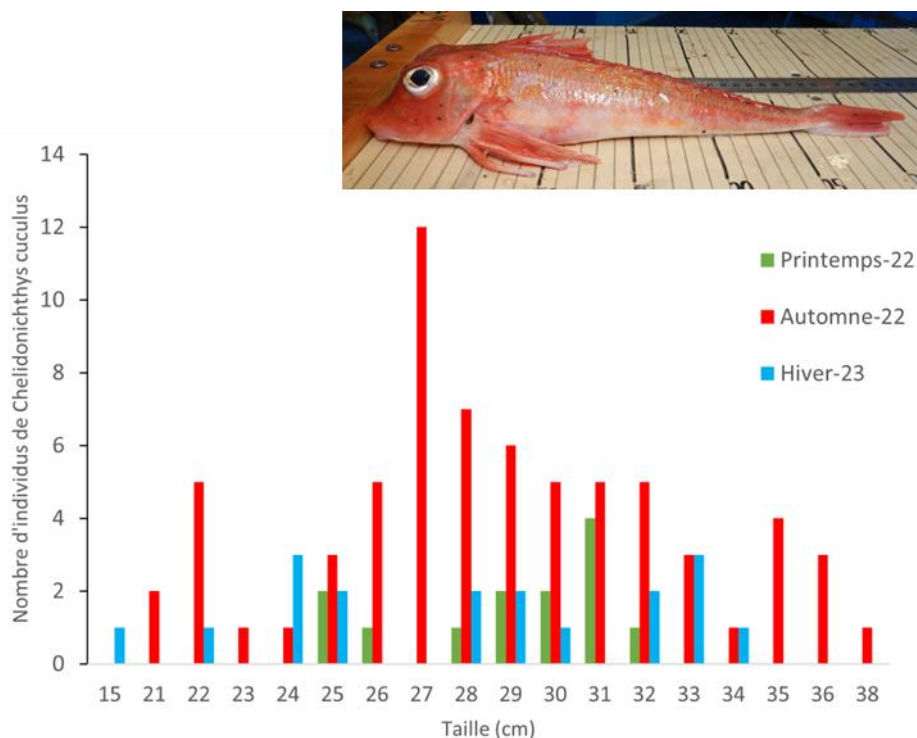


Figure 200 : Nombre d'individus par taille en cm de Grondin rouge, tous métiers confondus, présentées par saison.

5.5.3.4.5 Maquereau commun (*Scomber scombrus*)

Le maquereau est une espèce pélagique migratrice, capable de parcourir de très grandes distances. Il existe deux populations principales, celle de la mer du Nord qui hivernerait sur la fosse norvégienne et celle de la mer Celtique qui hivernerait au sud-est de la Cornouaille. La Baie de Seine constitue essentiellement une zone de nurserie des juvéniles. Les proies principales du maquereau semblent varier selon la saison mais le maquereau se nourrit essentiellement de zooplancton et de petits poissons tel le merlan bleu et aussi des céphalopodes. Le maquereau atteint sa première maturité entre 25 et 30 cm.

La Figure 201 présente la structure en taille de l'espèce retrouvée uniquement au chalut canadien. Le maquereau commun domine les captures d'individus pélagiques en termes de tonnage et d'effectifs, pour les stations extra-fuseau au printemps. En termes d'effectifs sur l'ensemble de la zone, il est devancé par le casseron à cette saison. Il conserve cependant sa première place en termes de tonnage capturé (Tableau 45). Les migrations des maquereaux sont principalement liées à la disponibilité de la ressource. Le casseron est un compétiteur du maquereau pour la ressource alimentaire puisqu'il se nourrit de copépodes, euphausiacés, mysidacés, crustacés et décapodes.

Au printemps, la structure de taille de l'espèce montre une forte augmentation du nombre d'individus entre 29 et 37,5 cm, ce qui correspond à des individus néo-mature. La présence de ces jeunes adultes et du casseron, compétiteur alimentaire du maquereau, suggère que la zone étudiée est une zone d'alimentation pour ces deux espèces.

En automne et en hiver, les individus sont principalement juvéniles.

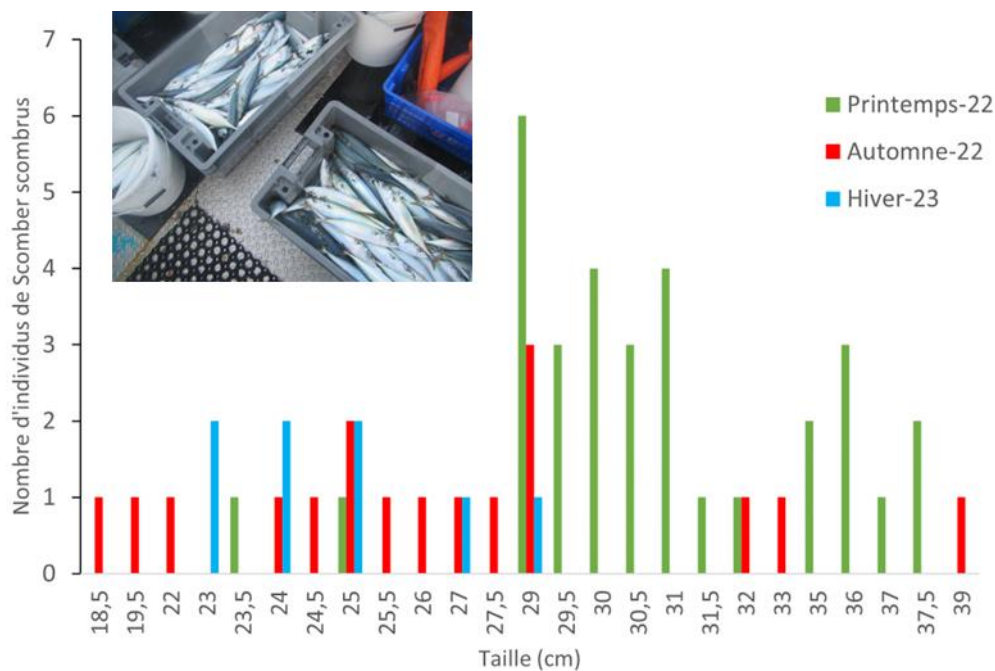


Figure 201 : Nombre d'individus par taille en cm de Maquereau commun, tous métiers confondus, présentés par saison.

5.5.3.4.6 Sardine commune (*Sardina pilchardus*)

La Sardine commune est un poisson pélagique grégaire. Elle vit en bancs qui peuvent être de très grande taille, localisés près de la surface pendant la nuit (entre 15 et 40 m de la surface) et plus profonds le jour (de 30 m à 50 m de la surface), depuis les eaux côtières jusqu'à 120 m de fond.

Elle domine largement les captures d'hiver au chalut canadien, que ce soit en termes d'effectifs, de tonnages, stations intra/extra etc. La baie de Seine est une zone potentielle de fraie pour cette espèce qui se reproduit toute l'année. Il a été montré que leur répartition et reproduction sont fortement conditionnées par la température de l'eau (Mahé et al., 2006). Les phénomènes d'upwelling ainsi qu'une température de l'eau entre 10 et 16°C stimulent leur reproduction.

La structure en taille des sardines capturées sur l'ensemble des campagnes réalisées, est présentée en Figure 202. On notera que seul le chalut canadien a permis de la recenser. La sardine atteint sa taille de maturité aux alentours de 19 cm, bien que sa croissance soit fonction de la nature de son alimentation. Ici les sardines qui dominent la zone étudiée en termes de tonnage et d'effectifs semblent être néo-matures.

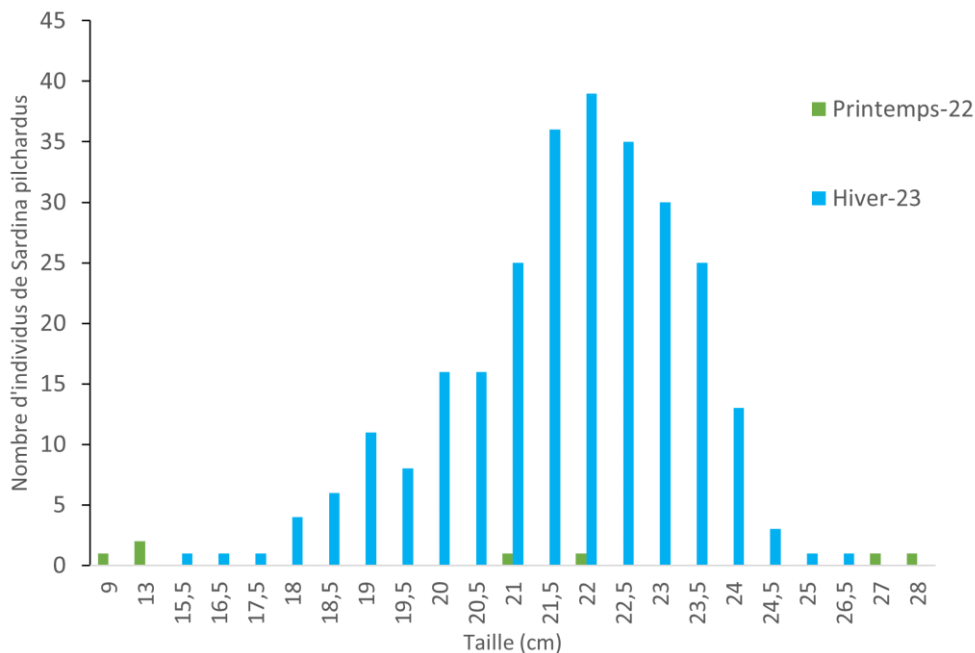


Figure 202: Nombre d'individus par taille en cm de *Sardina pilchardus*, tous métiers confondus, présentés par saison.

5.5.3.4.7 Tacaud commun (*Trisopterus luscus*)

Le Tacaud commun est un poisson démersal grégaire, c'est à dire qu'il vit près du fond en bancs. Il affectionne des eaux peu profondes, depuis la surface près des côtes jusqu'à des profondeurs de 100 à 150 m, rarement au-delà (Desmarchelier, 1986). Le tacaud se reproduit à partir d'un an (20 à 25 cm). La période de reproduction s'étale de février à juin en Manche-Est, ce qui correspondrait à nos échantillonnages d'hiver et de printemps. La Figure 203 présente la structure de taille du peuplement rencontré, tout métier confondu sachant qu'il n'a pu être recensé qu'au chalut canadien.

