



RTE

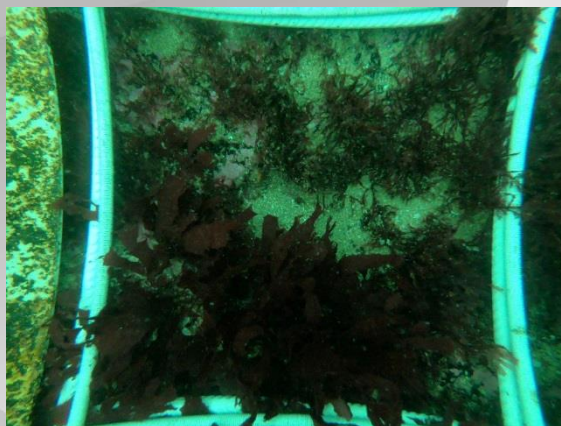
RACCORDEMENT DU PARC EOLIEN DE SAINT NAZAIRE

Suivi écologique le long du fuseau

Suivi substrats rocheux et enrochements en 2021

Suivi substrats meubles en 2022

Date : Juillet 2023



SOMMAIRE

1	Contexte	3
2	Méthodologie.....	4
2.1	Suivi de la qualité des sédiments	4
2.2	Suivi de la qualité de l'eau	7
2.3	Suivi des peuplements benthiques.....	10
2.3.1	<i>Stratégie d'échantillonnage sur substrats meubles.....</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Stratégie d'échantillonnage sur substrats rocheux.....</i>	<i>12</i>
2.3.3	<i>Stratégie d'échantillonnage sur les enrochements.....</i>	<i>13</i>
2.3.4	<i>Traitements des données.....</i>	<i>15</i>
3	Résultats	20
3.1	Qualité des sédiments	20
3.1.1	<i>Granulométrie</i>	<i>20</i>
3.1.2	<i>Analyse physico-chimique</i>	<i>21</i>
3.1.3	<i>Comparaison avec les données de 2020</i>	<i>23</i>
3.2	Qualité de l'eau.....	23
3.3	Suivi des peuplements et habitats benthiques	29
3.3.1	<i>Suivi des peuplements et des habitats des substrats meubles.....</i>	<i>29</i>
3.3.2	<i>Suivi des peuplements et habitats des substrats rocheux.....</i>	<i>52</i>
3.3.3	<i>Suivi des peuplements des zones d'enrochement</i>	<i>60</i>
4	Synthèse	63
4.1	Qualité des sédiments et de l'eau.....	63
4.2	Suivi des peuplements	64
4.2.1	<i>Peuplements des substrats meubles.....</i>	<i>64</i>
4.2.2	<i>Peuplements des substrats rocheux</i>	<i>64</i>
4.2.3	<i>Peuplements des enrochements.....</i>	<i>65</i>
4.2.4	<i>Conclusions.....</i>	<i>66</i>
5	Annexe : Liste faunistique des substrats meubles	67

1 CONTEXTE

Dans le cadre du projet de raccordement du futur parc éolien en mer de Saint Nazaire et en vue de respecter la certification ISO 14001 et la protection durable de l'environnement, RTE a mis en place une coordination environnementale de la partie maritime. La pose de câbles dans le fuseau implique de suivre l'impact des travaux sur le milieu.

TBM environnement a été mandaté par RTE afin de réaliser l'état de référence avant travaux le long du fuseau en 2013, l'état de référence en 2020 et enfin le suivi post-travaux en 2021 et 2022 (Figure 1). Ces suivis sont encadrés par l'Arrêté préfectoral qui précise à l'article 2.5 : « *Le pétitionnaire établit un état de référence sur la section marine portant sur les compartiments eau et sédiments. Cet état de référence doit permettre le suivi biosédimentaire (suivi benthique) prescrit par le présent arrêté* ». Ils comprennent :

- Un suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles et sur substrats rocheux.
- Un suivi de la qualité des sédiments.
- Un suivi de la qualité de l'eau.

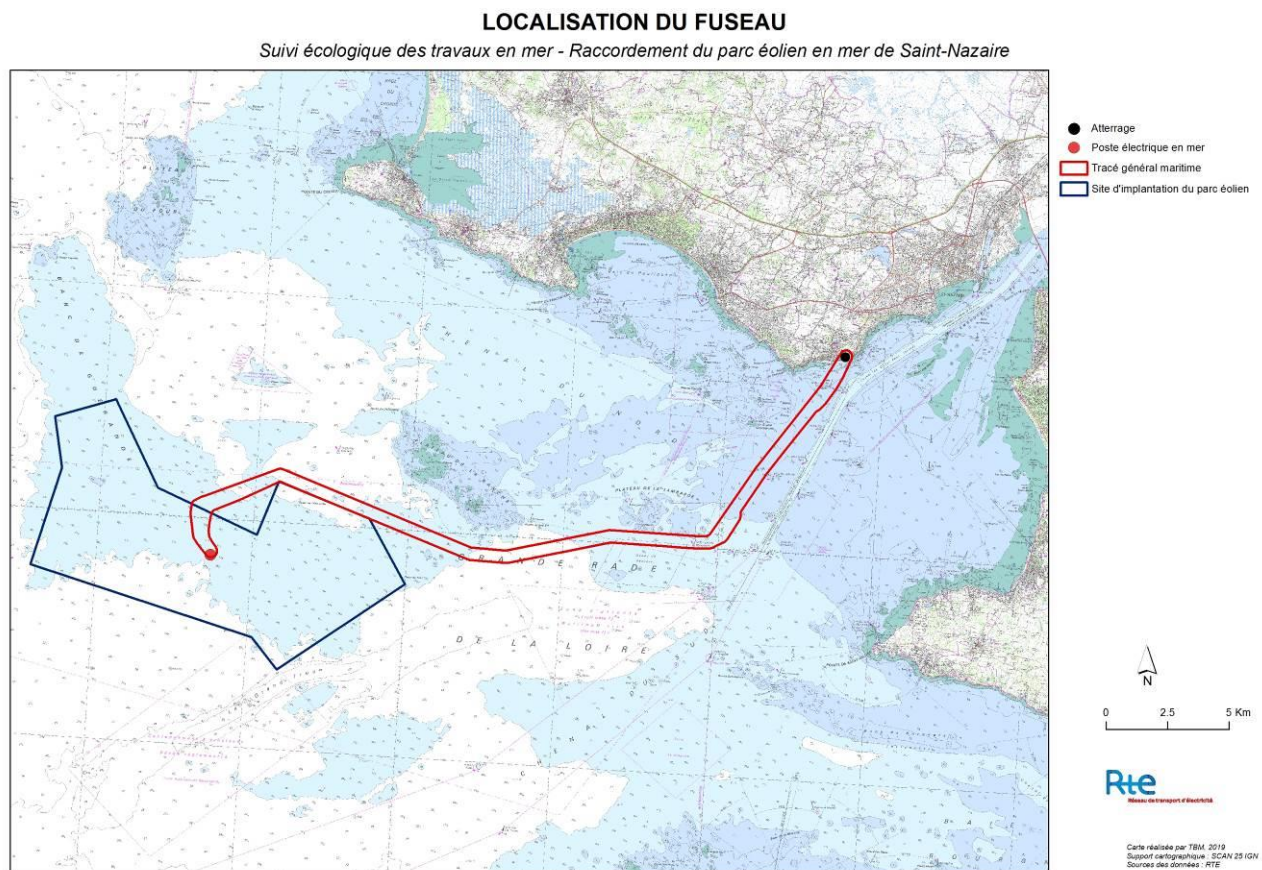


Figure 1 : Zone d'étude le long du fuseau de raccordement

Le présent rapport expose les campagnes de prélèvements de 2021 et les résultats relatifs aux substrats rocheux ainsi que les campagnes de prélèvements de 2022 et les résultats relatifs aux substrats meubles. Ces données permettent de décrire un état post-travaux. Ils sont complétés par le suivi des enrochements mis en place dans les secteurs où un ensouillage du câble n'a pas été possible.

2 METHODOLOGIE

2.1 Suivi de la qualité des sédiments

Le suivi de la qualité des sédiments était prévu sur 7 stations situées le long du tracé du câble et dans les différents habitats. Au cours de la campagne de prélèvement (les 15 et 16 mars 2022), la station RTE_008 n'a pu être prélevée du fait de sédiments trop grossiers pour être échantillonnés. Le point Ref_Loire est dans un secteur sous très forte influence de la Loire mais non concerné par le projet. (Figure 2).

Les échantillons dédiés à la caractérisation des sédiments correspondent au 6^{ème} réplicat prélevé lors du suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles. Ces échantillons ont été conditionnés conformément aux recommandations du laboratoire agréé EUROFINs Hydrologie Normandie et conservé dans une glacière à 6-8°C tout le long du transport.

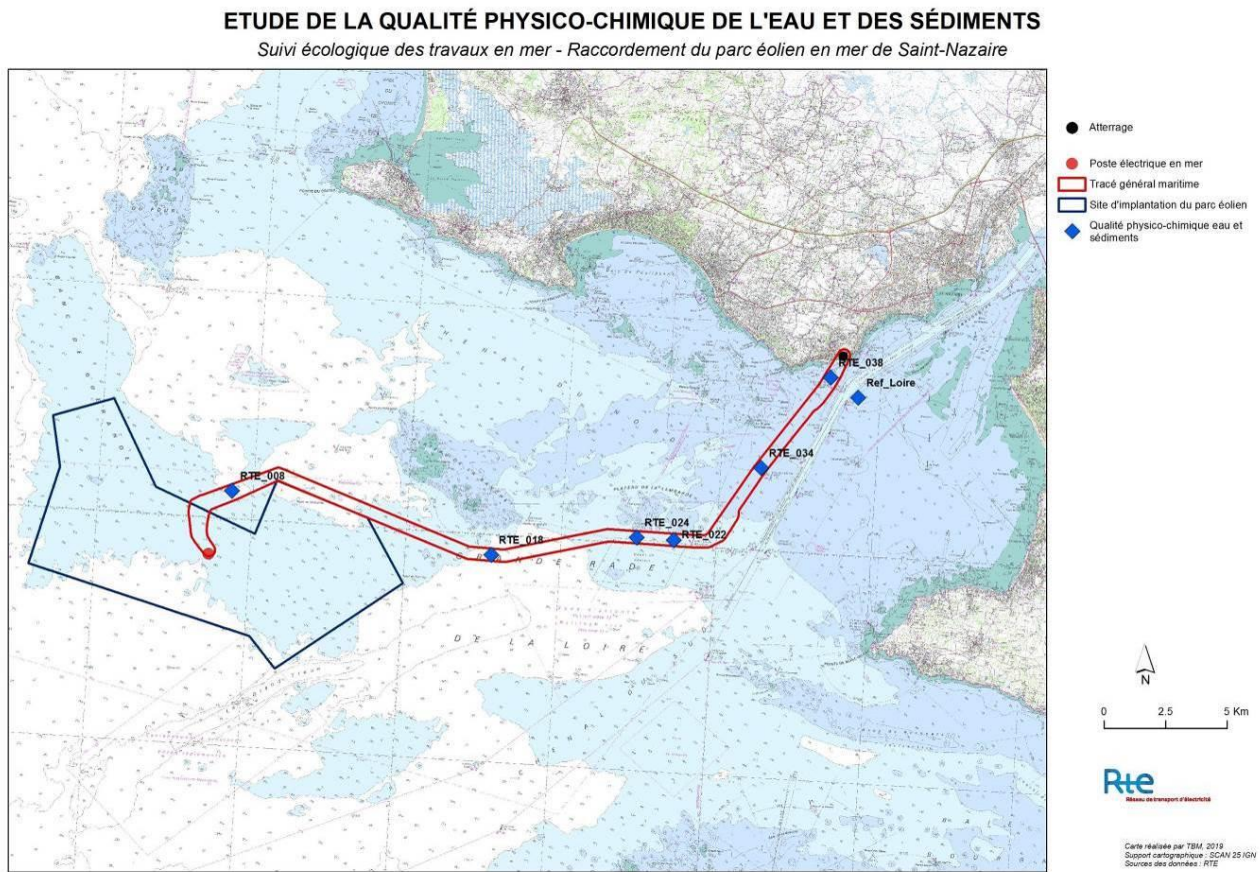


Figure 2 : Plan d'échantillonnage des stations physico-chimie

Les analyses prévues correspondent à 1) la caractérisation des sédiments par l'analyse de la granulométrie laser, la teneur en matière sèche, la densité, la teneur en carbone organique totale, en phosphore totale et en azote totale ; 2) la mesure de la concentration en métaux et polluants organiques.

La granulométrie

L'analyse granulométrique est indispensable, et en particulier la détermination de la proportion de sédiments fins (vases < 63µm), 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, 1999¹).

Pour chaque station, un des répliquats a été transmis au laboratoire EUROFINS de Rouen afin de réaliser une granulométrie par mode laser.

L'analyse granulométrique (réalisée par la méthode Laser) 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).

Analyses physicochimiques

La démarche d'analyse des résultats retenue vise à définir « l'état de dégradation environnementale du milieu » en prenant en compte des valeurs de référence qui sont soit 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). Les valeurs considérées ici (Tableau 1) sont celles utilisées pour l'évaluation du Bon Etat Ecologique pour le descripteur 8 de la DCSMM « Contaminants dans le milieu en France métropolitaine »².

Les concentrations mesurées en 2022 seront également comparées à celles mesurées en 2020.

¹ Alzieu, C. (coord), 1999. Dragages et environnement marin. Etat des connaissances, IFREMER, 223 pages.

² Mauffret Aourell, 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/>

Tableau 1 : 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

Indice de pollution organique

La pollution organique est évaluée par trois paramètres (Alzieu, 2003³) : 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 2).

Tableau 2 : 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		

³ Alzieu, C. (coord.), 2003. Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion, IFREMER, 248p

L'indice de Pollution Organique est égal à la somme des trois indices et peut être qualifié de faible à très fort (Tableau 3).

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

Tableau 3 : Indice de pollution organique

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

2.2 Suivi de la qualité de l'eau

Le suivi de la qualité de l'eau est réalisé aux sept mêmes stations que pour le suivi de la qualité des sédiments afin d'évaluer les éventuelles perturbations associées à la mise en place du câble.

Les prélèvements ont été réalisés à deux profondeurs en subsurface et au fond à l'aide d'une bouteille Niskin (Figure 3). Pour s'affranchir de tout problème de contamination liée à la remise en suspension de sédiments lors de l'échantillonnage à la benne, les prélèvements d'eau sont réalisés en premier, avant la mise à l'eau de tout autre engin d'échantillonnage.

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



Figure 3 : Mise en œuvre d'une bouteille Niskin (TBM environnement)

Les analyses réalisées par le laboratoire correspondent aux points suivants :

- Eléments physico-chimiques : salinité, oxygène dissous, carbone organique totale, matières en suspension (MES).

- Eléments biologiques et nutriments : Azote total, phosphore total, chlorophylle a, phéopigments. De plus, les formes biodisponibles pour l'azote et le phosphore sont ici étudiées ainsi que les silicates.
- Toxicité de l'échantillon : Metox, (arsenic et 7 métaux lourds : plomb, nickel, mercure, zinc, cuivre, cadmium et chrome), Aluminium, contaminants organiques (16 HAP, 7 PCB, TBT et dérivés).

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 puis à l'échelle de la colonne d'eau et cela pour l'ensemble des stations. Les résultats sont également comparés à ceux obtenus en 2020.

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 d'ici la fin de l'année et pour les substances classées prioritaires dangereuses, leur suppression d'ici 2020. 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 (NQE_p) 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 4) :

- ✓ 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 4 : 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 (µg. L ⁻¹)	NQE-MA (µg. L ⁻¹)	NQE-CMA (µg. 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		

Evaluation de l'état écologique

Les paramètres mesurés permettent d'évaluer la qualité en fonction de la teneur en chlorophylle a, des nutriments, de l'oxygène dissous.

Chlorophylle a et phéopigments

Les concentrations en chlorophylle *a* mesurées dans les prélèvements de subsurface ont été comparées aux valeurs enregistrées précédemment ainsi qu'au seuil de 10 µg/L, seuil indicateur d'un bloom phytoplanctonique cohérent avec les observations REPHY faites sur le secteur.

La vitalité du phytoplancton est également calculée de la manière suivante :

$$Vitalité = \frac{[Chlorophylle]}{[Phéopigments]}$$

Un rapport supérieur à 1 témoigne de la productivité du phytoplancton. A l'inverse, un rapport inférieur à 1 est obtenu lors de phases de sénescence.

Nutriments

Les valeurs en nutriments seront comparées aux valeurs mesurées précédemment.

Oxygène 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 meurent. Ce seuil de risque d'hypoxie est fixé à 2 mg/L.

2.3 Suivi des peuplements benthiques

2.3.1 Stratégie d'échantillonnage sur substrats meubles

Le suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles devait être réalisé sur 16 stations :

- 8 stations réparties le long du fuseau en fonction des variations de natures de fonds observées lors de l'état initial de l'étude d'impact portant sur la zone de raccordement du parc éolien (Figure 4),
- 8 stations réparties de part et d'autre de la zone de travaux sur des fonds de nature similaire aux points situés dans le fuseau. Ces points de référence sont situés entre 500 m et 1 km du fuseau afin d'éviter toute influence du fuseau.

Ces 16 stations ont été échantillonnées les 15 et 16 mars 2022 depuis le port de pêche de Saint-Nazaire, à bord du navire « Tzigane 2 ». Les prélèvements ont été faits à l'aide d'une benne Day (Figure 5) à l'exception des stations RTE 008 et Ref_RTE 008 qui n'ont pu être échantillonnées même à l'aide d'une drague rallier du Baty (Figure 6). De plus, les stations RTE_012 et Ref_RTE_012 n'ont pu être faites car localisées dans le périmètre du parc.

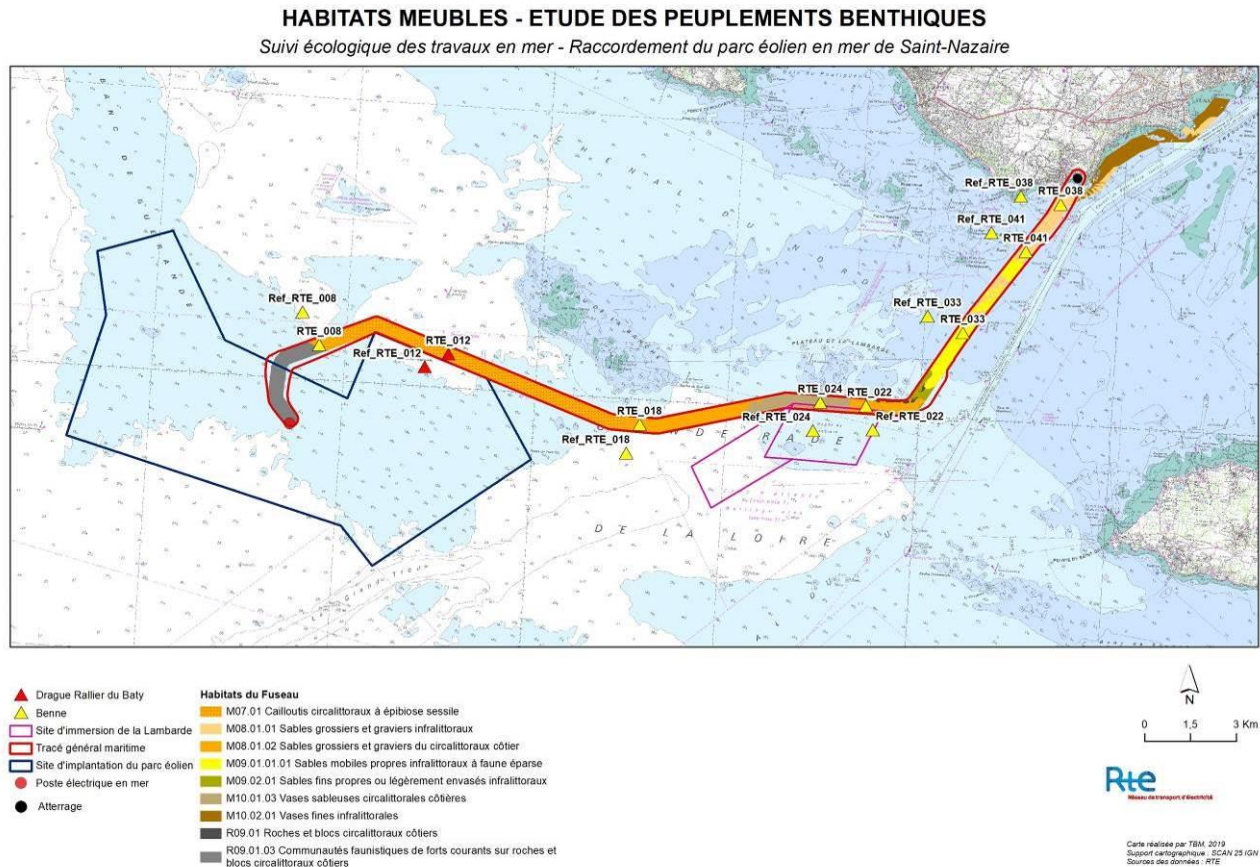


Figure 4 : Plan d'échantillonnage des stations de suivi pour les peuplements des substrats meubles



Figure 5 : Benne Day et tamis

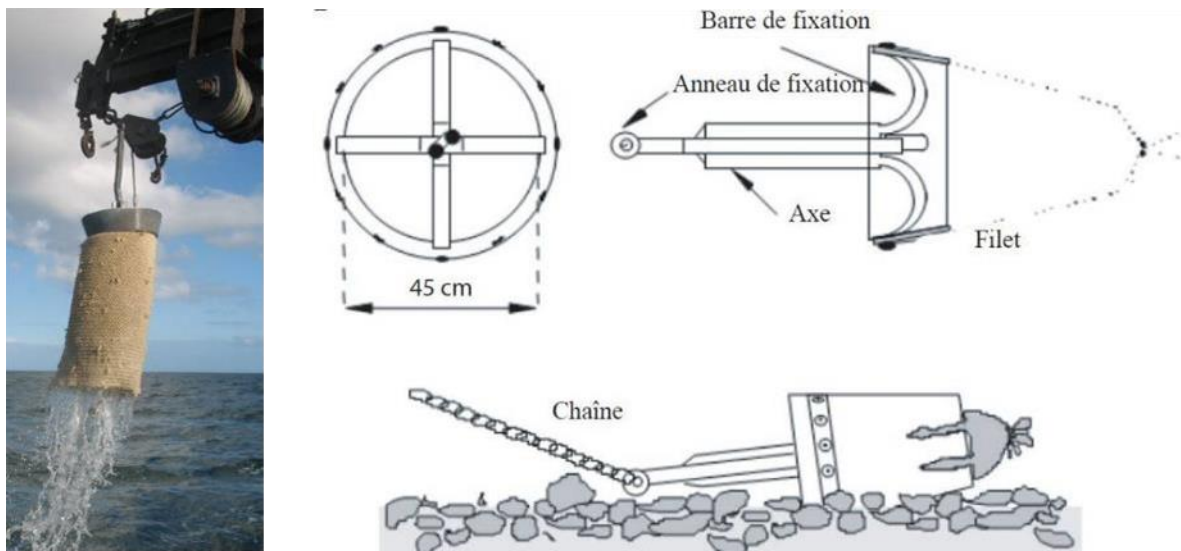


Figure 6 : Drague rallier du Baty et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)

Sur chaque station, six réplicats ont été prélevés, cinq pour l'analyse de la faune benthique et un pour les analyses physico-chimiques. Les échantillons destinés à l'analyse de la faune benthique ont été passés sur un tamis de maille 1 mm à bord, puis mis en sac plastique et formolés (solution d'eau de mer à 6-8 % de formol) permettant le stockage des échantillons avant traitement au laboratoire (tri et détermination). L'ensemble des précautions sanitaires requises pour la manipulation de formol ont été prises (masque facial intégral avec cartouches adaptées, gants en vinyle, formolage en lieu ventilé, etc.).