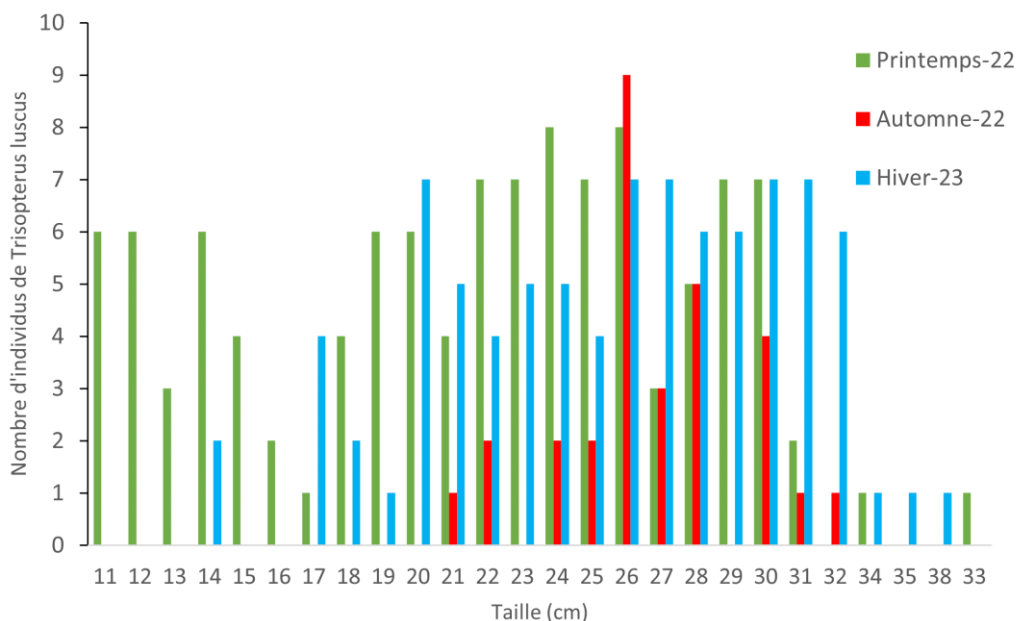


Figure 203: Nombre d'individus par taille en cm de Tacaud commun, tous métiers confondus, présentés par saison.

On remarque deux populations qui se chevauchent en termes de taille : printemps et hiver, avec au printemps des individus de plus petites tailles et des individus matures et en hiver principalement des reproducteurs. La Baie de Seine est une zone de nurserie déterminante pour cette espèce ainsi la présence de juvénile est attendue (Regimbart et al., 2018). La présence d'individus reproducteurs en forte quantité durant la période de reproduction laisse à penser à une utilisation de cette zone comme zone de fraie cette année-là.

5.5.3.4.8 Chinchard commun (*Trachurus trachurus*)

Le Chinchard commun vit entre deux eaux ou sur le fond. Il est présent sur le talus continental (Mahé et al., 2006). Il est capable d'effectuer des migrations comparables à celles du maquereau dont il est un compétiteur pour l'alimentation. Sa reproduction a lieu de mars à juillet en Manche-Est secteur sud mer du Nord. L'individu à la fin de la première année de sa vie mesure 10 cm et devient mature à partir de 3 ans pour le mâle (20-22 cm) et 4/5 ans pour la femelle (26-30 cm). Ifremer considère le stock de Chinchard comme reconstituable ou en reconstitution (Biseau, 2022).

La Figure 204 présente la structure en taille des individus pêchés, tous métiers confondus sachant que l'espèce n'a pas été recensée qu'au chalut canadien. Il est clair que la population dans la zone est saisonnière. Effectivement en Automne un bloom de petits individus d'à peine un an (autour de 10 cm) est visible. Leur population domine le peuplement pélagique d'automne sur l'ensemble des stations que ce soit en termes de tonnage ou d'effectifs.

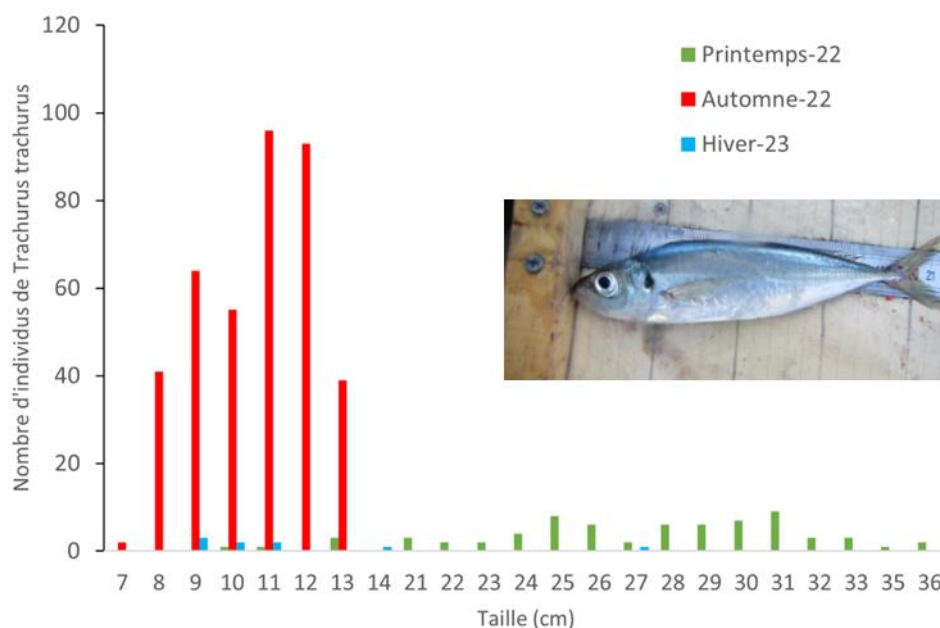


Figure 204 : Nombre d'individus par taille en cm de Chinchard commun, tous métiers confondus, présentés par saison.

5.5.3.4.9 Requin-hâ (*Galeorhinus galeus*)

Le requin-hâ est une espèce de chondrichthyens démerso-pélagique. Elle est capable de forte migration. Il se reproduit dans des eaux peu profondes de juin à septembre dans les mers nordiques, où il passe les premiers temps de sa vie avant de migrer vers des eaux plus profondes en hiver. Sa reproduction et sa croissance sont lentes, ce qui en fait une espèce particulièrement sensible aux perturbations anthropiques et environnementales. Longtemps ciblée pour ses ailerons et fréquemment en prise accidentelle des palangres flottantes, elle est considérée dans le monde comme étant en Danger Critique d'Extinction et en France

comme Vulnérable ("The IUCN Red List of Threatened Species," n.d.). Sa taille de première maturité est atteinte aux alentours de 120 à 185 cm.

La Figure 205 présente les tailles des individus rencontrés, tous métiers confondus bien qu'il n'ait été rencontré qu'à deux reprises et au chalut uniquement. Les caractéristiques des captures sont présentées dans le

Tableau 54 : Taille et poids des requins hâ capturés

Période	N° Station	Taille	Poids
Printemps	9	68 cm ; 70 cm	1 kg ; 1 kg
	14	85 cm	1,6 kg
Automne	8	75	2 kg

Ainsi 4 juvéniles ont été recensés aux stations étudiées, leurs poids conséquents comparés aux faibles prises au printemps fait qu'ils ont dominé le peuplement pélagique en termes de tonnage au printemps pour les stations dans l'aire d'étude immédiate.

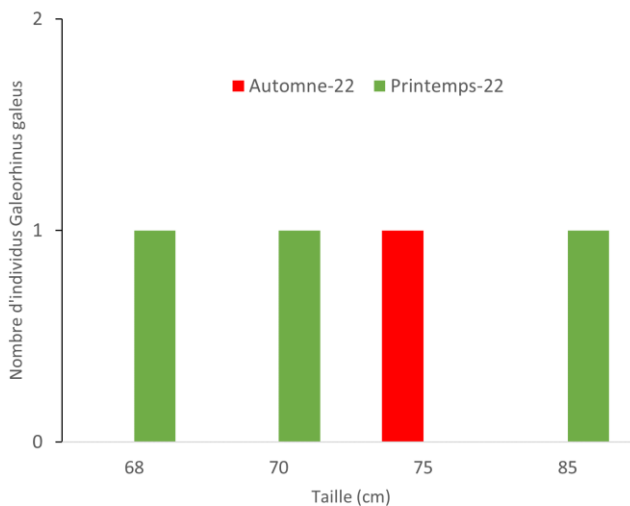


Figure 205 : Nombre d'individus par taille en cm de Requin-hâ, tous métiers confondus, présentés par saison.

5.5.3.4.10 Encornet commun (*Loligo vulgaris*)

L'encornet commun vit entre 0 et 500 m de profondeur avec de plus fortes abondances entre 20 et 50 m. L'encornet commun est une espèce pélagique grégaire. Le recrutement intervient en Manche à la fin de l'été début de l'automne. La durée de vie des individus est estimée à 10 à 16 mois et la ponte est la phase terminale de leur cycle de vie. Un individu prend 5 mm par mois, ainsi à 6 mois la taille de son manteau est déjà de 13 cm, à 12 mois, il en mesure plus de 30 cm.

La Figure 206 présente la structure en taille du peuplement d'encornet rencontré essentiellement au chalut canadien. On note une forte présence des encornets de petites tailles en automne, période de recrutement. Cette espèce est saisonnière puisque qu'en hiver, elle est moins abondante mais les individus sont plus gros et au printemps, quasi-absente. Les stocks d'encornets baissent en France de façon considérables d'après l'analyse des débarquements des pêcheries françaises l'encornet commun est considéré par IFREMER comme surpêché (Biseau, 2022). Les îles Saint Marcouf, constituent une zone de reproduction connue pour cette espèce, elles se situent non loin de la zone étudiée, ainsi les juvéniles rencontrés peuvent être issus des pontes estivales dans cette zone.

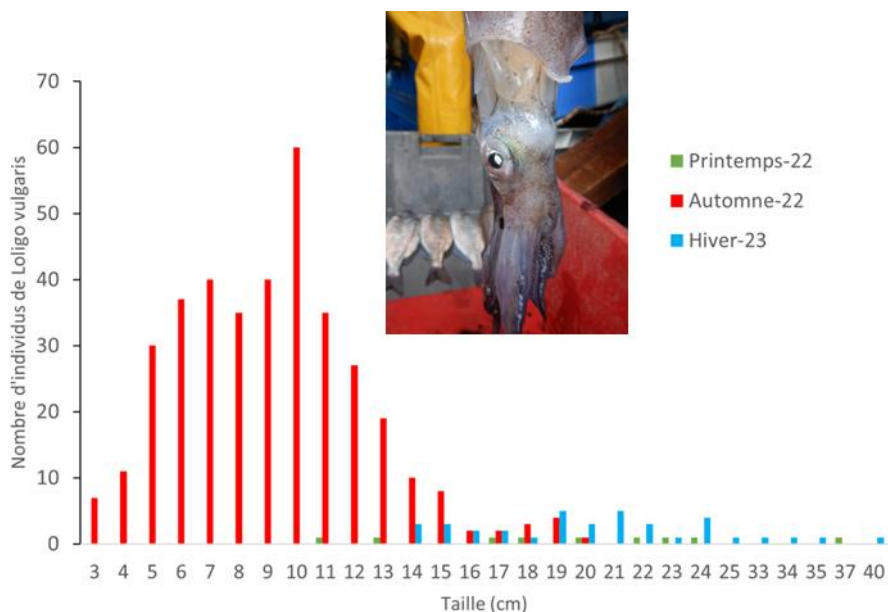


Figure 206 : Nombre d'individus par taille en cm d'Encornet commun, tous métiers confondus, présentés par saison.

5.5.3.4.11 Casseron (*Alloteuthis spp*)

Le Casseron est une espèce de petit céphalopode très commun dans les eaux côtières de la Manche et de la mer du Nord. Il joue un rôle important dans le réseau trophique puisqu'il est consommé par de nombreux poissons et céphalopodes. Ainsi, il est abondamment consommé par le grondin rouge, le griset, l'encornet commun, largement rencontrés dans la zone d'étude. Sa durée de vie est estimée de 9 à 11 mois et comme l'encornet commun, les adultes meurent après leur reproduction.

L'*alloteuthis spp.* est si présent, qu'il domine les peuplements pélagiques de printemps en termes d'effectif. Il a été pêché sur 80 à 100 % des stations et c'est donc une espèce constante dans la zone étudiée. La Figure 207 présente la structure de taille des captures. La distribution en taille est comparable d'une saison à l'autre avec un nombre de poissons 3-4 cm plus important en hiver.

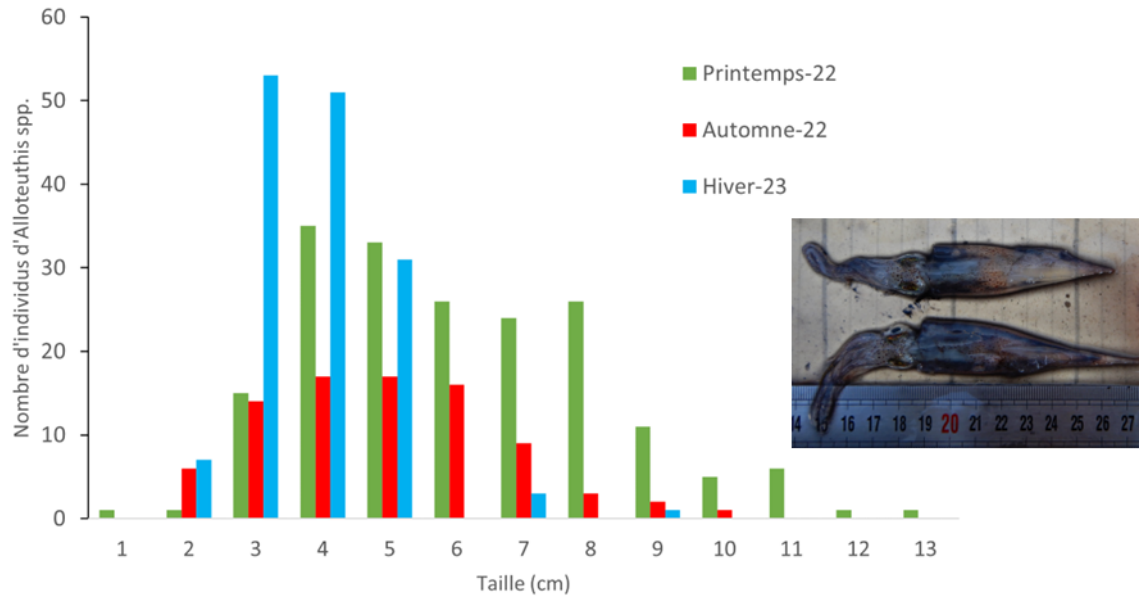


Figure 207 : Nombre d'individus par taille en cm d'*Alloteuthis* spp., tous métiers confondus, présentés par saison.

6 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

6.1 Qualité des sédiments

Les analyses réalisées en milieu intertidal mettent en évidence une dominance de sables fins avec des faibles teneurs en matières organiques (indice de pollution de 0 à 1). Les métaux et les contaminants organiques sont également présents à des concentrations faibles inférieures aux seuils définissant le bon état écologique.

En milieu subtidal, les sédiments varient de sables envasés à la côte aux galets cailloutis au large. Les stations à la côte présentent des teneurs en matières organiques plus élevées (indice de 3 à 4). mais aucun dépassement des seuils chimiques. Les stations de l'aire d'étude présentent de faible indice de pollution organique et un dépassement général de seuil pour l'arsenic qui varie 8,34 à 16,5 mg/kg MS (seuil à 8,2 mg/kg MS).

Les données issues de la littérature indiquaient la présence de sédiments de bonne qualité avec des dépassements possibles en plomb. Les résultats de notre étude confirment cette bonne qualité cependant ce sont plutôt des dépassements en arsenic qui ont été détectés en zone subtidale.

Du fait de leur qualité, les sédiments présentent un enjeu moyen.

Facteur	Enjeu
Qualité des sédiments	Moyen

6.2 Qualité de l'eau

Le suivi de la qualité de l'eau a été réalisé à l'aide d'une sonde multiparamètres pour les paramètres physico-chimiques et via des prélèvements d'eau pour le dosage des nutriments et la mesure de la qualité physico-chimique.

Températures :

Les températures sont homogènes entre les cinq stations du suivi et dans la colonne d'eau (subsurface vs. mi-hauteur vs. fond). Les températures maximales sont enregistrées en août et septembre et les minimales en février - mars. Un gradient côte large est défini sur les profils avec une station à la côte qui est la plus chaude de mai à septembre et la plus froide d'octobre à avril.

Salinités :

La salinité est minimale de mars à mai et maximale en été puis d'octobre à décembre. Les cinq stations sont globalement homogènes entre elles et dans la colonne d'eau. La station la plus à la côte présente des salinités légèrement plus faibles traduisant une influence des apports côtiers.

Oxygène

Les concentrations en oxygène mesurées au cours du suivi qualifient de très bonne qualité les stations du suivi pour ce paramètre. Les concentrations sont homogènes entre les stations et dans la colonne d'eau. Les concentrations les plus faibles sont observées entre juillet et novembre potentiellement en lien avec le développement d'un bloom de phytoplancton.

Turbidité

Que ce soit pour la turbidité ou pour les MES, les concentrations les plus fortes ont été mesurées en mars 2022 et février 2023, au fond. Ensuite, Les concentrations sont minimales entre avril et juillet, elles augmentent pour atteindre un deuxième pic en septembre - octobre. Les valeurs mesurées qualifient de très bonne qualité les masses d'eau suivi pour la majorité du suivi à l'exception des stations 5 et 23 en janvier et février 2023.

Chlorophylle

A titre indicatif, les concentrations en chlorophylle a qualifient les masses d'eaux étudiées de très bonne tout le long du suivi d'après les critères DCE.

Comme pour la turbidité et les MES, un gradient côte-large est observé ainsi qu'une saisonnalité avec un maximum de production en avril-mai plus intense au fond qu'en surface ainsi qu'en septembre - octobre.

pH

Les variations de pH dans la colonne d'eau et entre les stations sont faibles variant sur l'année entre 8 et 8,8. Les stations à la côte sont légèrement plus basiques.

Nutriments

Les tendances observées pour les nutriments azotés (ammonium, nitrates et nitrites) sont conformes au cycle saisonnier classique et sont liées principalement au cycle biologique du phytoplancton qui se développe au printemps consommant l'azote, qui s'épuise durant l'été et se recharge à l'automne avec l'apport des cours d'eau. Cette relation suggère un gradient côte large, cohérent avec ce qui est habituellement observé en Manche.

L'évaluation DCE calculée à titre indicatif à partir des concentrations en nitrites, nitrates et ammonium, qualifie les masses d'eau d'une qualité de bonne à très bonne pour les cinq stations sur l'ensemble du suivi avec quelques pics induisant une qualité moyenne.

Pour les phosphates, une saisonnalité comparable est obtenue avec des concentrations maximales en mars avril. Ces concentrations sont plus faibles que celles pouvant être mesurées à proximité immédiate des estuaires où les stocks de nutriments sont plus directement influencés par les apports en provenance des bassins versants. Sur le long terme, une évolution vers la diminution des concentrations en phosphates est observée en Manche et en Atlantique (ONML 2013⁵). La diminution du phosphore s'explique notamment par l'amélioration des performances des stations d'épuration, l'augmentation du nombre d'assainissements collectifs et une moindre utilisation des engrais phosphatés en agriculture.

L'ensemble des évolutions de ces différents nutriments sont conformes à la dynamique saisonnière du milieu pélagique (Figure 208).

⁵ ONML (2013). Pression des activités humaines terrestres et maritimes. Evolution des principaux Flux de Nutriments a la Mer. Rapp. tech. Observatoire

National de la Mer et du Littoral, 6 pp.

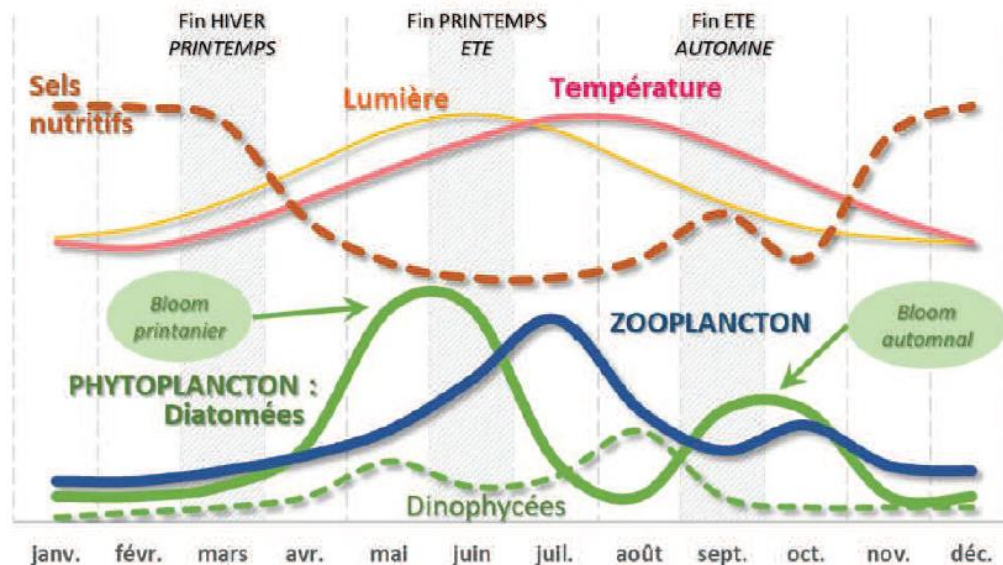


Figure 208 : Schéma synthétique de la dynamique saisonnière des différents domaines (température, sels nutritifs, phytoplancton et zooplancton) associés au milieu pélagique marin.

Métaux

Les concentrations en métaux sont globalement homogènes entre les stations et dans la colonne d'eau. Les concentrations les plus fortes sont globalement mesurées en mars, septembre et décembre 2022.

Toxicité

Les indicateurs de toxicité suivies (AOX, hydrocarbures, matières inhibitrices) sont faibles tout au long du suivi et sur toutes les stations.

L'état physico-chimiques des masses d'eau suivies dans le cadre de cette étude est globalement bon ce qui vient confirmer les données bibliographiques et notamment les résultats de l'évaluation des masses d'eau FRHC09 et FRHC10 publiés en 2019. Du fait de cette qualité, les masses d'eaux concernées présentent donc un enjeu moyen.

Facteur	Enjeu
Qualité de l'eau (état physico-chimique)	Moyen

6.3 Peuplements benthiques

Suivi des habitats en zone intertidale

Parmi les 24 stations des substrats meubles échantillonnées en zone intertidale, 42 espèces ont été identifiées sur un total de 879 individus. Les stations échantillonnées sont très hétérogènes tant en termes d'abondance que de diversité. Néanmoins, une distinction apparaît entre les stations du milieu/bas d'estran et celles du haut de l'estran. Cette dernière découle d'une plus forte diversité sur les stations du milieu/bas

d'estran qui est notamment reliée à la présence d'échinodermes. L'état de santé de l'ensemble des stations est classé en « bon » voire « très bon ».

Les habitats observés sur la plage de Saint Marcouf varient selon la localisation sur l'estran. Le haut de l'estran abrite l'habitat "Sables médiolittoraux mobiles à amphipodes et *Scolelepis* spp. (A5-2.1.2), le milieu les « Sables médiolittoraux dominés par *Nephtys cirrosa* » (A5-3.3) et le bas de l'estran les « Sables fins médiolittoraux (A5-3).