Au laboratoire, les échantillons, conditionnés au cours de la campagne en mer, ont été triés et analysés selon un protocole standardisé.

Préalablement à l'étape du tri, chaque échantillon a été placé sur un tamis de maille carrée de 1 mm et rincé à l'eau pendant au moins 12 heures pour en extraire le formol. L'échantillon rincé est alors mis dans une cuvette, puis minutieusement trié à la pince fine afin de prélever tous les organismes de la macrofaune (>1 mm) qu'il contient. Ces organismes sont

placés en pilulier avec de l'alcool à 70° en attendant l'étape de détermination. Les graviers et cailloutis porteurs d'épifaune sessile ont été de nouveau stockés dans des bidons et conservés dans l'alcool dans le but de réaliser ensuite l'analyse de l'épifaune sessile.

La détermination taxonomique de chaque individu est réalisée sous loupe binoculaire et/ou 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.

2.3.2 Stratégie d'échantillonnage sur substrats rocheux

Les campagnes « plongées » pour l'échantillonnage des substrats rocheux se sont déroulées du 16 au 20 août 2021 depuis le port de Saint-Nazaire, à partir du navire « Tzigane II ». Quatre stations sont initialement prévues dans le suivi mais seulement deux ont été échantillonnées à la suceuse pour le suivi des peuplements benthiques en 2021 : une station Lambarde et une sur le plateau de la Banche entre 2,5 m et 3,5 m de profondeur (B2) (Figure 7). Les deux stations sur le banc de Guérande (Stations RTE_01 et Ref_RTE_01) n'ont pas été prélevées car situées dans la zone de travaux du parc.

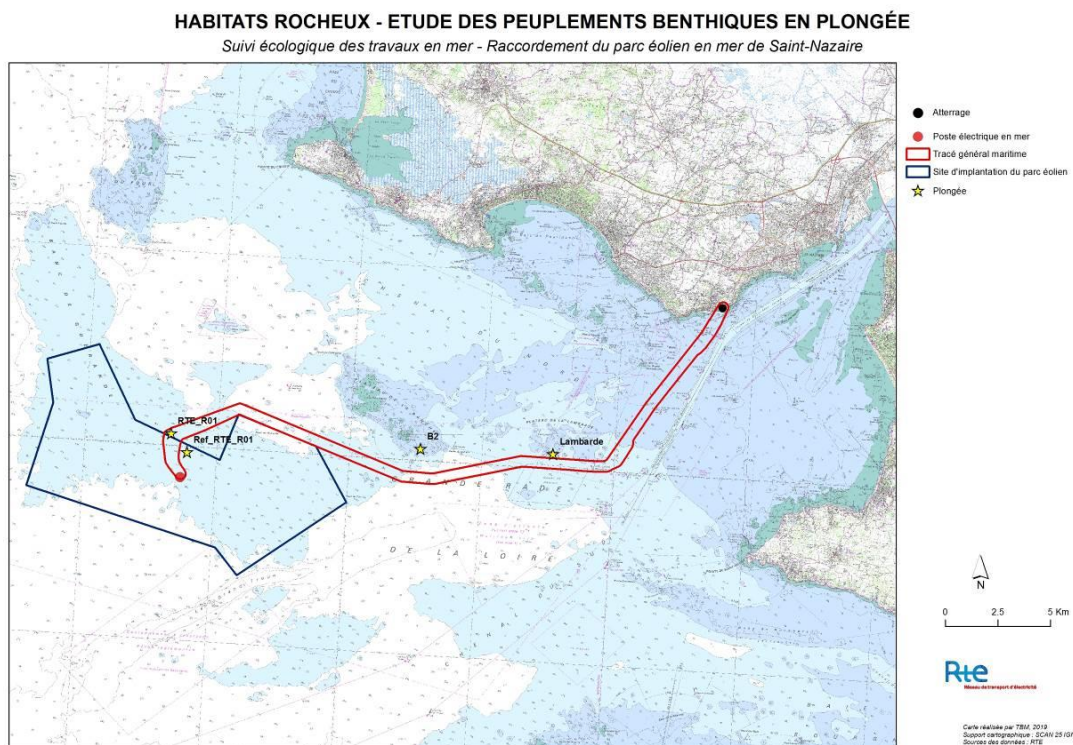


Figure 7 : Plan d'échantillonnage des stations de suivi

Les prélèvements à la suceuse ont été effectués par deux opérateurs. Le premier s'occupait de décoller à l'aide d'un ciseau à bois l'ensemble de la faune et de la flore pendant que le second s'occupait de les aspirer avec une suceuse. La maille du filet de collecte était de 1 mm. Les algues de grande taille ont été récoltées au préalable à la main (Figure 8).

Les échantillons ont ensuite été individualisés, formolés et stockés à l'abri de la lumière. Au laboratoire, la faune et la flore ont été triées, déterminées à l'espèce et comptés.

De plus, des photographies de chaque quadrat ainsi que des photos « paysages » ont été réalisées.

Ce travail a permis de réaliser une description quantitative de la faune et de la flore de petite taille.

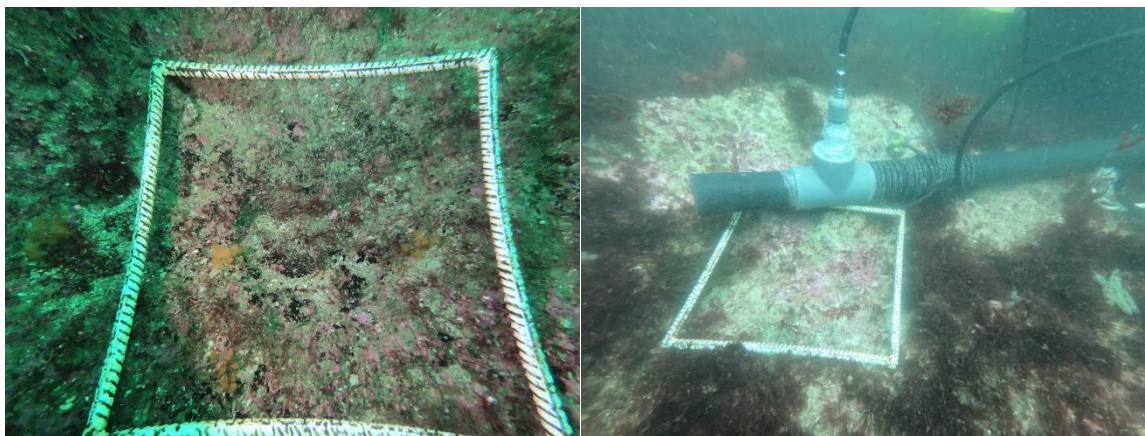


Figure 8 : Quadrat, suceuse.

2.3.3 Stratégie d'échantillonnage sur les enrochements

La liaison sous-marine est ensouillée ou protégée par protections externes également dénommées ci-après « blocs immergés » (Figure 9). Ainsi, RTE doit réaliser un suivi pour évaluer l'effet récif et de la recolonisation de ces blocs immergés.



Figure 9 : Exemple de protection externe (Taormina, 2019)

Les campagnes « plongées » pour l'échantillonnage des enrochements se sont déroulées du 16 au 20 août 2021 depuis le port de Saint-Nazaire, à partir du navire « Tzigane II », en même temps que l'étude des zones rocheuses. Deux stations sont étudiées PK8,5 et PK19,5

(Figure 10). La première zone de blocs immergés s'étend sur 128 m et la seconde sur 75 m. Le principe de l'enrochement est illustré à la Figure 11.

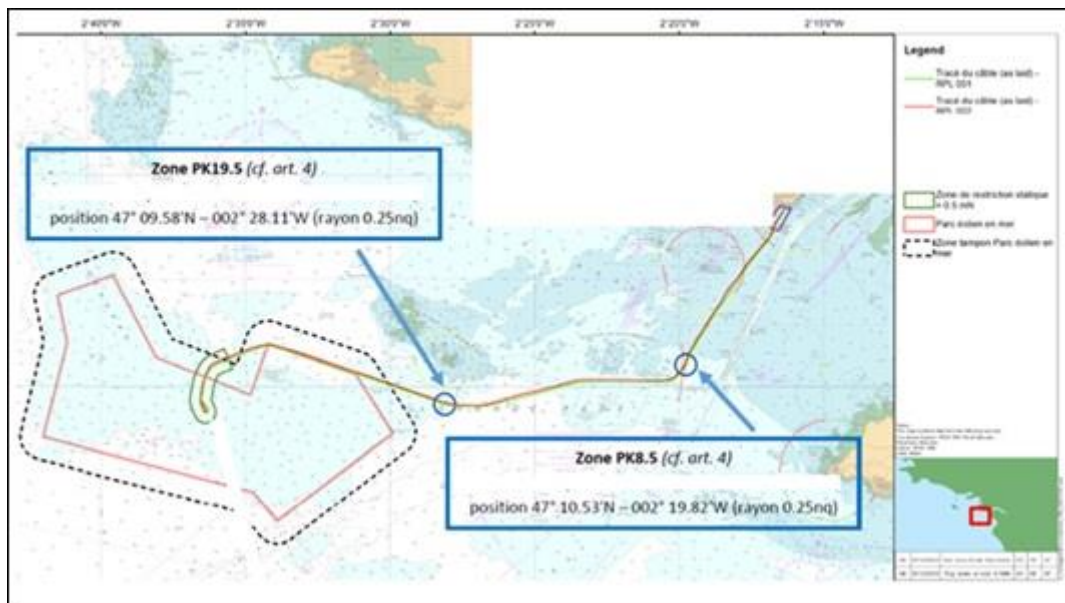


Figure 10 : Localisation des stations PK19.5 et PK8.5 le long du fuseau de raccordement.

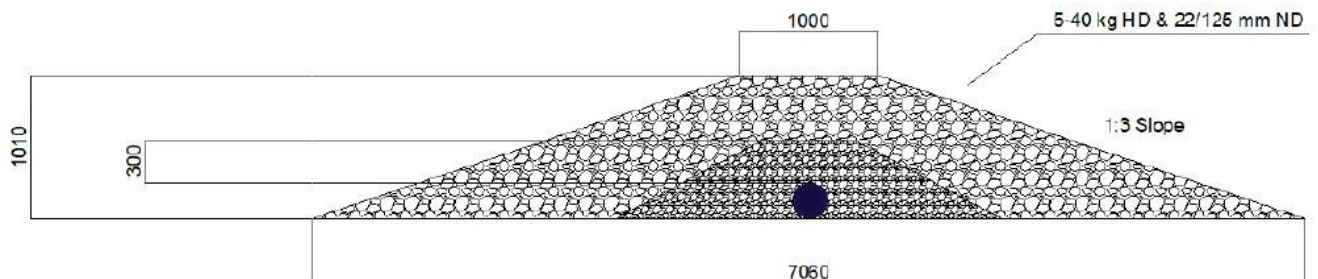


Figure 11 : Schéma des blocs immergés (RTE)

Le protocole prévu est très proche de celui mis en place pour les zones rocheuses. En effet, mettre en place une approche systématique sur une surface connue apporte une vraie plus-value en apportant des informations précises sur les peuplements floristiques et faunistique y compris la macrofaune et en offrant la possibilité d'une approche statistique. Il est également très proche des suivis par études du recouvrement qui ont été réalisés lors du projet RECIF (Recif, 2015) ou les travaux de Taormina (2019) par exemple.

Ainsi, sur ces deux stations, plusieurs types de relevés seront réalisés : des quadrats et des transects.

Pour les quadrats, 15 quadrats sont réalisés. Ils sont répartis de la façon suivante : 5 sur le plateau, 5 sur une des pentes et 5 sur l'autre pente. Cette stratégie permet de mettre en évidence une éventuelle influence des conditions environnementales et notamment d'exposition au courant et/ou aux vagues. Sur ces quadrats de 0,1 m², des photos sont réalisées pour faire des études sur le recouvrement, puis des prélèvements par suceuse sont faits.



Figure 12 : Exemples de quadrats réalisés sur PK8.5 et PK19.5.

Des transects sont également réalisés le long des enrochements permettant d'évaluer les effectifs de gros crustacés et les effets de niche pour les tourteaux, congres et surtout homards qui sont des espèces emblématiques de la zone d'étude. Ces transects permettent également de compter les échinodermes et les lamineaires (si elles sont présentes), et d'étudier l'homogénéité des habitats et la présence éventuelle de micro-habitats.

Dix transects de 30 m sur une largeur de 2 m sont réalisés et répartis de la façon suivante : (Figure 13) :

- Deux transects sur le plateau,
- Deux transects sur une des pentes,
- Deux transects sur l'autre pente,
- Deux transects sur une des interfaces blocs immergés et sédiment,
- Deux transects sur l'autre interface blocs immergés et sédiment.

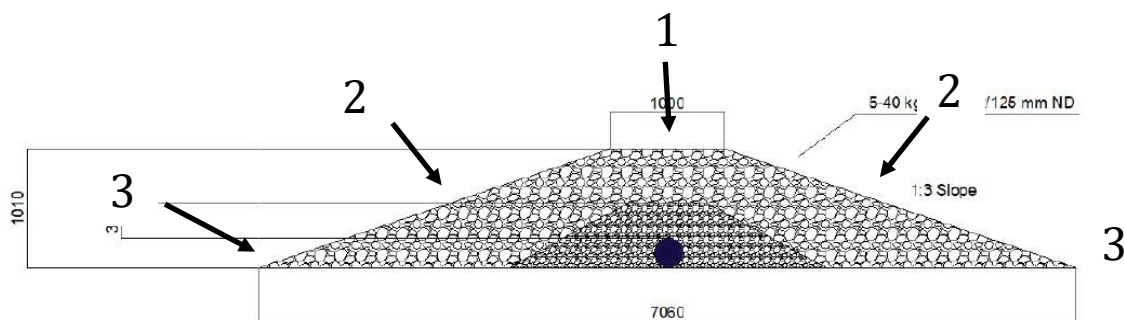


Figure 13 : Localisation du plateau (1), pentes (2) et interface bloc immergé et sédiment (3)

2.3.4 Traitements des données

Abondance et richesse spécifique

Les données biologiques acquises (détermination des espèces) ont permis l'estimation de deux paramètres synthétiques que sont l'**abondance** (A : exprimée en nombre d'individus par mètre carré) et la **richesse spécifique** (S : correspondant au nombre total d'espèces différentes récoltées dans l'ensemble des échantillons prélevés pour une station).

Indices 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).

Indice biotique et état de santé du milieu :

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.

- 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 5 indique les correspondances entre les valeurs de l'indice AMBI et l'état de santé des communautés benthiques.

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, etc.). 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 14 illustre l'évolution des groupes écologiques en fonction d'une perturbation croissante liée à un enrichissement en matière organique.

Tableau 5 : Valeurs d'AMBI et état de santé des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)

AMBI	Groupe Ecologique dominant	Classification de la pollution	État de santé
$0,0 < \text{AMBI} \leq 1,2$	I	Normal	Très bon
$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$	III	Légèrement pollué, état transitoire	Bon
$3,3 < \text{AMBI} \leq 4,3$		Modérément pollué	Moyen
$4,3 < \text{AMBI} \leq 5,5$	IV-V	Gravement pollué	Médiocre
$5,5 < \text{AMBI} \leq 7$	V	Azoïque	Mauvais

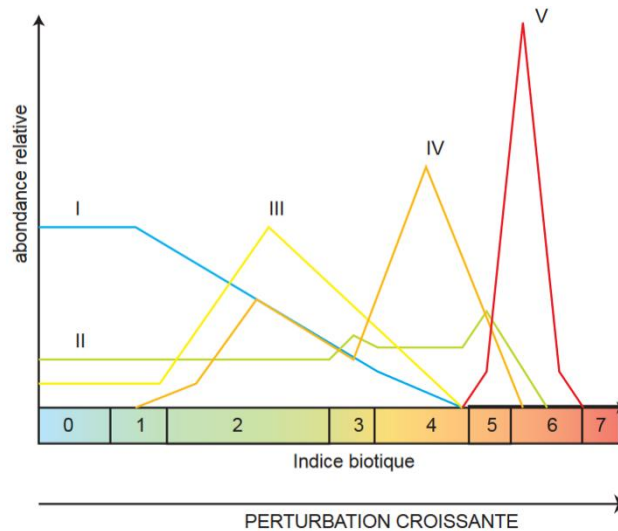


Figure 14 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).

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 représentée. 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). 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 15 suivante résume la démarche mise en œuvre dans le cadre des analyses multivariées (Grall and Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982).

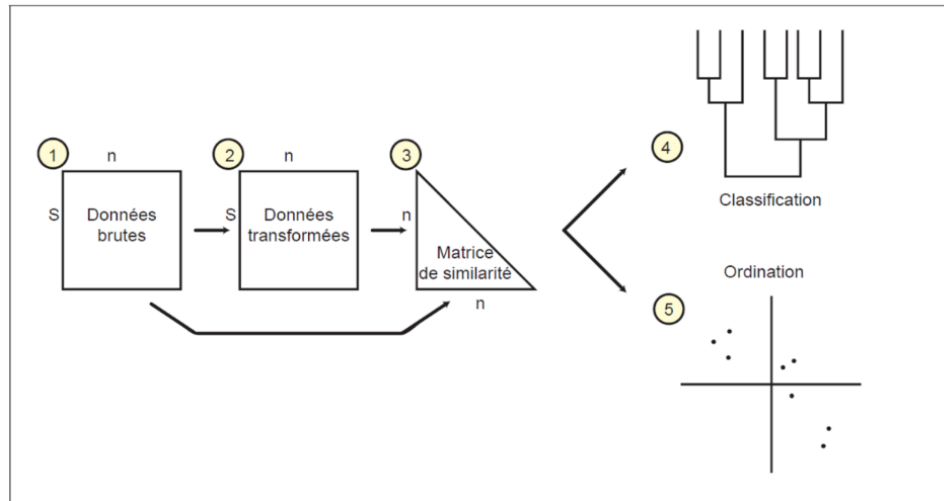


Figure 15 : Analyses multivariées : résumé des étapes conduisant à la classification ou à l'ordination, méthode normale (Source : Grall et Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982)

Typologie des habitats

Il existe plusieurs typologies d'habitats comme celle des cahiers d'Habitats Natura 2000 (2004), la classification EUNIS (European Nature Information System) ou la typologie du MNHN (Michez *et al.*, 2019). Afin de faciliter la gestion des données sur les habitats naturels et les végétations dans les systèmes d'information sur la nature, le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) rend disponible le référentiel national des habitats HABREF sous forme informatique sur son site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

La typologie des habitats retenue pour lister les habitats benthiques de l'étude est la classification du MNHN. Ce référentiel national définit un langage commun pour les habitats facilitant la mise en œuvre des politiques publiques de conservation et permet d'inventorier les habitats présents en France métropolitaine. Son utilisation est préconisée pour l'ensemble des programmes ayant attrait à la conservation des habitats marins à l'échelle nationale.

3 RESULTATS

3.1 Qualité des sédiments

3.1.1 Granulométrie

La granulométrie a été réalisée sur les 7 stations du suivi de la qualité des sédiments. Les mesures sont présentées dans le Tableau 6 et la Figure 16.

Les fractions granulométriques calculées montrent une part de graviers de près de 20 à 30 % dans les stations RTE_024 et RTE_038 et ref_Loire. Alors que la majorité des stations est principalement constituée de sable grossier, la station RTE_024 se distingue par sa fraction importante de vase (54 %) ainsi que RTE_034 avec ses 47,2 % de sables moyens et 20,9 % de sables fins.

Tableau 6 : Résultats des analyses granulométriques pour les 7 stations du suivi (les stations sont présentées du large vers la côte)

Classes de taille	Sédiment	RTE_008	RTE_018	RTE_022	RTE_024	RTE_034	RTE_038	Ref_Loire
0 - 63µm	Vase	0	0,2	3,5	53,6	2,2	0	5
63-250µm	Sable fin	0	2,5	6,9	16,8	20,9	0	8,5
250-500µm	Sable moyen	0	25,7	19,4	1,5	47,2	12,4	21,9
500-2000µm	Sable grossier	0	62,8	60,2	0,3	26,4	66,6	43,9
2-64mm	Gravier	0	8,88	9,92	27,8	3,32	21	20,7
Habitat sédimentaire			Sable grossier	Sable grossier	Vase	Sable moyen	Sable grossier	Sable grossier

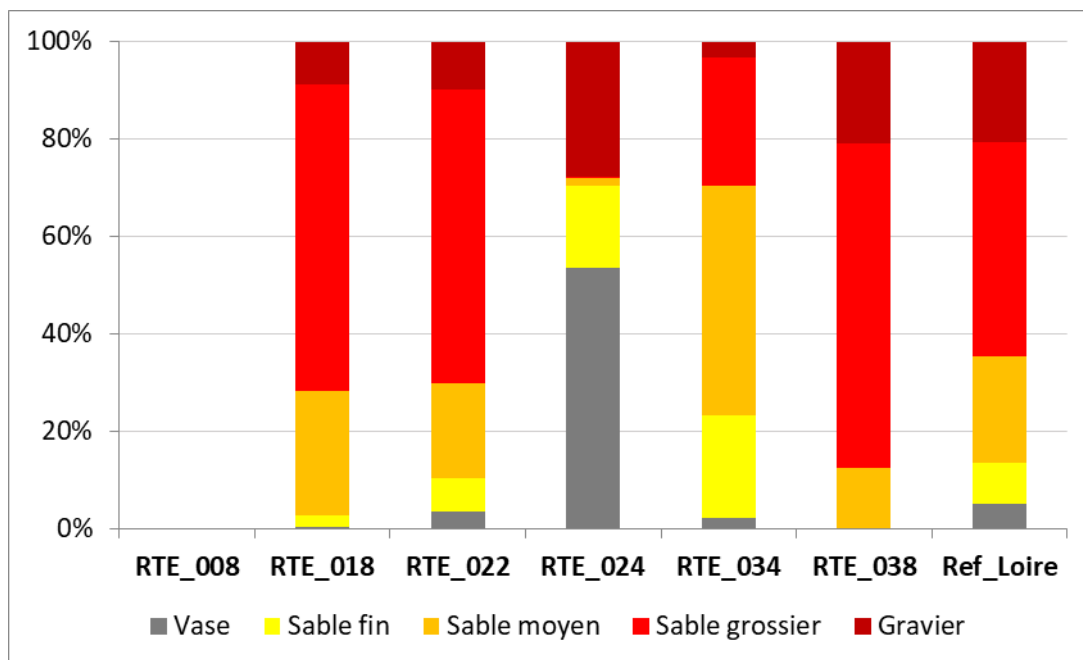


Figure 16 : Pourcentages des fractions granulométriques pour les 7 stations en 2022

3.1.2 Analyse physico-chimique

Le Tableau 5 présente les résultats des analyses réalisées sur les 6 stations du suivi. Les rapports d'analyse du laboratoire sont donnés en Annexe 1.

Les concentrations en éléments traces mesurées dans les six stations sont quasiment toutes inférieures aux seuils de définition du bon état écologique. Seule l'arsenic dépasse légèrement le seuil pour les stations RTE_022, RTE_024, RTE_038 et RTE_034.

Concernant les PCB, la majorité des concentrations est inférieure aux seuils de détection. Seule la concentration en PCB 118 de la station RTE_018 dépasse le seuil de définition du bon état écologique.

Concernant les HAP, toutes les concentrations mesurées aux six stations sont inférieures aux seuils de définition du bon état écologique.

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 fort pour la station RTE_024 (note = 7).

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

Tableau 7 : Résultats des analyses réalisées sur les sédiments des 6 stations en 2022

		Bon état écologique DCSMM 2018	RTE_018	RTE_022	RTE_024	RTE_038	RTE_034	Ref Loire
Paramètres	Unité	ERL/BAC						
Physico-chimie								
Fraction inférieure à 2 mm	%		100	100	100	100	100	100
Carbone Organique Total (COT)	% MS		0,14	0,13	1,43	0,12	0,16	0,24
Densité			2,13	2,11	1,59	2,16	2,08	2,16
Matière sèche	%		79,8	83	47	81,9	76,1	80,2
Azote Total Kjeldhal	% MS		<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05
Phosphore total (en P)	mg/ kg MS		184	526	783	682	729	465
Métaux lourds								
Aluminium	mg/ kg MS		612	3890	16300	3040	3500	4700
Arsenic	mg/kg MS	8,2	4,95	9,08	14,6	9,69	9,71	7,89
Cadmium	mg/kg MS	1,2	<0,40	<0,40	<0,40	0,43	<0,40	0,46
Chrome Total	mg/kg MS	81	7,64	12,9	36,6	31,9	14,7	11,7
Cuivre	mg/kg MS	34	<5,00	<5,00	17,5	6,97	<5,00	<5,00
Fer	mg/kg MS		2870	12600	24700	17000	12300	9830
Mercuré	mg/kg MS	0,015	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Nickel	mg/kg MS	21	3,47	12	19,3	15,2	13	12,4
Plomb	mg/kg MS	47	<5,00	14,8	26,7	8,63	12,9	13,1
Zinc	mg/kg MS	150	6,38	29,6	89,5	21,5	29,1	26,8
Micropolluants organiques PCB								
PCB 28	µg/kg MS	1,7	<1	<1	1,7	<1	<1	<1
PCB 52	µg/kg MS	2,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 101	µg/kg MS	3	1,4	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 118	µg/kg MS	0,6	2,4	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 138	µg/kg MS	7,9	2,3	<1	1,1	<1	<1	<1
PCB 153	µg/kg MS	40	3,2	<1	2	<1	<1	<1
PCB 180	µg/kg MS	12	1,9	<1	<1	<1	<1	<1
Micropolluants organiques HAP								
Naphtalène	µg/kg MS	160	<2	<2,1	<2,2	<2,1	<2	<2,2
Acénaphthylène	µg/kg MS		<2	<2,1	2,9	<2,1	<2	<2,2
Acénaphthène	µg/kg MS		<2	<2,1	2,8	<2,1	<2	<2,2
Fluorène	µg/kg MS		<2	<2,1	5	3,1	<2	<2,2
Phénanthrène	µg/kg MS	240	6,3	2,3	17	7,4	2,4	7,2
Anthracène	µg/kg MS	85	<2	<2,1	5,7	<2,1	<2	<2,2
Fluoranthène	µg/kg MS	600	11	3,5	44	8,1	<2	7,8
Pyrène	µg/kg MS	665	13	4,3	34	8,1	<2	6,8
Benzo [a] anthracène	µg/kg MS	261	8,5	3,8	33	4,3	<2	4,4
Chrysène	µg/kg MS	384	8,2	3,4	36	3,8	<2	4,5
Benzo [b] fluoranthène	µg/kg MS		15	4,3	78	5,5	<2	6,5
Benzo [k] fluoranthène	µg/kg MS		5,5	2,6	33	3,4	<2	3,7
Benzo [a] pyrène	µg/kg MS	430	15	3,2	37	4,1	<2	4,6
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	µg/kg MS	240	9,3	<2,1	24	<2,1	<2	2,4
Di benzo [a,h] anthracène	µg/kg MS		4,5	<2,1	11	<2,1	<2	<2,2
Benzo [g,h,i] pérylène	µg/kg MS	85	10	<2,1	27	2,2	<2	3,9
Dérivés de l'étain								
TBT	µg/kg MS		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
DBT	µg/kg MS		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
MBT	µg/kg MS		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Indices								
Indice COT			1	1	4	1	1	2
Indice Azote NTK			0	0	2	0	0	0
Indice Phosphore			0	1	1	1	1	0
Indice de pollution organique			1	2	7	2	2	2

3.1.3 Comparaison avec les données de 2020

La granulométrie des sept stations suivies n'a pas évolué entre 2020 et 2022 à l'exception de la station RTE_034 pour laquelle les fractions en sables moyens et grossiers ont augmenté au détriment de la fraction de sable fin (Figure 17). La station RTE_024 reste très marquée par la forte présence de vases.

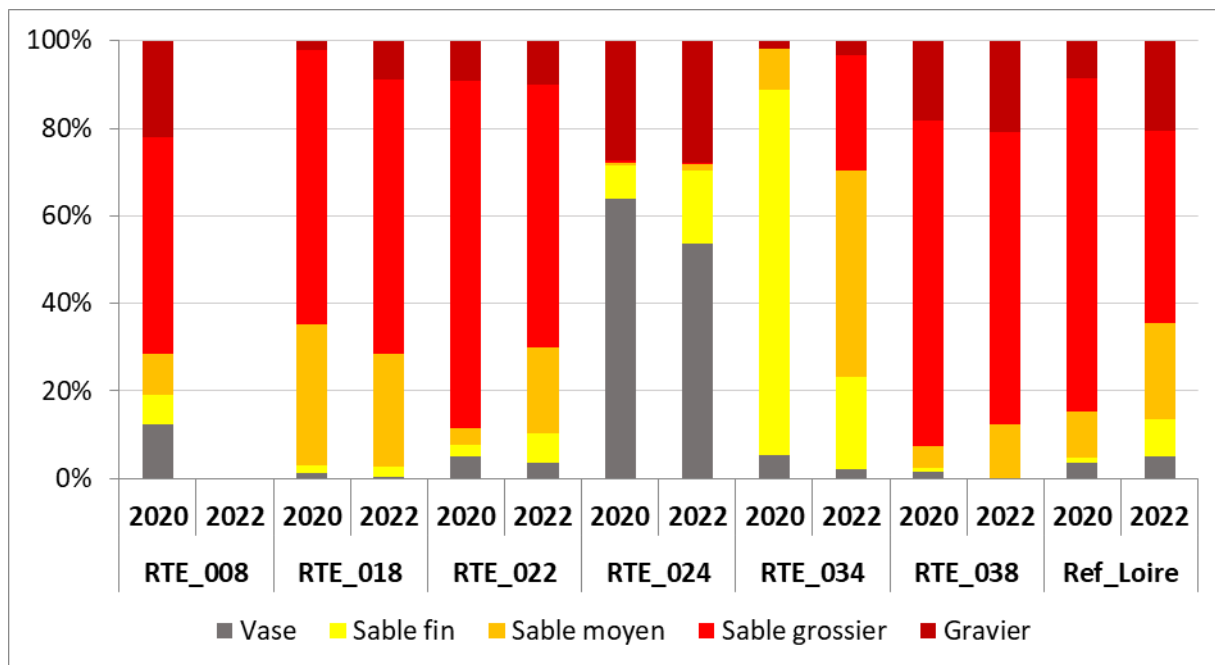


Figure 17 : Comparaison des granulométries mesurées sur les 7 stations du fuseau entre 2020 et 2022

Pour la qualité physico-chimique des sédiments, aucune évolution notable n'est observée entre 2020 et 2022. Les sédiments sont restés dans un bon état écologique. Pour l'indice de pollution, seule la station RTE_024 présente un indice de 7 alors que toutes les autres stations ont un indice de 1 ou 2 ce qui était déjà le cas en 2020.

3.2 Qualité de l'eau

Evaluation de l'état chimique

Le Tableau 8 présente l'ensemble des analyses réalisées sur les échantillons de surface et de fond prélevés aux 7 stations du suivi. Les rapports de laboratoire sont donnés en Annexe 5.

Les concentrations en PCB, HAP et TBT sont inférieures aux seuils de détection.

Pour les métaux lourds, ne disposant pas du bruit de fond géochimique, il n'est pas possible d'évaluer les concentrations en arsenic, chrome, cuivre et zinc. Le cadmium présente une concentration inférieure aux limites de détection. **Pour les autres éléments, les concentrations les plus élevées sont observées aux trois stations les plus proches de la côte : RTE_034, RTE_038 et Ref_Loire, notamment en surface.**

Il est à noter que toutes les concentrations en plomb dépassent le seuil NQE-MA sans dépasser le seuil NQE-CMA.

La qualité chimique de l'eau des sept stations suivies n'a pas évolué entre 2020 et 2022 avec globalement de très faibles concentrations en métaux et en polluants organiques.

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

Tableau 8 : Résultats des analyses d'eau en comparaison aux seuils NQE de la directive 2013/39/UE confirmé par l'arrêté du 27/07/2018

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		RTE_008		RTE_018		RTE_022		RTE_024		RTE_038		RTE_034		Ref_Loire	
Paramètre	Unité	NQEp	NQE-MA	NQE-CMA	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface
Physico-chimie																		
Salinité	UPS				33,9	33,5	33,7	33,4	33	31,3	33,3	31,5	31,3	22	32,6	29	31,6	24,3
Matière en Suspension (MES)	mg/L				11	8,1	11	5,9	33	8,5	53	28	42	13	26	9,7	17	9,3
Carbone Organique Total (COT)	mg/L				1,5	0,84	1,3	1,1	1,8	1,2	2,3	1,7	1,6	2,4	1,3	1,7	1,3	1,8
Oxygène dissous	mg/L				11	10,7	9,8	10,1	9,7	10,2	10,3	10,1	10,3	10,5	10,1	10,2	10,1	10,2
Azote global	mg/L				<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	1,12	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	1,34	<0,50	0,64	<0,50	1,13
Azote Kjeldhal	mg/L				<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Azote ammoniacal (en NH4)	µmol/L				3,09	2,87	4,59	2,44	4,23	2,44	1,73	2,23	2,01	6,72	2,16	5,76	2,01	3,49
Nitrates (en NO3)	µmol/L				9,79	11,6	10,8	20,2	79,9	26,4	13,2	26,7	29,5	95,3	19,8	45,3	28,6	80,4
Nitrites (en NO2)	µmol/L				0,23	0,21	0,21	0,18	0,24	0,22	0,2	0,23	0,34	0,31	0,3	0,28	0,31	0,32
Phosphore total (en P)	mg/L	0,2			0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03	0,1	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05
Silicates	µmol/L				4,44	4,8	3,97	5,95	7,8	17	7,29	17,8	22,5	7,56	14,4	35,1	19,7	20,7
Chlorophylle a	µg/L				0,1	1	4,8	0,4	3,3	2,5	5,9	NM	1,6	0,7	1,7	2,9	1,3	1,7
Phéopigments	µg/L				<0,1	0,2	2,1	0,2	1,8	0,5	2,6	NM	1,1	0,3	0,8	0,6	0,7	0,4
Métaux lourds																		
Aluminium	µg/L				120	130	210	91	700	100	780	640	630	230	280	150	210	140
Arsenic	µg/L	BFG + 4,2			10	<5,0	11	12	6,9	12	<5,0	< 5	<5,0	< 5	26	<5,0	13	7,9
Cadmium	µg/L	BFG + 0,2	0,08	0,45	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	< 0,2	<0,2	< 0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrome Total	µg/L	BFG + 3,4			<1,0	<1,0	6,9	10	1,1	6,6	<10	<10	<10	<10	1	2,6	<1,0	<1,0
Cuivre	µg/L	BFG + 1,4			2,6	1,4	2,7	2,1	2,2	2,6	2,5	<10	2,9	<10	9,3	11	9,2	4,2
Mercure	µg/L	BFG + 0,05		0,07	0,016	0,019	0,021	0,016	0,02	<0,015	0,018	0,019	0,025	0,026	<0,015	0,017	0,023	0,015
Nickel	µg/L	BFG + 2,1	8,6	34	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,1	1,2	<10	<10	<10	<1,0	<10	<10	9,5
Plomb	µg/L	BFG + 0,4	1,3	14	5	2,4	9	2,4	6,3	1,6	9,5	14	2,8	<10	3,9	2,9	2,1	1,5
Zinc	µg/L	BFG + 3,1 ou 7,8			38	15	40	21	21	14	17	<100	15	<100	14	16	<10	<10
Micropolluants organiques (PCB)																		
PCB 28	µg/L				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 52	µg/L				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 101	µg/L				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 118	µg/L				<0,005	<0,005	<0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB 138	µg/L				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 153	µg/L				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 180	µg/L				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

Tableau (suite)

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		RTE_008		RTE_018		RTE_022		RTE_024		RTE_038		RTE_034		Ref_Loire	
HAP																		
Acénaphtène	µg/L	0,7			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthylène	µg/L	0,4			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Anthracène	µg/L	0,1	0,1	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo [a] anthracène	µg/L	0,005			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo [a] pyrène	µg/L	0,05	0,00017	0,027	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo [b] fluoranthène	µg/L	0,03		0,017	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo [g,h,i] pérylène	µg/L	0,002		0,00082	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo [k] fluoranthène	µg/L	0,03		0,017	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chrysène	µg/L	0,006			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Di benzo [a,h] anthracène	µg/L	0,00006			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène	µg/L	0,1	0,0063	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	µg/L	0,3			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	µg/L	0,002		sans objet	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Naphtalène	µg/L	1,2	2	130	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	µg/L	0,11			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène	µg/L	0,024			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dérivés de l'Etain																		
DBT	µg/L				<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
MBT	µg/L				<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
TBT	µg/L	0,0002	0,0002	0,0015	<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

Evaluation de l'état écologique

Chlorophylle a et phéopigments

Les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments mesurées en surface et au fond en 2022 pour les sept stations du suivi sont données dans le Tableau 9. L'ensemble des concentrations mesurées sont inférieures au seuil des 10 µg/L. Ces concentrations sont comparables à celles mesurées en 2020 voire légèrement inférieures pour les concentrations de fond de RTE_034 et Ref_Loire.

Pour les stations où les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments dépassent les limites de détection, la vitalité est supérieure à 1 pour toutes les stations traduisant une **forte productivité**.

Nutriments

La salinité et les concentrations en nutriments sont données dans le Tableau 10. Les concentrations en nutriments sont variables d'une station à l'autre avec un gradient côte – large nettement visible. Les concentrations en nitrates et en silicates sont plus élevées à la côte.

Comparées à 2020, les concentrations en nutriments sont comparables à l'exception des nitrates qui sont plus faibles en 2022.

Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous pour les prélèvements de chaque station est donnée dans le Tableau 11. Ces concentrations sont nettement supérieures au seuil d'hypoxie et supérieures à celles mesurées en 2020.

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

Tableau 9 : Concentrations en chlorophylle a et en phéopigments.

		RTE_008		RTE_018		RTE_022		RTE_024		RTE_038		RTE_034		Ref_Loire	
		fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface
2022	Chlorophylle a (µg/L)	0,1	1	4,8	0,4	3,3	2,5	5,9	NM	1,6	0,7	1,7	2,9	1,3	1,7
	Phéopigments (µg/L)	<0,1	0,2	2,1	0,2	1,8	0,5	2,6	NM	1,1	0,3	0,8	0,6	0,7	0,4
	Vitalité		5	2,3	2,0	1,8	5,0	2,3		1,5	2,3	2,1	4,8	1,9	4,3
2020	Chlorophylle a (µg/L)	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	1,7	1,5	< 1,5	3,2	8,1	1,6	8,8	1,7
	Phéopigments (µg/L)	< 1,5	< 1,5	4,2	< 1,5	< 1,5	5	2,5	1,5	2,3	< 1,5	23	3	21,2	2,7
	Vitalité	-	-	-	-	-	-	0,7	1,0	-	-	0,4	0,5	0,4	0,6

Tableau 10 : Salinité et concentrations en nutriments

		RTE_008		RTE_018		RTE_022		RTE_024		RTE_038		RTE_034		Ref_Loire	
		fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface
Salinité		33,9	33,5	33,7	33,4	33	31,3	33,3	31,5	31,3	22	32,6	29	31,6	24,3
Azote Kjeldhal (mg/L)		<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Ammoniac (µmol/L)		3,09	2,87	4,59	2,44	4,23	2,44	1,73	2,23	2,01	6,72	2,16	5,76	2,01	3,49
Nitrates (µmol/L)		9,79	11,6	10,8	20,2	79,9	26,4	13,2	26,7	29,5	95,3	19,8	45,3	28,6	80,4
Nitrites (µmol/L)		0,23	0,21	0,21	0,18	0,24	0,22	0,2	0,23	0,34	0,31	0,3	0,28	0,31	0,32
Phosphore total (mg/L)		0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03	0,1	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05
Silicates (mg/L)		4,44	4,8	3,97	5,95	7,8	17	7,29	17,8	22,5	7,56	14,4	35,1	19,7	20,7
NID (salinité mesurée)		13,1	14,7	15,6	22,8	84,4	29,1	15,1	29,2	31,9	102,3	22,3	51,3	30,9	84,2
NID (salinité 33)		12,8	14,5	15,3	22,5	84,4	30,6	15,0	30,5	33,6	153,5	22,5	58,4	32,3	114,4
NID 2020		22,9	103,9	31,9	135,9	23,9	163,7	42,7	154,2	41,9	189,6	67,2	113,3	84,1	322,3

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

Tableau 11 : Concentration en oxygène dissous mesurée au fond

		RTE_008		RTE_018		RTE_022		RTE_024		RTE_038		RTE_034		Ref_Loire	
		fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface
2022	Oxygène dissous (mg/L)	11	10,7	9,8	10,1	9,7	10,2	10,3	10,1	10,3	10,5	10,1	10,2	10,1	10,2
2020	Oxygène dissous (mg/L)	4,9		5,2	4,3	5	1,9	4,8	5,8	5,8	5,9	4,8		4,6	5,9

3.3 Suivi des peuplements et habitats benthiques

3.3.1 Suivi des peuplements et des habitats des substrats meubles

3.3.1.1 Granulométrie

La granulométrie des 14 stations étudiées est présentée Figure 18 et Figure 19. Les résultats montrent une hétérogénéité entre les stations. Quatre stations sont dominées par des sables grossiers et graviers (RTE_018, RTE_022, Ref_RTE_033, RTE_038 et Ref_Loire) avec des pourcentages cumulés allant de 58,7 à 87,6 %. Sept stations sont dominées par des sables fins et moyens (Ref_RTE_018, Ref_RTE_022, Ref_RTE_038, RTE_033, Ref_RTE_041, RTE_041, RTE_34) avec des pourcentages cumulés allant de 63,5 à 92,2 %. Enfin, deux sont dominées par des vases (RTE_024, Ref_RTE_024) avec respectivement des pourcentages de 53,6 et 49,4 %.

Ainsi, les résultats granulométriques indiquent que les stations échantillonnées sont associées à 3 types sédimentaires : les **sédiments grossiers**, les **sables fins à moyens mobiles** et les **vases sableuses**.