Suivi des habitats en zone subtidale

Pour l'ensemble des 26 stations des substrats meubles échantillonnées en zone subtidale, 341 espèces ont été identifiées sur un total de 23 082 individus. Les stations les plus au large sont relativement homogènes tant en termes d'abondance que de diversité. Cependant, les stations côtières sont moins diversifiées et associées à des abondances plus faibles. Ces dernières sont dominées par le bivalve *Varicorbula gibba* qui est un bio-indicateur de pollution et d'excès de matière organique. L'état de santé des stations côtières est qualifié de « moyen » (NPB02) à « très bon ». Les stations plus au large sont caractérisées par des fonds de graviers et de cailloutis stables associés à une épifaune sessile diversifiée et sont dominées par le polychète *Spirobranchus triqueter*. L'état de santé de l'ensemble des stations du large est classé en « bon » voire « très bon ». De la côte vers le large, cinq types d'habitats sont observés (typologie HabRef) :

- 1/ l'habitat B5-3 Sables fins envasés infralittoraux
- 2/ l'habitat B5-1 Sables fins à moyens mobiles infralittoraux
- 3/ l'habitat C5-1 Sables fins à moyens mobiles circalittoraux côtiers
- 4/ l'habitat C3-1.1.1 Cailloutis circalittoraux côtiers à épibiose sessile avec *Ophiotrix fragilis*.
- 5/ l'habitat C3-2 Sables grossiers et graviers circalittoraux côtiers

La cartographie des habitats réalisée dans cette étude confirme les données bibliographiques. Les habitats présents dans la partie maritime de l'aire d'étude rapprochée sont peu nombreux et largement représentés pour les habitats grossiers. Néanmoins, une homogénéité des fonds n'est pas associée à une faible biodiversité.

En effet, en termes d'espèces, la zone d'étude est une zone de transition abritant des espèces occidentales dites boréo-océaniques et des espèces orientales dites boréo-arctiques. Même si les secteurs de la Manche orientale dominés par des sédiments grossiers présentent un état de santé des communautés qui est jugé bon à très bon, les pressions anthropiques sont bien présentes dans la zone d'étude (pêche professionnelle, extraction de granulats, ouvrages côtiers, dragage, etc.) et en constante augmentation. C'est pourquoi les degrés de menace de la majeure partie des habitats sont considérés comme « vulnérable ». En termes d'enjeux, le travail effectué dans cette étude illustre un secteur assez homogène et riche du fait de la présence d'espèces endogées et épigées définissant un enjeu faible.

Une espèce à fort enjeux est également à signaler sur la zone d'étude et en particulier sur la partie Centrale du raccordement. Il s'agit du polychète *Sabellaria spinulosa* présent à de faibles densités. Ce niveau de présence traduit la présence de plaquages plutôt que de récifs ce qui aurait pu représenter un fort intérêt écologique et constituer un habitat particulier (Rolet and Desroy, 2012). En effet, les récifs peuvent représenter une source importante pour certaines espèces et sont globalement affectées par les perturbations physiques (apports sédimentaires, tempêtes). Ainsi un enjeu moyen est identifié pour cette espèce.

Facteurs	Enjeu
Habitats et peuplements benthiques	Négligeable à faible
Placages d'hermelles	Moyen

6.4 Ressources halieutiques et ichtyoplancton

Trois métiers ont permis de réaliser un état initial des peuplements halieutiques de la zone : la drague à coquille, le chalut canadien et le casier à bulot. Un total de 141 espèces a été échantillonné : 66 au chalut canadien, composées principalement de poissons, 58 à la drague à coquille composées principalement d'invertébrés et 17 espèces d'invertébrés benthiques au casier à bulot.

Aucune différence entre les stations dans l'aire d'étude immédiate ou en référence dans l'aire d'étude rapprochée ne peut être établie, que ce soit en termes de richesse spécifique, de tonnage ou d'effectifs. Les variations sont saisonnières ou suivent un gradient côte / large.

La zone étudiée affiche des Captures par Unité d'Effort de bulots et de coquilles St-Jacques potentiellement exploitables par des professionnels : 43 % des bulots récoltés sont de tailles commercialisables, avec 95 kg/jour de récoltés sur 13 stations en 2022 (deux n'ayant pas pu être réalisées du fait d'engins présents sur la zone) et 128 kg/jour en 2023 sur 15 stations. Ces captures se réalisent surtout sur les stations 02, 03, 04, 10, 11, 12, 14 et 15. Les prises de St-Jacques sont de 60 kg/heure. Les prises varient selon la saison avec une capture plus importante en automne (11/10/2022) qu'au printemps (29/03/2022), probablement due à l'ouverture la pêche à la coquille en Baie de Seine de mi-novembre à mi-mars. Ainsi la campagne de printemps a été réalisée sur un stock déjà exploité alors que celle d'automne a été sur un stock au repos. En termes de richesse spécifique, le suivi a permis de mettre en évidence l'apparition automnale de jeunes encornets commun dans la zone, probablement liée à la proximité de l'habitat ZNIEFF : îles Saint Marcouf, zone connue de reproduction de l'espèce.

Au chalut canadien, trois campagnes ont été réalisées : printemps, automne, hiver. Sur les 66 espèces capturées 41 sont démersales. Deux espèces sont considérées comme constantes au cours de l'année : le casseron et le grisnet. A l'échelle de la saison, ces deux espèces sont accompagnées des espèces suivantes :

- au printemps : le merlan ;
- en automne : la petite roussette, les petits tacauds, encornets commun, chinchards commun et les grondins rouges ;
- en hiver : le petit tacaud et l'encornet commun.

A ces espèces, il convient d'ajouter la sardine commune en hiver et le maquereau commun au printemps du fait des forts CPUE. Ces deux espèces sont des espèces pélagiques.

Ainsi, au vue des tailles capturées dans la zone, le rôle de zone de nourricerie annoncé dans la littérature est confirmé pour les espèces : grondins rouges, les merlans, grisnet, tacaud commun, maquereau commun, ainsi que le rôle de zone de frayère pour les sardines et grisnet. Le requin-hâ, qui est une espèce particulièrement menacée dans le monde, a été recensé dans la zone ainsi que la morue commune. Mais, à la vue du faible nombre d'individus rencontré, aucune conclusion ne peut en être tiré pour ces espèces.

Les données d'ichtyoplancton ont permis de mettre en évidence que la zone d'étude est également utilisée comme frayères pour de nombreuses espèces notamment entre mars et mai puis en février. La présence des espèces peut varier suivant le gradient côte-large avec des espèces frayant plutôt :

- A la côte : la fausse limande, la petite sole jaune, la petite vive, le barbu ou le chinchard ;
- Au large : la limande et la plie
- Sur l'ensemble du secteur : les dragonnets, le bar, la sardine, le spart.

L'ensemble de ces inventaires confirme les enjeux définis dans le cadre de l'étude bibliographique et nous permet de définir les espèces ciblées par les zones de frayères et de nurseries. Aucun spécimen d'amphihalin n'a été capturé dans les inventaires cependant ce ne sont pas les meilleurs techniques pour échantillonner ces espèces. Ainsi un enjeu moyen sera maintenu pour l'anguille, le saumon Atlantique, la grande alose, la truite de mer et les lamproies.

Facteurs (espèces ou groupes d'espèces)	Enjeu
Espèces utilisant la zone d'étude comme frayère : la fausse limande, la petite sole jaune, la petite vive, le barbue ou le chinchard, limande, la plie, les dragonnets, le bar, la sardine, le spart	Moyen
Espèces utilisant la zone d'étude comme nurserie : grondins rouges, les merlans, griset, tacaud commun, maquereau commun	Moyen
Espèces amphihalines : l'anguille, le saumon Atlantique, la grande alose, la truite de mer et les lamproies	Moyen

7 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.
- Alzieu, C. (coord), 1999. Dragages et environnement marin. Etat des connaissances, IFREMER, 223 pages.
- Alzieu, C. (coord.), 2003. Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion, IFREMER, 248p
- Amoureux Isabelle, Claisse Didier (2016). AQUAREF - Opérations d'échantillonnage en milieu marin dans le cadre des programmes de surveillance DCE (matrices : eau, sédiment et biote) - Recommandations techniques – Edition 2015. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00333/44380/>
- Baffreau, 2020. INPN, ZNIEFF Mer 25M000003 - Baie de Seine occidentale - Description [WWW Document]. URL <https://inpn.mnhn.fr/zone/zniefMer/25M000003.pdf> (accessed 5.17.23).
- Baffreau, A., 2020. INPN, ZNIEFF Mer 25M000002 - Moulières infralittorales de Réville et du Moulard - Description [WWW Document]. URL <https://inpn.mnhn.fr/zone/zniefMer/25M000002.pdf> (accessed 5.17.23).
- Bajjouk, T., 2009. Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux. Guide méthodologique. IFREMER.
- Bajjouk, T., Derrien-Courtel, S., Gentil, F., Hily, C., Grall, J., 2010. Typologie d'habitats marins benthiques : analyse de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne - Note de synthèse n° 2, Habitats du circalittoral. Projets REBENT-Bretagne et Natura 2000-Bretagne. RST/IFREMER/DYNECO/AG/11-03/TB
- Biseau, A., 2022. Diagnostic 2021 sur les ressources halieutiques débarquées par la pêche française (métropolitaine).
- Biton-Porsmoguer, S., 2022. Diet strategies of starry smooth-hound *Mustelus asterias* and tope shark *Galeorhinus galeus* (Carcharhiniformes: Triakidae) in the Eastern English Channel: implication for conservation. <https://doi.org/10.21411/CBM.A.8EF00B6F>
- Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 40, 1100–1114.
- Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27, 325–349.
- Carpentier, al., 2005. Atlas des Habitats des ressources marines de la Manche Orientale. Eastern Channel Habitat Atlas for Marine Resource Management (CHARM), Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale.
- Chauvaud, L., Patry, Y., Jolivet, A., Cam, E., Goff, C.L., Strand, Ø., Charrier, G., Thébault, J., Lazure, P., Gotthard, K., Clavier, J., 2012. Variation in Size and Growth of the Great Scallop *Pecten maximus* along a Latitudinal Gradient. *PLOS ONE* 7, e37717. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037717>
- Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18, 117–143.
- Clarke, K.R., Warwick, R., 2001. Change in marine communities. *Approach Stat. Anal. Interpret.*
- Desmarchelier, M., 1986. Contribution à l'étude de la biologie des populations de Tacauds *Trisopterus luscus* (L.1758) en Manche orientale et dans le sud de la Mer du Nord. Université des sciences et techniques de Lille.