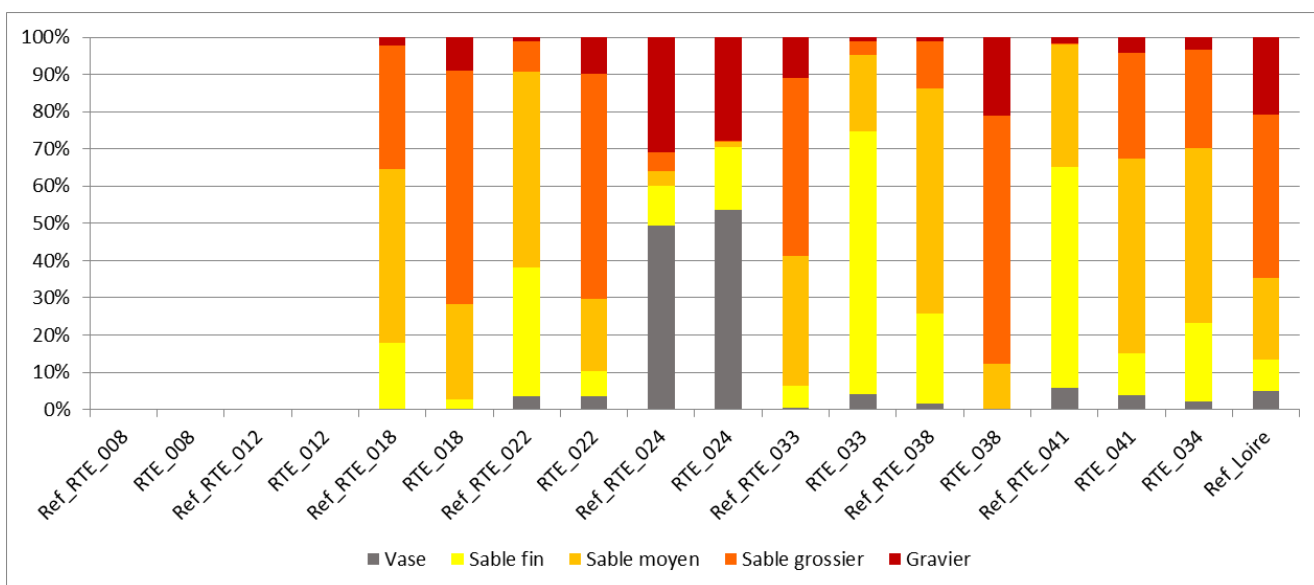
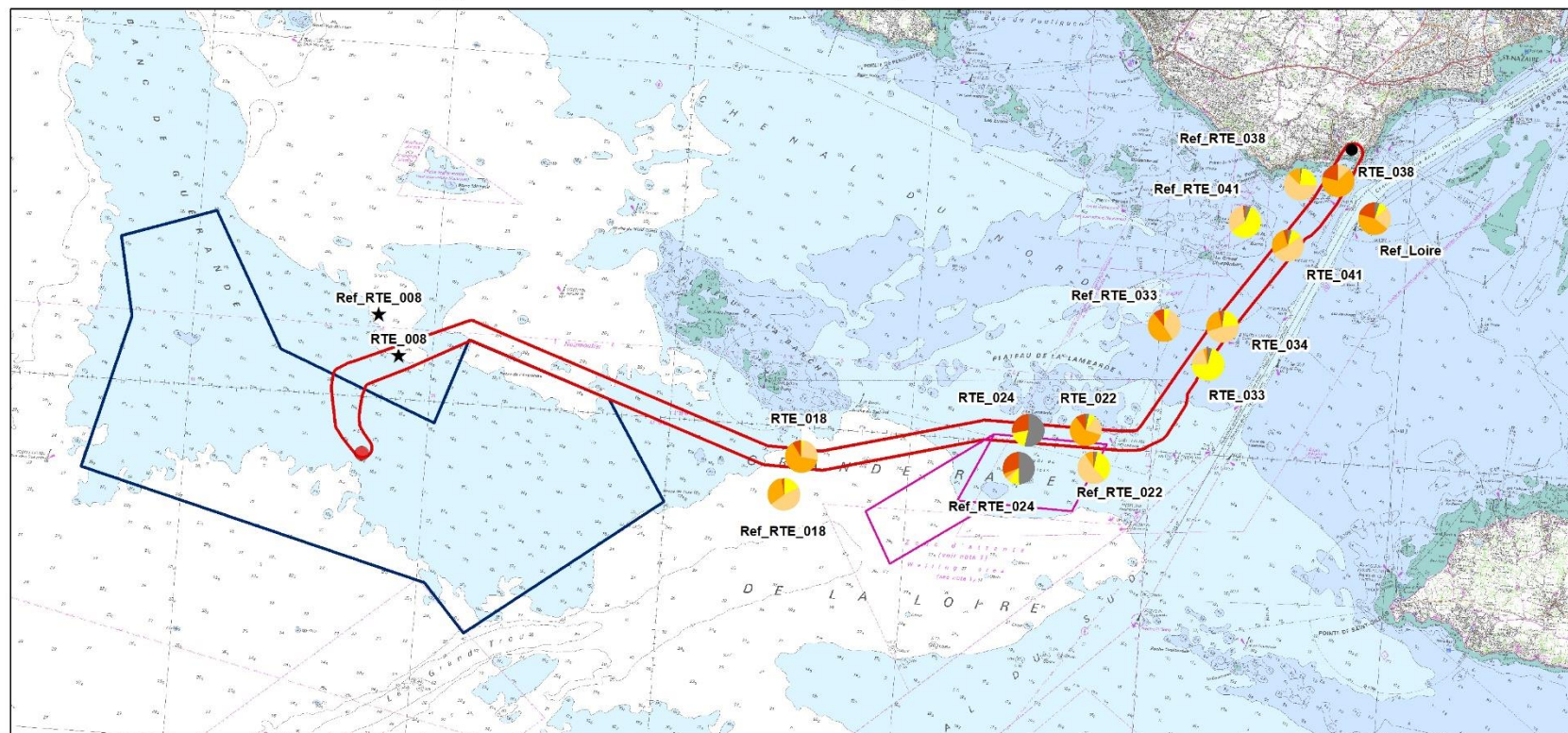


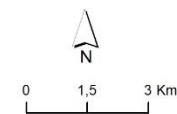
Figure 18 : Fractions granulométriques mesurées aux 16 stations du suivi des peuplements benthiques.

FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES - ETUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Suivi écologique des travaux en mer - Raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire



- Site d'immersion de la Lambarde
 - Tracé général maritime
 - Site d'implantation du parc éolien
 - Poste électrique en mer
 - Atterrage
 - ★ Fond Rocheux, Echec de prélèvement
- Groupes taxonomiques**
- Vases
 - Sables fins
 - Sables moyens
 - Sables grossiers
 - Gravier



Rte
Réseau de transport d'électricité

Carte réalisée par TBM, 2022
Support cartographique : SCAN 25 IGN
Sources des données : RTE, TBM mars 2022

Figure 19 : Fractions granulométriques

3.3.1.2 Analyses des peuplements benthiques

3.3.1.2.1 Abondance et richesse spécifique

Sur l'ensemble des échantillons, **134 espèces** ont été identifiées pour un total de **1503 individus**.

La Figure 20 et la Figure 21 présentent respectivement l'abondance totale ($0,5 \text{ m}^2$) et moyenne par station. Il existe une variabilité entre les 12 stations. D'une manière générale, les valeurs varient de 22 à 333 individus au total sur les différentes stations. En moyenne, ces valeurs varient de 44 à 666 individus par mètre carré. Les stations **RTE24** et **RTE38** sont celles qui présentent les **plus fortes valeurs** d'abondances totales et moyennes. Toutes les autres stations possèdent des valeurs inférieures à 200 individus au total et 400 individus en moyenne. Les stations présentant les plus faibles valeurs sont les stations Ref_RTE22 et Ref_RTE24. Leurs valeurs d'abondances totale et moyenne sont respectivement 29 individus au total et 58 individus en moyenne pour la station Ref_RTE22 et 22 individus au total et 44 individus par m^2 en moyenne pour la station Ref_RTE24.

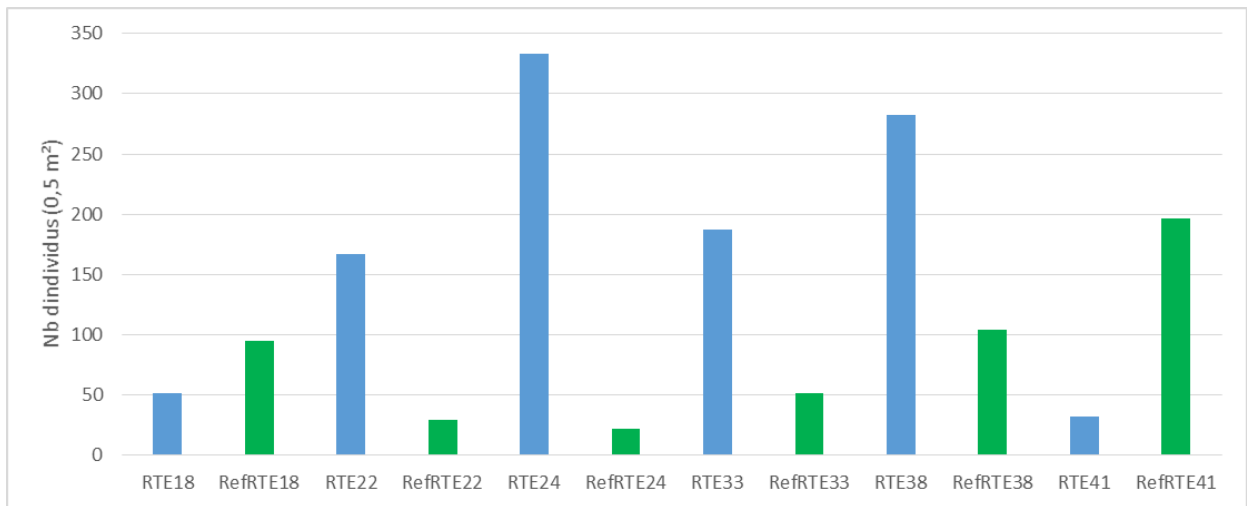


Figure 20 : Abondance totale ($0,5 \text{ m}^2$) des communautés benthiques des stations des substrats meubles en zone subtidale

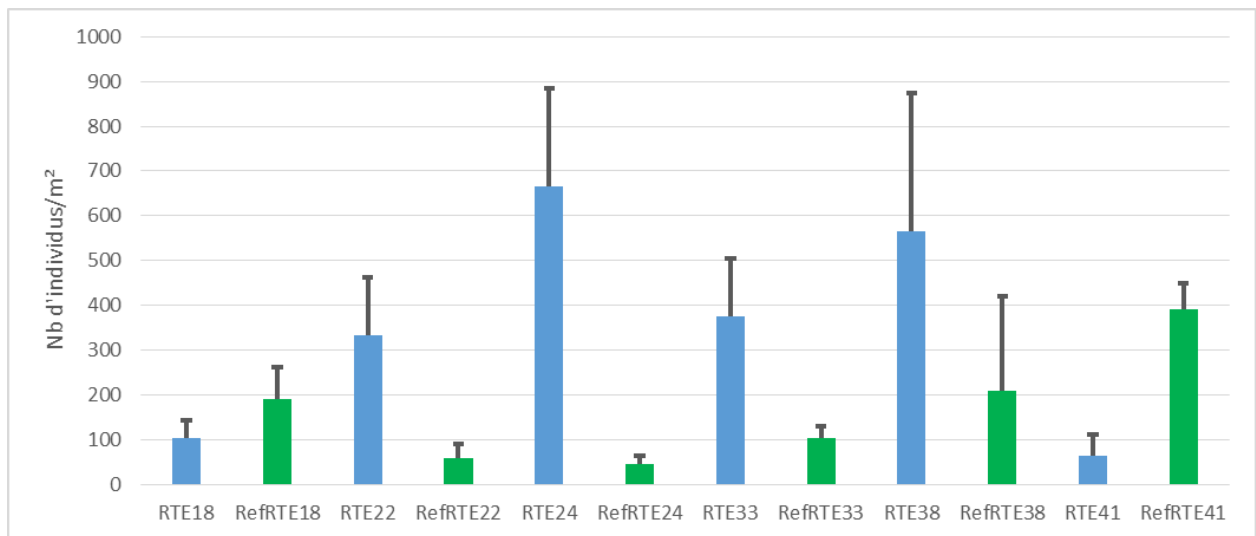
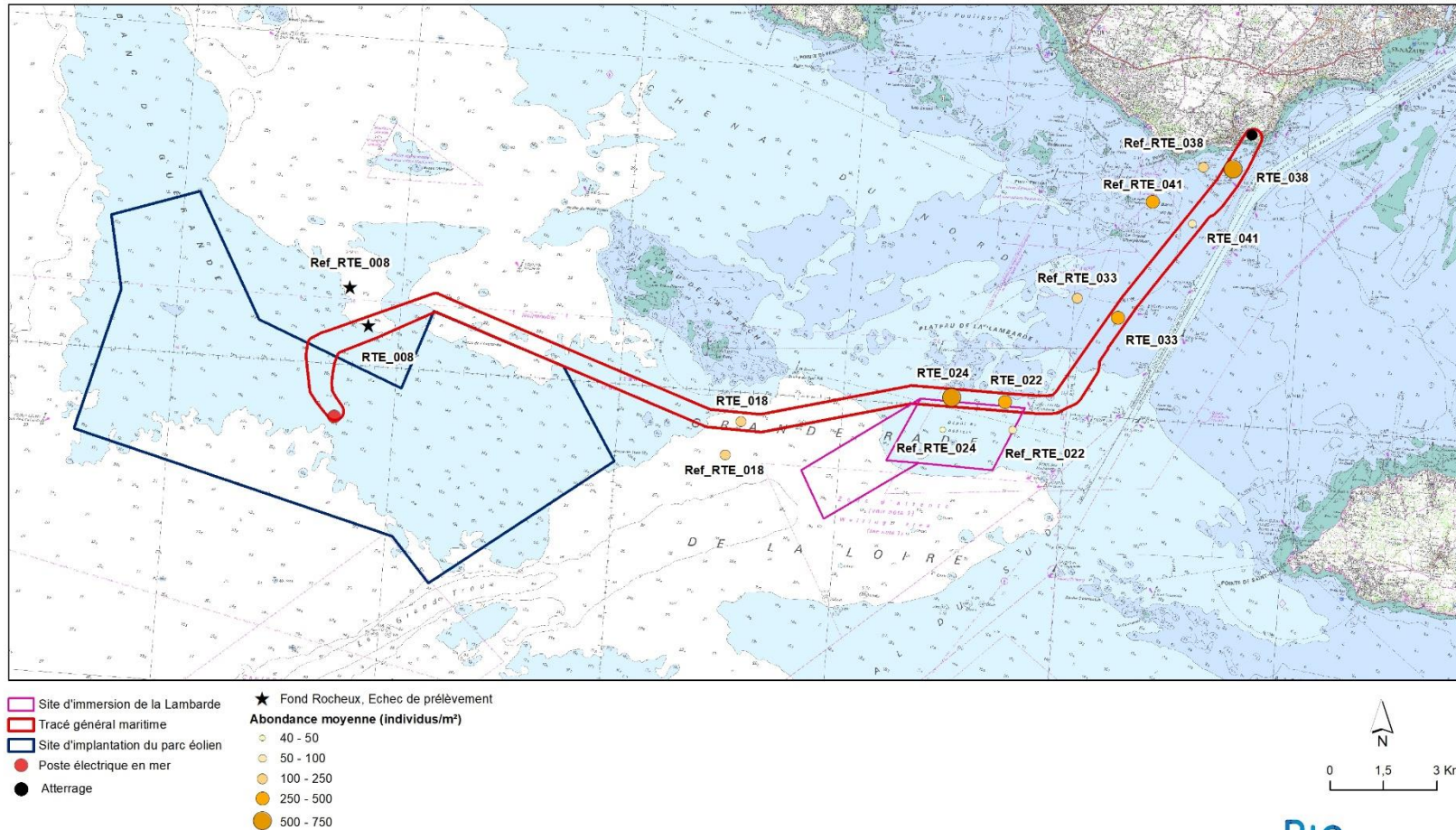


Figure 21 : Abondance moyenne (individus/ m^2) des communautés benthiques des stations des substrats meubles en zone subtidale

ABONDANCE MOYENNE - ETUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Suivi écologique des travaux en mer - Raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire



Carte réalisée par TBM, 2022
Support cartographique : SCAN 25 IGN
Sources des données : RTE, TBM mars 2022

Figure 22 : Répartition de l'abondance moyenne des communautés benthiques des stations des substrats meubles en zone subtidale

La plupart des stations (11 sur 12) sont largement dominées par les **polychètes** (en termes d'abondance) avec des pourcentages allant de 57 à 97 % (Figure 23). La station **RefRTE41** est davantage dominée par les **crustacés** avec un pourcentage de 74 %. D'une manière générale, les échinodermes (excepté sur les stations RTE18 et Ref_RTE24), les mollusques (excepté sur les stations RTE24 et RTE33) et les autres taxons tels que les cnidaires, némerthes, poissons, etc. ne sont que très faiblement représentés avec des pourcentages inférieurs à 15 %.

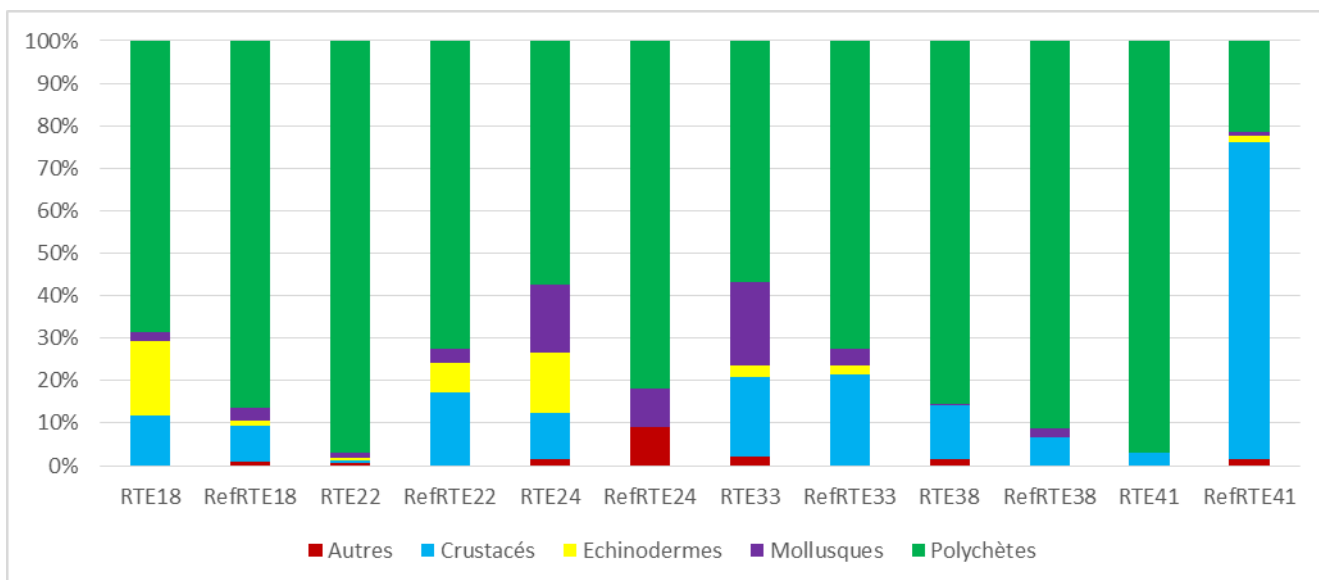
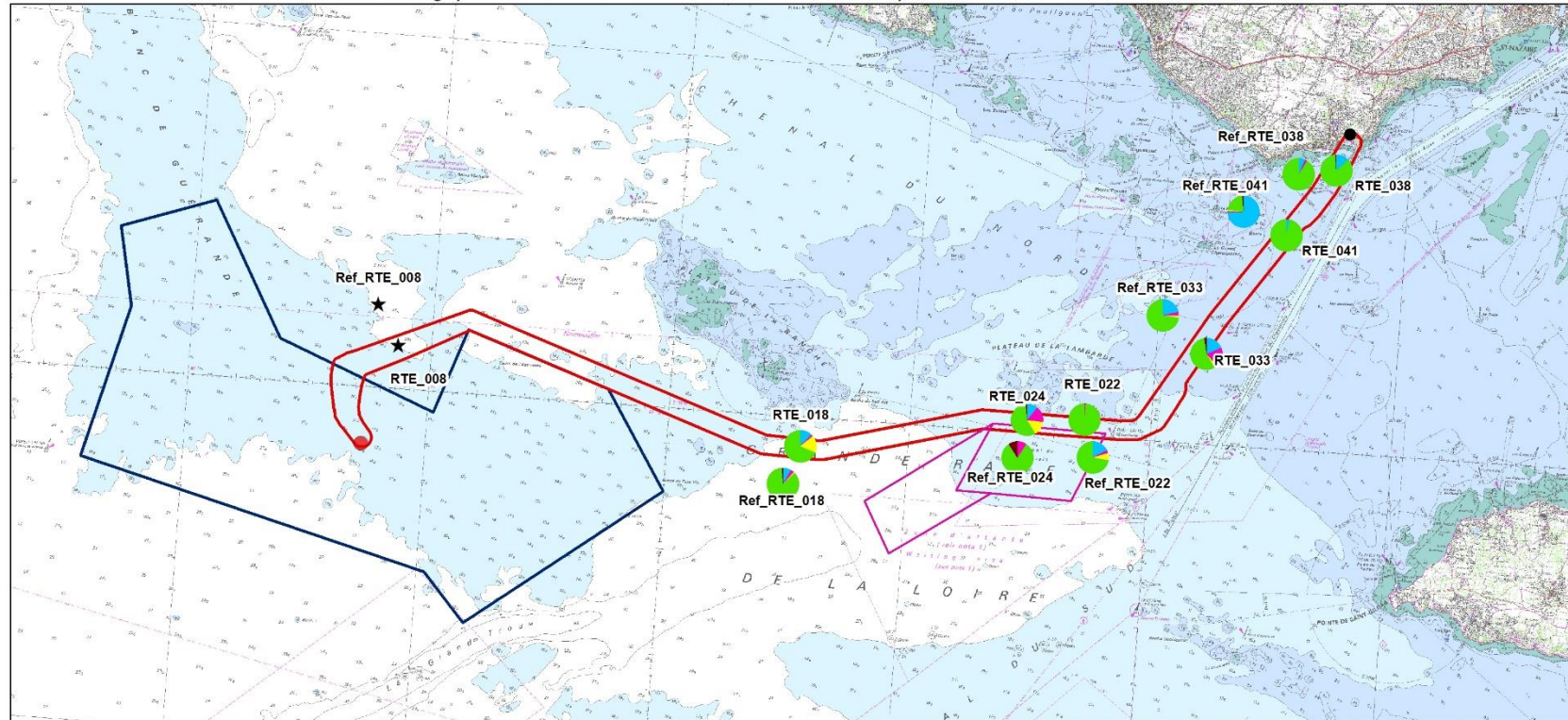


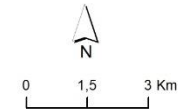
Figure 23 : Pourcentage des espèces par groupe taxonomique en termes d'abondance

POURCENTAGES DES DIFFÉRENTS GROUPES TAXONOMIQUES EN TERMES D'ABONDANCE - ETUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Suivi écologique des travaux en mer - Raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire



- Site d'immersion de la Lambarde
 - Tracé général maritime
 - Site d'implantation du parc éolien
 - Poste électrique en mer
 - Atterrage
 - ★ Fond Rocheux, Echec de prélèvement
- Groupes taxonomiques**
- Crustacés
 - Mollusques
 - Echinodermes
 - Polychètes
 - Autres



Rte
Réseau de transport d'électricité

Carte réalisée par TBM, 2022
Support cartographique : SCAN 25 IGN
Sources des données : RTE, TBM mars 2022

Figure 24 : Part des groupes taxonomiques en termes d'abondance

La Figure 25 et la Figure 26 présentent respectivement la richesse spécifique totale et moyenne par station. Le même constat ressort de ces analyses puisque la station **RTE24** est celle présentant les **plus fortes valeurs** bien que les différences soient moins marquées que pour l'abondance. Les valeurs sont comprises entre 4 et 55 espèces au total et entre 2,2 et 24 espèces en moyenne. Les stations RTE 41 et Ref_RTE24 sont celles qui possèdent les valeurs les plus faibles.

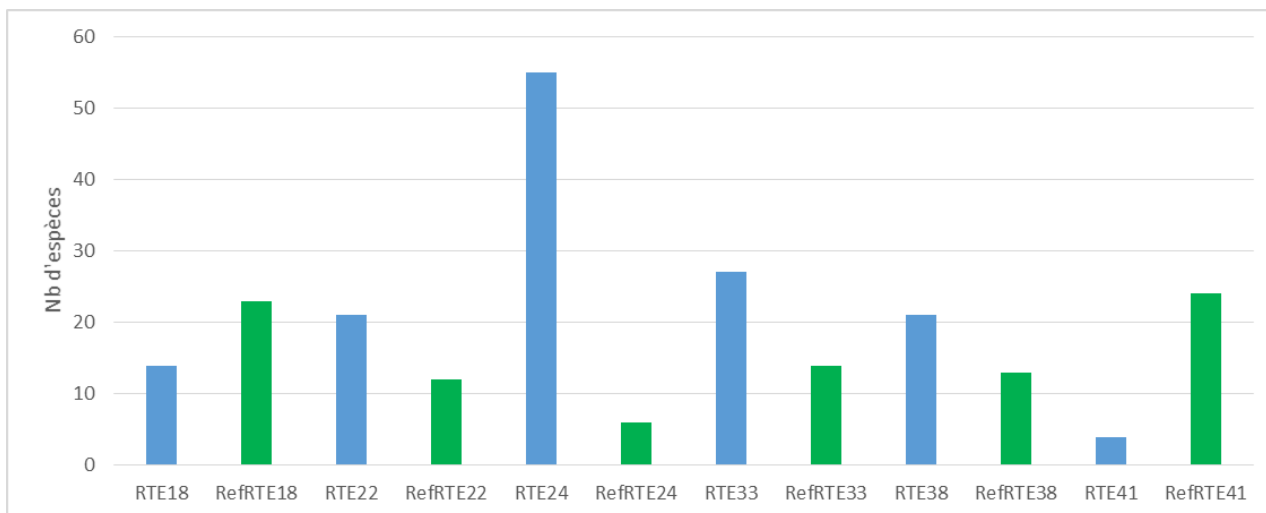


Figure 25 : Richesse spécifique totale des communautés benthiques des stations des substrats meubles en zone subtidale

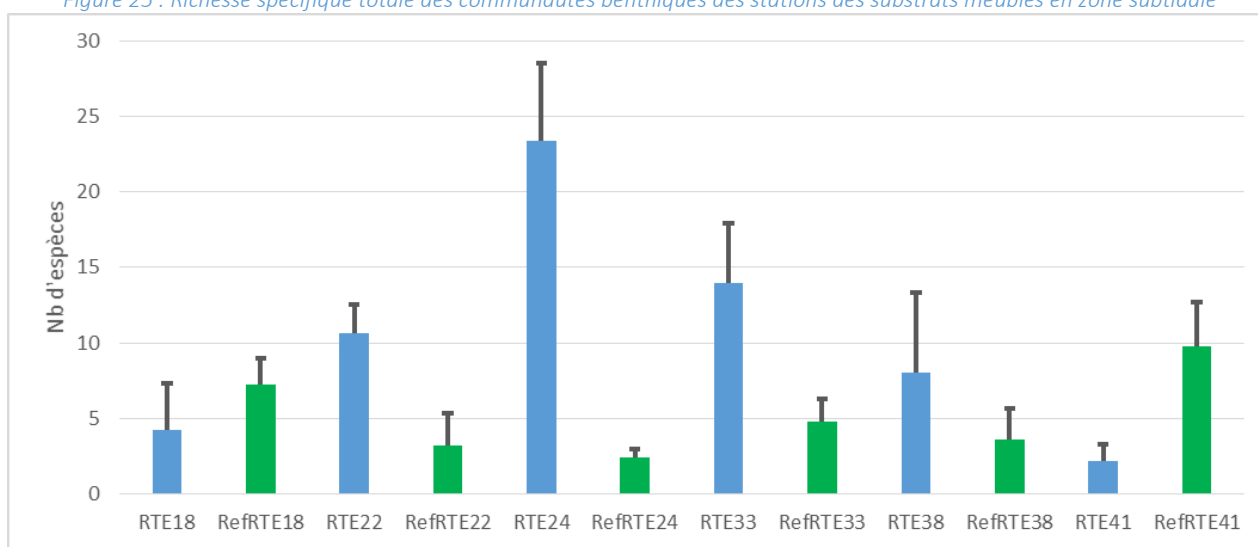


Figure 26 : Richesse spécifique moyenne des communautés benthiques des stations des substrats meubles en zone subtidale

RICHESSE SPÉCIFIQUE MOYENNE - ETUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Suivi écologique des travaux en mer - Raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire

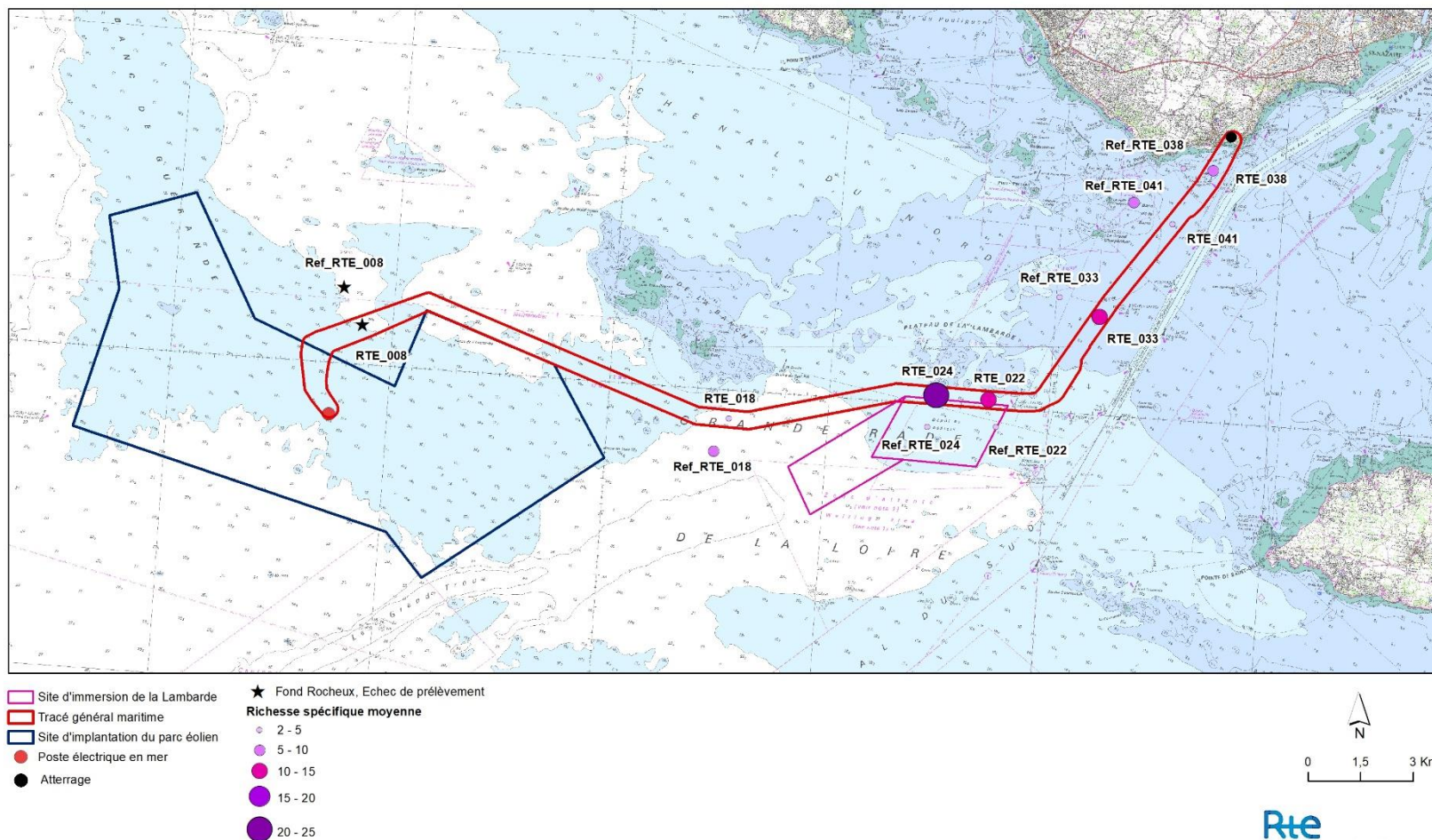


Figure 27 : Répartition de la richesse spécifique moyenne des communautés benthiques des stations des substrats meubles en zone subtidale

Comme pour les données en termes d'abondance, le groupe taxonomique dominant en termes de richesse taxonomique est celui des **polychètes**. Ce dernier domine l'ensemble des stations avec des valeurs comprises entre 42 et 76 % (Figure 28). Le second groupe taxonomique présent mais à de plus faibles pourcentages est celui des crustacés avec des valeurs comprises entre 0 et 42 %. Les mollusques et les échinodermes sont moins représentés sur les stations avec des pourcentages n'excédant pas 22 %. Enfin, les autres taxons tels que les cnidaires, némerthes, poissons, etc. présentent des valeurs inférieures à 5 % sur l'ensemble des stations sauf RefRTE24 (17% de némerthes).

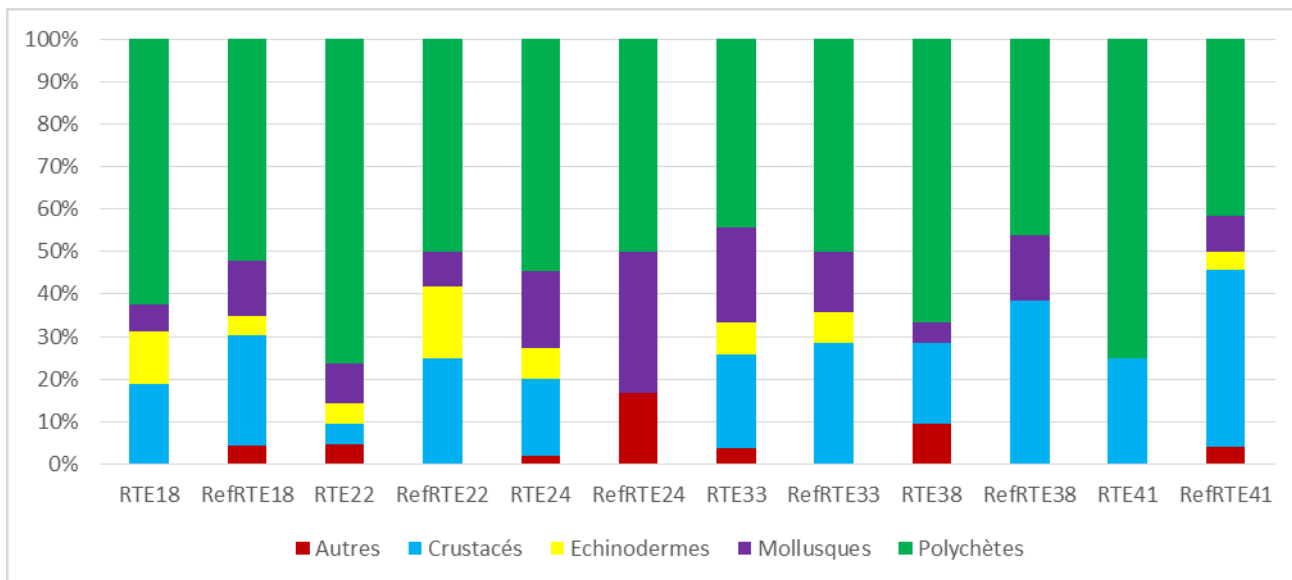


Figure 28 : Pourcentage des espèces par groupe taxonomique en termes de richesse spécifique

**POURCENTAGES DES DIFFÉRENTS GROUPES TAXONOMIQUES EN TERMES DE RICHESSE SPÉCIFIQUE -
ETUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES**
Suivi écologique des travaux en mer - Raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire

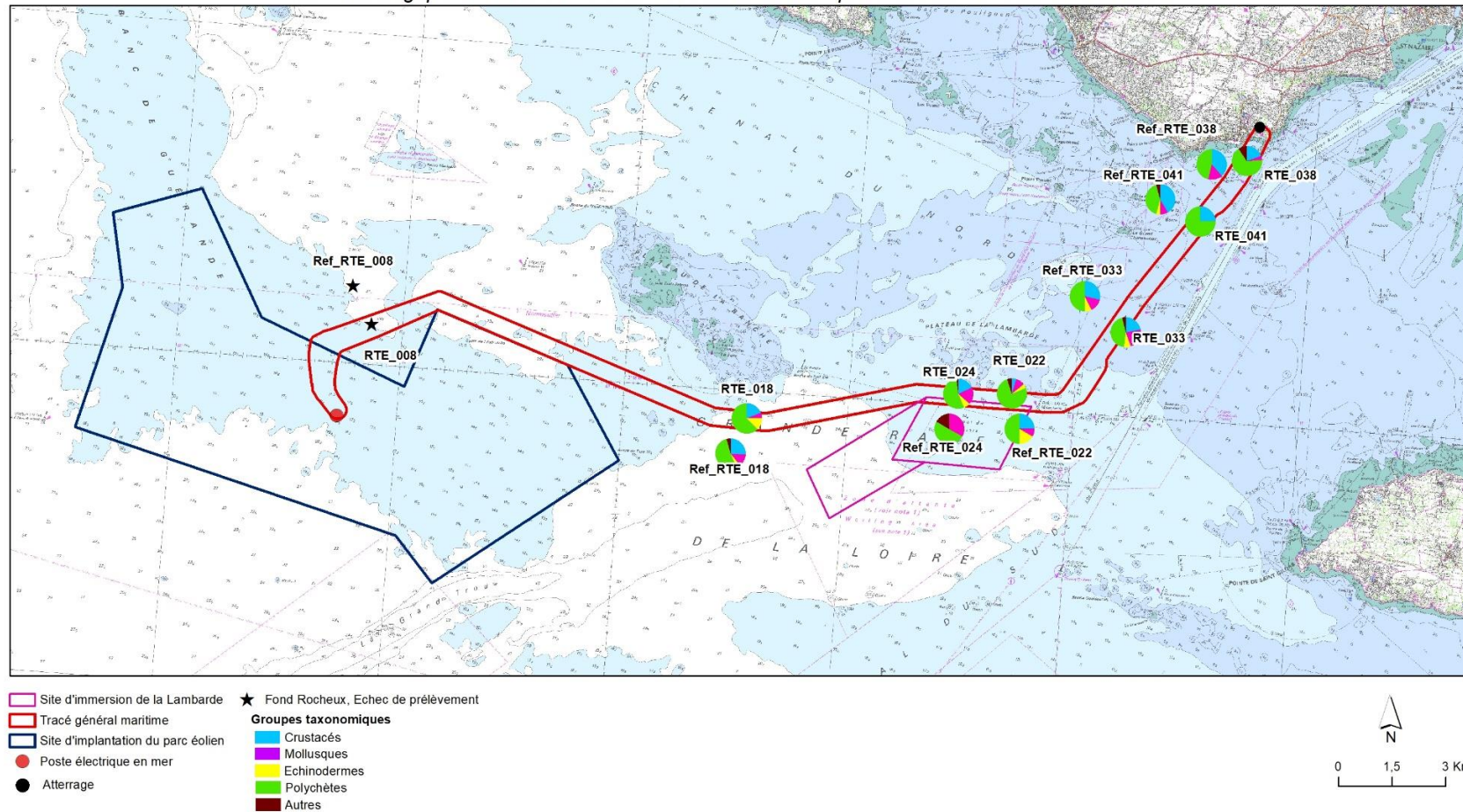


Figure 29 : Répartition du pourcentage des espèces par groupe taxonomique en termes de richesse spécifique

3.3.1.2.2 Indices de diversité

L'indice de Shannon-Weaver indique que seules les stations RTE24 et RTE33 présentent des valeurs d'indice supérieures à 3. Ceci indique une diversité plus forte que pour les autres stations qui ont des valeurs d'indice comprises entre 0,9 et 2,47 (Figure 30).

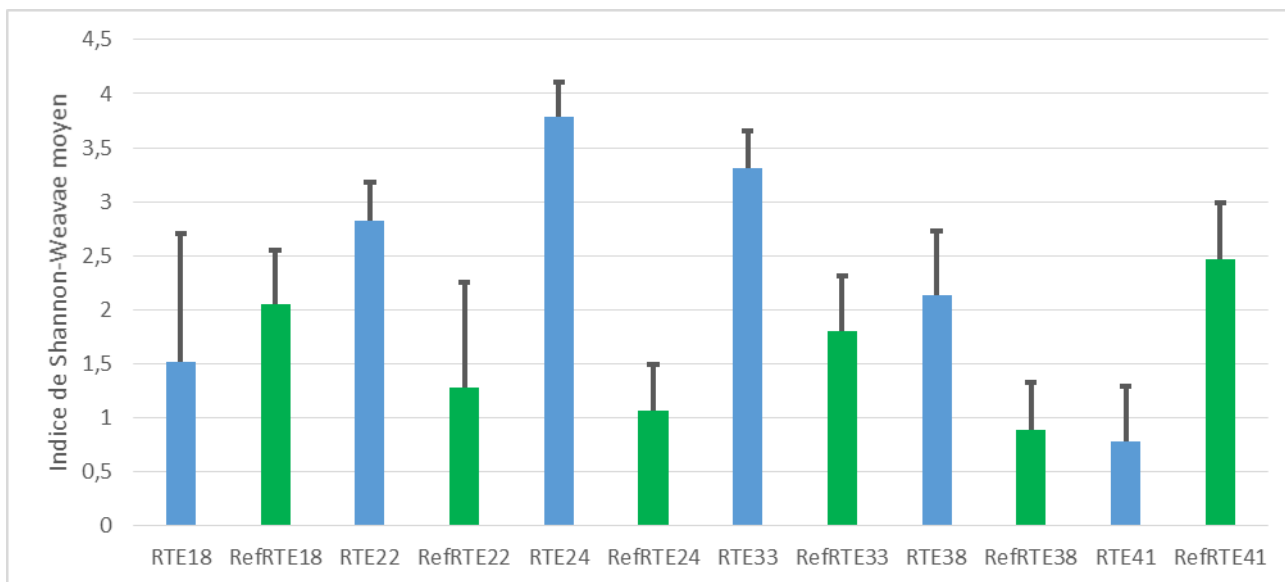


Figure 30 : Indice de Shannon-Weaver moyen et écart-type des stations des substrats meubles en zone subtidale

Les valeurs d'équitabilité de l'indice de Pielou sont comprises entre 0,57 et 0,87 (Figure 31). Ces valeurs signifient que les **peuplements** sont **plutôt équilibrés** (c'est-à-dire que les différents peuplements présentent des abondances plutôt similaires et qu'il n'y a pas de dominance d'une ou quelques-unes des espèces) pour les stations ayant des valeurs supérieures à 0,7. L'équitabilité est faible sur les stations Ref_RT38 et RTE41 qui présente les plus faibles valeurs.