- Duhart, F., 2019. Fruits de mer et invertébrés de rivière sur les tables du sud-ouest de la France (XVIe-XXIe s.): Seafood and Freshwater Invertebrates on the Tables of Southwest France (16th-21st Centuries). *Studium* 13–70. https://doi.org/10.26754/ojs_studium/stud.2019254266
- Ehrenbaum, E. 1905. Eier und Larven von Fischen. *Nordisches Plankton (Zool.)* 1(4): 1-19.
- Field, J. 1, Clarke, K., Warwick, R., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37–52.
- Gohin F. (2011). Atlas de la température, de la concentration en chlorophylle et de la turbidité de surface du plateau continental français et de ses abords de l'Ouest européen. Rapport interne DYNECO/PECLAGOS
- Grall, J., Glémarec, M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 44, 43–53.
- Grall, J., Coïc, N., 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. *Inst. Univ. Eur. Mer Univ. Bretagne Occident. Lab. Sci. L'Environnement Mar.* 7–86.
- Guillaumont, B., Bajjouk, T., Rollet, C., Hily, C., & Gentil, F. (2010). Typologie d'habitats marins benthiques. Analyse de l'existant et propositions pour la cartographie.
- Guillaumont, B., & Gauthier, E. (2005). Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos
- Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- Mahé, K., Delpech, J.P., Carpentier, A., 2006. Synthèse bibliographique.
- Mauffret Aourel, Chiffolleau Jean-Francois, Burgeot Thierry, Wessel Nathalie, Brun Melanie (2018). Evaluation du descripteur 8 « Contaminants dans le milieu » en France Métropolitaine. Rapport Scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00461/57294/>
- Michez, N., Aish, A., Hily, C., Sauriau, P.-G., Derrien-Courtel, S., de Casamajor, M.-N., Foveau, A., Ruellet, T., Lozach, S., Soulier, L., 2013. Typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de Mer du Nord et d'Atlantique : Version 1. Rapp. SPN 9.
- Michez N., Bajjouk T., Aish A., Andersen A. C., Ar Gall E., Baffreau A., Blanchet H., Chauvet P., Dauvin J.-C., De Casamajor M.-N., Derrien-Courtel S., Dubois S., Fabri M.-C., Houbin C., Le Gall L., Menot L., Rolet C., Sauriau P.-G., Thiebaut E., Tourolle J., Van den Beld I., 2015. Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique Version 2. Rapport SPN 2015 - 45, MNHN, Paris, 61 p.
- Michez, N., Thiébaut, É., Dubois, S., Le Gall, L., Dauvin, J.-C., Andersen, A., Baffreau, A., Bajjouk, T., Blanchet, H., Houbin, C., 2019. Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique VERSION 3.
- Munk P., and J.G. Nielsen. 2005. Eggs and Larvae of North Sea fishes. Biofolia Edition : Frederiksberg, Danemark, 215pp.
- Norme NF EN ISO 16665. 2014. Qualité de l'eau - Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles.
- Regimbart, R., Guitton, G., Le Pape, L.P., 2018. Zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française.
- 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.

- Rodríguez-Cabello, C., Sánchez, F., Fernández, A., Olaso, I., 2004. Is the lesser spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) population from the Cantabrian Sea a unique stock? *Fish. Res.* 69, 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.04.002>
- Russell F.S. 1976. *The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes*. Academic Press, London: 524pp.
- Sylvaine F., Lamort L., Mary C., Menet F., Ropert M. (2022). Qualité du milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2021. Départements de la Seine-Maritime, de l'Eure, du Calvados et de la Manche. ODE/LITTORAL/LERN/22-04. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00809/92074/>
- TBM environnement, 2021. Etude bibliographique environnementale – Projet de raccordement électrique du parc éolien en mer au large de la Normandie.
- The IUCN Red List of Threatened Species [WWW Document], n.d. . IUCN Red List Threat. Species. URL <https://www.iucnredlist.org/fr> (accessed 5.17.23).
- Trigui R.J. (2009) Influence des facteurs environnementaux et anthropiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. PhD thesis, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, 200 pp.
- Würz, F., Aquanautes, L., Breton, C.L., 2013. Requins, raies et chimères de France métropolitaine.

8 ANNEXES

8.1 Annexe 1 : Résultats des analyses d'eau

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Cirulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2018			mars-22													
						23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34	29,7	31,5	33,7	29	33,3	32,6	32,9	33,6	33,9	33,8	33,6	33,2	32,3	33,3
Matière en Suspension (MES)	mg/L				16	20	11	18	16	17	6,8	9,6	9,9	18	5,9	18	26	6,8	9,7
Turbidité (NTU)	NFU				3,33	4,72	1,47	3,28	2,33	0,66	1,18	3,24	0,81	1,35	1,59	5,07	1	1,79	0,84
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				0,76	<0,5	<0,5	0,64	0,97	0,84	1,3	1,7	0,73	<0,5	0,53	0,92	0,6	0,86	0,83
Azote global	mg/L				<0,5	<0,5	3,2	<0,5	0,66	<0,5	<0,5	<0,5	1,97	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,75	<0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ammonium	µmol/L				2,08	1,35	1,15	0,65	0,5	<0,5	1,01	3,87	1,65	1,44	2,23	2,01	2,01	8,24	2,3
Nitrates (en NO3)	µmol/L				21,3	12,6	157	9,31	46,4	11,3	17,3	23,3	141	7,82	33,2	9,24	6,7	196	6,83
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,19	0,18	0,14	0,16	0,39	0,24	0,27	0,27	0,21	0,23	0,23	0,23	0,22	0,29	0,24
Orthophosphates	µmol/L				0,57	0,4	0,68	0,31	0,39	0,27	0,46	0,32	0,43	0,39	0,36	0,35	0,27	0,29	0,27
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,022	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Indice nutriments					23,57	14,13	158,29	10,12	47,29	12,04	18,58	27,44	142,86	9,49	35,66	11,48	8,93	204,53	9,37
Indice nutriments (corrige à 33)					22,88	15,70	165,83	9,91	53,81	11,93	18,81	27,52	140,31	9,24	34,82	11,28	8,88	208,96	9,29
Calcium	mg/L				374	365	563	384	401	409	386	447	536	466	402	410	439	390	412
Sodium	mg/L				14700	14600	14500	14600	14700	14700	14800	14700	14600	15200	14600	14700	14500	14400	14500
Sulfates	mg/L				2680	2870	2540	2480	2530	2620	2810	2600	2550	2620	2470	2460	2560	2470	2430
Fluorures	mg/L				0,56	0,67	0,47	0,48	0,5	0,51	0,48	0,61	0,64	0,62	0,69	0,66	0,66	0,58	0,54
Chlorophylle a	µg/L																		
Phéopigments	µg/L																		
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				390	120	59	35	48	41	99	97	34	68	46	110	100	39	68
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			2,4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlore total	mg/L				0,04	<0,03	0,09	0,04	0,05	0,05	0,03	<0,03	<0,03	0,04	0,05	<0,03	<0,03	0,08	0,06
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			<60	<60	<60	<20	<20	<60	<20	<20	<10	<10	<60	<20	<20	<10	<10
Manganèse	µg/L				14	5,6	2,9	3,4	3,4	6,9	4,1	3,3	2,1	3	3,8	3,2	4,6	2,6	2,2
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	1,4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	250	40	9,8	9,4	16	5,5	4,9	6,7	2,9	32	14	11	12	33	2,4
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			210	69	46	19	56	25	38	30	29	26	<50	33	31	22	16
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				<0,1	<0,1	<0,1	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	<0,1
Matières inhibitrices																			
ion mobilité Daphnia magna 24h	%				24,4	44,6	49,4	48,2	23,4	28,7	51,4	19,2	22,5	23	49,4	21,2	49,5	52,6	50,5
bilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				4,1	2,2	2	2,1	4,3	3,5	1,9	5,2	4,4	4,3	2	4,7	2	1,9	2
Organohalogénés absorbables dissous	µg/L				25	11	19	25	34	21	17	16	23	23	19	20	13	17	21

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015		Avril 2022														
					23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34,2	34	34,3	34	33,9	34	33,9	33,9	33,7	33,7	33,7	33,7	33,2	33,1	33,1
Matière en Suspension (MES)	mg/L				3,4	< 2	< 2	3	< 2	< 2	3,8	< 2	< 2	3,6	2,5	< 2	2	2,2	2
Turbidité (NTU)	NFU				0,47	< 0,2	0,2	0,4	0,54	0,28	0,63	0,29	0,49	0,37	0,63	0,39	0,76	0,46	0,39
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1	0,74	0,76	0,75	0,69	0,71	0,76	0,76	0,68	0,91	1,2	1,2	0,92	0,99	1
Azote global	mg/L				0,71	1,38	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				6,02	0,65	0,72	1,65	0,65	1,44	1,51	1,58	1,44	1,73	1,94	0,94	1,08	1,23	1,08
Nitrates (en NO3)	µmol/L				50,9	98,4	11	9,47	8,92	9,32	12,5	12,1	12,43	17,3	15,4	15,3	16,6	16,6	15,8
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,15	0,14	0,13	0,18	0,18	0,15	0,19	0,19	0,18	0,21	0,21	0,2	0,39	0,37	0,33
Orthophosphates	µmol/L				0,37	0,39	0,4	0,32	0,31	0,32	0,38	0,37	0,39	0,4	0,4	0,41	0,27	0,24	0,18
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Indice nutriments					57,07	99,19	11,85	11,3	9,75	9,97	14,2	13,87	14,05	19,24	17,55	16,44	18,07	18,2	17,21
Indice nutriments (corrige à 33)					55,07	96,27	11,40	10,97	9,49	9,68	13,82	13,50	13,76	18,84	17,19	16,10	17,96	18,15	17,16
Calcium	mg/L				517	519	483	521	504	521	486	562	511	492	508	519	530	469	525
Sodium	mg/L				13600	13400	13600	13500	13400	13500	14000	13400	13300	13600	20900	13400	13400	13100	13200
Sulfates	mg/L				2920	2880	2970	2860	2850	2940	2890	2890	2900	2930	2680	2890	2820	2860	2830
Fluorures	mg/L				0,68	0,64	0,68	0,65	0,67	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,64	0,65	0,62
Chlorophylle a	µg/L				0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	4,9	4,4	0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	0,2	3,8	< 0,1	< 0,1
Phéopigments	µg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,4	< 0,1	< 0,1
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				< 10	14	< 10	16	< 10	< 10	< 100	12	< 10	13	11	26	14	14	< 100
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chlore total	mg/L				0,05	0,05	0,07	0,07	0,03	0,05	0,03	0,07	0,06	0,04	0,08	0,06	0,06	0,04	0,05
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			1	< 1	< 1	3,1	< 1	< 1	< 10	1,9	< 1	1,1	2,2	8,3	< 1	1,1	2,3
Manganèse	µg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 10	1,2	< 1	1,4	1,2	1,8	1,8	1,9	2,2
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	< 1	< 1	< 1	1,3	< 1	< 1	3,2	< 1	< 1	< 1	< 1	35	< 1	< 1	3,3
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			< 10	< 10	32	< 10	< 10	28	< 100	< 10	< 10	17	< 10	30	< 10	< 10	53
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Matières inhibitrices																			
ion mobilité Daphnia magna 24h	%				24,4	44,6	49,4	48,2	23,4	28,7	51,4	19,2	22,5	23	49,4	21,2	49,5	52,6	50,5
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				4,1	2,2	2	2,1	4,3	3,5	1,9	5,2	4,4	4,3	2	4,7	2	1,9	2
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				13	20	24	< 10	27	17	21	16	15	18	11	11	12	17	19