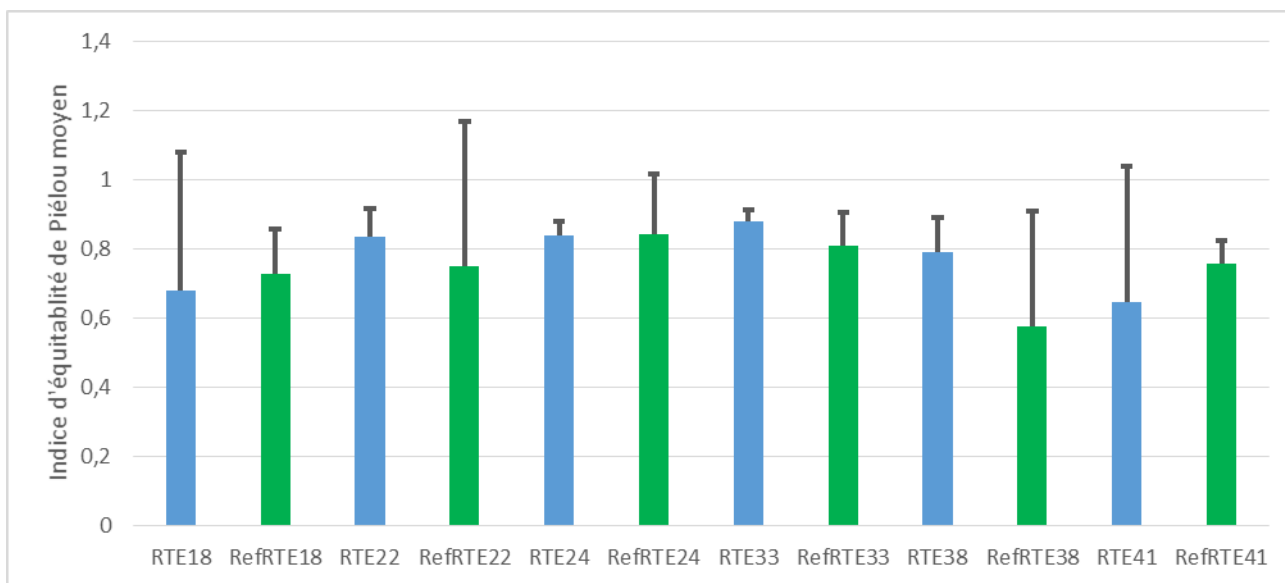


Figure 31 : Indice d'équitabilité de Pielou moyen et écart-type des stations des substrats meubles en zone subtidale

Les résultats de la CAH (Figure 32) et la MDS (Figure 33) mettent en évidence une **différence significative de la structure des communautés entre les différentes stations**. Quatre groupes se distinguent sur la CAH et la MDS (Figure 32, Figure 33) : l'ensemble des réplicats des stations RTE38, Ref_RTE38, RTE22 et un réplicat de Ref_RTE22 constituent le groupe 1. Ce regroupement est caractérisé par les polychètes *Goniadella gracilis*, *Pisione remota* ou *Glycera lapidum*. Ces espèces sont typiques des fonds grossiers.

Le regroupement 2.1 isole les réplicats de la station RTE24 et est caractérisé par des espèces typiques des sédiments fins envasés comme les polychètes *Capitella minima* et *Mgelona alleni*, le mollusque *Nucula nitidosa*, et les échinodermes *Ophiura ophiura* et *Acrocnida branchiata*.

Enfin, les regroupements 2.2.1 et 2.2.2 sont caractérisés par des espèces de sables fins à moyens. Les réplicats présents dans le regroupement 2.2.1 ont des valeurs d'abondance et de richesse beaucoup plus important que ceux présents dans le regroupement 2.2.2. On peut citer comme espèces les polychètes *Nephtys cirrosa* et *Magelona johnstoni*, les crustacés *Bathyporeia pilosa* et *Urothoe marina*, et les le mollusque *Fabulina fabula*.

Il est intéressant de noter que, d'une manière générale, la structure des communautés des stations est relativement proche/similaire de celle des stations de référence respectives, exceptée pour les stations RTE24 et RTE22 et leurs stations de référence.

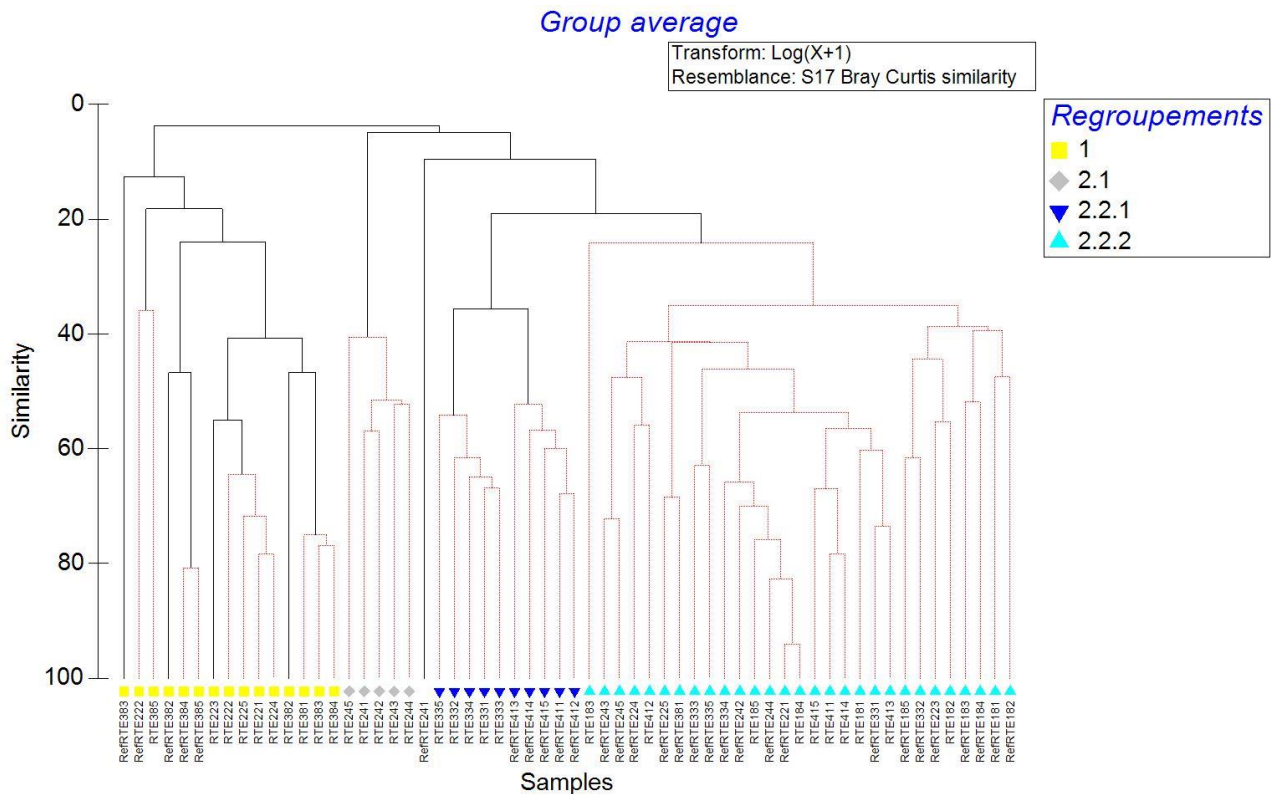


Figure 32 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations et réplicats des substrats meubles subtidaux. Les lignes en pointillés rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

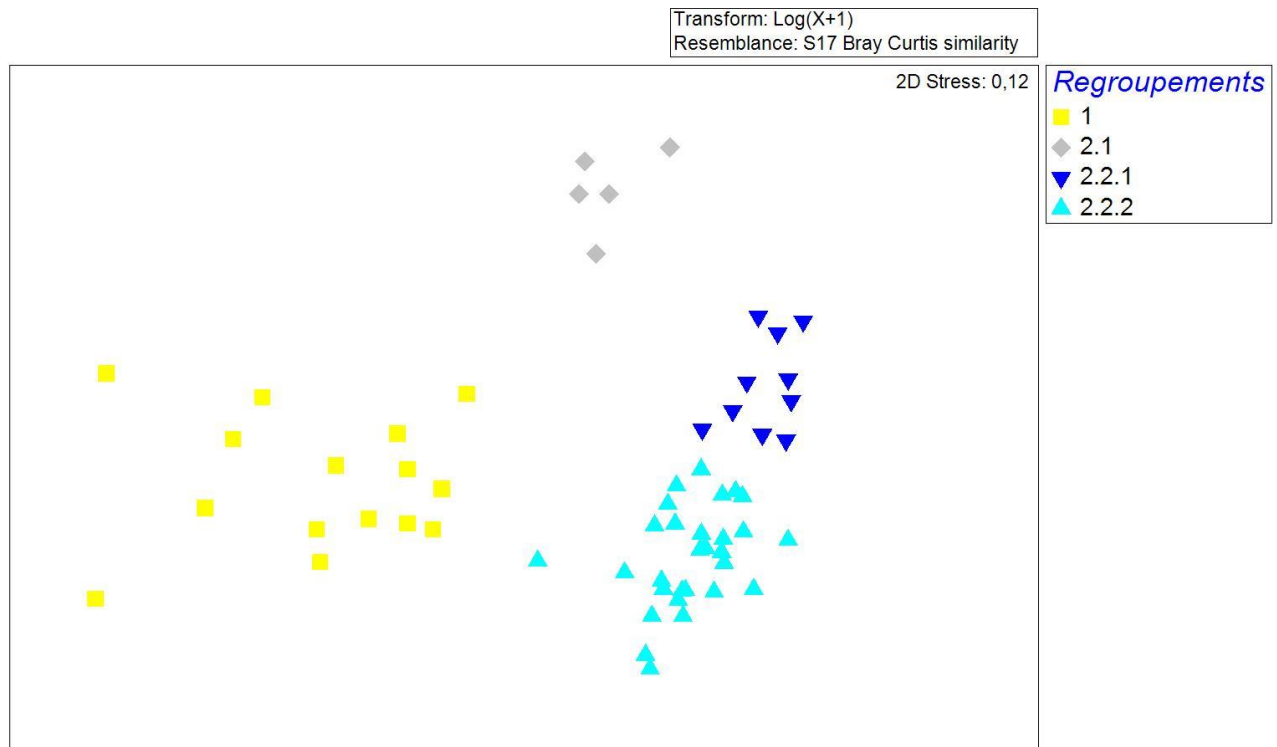


Figure 33 : Analyse multidimensionnelle (MDS) effectuée sur les stations et réplicats des substrats meubles en zone subtidale



Figure 34 : Illustrations de certaines espèces caractéristiques : les polychètes *Spiophanes bombyx*, *Magelona johnstoni*, *Nephtys cirrosa*, *Glycera lapidum* et *Pisione remota*

3.3.1.2.3 Habitats

Sables grossiers et graviers sublittoraux marins du circalittoral côtier

Ce type d'habitat est peu répandu sur le site d'étude mais est couramment rencontré le long des côtes exposées. Il est composé de sables moyens à grossiers et de sables graveleux et se rencontre à des profondeurs de 15 à 25 mètres. La faune qui caractérise cet habitat est

composée d'espèces sabulicoles et gravicoles tolérantes telles que des polychètes (*Glycera lapidum*, *Eulalia mustela*, *Notomastus latericeus*).

Le code MNHN pour ce type de peuplement est C3-2 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers (Figure 35).

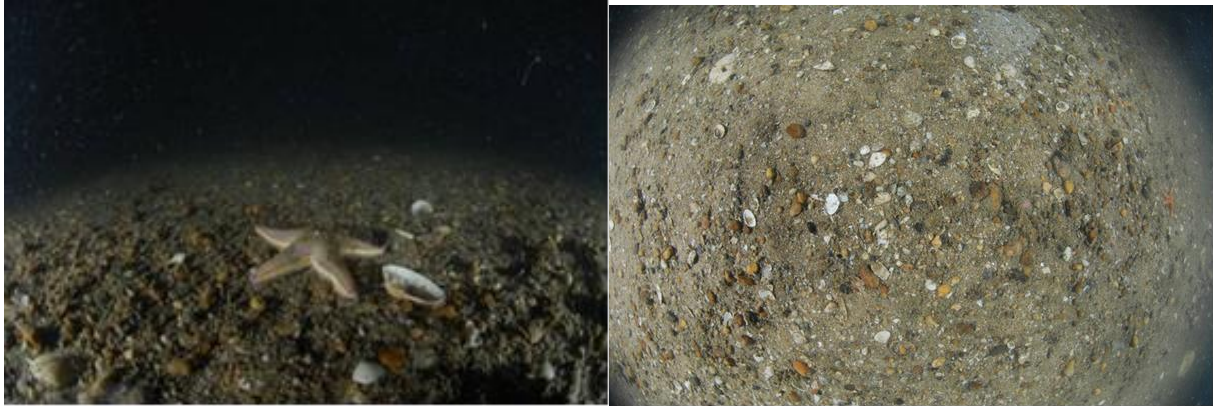


Figure 35 : Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers

Sables fins à moyens sublittoraux mobiles marins

Ces sédiments sont moins riches et présentent une abondance assez faible. En effet, ce peuplement est oligospécifique et la densité varie de 100 à 500 individus par m². Les habitats sédimentaires des sables fins et moyens côtiers sont des milieux ouverts soumis à un fort hydrodynamisme. Les espèces discriminantes identifiées sont le bivalve *Abra prismatica*, les polychètes *Ophelia borealis* et *Nephtys cirrosa* ou l'amphipode *Bathyporeia elegans*. D'autres communautés peuvent être observés comme celle à polychètes comme *Magelona mirabilis* et *Spiophanes bombyx* et à bivalves comme *Donax vittatus* et *Fabulina fabula* et *Chamelea gallina*.

Le code MNHN pour ce type de peuplement est B5-1.1 Sables mobiles propres infralittoraux à faune éparse (Figure 36).

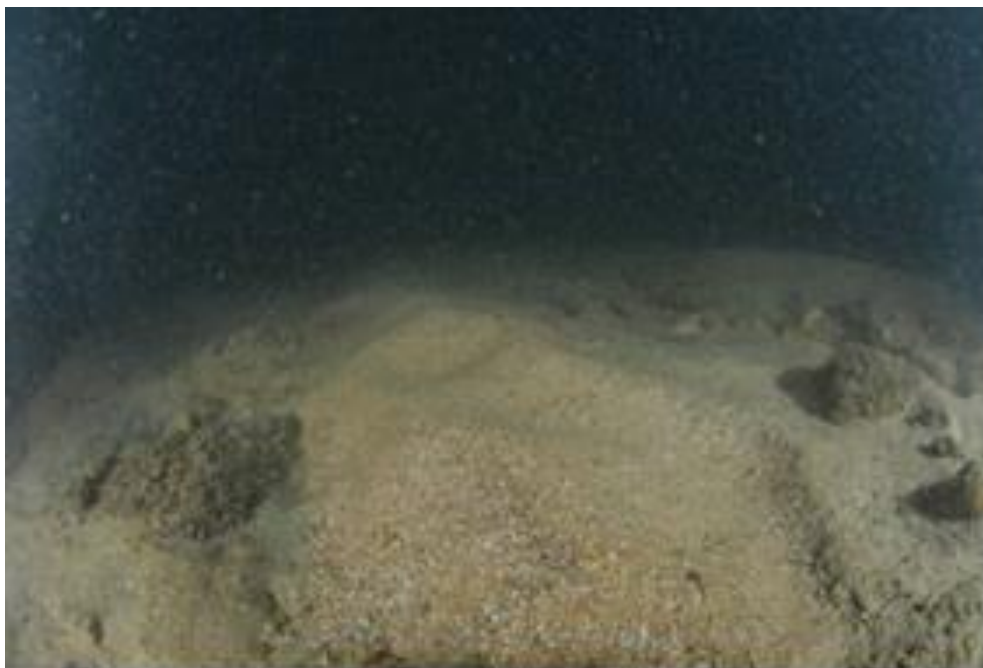


Figure 36 : Sables fins à moyens sublittoraux mobiles marins

Vases sableuses circalittorales côtières

Cet habitat est présent à proximité du site d'immersion de la Lambarde à savoir sur les stations RTE 24 et REF-RTE 24. Il est constitué de vase sableuse qui contient plus de 50% de vase. Cet habitat est rencontré dans des zones où l'effet des vagues et de la houle est faible. Plusieurs espèces peuvent caractériser cet habitat. Une endofaune abondante est rencontrée avec de nombreuses espèces de polychètes comme *Lagis koreni* ou de mollusque *Nucula nitidosa*.

Le code MNHN est C6-1 Vases sableuses circalittorales côtières.

3.3.1.2.4 Indice biotique et état de santé du milieu

D'une manière générale, sur l'ensemble des espèces inventoriées dans cette étude, la plupart est associée au groupe écologique I (espèces sensibles à une hypertrophisation, entre 9 et 74 %) et II (espèces indifférentes à une hypertrophisation, entre 21 et 89 %) (Figure 37). Trois stations (RTE22, RTE24 et RTE38) présentent des espèces appartenant au groupe écologique IV (espèces opportunistes de second ordre, c'est-à-dire des espèces avec un cycle de vie court et qui sont abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées) et deux stations (RTE24 et RTE38) présentent des espèces opportunistes de premier ordre, c'est-à-dire des espèces dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits. A noter que la station RTE24 est celle qui présente des pourcentages d'espèces opportunistes (de premier et second ordres) les plus élevés (7,8 et 22,8 % respectivement).

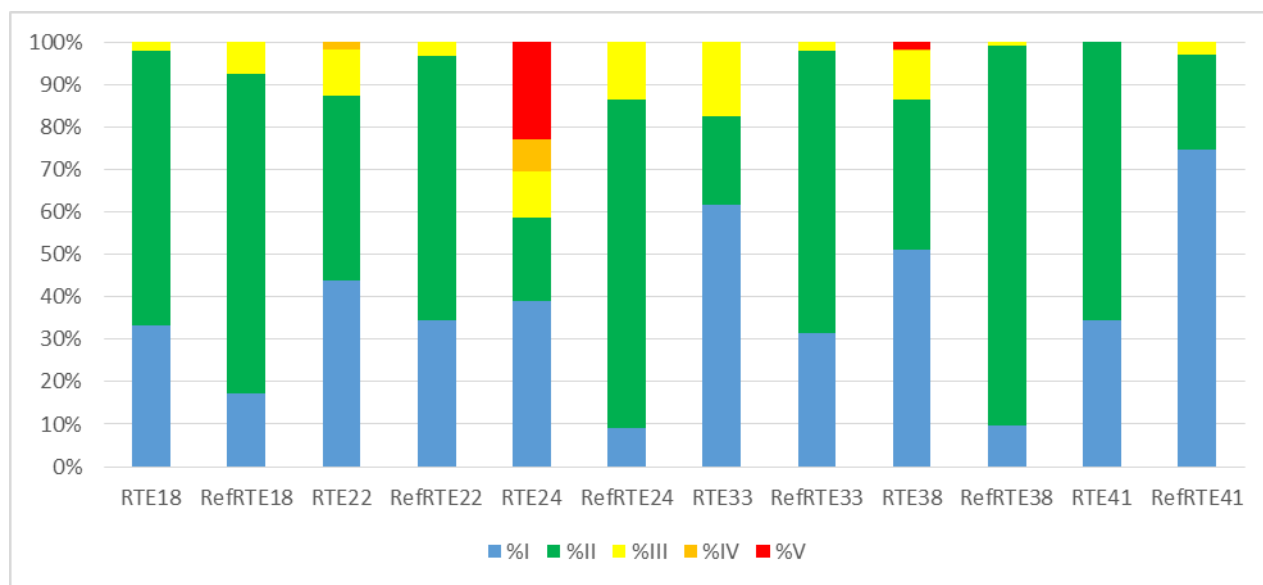


Figure 37 : Pourcentages des groupes écologiques

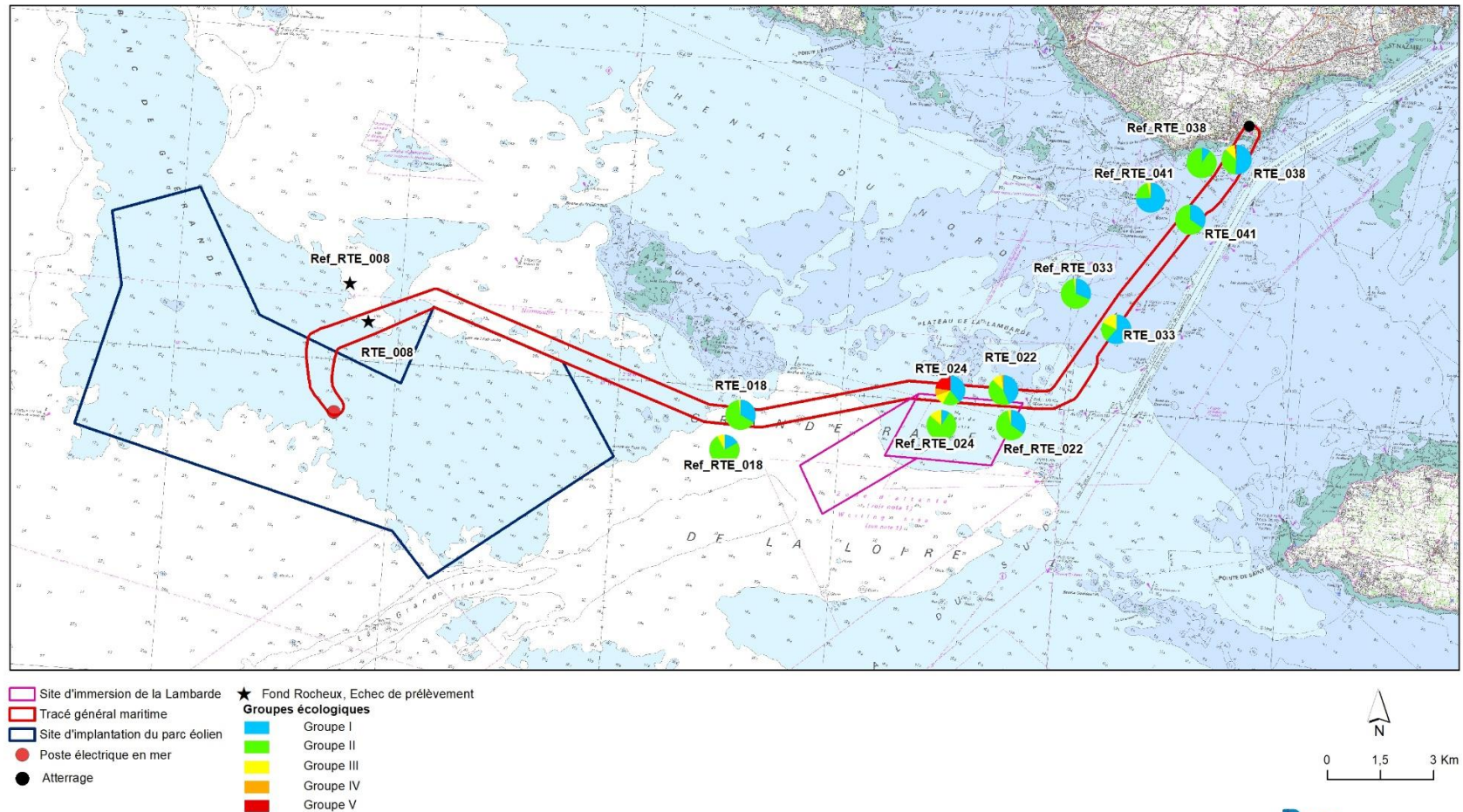
En se basant sur la méthodologie AMBI, les résultats indiquent que l'état de santé de l'ensemble des stations est « bon » (trois stations) voire « très bon » (neuf stations), ce qui correspond à une classification de milieu non pollué ou légèrement pollué (Tableau 12).