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015		Mai 2022														
					23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				33,9	33,7	33,7	33,7	33,9	33,7	33,7	33,6	33,7	33,5	33,5	33,2	33,1	33,2	
Matière en Suspension (MES)	mg/L				3,9	3,6	3,1	2,8	< 2	< 3	< 3	3,4	2,7	< 3	2,7	< 3	< 3	< 2	
Turbidité (NTU)	NFU				0,89	1,52	1	0,83	0,84	0,44	0,9	0,63	1,03	0,62	0,56	0,48	0,71	0,54	
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,2	1,3	1,2	1,4	1,1	1,2	1,2	1,2	0,89	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	
Azote global	mg/L				< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,61	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Azote Kjeldhal	mg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				2,01	1,51	2,16	1,37	2,23	1,65	2,08	1,08	1,37	1,94	2,01	1,94	2,51	2,01	
Nitrates (en NO3)	µmol/L				4,6	4,39	7,23	4,05	4,82	4,67	3,59	2,86	2,21	43,7	4,16	4,69	7,93	6,42	
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,16	0,17	0,17	0,14	0,14	0,15	0,11	0,14	0,15	0,18	0,18	0,27	0,22	0,21	
Orthophosphates	µmol/L				0,26	0,26	0,29	0,24	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,22	0,24	
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	
Indice nutriments					6,77	6,07	9,56	5,56	7,19	5,32	5,78	4,08	3,73	45,82	6,35	6,9	10,66	8,64	9,94
Indice nutriments (corrigé à 33)					6,59	5,94	9,36	5,44	7,00	5,21	5,66	4,01	3,65	45,14	6,26	6,86	10,63	8,61	9,88
Calcium	mg/L				374	373	373	372	371	368	370	372	368	371	370	358	366	370	
Sodium	mg/L				10700	10700	10600	10900	10700	10700	10700	10600	10700	10600	10600	10400	10500	10600	
Sulfates	mg/L				2630	2650	2640	2580	2570	2610	2580	2600	2620	2600	2600	2710	2550	2570	
Fluorures	mg/L				0,64	0,65	0,64	0,67	0,63	0,63	0,62	0,63	0,63	0,63	0,65	0,65	0,62	0,62	
Chlorophylle a	µg/L																		
Phéopigments	µg/L																		
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15	< 15	
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				< 100	< 100	< 10	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 10	< 100	< 100	
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Chlore total	mg/L				< 0,03	0,04	0,03	< 0,03	< 0,03	0,03	0,05	0,04	< 0,03	< 0,03	0,6	< 0,03	< 0,03	0,06	
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			< 10	< 1	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 1	1,2	< 10	< 10	
Manganèse	µg/L				< 10	< 10	< 1	< 10	< 1	< 1	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	1,1	< 10	< 10	
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	< 10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 10	
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			< 10	< 100	< 10	< 100	< 10	< 100	< 100	< 100	< 100	< 10	< 10	< 100	< 10	< 100	
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				29,8	57,7	24,1	27,6	20,4	30,8	25,4	30	22,7	24,3	22,3	22	23	26,2	
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				3,4	1,7	4,1	3,6	4,9	3,2	3,9	3,3	4,4	4,1	4,5	4,5	4,3	3,8	
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				17	46	17	28	22	15	14	42	17	13	20	24	19	13	

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015			Juin 2022													
						23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				33,7	34	33,8	33,5	33,7	33,3	33,9	33,5	33,9	33,6	33,5	33,7	33,3	33,5	33,4
Matière en Suspension (MES)	mg/L				4,7	2,6	3,2	2,9	3,3	2,2	2,6	2,5	2,1	3,6	3,8	3,1	6,7	4,4	8,4
Turbidité (NTU)	NFU				0,61	0,32	0,44	0,82	0,73	0,65	0,4	0,65	0,64	0,8	0,83	0,66	2,18	2,15	1,73
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				0,74	0,71	0,84	0,79	0,76	0,84	0,88	0,81	1,1	1,6	2	1,2	3,1	1,8	3,2
Azote global	mg/L				<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				1,37	1,87	2,23	1,87	2,66	3,87	3,44	2,23	3,59	7,1	7,96	4,45	5,38	33,1	18,4
Nitrates (en NO3)	µmol/L				5,07	4,29	3,8	7,01	5,71	6,12	4,51	4,66	5,4	3,86	12,7	3,52	2,67	3,43	2,56
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,15	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,14	0,13	0,15	0,13	0,15	0,13	0,17	0,17	0,16
Orthophosphates	µmol/L				0,26	0,24	0,27	0,25	0,24	0,24	0,27	0,25	0,26	0,25	0,25	0,26	0,27	0,3	1
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04
Indice nutriments					6,59	6,3	6,18	9,03	8,53	6,78	8,09	7,02	9,14	11,09	20,81	8,1	8,22	36,7	21,12
Indice nutriments (corrigé à 33)					6,45	6,11	6,03	8,90	8,35	6,72	7,88	6,92	8,90	10,89	20,50	7,93	8,15	36,15	20,87
Calcium	mg/L				377	376	378	372	386	378	385	388	384	386	390	352	391	349	377
Sodium	mg/L				11100	11000	10300	10700	10800	10300	11000	11000	10800	10600	10900	10800	10100	10700	10900
Sulfates	mg/L				2820	2720	2780	2840	2800	2750	2850	2620	2730	2810	2710	2790	2740	2660	2800
Fluorures	mg/L				0,64	0,64	0,64	0,66	0,65	0,66	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,67	0,67	0,59
Chlorophylle a	µg/L																		
Phéopigments	µg/L																		
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	100	<15	77
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				<10	<10	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<10	<100	<50	<100	
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Chlore total	mg/L				<0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,09	0,1	0,09	0,16
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			<1	<1	<10	<10	<10	<10	<10	<1	<10	<10	<10	2,6	1,8	5,3	5,7
Manganèse	µg/L				1,1	1	1,1	1	1,3	1,1	1,1	<1	<1	<1	2,4	1,5	4,5	4,1	3,8
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10	<1	<5	<1	
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	<1	<10	<10	<1	<10	<10	<10	<1	<10	<10	3,9	2,7	2,7	9	
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	29	14	35	57	90
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				23,7	24,4	23,3	29,7	23,9	51,3	53,9	22	47,5	23,9	47,5	24,4	28,4	24,5	28,5
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				4,2	4,1	4,3	3,4	4,2	1,9	1,9	4,5	2,1	4,2	2,1	4,1	3,5	4,1	3,5
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				17	15	37	23	11	14	13	35	18	46	19	15	19	23	29

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015		Juillet 2022														
					23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34,2	34,1	34,5	34,2	34,3	34,1	33,9	34	33,9	33,8	33,8	33,9	33,5	33,3	33,5
Matière en Suspension (MES)	mg/L				2,9	4,9	4,1	2,7	<2	2,8	2,7	5,1	13	4,5	2,9	5	2,8	4,1	2,5
Turbidité (NTU)	NFU				0,35	0,51	0,65	0,73	0,4	0,47	0,7	0,59	1,16	0,64	0,5	0,52	0,46	0,77	0,71
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				0,57	0,51	<0,5	0,6	0,65	0,72	0,72	<0,5	0,78	0,66	0,78	0,85	1,3	1,1	1,3
Azote global	mg/L				<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				4,3	1,51	7,24	6,88	2,3	4,73	4,38	1,37	2,51	3,44	1,15	3,23	1,3	2,16	3,8
Nitrates (en NO3)	µmol/L				1,74	1,41	2,43	3,28	8,35	3,06	4,53	4,37	3,27	2,1	0,8	1,5	0,59	0,35	2,85
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,12	0,11	0,13	0,24	0,21	0,19	0,31	0,26	0,26	0,12	0,09	0,11	0,1	0,08	0,07
Orthophosphates	µmol/L				0,26	0,27	0,26	0,27	0,26	0,25	0,24	0,25	0,25	0,26	0,25	0,27	0,28	0,26	0,27
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02
Indice nutriments					6,16	3,03	9,8	10,4	10,86	3,75	9,22	6	6,04	5,66	2,04	4,84	1,99	2,59	6,72
Indice nutriments (corrigé à 33)					5,94	2,93	9,37	10,04	10,45	3,63	8,98	5,82	5,88	5,53	1,99	4,71	1,96	2,57	6,62
Calcium	mg/L				351	353	370	368	349	348	347	368	348	367	347	348	365	346	361
Sodium	mg/L				11000	10900	10700	10400	10900	10900	10800	10400	10700	10400	10700	10700	10300	10700	10300
Sulfates	mg/L				2740	2750	2610	2660	2770	2780	2790	2790	2760	2690	2760	2720	2730	2710	2720
Fluorures	mg/L				0,66	0,65	0,64	0,66	0,71	0,63	0,64	0,62	0,63	0,64	0,67	0,66	0,68	0,66	0,68
Chlorophylle a	µg/L																		
Phéopigments	µg/L																		
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	100	<15	<15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				<10	35	<10	<10	<10	13	12	<10	11	<10	96	17	<10	21	<10
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10
Chlore total	mg/L				2,5	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,08	0,14	<0,03	<0,03	<0,03	0,03
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			<1	1,1	<1	<10	23	<1	<1	<10	<1	<10	1	<1	<10	1	<10
Manganèse	µg/L				<1	<1	<10	<10	<1	1,2	1,6	<10	<1	<10	1,8	1,3	<10	2,4	<10
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	<1	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			13	82	<10	<100	10	<10	<10	<100	<10	<10	28	<10	<100	<10	<100
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				32,9	23,9	24,1	22,3	23,7	23,2	30	22,7	50	23,1	23,5	23,7	23,4	-	23,5
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				3	4,2	4,1	4,5	4,2	4,3	3,3	4,4	2	4,3	4,3	4,2	4,3	<1,1	4,3
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				16	12	16	26	18	35	40	13	22	15	43	19	24	16	15

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015			Août 2022													
						23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34,2	34,2	34,2	34,2	34	34,1	34,4	34,2	34,2	34	33,8	33,7	33,7	33,7	33,8
Matière en Suspension (MES)	mg/L				9,2	4,7	9,9	4,5	6,3	6,1	5,1	6,4	4,8	6,9	7,1	9,1	9,3	8,6	12
Turbidité (NTU)	NFU				1,39	1,32	1,14	0,51	0,92	0,89	0,76	0,68	0,56	1,24	0,96	0,74	1,94	1,81	1,39
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				2	0,78	1,2	1,4	0,63	0,99	0,62	0,66	0,68	0,82	1,1	1	1,8	1,6	1,3
Azote global	mg/L				< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				8,53	3,87	6,38	5,09	2,59	3,37	3,87	3,73	0,25	9,32	5,45	4,02	10,9	8,53	14,6
Nitrates (en NO3)	µmol/L				3,36	1,26	5,96	1,33	2,75	1,42	0,51	7,96	0,68	0,6	0,42	1,36	1,66	2,27	0,52
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,08	0,08	0,09	0,04	< 0,04	0,08	0,23	0,07	0,05
Orthophosphates	µmol/L				0,25	0,27	0,27	0,23	0,26	0,24	0,22	0,23	0,25	0,21	0,23	0,22	0,2	0,2	0,27
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	0,02	0,03
Indice nutriments					12,1	5,32	12,52	6,59	5,5	2,08	4,46	11,77	1,02	9,96	5,91	5,46	12,79	10,87	15,17
Indice nutriments (corrigé à 33)					11,68	5,13	12,08	6,36	5,34	2,01	4,28	11,36	0,98	9,67	5,77	5,35	12,52	10,64	14,81
Calcium	mg/L				399	349	410	393	470	348	397	416	592	354	428	462	446	415	363
Sodium	mg/L				11200	11100	11200	11300	11100	11300	11000	11200	11100	11100	11200	12700	11100	11200	11100
Sulfates	mg/L				2680	2660	2660	2620	2700	2660	2720	2640	2650	2630	2770	2670	2670	2610	2610
Fluorures	mg/L				0,68	0,68	0,66	0,71	0,68	0,68	0,65	0,65	0,67	0,68	0,68	0,67	0,68	0,66	0,66
Chlorophylle a	µg/L																		
Phéopigments	µg/L																		
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				15	830	< 15	< 15	30	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15	< 15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlore total	mg/L				1,8	0,15	0,05	0,05	0,09	0,06	0,11	0,08	0,07	0,08	0,07	0,1	0,08	0,08	0,16
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	31	< 10	14	< 10	< 10	< 10	< 10
Manganèse	µg/L				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				50	35,4	37,4	48,8	52,9	39,6	26,6	35,7	49,4	23,9	44,3	36,1	22,7	24,1	46,3
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				2	2,8	2,7	2	1,9	2,5	3,8	2,8	2	4,2	2,3	2,8	4,4	4,1	2,2
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				12	15	22	15	17	14	15	22	22	17	19	22	16	16	19