Tableau 12 : AMBI et état de santé

Stations	AMBI	Etat de santé
RTE18	1,07	Très bon
Ref_RTE18	1,39	Bon
RTE22	1,09	Très bon
Ref_RTE22	0,90	Très bon
RTE24	2,44	Bon
Ref_RTE24	1,52	Bon
RTE33	0,89	Très bon
Ref_RTE33	1,07	Très bon
RTE38	0,89	Très bon
Ref_RTE38	1,12	Très bon
RTE41	1,01	Très bon
Ref_RTE41	0,43	Très bon

GROUPES ÉCOLOGIQUES - ETUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Suivi écologique des travaux en mer - Raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire



Carte réalisée par TBM, 2022
Support cartographique : SCAN 25 IGN
Sources des données : RTE, TBM 2022

Figure 38 : Répartition des pourcentages des groupes écologiques

3.3.1.3 Comparaison avec les données de 2013, 2020 et 2022 (stations communes)

En 2013, 40 stations semi-quantitatives avaient été échantillonnées à la drague Rallier du Baty sur le fuseau pour recueillir des informations concernant la granulométrie des fonds et la macrofaune afin de caractériser les habitats. Parmi ces stations, 4 ont également été prospectées à la benne pour l'échantillonnage quantitatif des peuplements benthiques et l'analyse de la granulométrie.

En 2020, 8 stations (parmi les 40 stations échantillonnées en 2013) ont été échantillonnées à la benne pour échantillonner une nouvelle fois de manière quantitative les peuplements benthiques et analyser la granulométrie. Parmi elles, seules 3 sont communes à celles échantillonnées à la benne en 2013 (stations 22, 24 et 41).

Par conséquent, les données granulométriques des 8 stations ont pu être comparées entre 2013, 2020 et 2022 et les données relatives aux peuplements benthiques ont pu être comparées au niveau des 3 stations communes seulement.

En revanche, entre 2020 et 2022, 12 stations ont pu être étudiées. Seules stations échantillonnées à la drague rallier sont manquantes en 2022.

3.3.1.3.1 Granulométrie

Entre les deux campagnes d'échantillonnage de 2020 et 2022, la granulométrie varie très légèrement au sein d'une même station exceptée sur la station RTE33 où les sables grossiers, qui dominaient en 2020, sont remplacés par les sables fins en 2022 (Figure 39). Il faut noter qu'en 2013, cette station était déjà dominée par les sables fins. Ce secteur semble être très fluctuant. Sur la station Ref_RTE41, une augmentation des sables fins est mise en évidence par rapport à 2020 au détriment des sables moyens. Enfin, sur la station Ref_RTE22, les sables grossiers diminuent au profit des sables moyens. Ainsi, la majorité des stations présentent une granulométrie similaire, suggérant que les peuplements associés à ces stations devraient être relativement semblables entre ces deux campagnes.

Aucune influence des travaux n'est détectable. Les légères variations observées reflètent des variabilités interannuelles en lien avec les conditions environnementales.

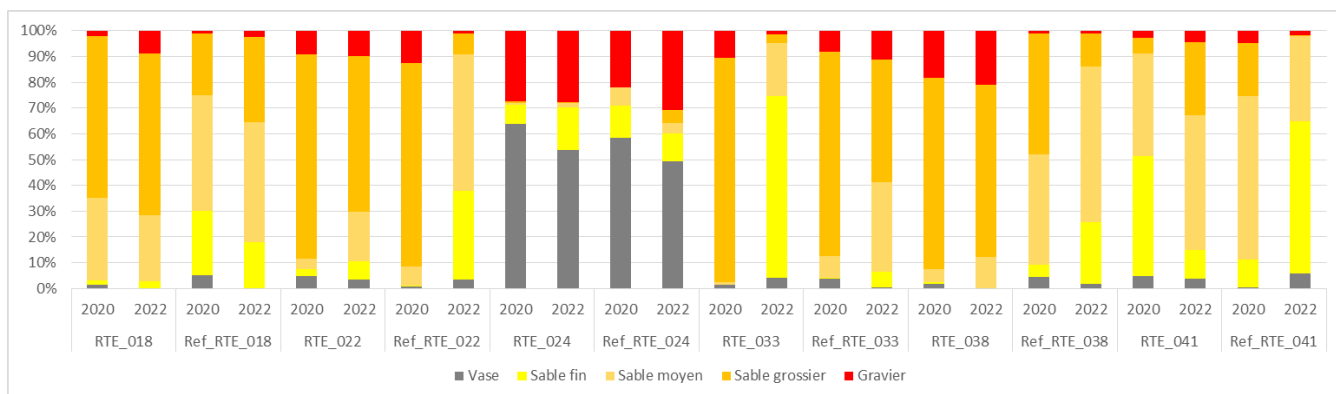


Figure 39 : Granulométrie des stations communes entre 2013 et 2020 des substrats meubles en zone subtidale

3.3.1.3.2 Peuplements benthiques

Les données quantitatives relatives à la macrofaune sont comparées au niveau des stations 22, 24 et 41 entre 2013, 2020 et 2022. Des variabilités interannuelles peuvent être détectées d'un point de vue de l'abondance moyenne et de la richesse spécifique (Figure 40, Figure 41). Aucune tendance globale n'est détectable, des hausses, des diminutions et des stabilités sont mise en évidence.

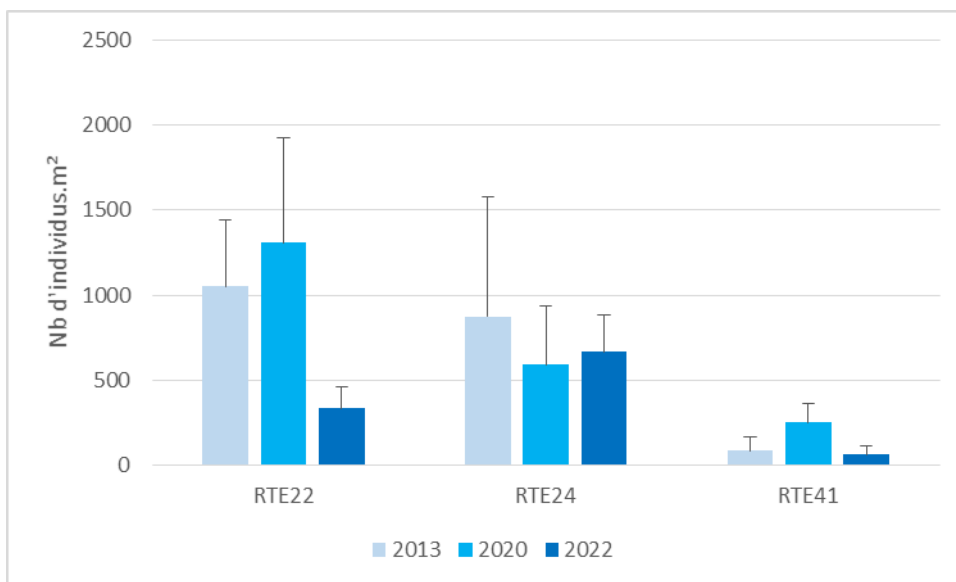


Figure 40 : Abondance moyenne des communautés benthiques des stations communes entre 2013, 2020 et 2022 des substrats meubles en zone subtidale

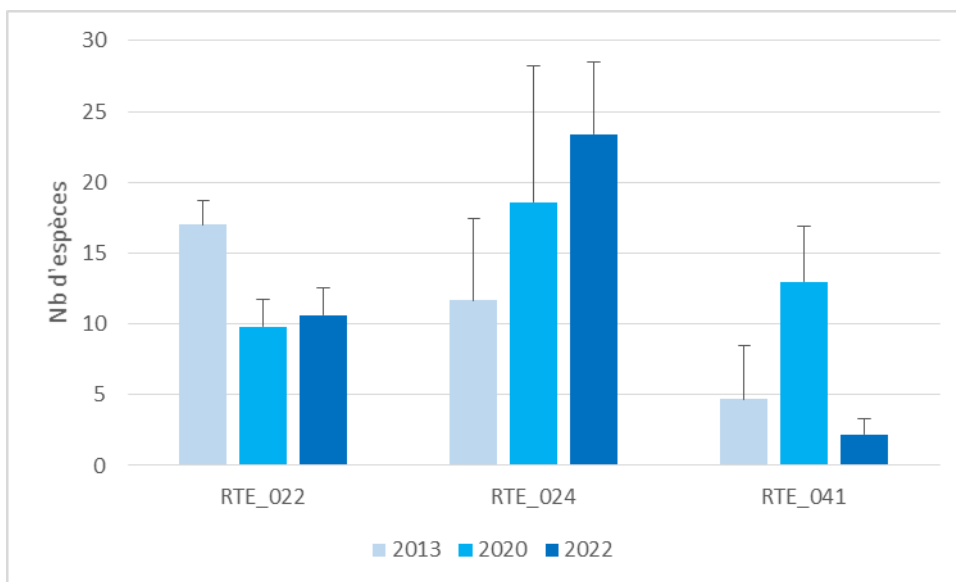


Figure 41 : Richesse spécifique moyenne et écart-type des communautés benthiques des stations communes entre 2013, 2020 et 2022 des substrats meubles en zone subtidale

Les données quantitatives relatives à la macrofaune sont comparées au niveau des 12 stations communes entre 2020 et 2022. Des variabilités interannuelles peuvent également être détectées du point de vue de l'abondance moyenne et de la richesse taxonomique (Figure 42, Figure 43). Ces variabilités sont surtout marquées pour l'abondance moyenne. Des baisses sont

observées sur les stations RTE22, RefRTE22, RefRTE33 et RTE41. Les autres stations semblent rester stables.

Pour la richesse spécifique moyenne, des diminutions sont détectées sur les stations RefRTE22 et RTE41. Sur les autres stations, de légères fluctuations (hausse ou diminution) sont mises en évidence.

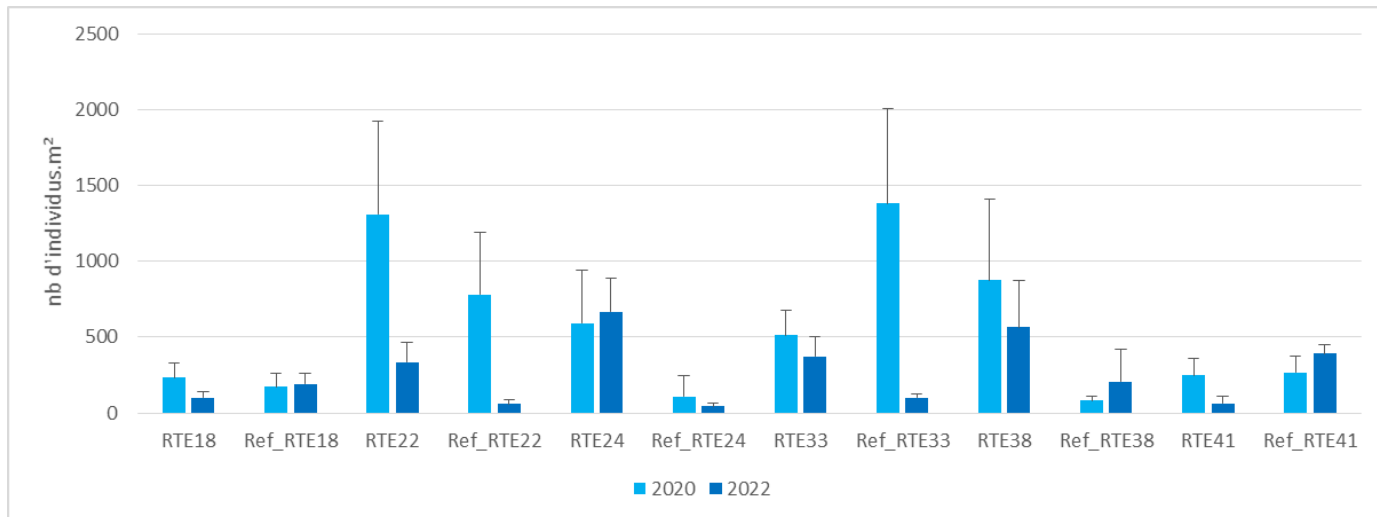


Figure 42 : Abondance moyenne des communautés benthiques des stations communes entre 2020 et 2022 des substrats meubles en zone subtidale

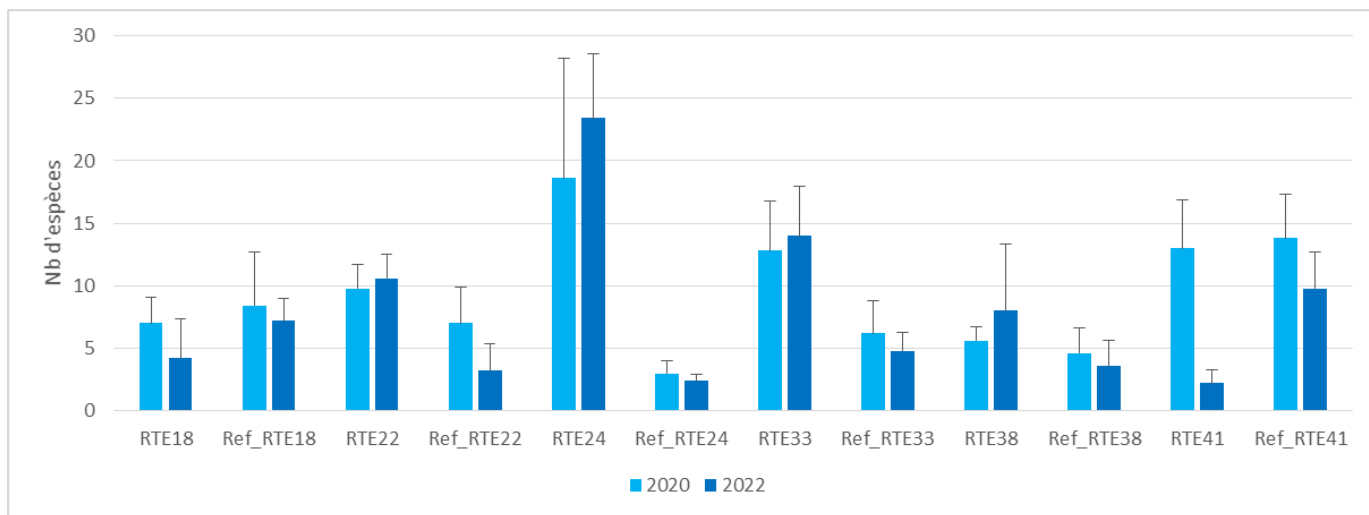


Figure 43 : Richesse spécifique moyenne et écart-type des communautés benthiques des stations communes entre 2020 et 2022 des substrats meubles en zone subtidale

D'un point de vue de la caractérisation des habitats effectuée sur ces 12 stations entre 2013 et 2022, l'analyse de la structure des communautés (Figure 44) isole trois grands groupes, le groupe 1 avec les stations de sables vaseux, le groupe 2.1 avec les stations de sédiments grossiers et le groupe 2.2 avec les stations caractérisées par des sables fins à moyens. Des variabilités sont mises en évidence mais à la fois sur des stations références et des stations situées dans le fuseau. Les différences observées illustrent la dynamique sédimentaire du secteur d'étude et le fait que les sédiments présents sont mobiles. Les regroupements se font en lien avec la granulométrie des échantillons.

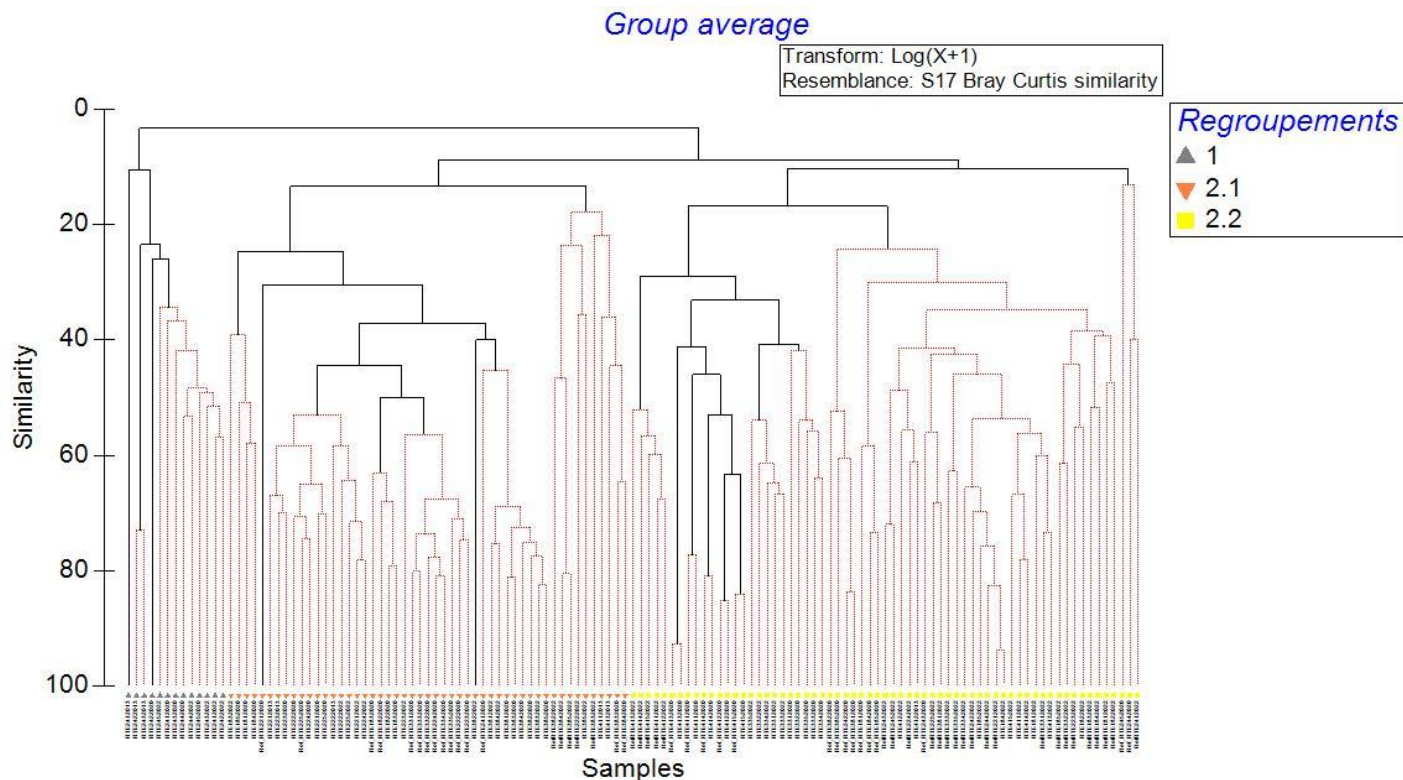


Figure 44 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations et réplicats communs entre 2013 et 2020 des substrats meubles subtidaux. Les lignes en pointillés rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

Entre 2013, 2020 et 2022, l'état écologique des trois stations communes reste « très bon » au niveau de la station RTE22 et passe de « très bon » à « bon » sur les deux autres stations entre 2013 et 2022 (Figure 45 et Tableau 13). Les mêmes observations sont faites entre les 12 stations communes de 2020 et 2022 (Figure 46, Tableau 14)

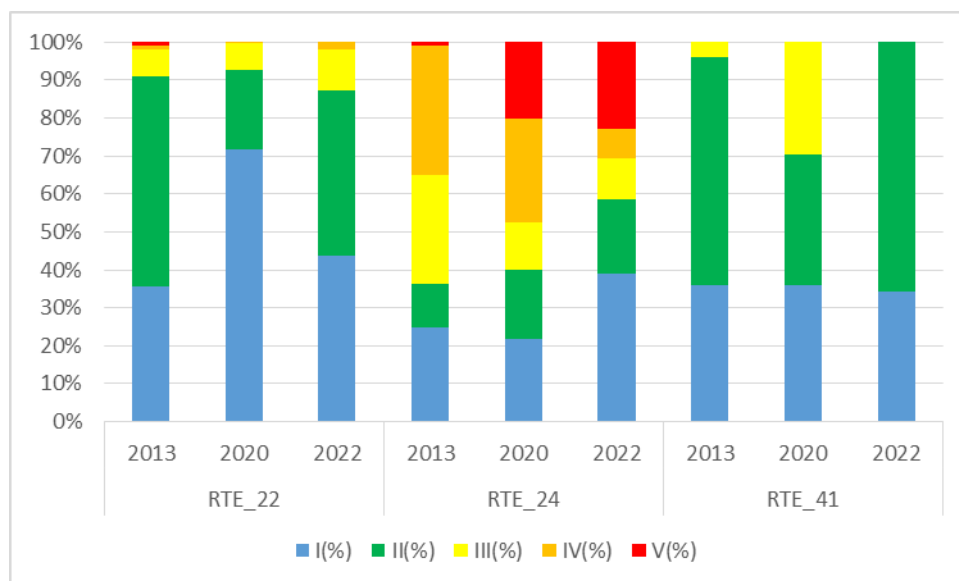


Figure 45 : Pourcentages des groupes écologiques pour les stations communes entre 2013, 2020 et 2022

Tableau 13 : AMBI et état de santé des stations communes entre 2013, 2020 et 2022

Stations	Années	AMBI	Etat de santé
RTE22	2013	1,1	Très bon
	2020	0,6	Très bon
	2022	1,09	Très bon
RTE24	2013	1,1	Très bon
	2020	3,3	Bon
	2022	2,44	Bon
RTE41	2013	1	Très bon
	2020	1,3	Bon
	2022	1,01	Très bon

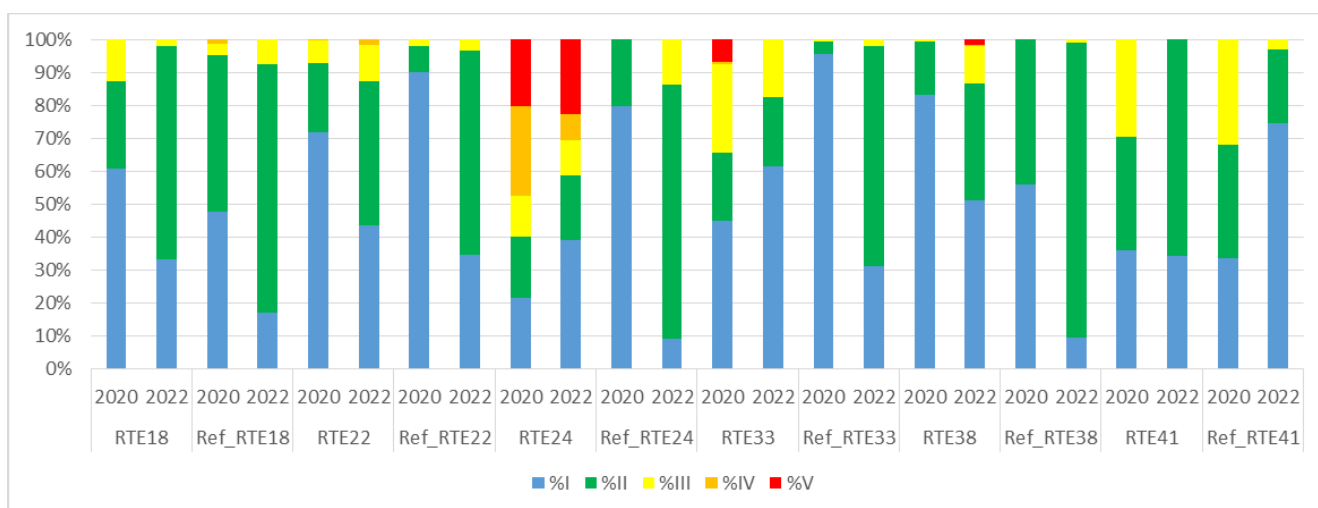


Figure 46 : Pourcentages des groupes écologiques pour les stations communes entre 2020 et 2022

D'ordre général, aucune influence des travaux n'est détectable sur les peuplements benthiques et les habitats. Les variations observées reflètent des variabilités interannuelles en lien avec les conditions environnementales notamment la dynamique sédimentaire. Une attention particulière sera tout de même portée dans les prochains suivis sur la station RTE41 où une baisse significative d'abondance et de richesse a été observée suite aux travaux.