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015		Septembre 2022														
					23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34,2	34,1	34,1	33,6	33,9	33,9	33,8	33,8	33,8	33,7	33,7	33,8	33,3	33,4	33,7
Matière en Suspension (MES)	mg/L				7,1	8,8	5,2	7,3	6,6	8,5	9,4	8,1	9,9	4,3	4,8	7,2	7,6	5,4	6,2
Turbidité (NTU)	NFU				0,61	1,09	0,32	0,47	0,48	0,66	0,93	0,62	0,6	1,5	0,23	1,62	0,79	0,52	0,61
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				0,89	1,2	0,65	1	0,85	1,1	1,1	1,4	0,9	3	1,6	2,5	1,4	1,3	2
Azote global	mg/L				<0,5	<0,5	0,67	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,76	0,58	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,24	<1	<1	<1	<1	<1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				3,66	5,66	1,87	3,59	3,3	<0,5	3,01	5,16	3,52	11,5	1,51	3,09	2,94	5,88	11,4
Nitrates (en NO3)	µmol/L				7,35	12,7	47,7	11,3	9,43	15,1	6,83	22,8	28,9	37	41,6	14,9	7,26	3,14	5,82
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,24	0,26	0,2	0,25	0,22	0,22	0,21	0,18	0,2	0,15	<0,04	0,14	0,06	<0,04	0,05
Orthophosphates	µmol/L				0,17	0,16	0,2	0,18	0,24	0,2	0,23	0,21	0,22	0,19	0,17	0,21	0,23	0,23	0,18
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Indice nutriments					11,25	18,62	49,77	15,14	12,95	15,82	10,05	28,14	32,62	48,65	43,15	18,13	10,26	9,06	17,27
Indice nutriments (corrigé à 33)					10,86	18,02	48,16	14,87	12,61	15,40	9,81	27,47	31,85	47,64	42,25	17,70	10,17	8,95	16,91
Calcium	mg/L				381	367	374	368	380	379	377	367	380	365	368	366	365	362	371
Sodium	mg/L				10800	10800	10700	10800	10900	10700	10500	10500	10800	10800	10900	10400	10500	10400	10600
Sulfates	mg/L				2690	2840	2820	2810	2780	2880	2810	2900	2660	2830	2740	2830	2610	2780	2790
Fluorures	mg/L				0,67	0,66	0,66	0,65	0,68	0,66	0,65	0,66	0,68	0,67	0,65	0,68	0,68	0,71	0,64
Chlorophylle a	µg/L				0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	1,6	1,5	2	2,8	3	3,3
Phéopigments	µg/L				<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				49	100	31	52	53	50	79	450	74	60	17	120	68	120	29
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			<1	<1	<1	<1	<1	1,2	<1	1,1	<1	1	<1	1,1	1	<1	1
Chlore total	mg/L				0,05	0,06	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	0,05	<0,03	0,06	0,05	0,04	<0,03	0,03	<0,03
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			2,9	8,8	1,5	34	2,3	34	19	5	3,6	4,3	<1	8,6	3,9	2	5,9
Manganèse	µg/L				1,3	1,3	<1	1,6	1,7	54	26	2,1	2,3	2,9	2,7	3,3	5,7	2,7	3,6
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	<1	<1	<1	<1	<1	2,3	2,2	3,1	<1	2	<1	<1	5,6	<1	2,6
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	7,1	66	<1	2,9	3,1	9,9	5,8	3,1	8,6	9	<1	69	3,8	2,3	4,5
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			24	61	<10	27	25	43	30	50	44	25	24	68	39	22	24
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				53,2	48,2	53,9	27,5	31,7	30,4	30,5	32,3	32,9	27,3	29,9	48,3	23,9	24,7	37,2
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				1,9	2,1	1,9	3,6	3,2	3,3	3,3	3,1	3	3,7	3,3	2,1	4,2	4	2,7
Organohalogénés absorbables dis	µg/L																		

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015		Octobre 2022														
					23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				33,6	33,8	33,8	33,8	33,8	33,9	33,8	34	33,7	34	33,7	33,8	33,2	33,4	33,1
Matière en Suspension (MES)	mg/L				8,5	5,2	11	12	15	16	11	10	11	16	9,8	13	5,9	11	11
Turbidité (NTU)	NFU				1,83	1,08	0,32	1,08	1,25	0,58	0,65	0,64	0,54	1,16	0,66	1,11	0,64	1,12	1,21
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,2	2,6	1,3	1,5	1,3	1,4	1,4	1	1,1	1,4	1,1	0,99	2,6	1,5	1,1
Azote global	mg/L				<0,5	1,31	<0,05	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				2,08	10,7	0,65	5,16	1,58	2,23	1,65	8,96	0,94	0,87	2,59	1,23	2,37	4,09	1,51
Nitrates (en NO3)	µmol/L				7,31	92,8	5,46	7,33	10,2	14	5,26	8,56	5,02	4,49	6,89	4,48	5,55	6,76	5,59
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,44	0,52	0,42	0,44	0,42	0,4	0,52	0,56	0,53	0,2	0,24	0,2	0,19	0,23	0,21
Orthophosphates	µmol/L				0,33	0,22	0,32	0,13	0,26	0,26	0,28	0,16	0,28	0,23	0,17	0,23	0,22	0,27	0,22
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Indice nutriments					9,83	104,02	6,53	12,93	12,2	14,9	7,43	18,08	6,49	5,56	9,52	5,91	8,11	10,89	7,31
Indice nutriments (corrigé à 33)					9,65	101,56	6,38	12,62	11,91	14,50	7,25	17,55	6,36	5,40	9,32	5,77	8,06	10,76	7,29
Calcium	mg/L				368	373	371	365	363	366	370	369	369	367	369	364	364	366	358
Sodium	mg/L				10200	10400	10400	10500	10300	10400	10300	10500	10500	10400	10400	10400	10200	10200	10300
Sulfates	mg/L				2590	2670	2550	2570	2650	3090	360	2650	3020	2550	2980	2570	2920	2530	2970
Fluorures	mg/L				0,64	0,65	0,64	0,67	0,65	0,64	0,65	0,65	0,65	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,65
Chlorophylle a	µg/L				0,8	0,6	0,3	0,7	0,8	1	0,7	0,6	0,7	2,3	2,6	2,2	6,1	6	5,9
Phéopigments	µg/L				0,2	0,2	<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	<0,1	<0,1
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	<15	<15	<15	<15	<15	15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				<10	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chlore total	mg/L				<0,03	0,05	0,04	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Manganèse	µg/L				<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	<1	<10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	<1	<10	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			<10	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				28,4	23,7	27	41,5	33,5	23	22	26	19,9	24,4	19,3	19,5	33,5	32	48,8
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				3,5	4,2	3,7	2,4	3	4,3	4,5	3,8	5	4,1	5,2	5,1	3	3,1	2
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				74	70	41	16	75	20	98	72	53	92	64	21	34	59	30

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015			Novembre 2022													
						23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				31,4	31,8	35,4	36,8	33,6	34,1	31,8	34,8	32,9	34,3	34	34,9	34,6	32,4	34,6
Matière en Suspension (MES)	mg/L				4,2	6,1	9,2	6,6	8,2	3,5	4,8	5,7	4,7	4,1	7,8	7,9	8,2	6,1	7,8
Turbidité (NTU)	NFU				0,26	0,25	0,57	0,35	0,66	0,73	0,24	0,22	0,44	0,99	0,36	0,65	2,13	0,63	0,67
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,2	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,1	1,4	2,3	1,2	1,9	2,9	2,4	1,3
Azote global	mg/L				< 0,5	< 1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				< 1	< 0,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				1,15	2,94	3,09	0,72	3,95	3,16	1,01	0,94	4,59	4,59	2,23	2,73	6,31	6,52	4,02
Nitrates (en NO3)	µmol/L				4,13	8,49	6,48	5,34	15,8	18	5,47	5,72	5,46	15	5,85	6,01	13,9	6,3	8,85
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,58	0,7	0,67	0,4	0,57	0,79	0,68	0,9	0,28	1,38	1,6	1,3	1,16	1,22	1,32
Orthophosphates	µmol/L				0,53	0,53	0,65	0,48	0,55	0,52	0,59	0,55	0,69	0,49	0,82	0,53	0,36	0,29	0,8
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Indice nutriments					5,86	12,13	10,24	6,46	20,32	19,29	7,16	7,56	10,33	20,97	9,68	8,78	21,37	12,86	14,19
Indice nutriments (corrigé à 33)					6,16	12,59	9,55	5,79	19,96	18,67	7,43	7,17	10,36	20,18	9,40	8,30	20,38	13,10	13,53
Calcium	mg/L				373	376	376	383	379	382	376	376	376	374	375	377	372	372	375
Sodium	mg/L				10700	10800	10800	11000	10800	10900	10800	10800	10800	10700	10700	10800	10800	10700	10600
Sulfates	mg/L				2920	3150	3020	3070	3150	3000	3040	2960	3090	3150	3020	3120	2820	3020	3100
Fluorures	mg/L				0,65	0,65	0,65	0,66	0,65	0,61	0,65	0,67	0,67	0,68	0,66	0,66	0,67	0,53	0,68
Chlorophylle a	µg/L				0,4	0,3	< 0,1	0,2	0,2	0,4	0,2	< 0,1	0,3	0,3	6,7	0,3	0,2	0,4	0,3
Phéopigments	µg/L				0,1	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1	0,1	< 0,1	0,2	0,2	5,3	0,2	0,3	0,3	0,2
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	30	< 15	< 15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				< 10	< 10	13	15	26	11	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	17	14	< 10	< 10
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chlore total	mg/L				0,07	0,09	0,1	0,13	1,1	0,07	0,12	0,11	0,1	< 0,03	1	0,09	0,08	0,04	0,08
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			1,6	< 1	1,8	2	79	2,1	1	1	2,7	< 1	< 1	4	6,4	3	1,1
Manganèse	µg/L				< 1	< 1	< 1	1,4	1	1,2	< 1	1,1	1,4	< 1	< 1	1,2	< 1	< 1	1,5
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	1,8	< 1	1,7	2,1	2,5	2,3	3,2	5,1	8,3	2,2	1,9	5,8	34	6,3	< 10
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			< 10	< 10	13	15	47	20	17	19	27	12	< 10	25	62	20	24
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				23	22,5	31,2	48	26,9	27,9	27,3	26,1	52	17,8	30,6	28	48	48,3	52,6
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				4,3	4,4	3,2	2,1	3,7	3,6	3,7	3,8	1,9	5,6	3,3	3,6	2,1	2,1	1,9
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				< 10	48	43	22	40	53	18	51	36	51	47	57	51	47	60

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015			Décembre 2022													
						23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34,4	34,4	34,3	34,2	34,4	34,4	34,3	34,3	34,1	34,6	34,5	34,3	33,9	33,9	33,4
Matière en Suspension (MES)	mg/L				7,5	4,9	3,3	6,7	5,1	6,3	6,5	6,6	7,2	4,9	6	5,6	13	8,8	6
Turbidité (NTU)	NFU				0,82	0,84	0,55	0,66	0,71	0,53	0,73	1,16	0,93	1	2,06	2,29	1,56	1,08	1,81
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,1	1,4	1,3	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,8	1,2	1,3	1,5
Azote global	mg/L				1,24	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,09	0,61	<0,5	0,7	5,04	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				1,37	0,58	1,51	2,87	<0,5	1,08	<0,5	1,01	3,23	11,7	1,87	<0,5	1,58	2,3	2,44
Nitrates (en NO3)	µmol/L				88,8	13,3	15,5	9,7	9,47	11,6	78	43,7	17,7	49,4	360	25	16,8	13,4	14,5
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,14	0,08	0,06	0,07	0,09	0,1	0,08	0,12	0,08	0,23	0,31	0,37	1,27	1,31	1,2
Orthophosphates	µmol/L				0,51	0,49	0,46	0,47	0,51	0,51	0,48	0,45	0,35	0,27	0,48	0,44	0,52	0,35	0,54
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	<0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Indice nutriments					90,31	13,96	17,07	12,64	10,06	12,2	78,58	44,83	21,01	61,33	361,91	25,87	19,65	15,74	18,14
Indice nutriments (corrigé à 33)					86,63	13,39	16,42	12,20	9,65	11,70	75,60	43,13	20,33	58,49	346,17	24,89	19,13	15,32	17,92
Calcium	mg/L				387	384	384	385	384	391	390	385	387	388	388	388	379	383	379
Sodium	mg/L				10900	11000	10800	11000	10700	11000	10600	10800	10800	10900	10800	10900	10500	10700	10700
Sulfates	mg/L				2700	2850	2840	2730	2800	2800	2850	2960	2740	2770	2750	2870	2620	2790	2740
Fluorures	mg/L				0,66	0,65	0,64	0,66	0,67	0,67	0,66	0,63	0,65	0,7	0,66	0,7	0,68	0,69	0,66
Chlorophylle a	µg/L				1,4	0,1	0,3	0,1	0,3	1	0,3	0,3	0,2	<0,1	0,2	0,4	0,5	0,3	0,6
Phéopigments	µg/L				0,8	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,2	2,6	0,1	0,2
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				42	31	<10	<10	10	18	17	22	16	<10	27	14	41	41	65
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,1	<1	<1	<1	<1	1,7
Chlore total	mg/L				<0,03	0,09	0,12	<0,03	0,08	<0,03	0,06	0,06	<0,03	<0,03	<0,03	0,08	<0,03	0,06	0,04
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			<1	<1	1,1	<1	<1	<1	1,1	1,1	<1	<1	2,2	1,6	6,4	2,9	1,7
Manganèse	µg/L				1,1	1,4	<1	1	1	<1	<1	1,3	<1	<1	1,9	<1	2,6	3,8	3,4
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	27	4,1	17	1,9	9,2	<1	11	14	14	<1	3,1	8,9	8,8	27	4,2
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			15	30	<10	<10	<10	<10	19	18	<10	<10	32	27	74	41	280
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				18,4	47,7	21,3	20	47,7	19,6	36,2	23,6	27,3	47,7	24,3	24,5	-	21,3	23,3
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				5,4	2,1	4,7	5	2,1	5,1	3,8	4,2	3,7	2,1	4,1	4,1		4,7	4,3
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				120	40	64	95	72	85	62	97	57	57	43	52	56	59	69

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015			Janvier 2023														
						23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA																
Physico-chimie																				
Salinité	UPS				34,507	34,507	34,507	34,359	34,359	34,359	34,137	34,137	34,137	34,211	34,211	34,211	34,137	34,137	33,916	
Matière en Suspension (MES)	mg/L				3,8	2,8	2,7	2,5	3,8	2,1	2,3	4,3	2,8	< 2	3,3	< 2	2,2	3,2	3,3	
Turbidité (NTU)	NFU				0,62	0,93	0,84	1,03	1,55	1,09	1,39	2,46	1,68	0,34	0,96	0,4	0,69	0,93	0,39	
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,5	1,4	1,4	1,1	1,3	1,2	0,74	1,5	1,7	1,3	1,2	1,6	1,3	1,5	1,3	
Azote global	mg/L				< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,58	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Azote Kjeldhal	mg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				1,51	< 0,5	< 0,5	1,51	0,51	1,51	4,02	13,3	< 0,5	< 0,5	0,94	0,94	0,58	0,65		
Nitrates (en NO3)	µmol/L				8,52	21,2	11,6	11,6	16,5	41,5	11	12,5	14,5	9,45	10,7	9,61	10,3	11,8	10,5	
Nitrites (en NO2)	µmol/L				< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,15	0,2	0,26	0,22	0,15	0,14	0,15	0,17	0,18	0,24	
Orthophosphates	µmol/L				0,6	0,62	0,62	0,58	0,62	0,63	0,55	0,24	0,62	0,61	0,6	0,6	0,56	0,6	0,59	
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	
Indice nutriments					10,07	21,74	12,14	13,15	17,05	42,15	15,22	26,06	15,22	10,1	11,24	10,7	11,41	12,42	11,39	
Indice nutriments (corrigé à 33)					9,63	20,79	11,61	12,63	16,38	40,48	14,71	25,19	14,71	9,74	10,84	10,32	11,03	12,01	11,08	
Calcium	mg/L				372	370	377	368	368	376	365	368	367	367	365	363	375	365	364	
Sodium	mg/L				11100	11300	11200	10800	11000	10900	11000	10800	11100	10900	10800	10700	11100	10900	10700	
Sulfates	mg/L				2670	2670	2650	2680	2640	2670	2640	2630	2620	2610	2650	2650	2660	2660	2620	
Fluorures	mg/L				0,65	0,69	0,69	0,68	0,67	0,68	0,67	0,65	0,68	0,64	0,66	0,64	0,68	0,67	0,65	
Chlorophylle a	µg/L				0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,86	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	< 0,1	0,43	0,86	
Phéopigments	µg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,48	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Bactériologie																				
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				< 15	140	180	< 15	30	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	< 15	15	61	< 15	15	< 15	< 15	< 15	15	15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	
Métaux lourds																				
Aluminium	µg/L				< 10	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 100	< 100	< 10	
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,8	< 1	< 1		
Chlore total	mg/L				< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,04	< 0,03	< 0,03	< 0,03		
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,8	< 10	< 1		
Manganèse	µg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 10	< 1		
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			< 100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	< 10		
Polluants																				
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		
Matières inhibitrices																				
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				47,5	31,6	27,5	22,9	22	19,2	22,7	28,1	35,1	23,3	26,9	29,4	28,6	26	23,6	
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				2,1	3,2	3,6	4,4	4,5	5,2	4,4	3,6	2,8	4,3	3,7	3,4	3,5	3,8	4,2	
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				74	60	34	91	47	65	38	23	20	20	78	51	13	14	60	

Etudes environnementales pour la réalisation de l'étude d'impact nécessaire au projet de raccordement du parc éolien en mer au large de la Normandie CM1
TBM environnement

Circulaire du 07/05/2007, NQEp pour les eaux marines intérieures et territoriales			Directive 2013/39/UE confirmée par l'arrêté du 27 juillet 2015		Février 2023														
					23 Fond	23 milieu	23 surface	20 fond	20 milieu	20 surface	15 fond	15 milieu	15 surface	9 fond	9 milieu	9 surface	5 fond	5 milieu	5 surface
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA															
Physico-chimie																			
Salinité	UPS				34,8	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34	34	34	33,621	33,5	33,5
Matière en Suspension (MES)	mg/L				6,3	5,8	10	4,6	7	4,9	7,2	5,3	6,3	9,9	8,1	5,9	5	3,7	5
Turbidité (NTU)	NFU				0,8	0,55	0,52	0,7	0,69	0,58	0,93	0,86	0,56	1,82	1,55	1,09	1,55	1,46	0,51
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	102	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5	1,4
Azote global	mg/L				1,27	0,96	< 0,5	0,73	< 0,5	1,65	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,02	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Azote Kjeldhal	mg/L				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				0,8	0,72	1,37	1,87	1,37	1,15	1,73	0,87	< 0,5	1,01	0,87	6,52	< 0,5	2,08	1,08
Nitrates (en NO3)	µmol/L				90,2	68,5	14,5	52,2	16,2	118	11,6	13,1	19,4	72,6	19,4	17,5	21,2	28,3	21
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,26	0,29	0,28	0,27	0,38	0,37	0,38	0,41	0,46	0,45
Orthophosphates	µmol/L				0,54	0,6	0,54	0,5	0,51	0,54	0,5	0,52	0,55	0,58	0,49	0,17	0,54	0,51	0,51
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Indice nutriments					91,23	69,46	16,12	54,33	17,83	118,76	13,62	14,25	20,17	73,99	20,31	24,4	22,11	30,42	22,53
Indice nutriments (corrigé à 33)					86,51	66,06	15,33	51,67	16,96	112,94	12,95	13,55	19,18	71,81	19,71	23,68	21,70	29,97	22,19
Calcium	mg/L				368	370	367	370	362	368	365	369	366	364	363	361	359	356	355
Sodium	mg/L				10100	10600	10200	10200	9940	10200	10100	10600	10200	10000	10200	9910	10200	9870	9720
Sulfates	mg/L				2760	2750	2840	2770	2790	2720	2750	2730	2770	2680	2700	2710	2640	2650	2640
Fluorures	mg/L				0,98	1	0,99	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1	1,01	1,01
Chlorophylle a	µg/L				1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,86	0,86	0,86	0,86	1,3	0,86	3	2,2
Phéopigments	µg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Bactériologie																			
Entérocoques intestinaux	NPP / 100 ml				< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
<i>Escherichia coli</i>	NPP / 100 ml	BFG + 0,2	0,2	0,45	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Métaux lourds																			
Aluminium	µg/L				15	< 10	15	11	17	< 10	12	10	< 10	17	18	< 10	10	21	< 10
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chlore total	mg/L				0,04	0,05	0,07	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,08	0,03	0,04	0,09	0,06	0,09	0,05
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			1,4	1,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1,7	3,2	1,2	< 1	3,4	< 1
Manganèse	µg/L				< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	1,5	< 1
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	4,1	1,8	< 1	1,2	1,7	2,2	1,5	< 1	< 1	3,1	4,6	1,9	< 1	1,7	< 1
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			17	< 10	< 10	10	20	< 10	12	13	< 10	35	24	35	< 10	15	< 10
Polluants																			
Hydrocarbures C10-C40	mg/L				< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Matières inhibitrices																			
tion mobilité Daphnia magna 24h	%				21	33,1	24,1	15,2	16,4	20,7	22,2	22,7	18,9	23	28,5	20,6	47,5	48	47,5
Inhibition mobilité Daphnia magna après 24h	Equitox/m3				4,8	3	4,1	6,6	6,1	4,8	4,5	4,4	5,3	4,3	3,5	4,9	2,1	2,1	2,1
Organohalogénés absorbables dis	µg/L				57	99	53	45	20	58	57	28	48	68	14	58	57	66	63

TBM environnement

Siège social :

2 rue de Suède Bloc III Porte Océane - 56400 AURAY

Tel 02.97.56.27.76. - Fax 02.97.29.18.89.

contact@tbm-environnement.com

www.tbm-environnement.com