Tableau 14 : AMBI et état de santé des stations communes entre 2020 et 2022

Stations	Années	AMBI	Etat de santé
RTE18	2020	0,888	Très bon
	2022	1,074	Très bon
Ref_RTE18	2020	0,908	Très bon
	2022	1,394	Bon
RTE22	2020	0,608	Très bon
	2022	1,093	Très bon
Ref_RTE22	2020	0,327	Très bon
	2022	0,9	Très bon
RTE24	2020	3,347	Bon
	2022	2,437	Bon
Ref_RTE24	2020	0,694	Très bon
	2022	1,515	Bon
RTE33	2020	1,575	Bon
	2022	0,885	Très bon
Ref_RTE33	2020	0,081	Très bon
	2022	1,066	Très bon
RTE38	2020	0,286	Très bon
	2022	0,887	Très bon
Ref_RTE38	2020	0,724	Très bon
	2022	1,115	Très bon
RTE41	2020	1,318	Très bon
	2022	1,014	Bon
Ref_RTE41	2020	1,447	Bon
	2022	0,432	Très bon

3.3.2 Suivi des peuplements et habitats des substrats rocheux

Sur l'ensemble des échantillons analysés, 11 850 individus ont été dénombrés et 142 taxons faunistiques ont été identifiés.

3.3.2.1 Recouvrement

Des exemples de quadrats sont indiqués sur la Figure 47. Sur la station de Banche (B2), les algues rouges et les algues calcaires sont bien représentés. Les algues rouges sont majoritaires sur cette station. Des dépôts sédimentaires sont également présents.

Les recouvrements sur la station Lambarde sont dominés par des feutrages animaux comme des hydraires, des amphipodes et des hermelles. Très peu d'algues rouges sont observées et très peu de recouvrement en algues calcaires est mis en évidence.

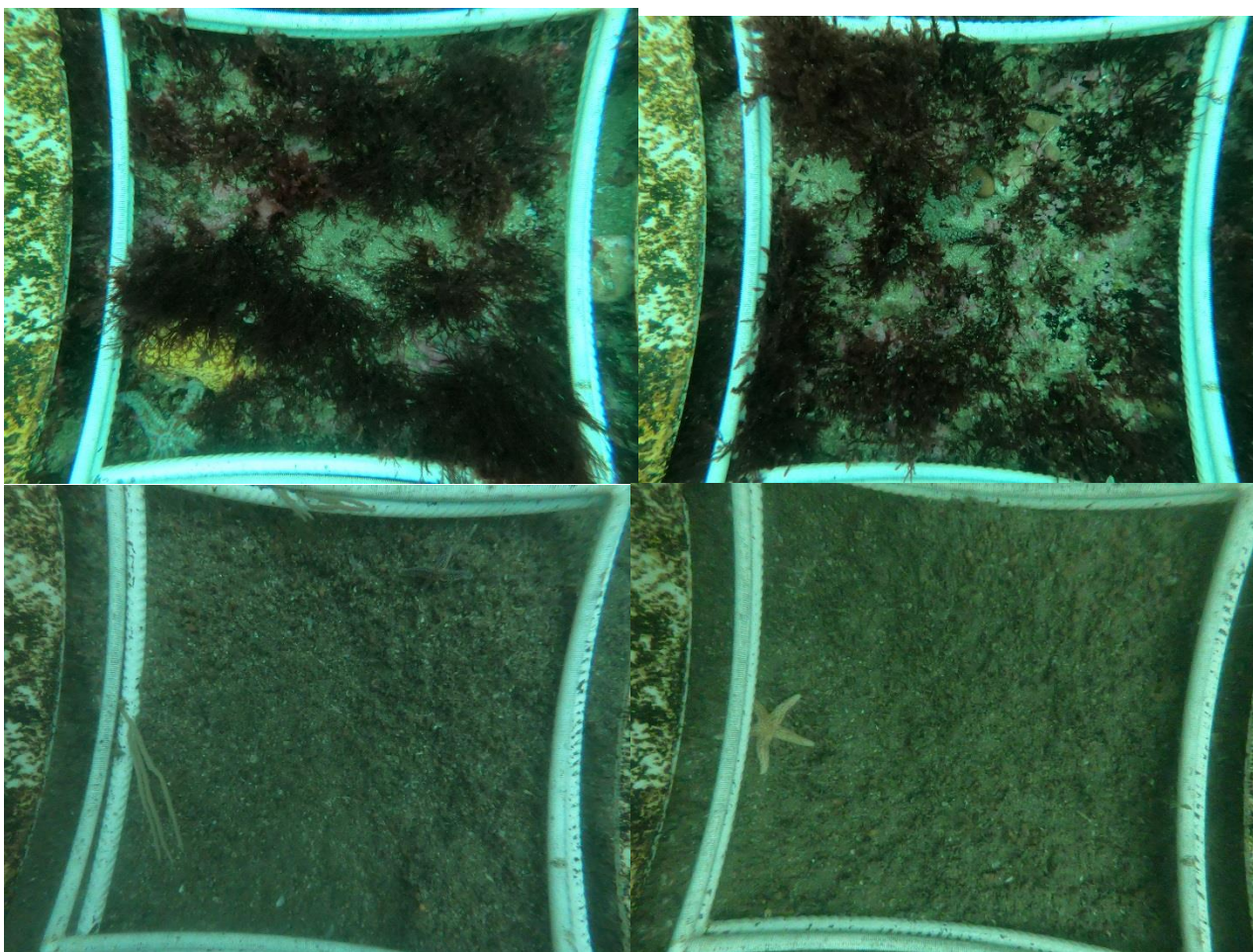


Figure 47 : Exemples de quadrats sur les stations B2 (en haut) et Lambarde (en bas)

3.3.2.2 Faune vagile

Les abondances moyennes sont de 10 334 individus par m² et 13 366 individus par m² respectivement pour les stations Lambarde et Banche (Figure 48). Les richesses spécifiques

moyennes sont de 44,4 et 52,6 espèces respectivement pour les stations Banche et Lambarde (Figure 48). Les valeurs observées sur ces deux stations sont comparables.

L'analyse des groupes taxonomiques en termes d'abondance (Figure 49) révèle une différence de composition entre les deux stations. Sur la station Lambarde, 3 groupes zoologiques sont bien présents, les mollusques, les crustacés et les échinodermes. En revanche, ce sont les crustacés qui dominent sur la station B2.

Les proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique illustrent une homogénéité entre les stations et la plus grande diversité est observée pour les crustacés, les polychètes et les mollusques (Figure 50).

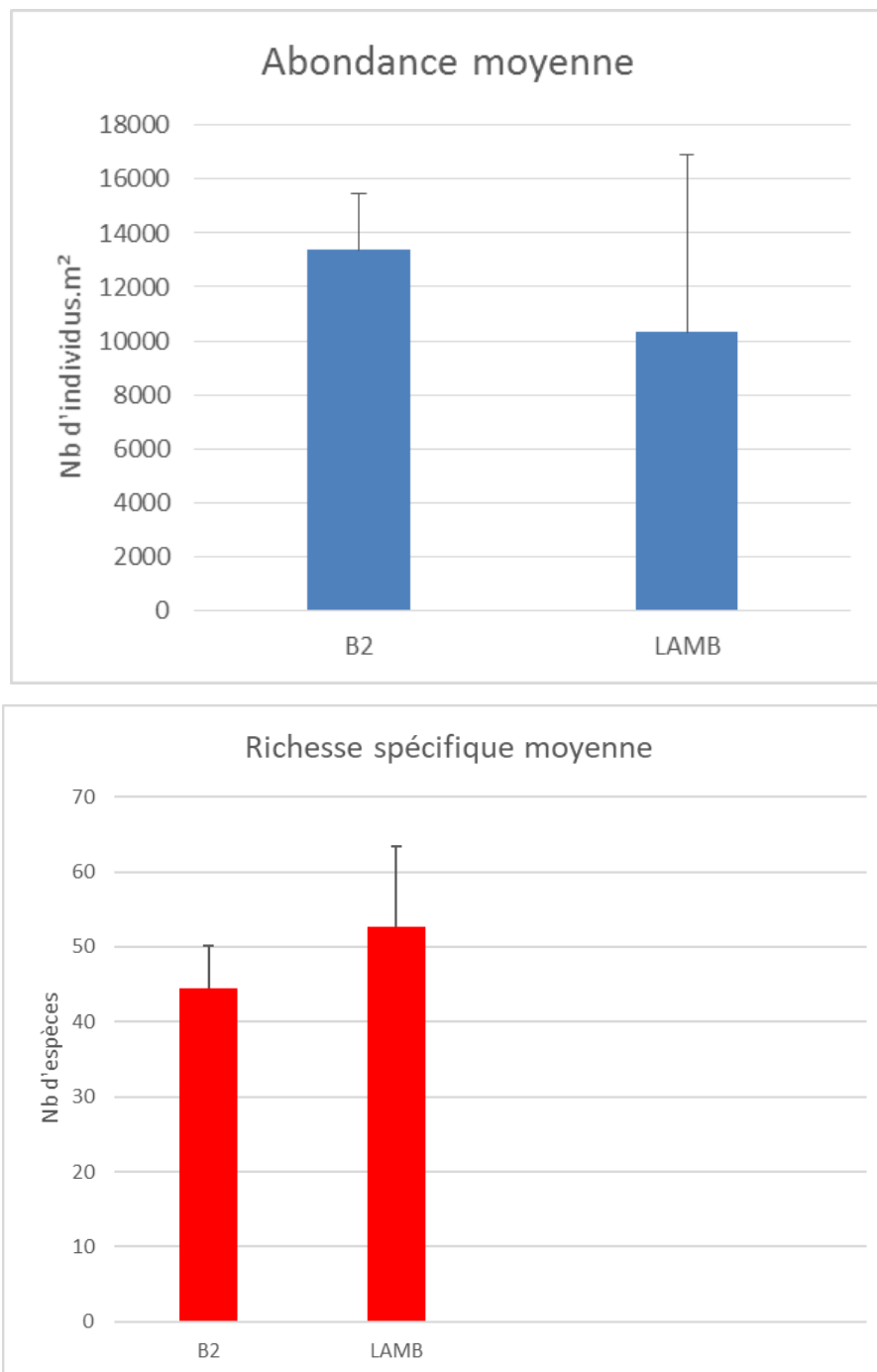


Figure 48 : Richesse et abondance moyennes pour la faune vagile dans les quadrats (0,1 m²)

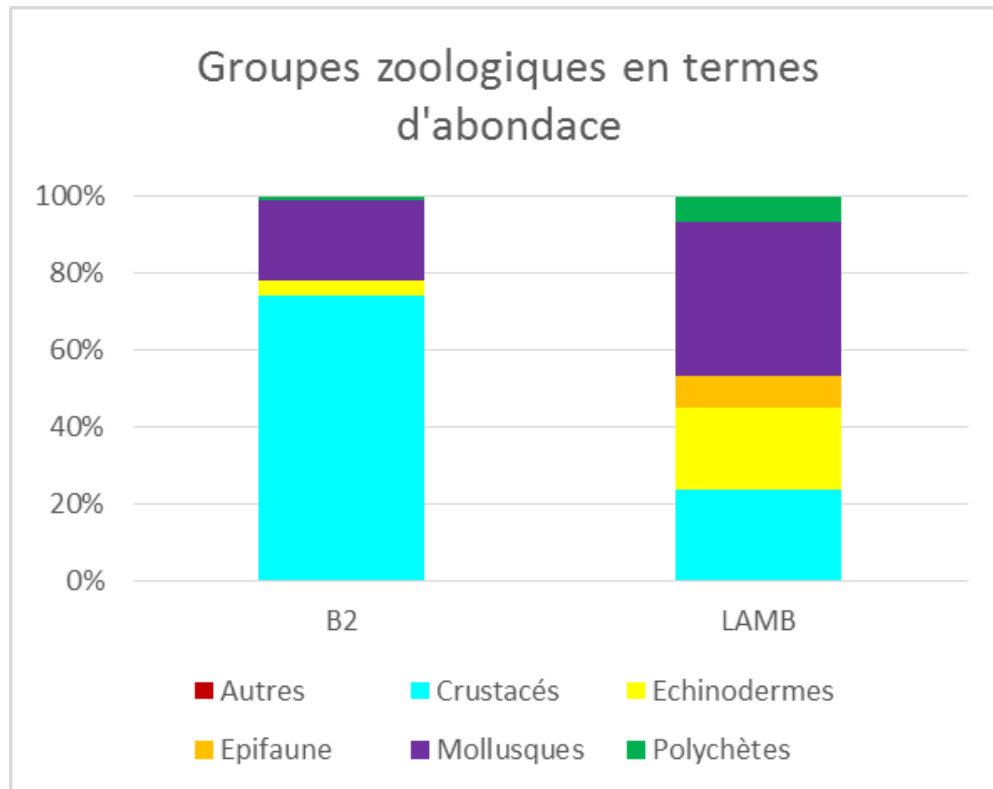


Figure 49 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

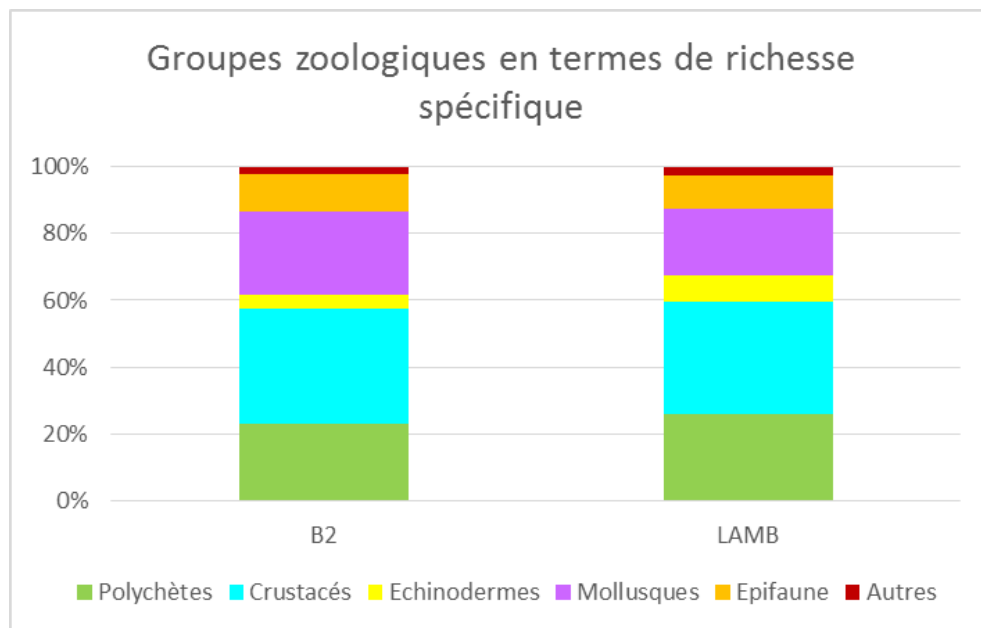


Figure 50 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

Les résultats de la CAH (Figure 32) mettent en évidence une **différence significative de la structure des communautés entre les deux stations**. Deux groupes se distinguent sur la CAH (Figure 32) : l'ensemble des répliquats des deux stations est bien isolé.

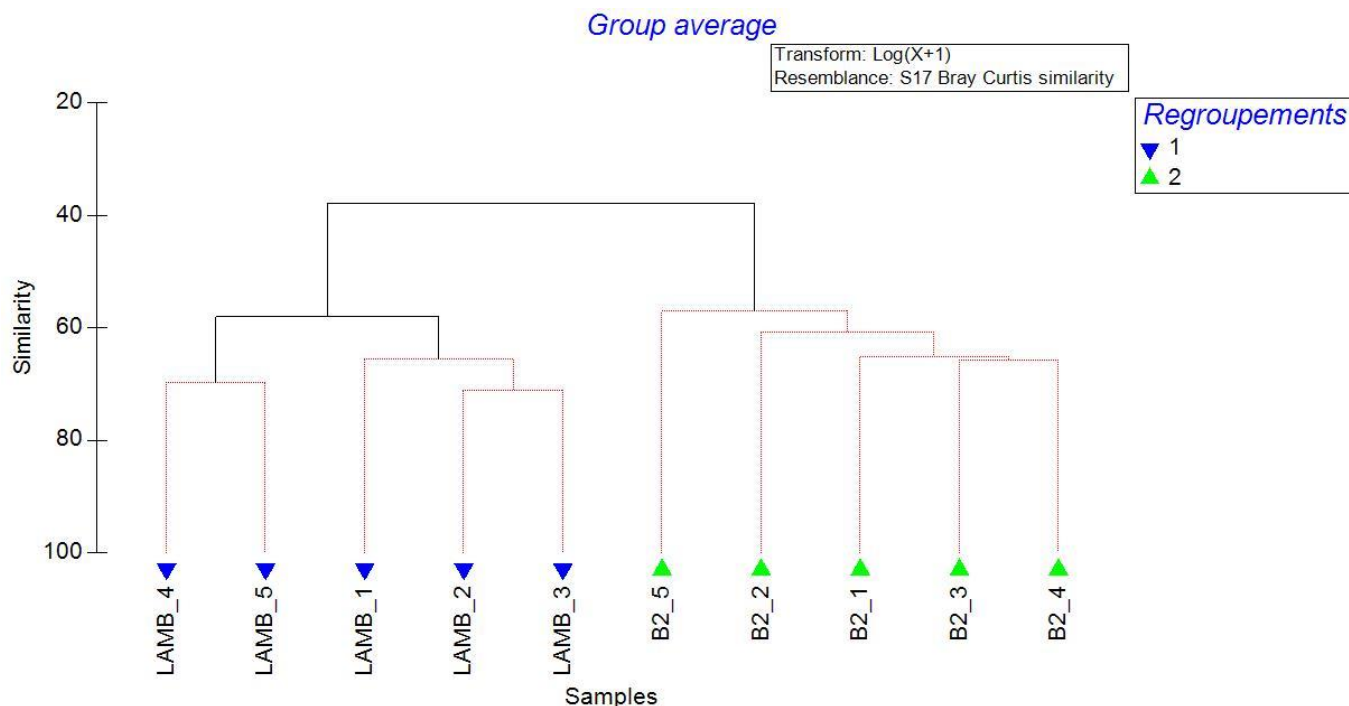


Figure 51 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations et réplicats des substrats rocheux subtidaux. Les lignes en pointillés rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

Ces deux groupes se caractérisent par des dominances d'espèces différentes (Analyse SIMPER). Le regroupement 1 est caractérisé par l'échinoderme *Amphipholis squamata*, les mollusques *Tritia reticulata*, *Musculus costulatus* et *Rissoa parva* et les crustacés *Corophium sextonae* et *Photis longicaudata*. Le regroupement 2 est caractérisé par plusieurs espèces de crustacés comme *Jassa falcata*, *Cymodoce truncata* et *Caprella penantis*, et par des échinodermes comme *Amphipholis squamata* et *Asterias rubens*.

3.3.2.3 Habitats inventoriés et espèces

Pour définir les habitats, nous nous sommes appuyés sur plusieurs critères comme les analyses biologiques, les vidéos sous-marines et les photographies réalisées lors des prélèvements.

En milieu subtidal, l'étage infralittoral rocheux peut être caractérisé par des forêts à laminaires mixtes (*Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides*) et par des zones à laminaires mixtes clairsemées. Les forêts de laminaires denses et les zones à laminaires clairsemées indiquent la présence d'une strate arbustive importante avec des laminaires de plusieurs mètres de hauteur. Les espèces de laminaires qui sont couramment observées sont *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides*. La première espèce est la composante essentielle des forêts de laminaires alors que la seconde est une espèce opportuniste qui va coloniser les endroits où *Laminaria hyperborea* ne peut pas se maintenir et où les laminaires ont été exploitées.

Sur nos stations, nous avons uniquement inventorié *Laminaria hyperborea* et seulement sur la station localisée sur le plateau de la Banche (station B2, Figure 52).

Le code MNHN 2019 est : B1-4.1 « Roches ou blocs infralittoraux à laminaires clairsemées dominées par *Laminaria hyperborea* ».



Figure 52 : Forêt de Laminaires dominée par *Laminaria hyperborea*

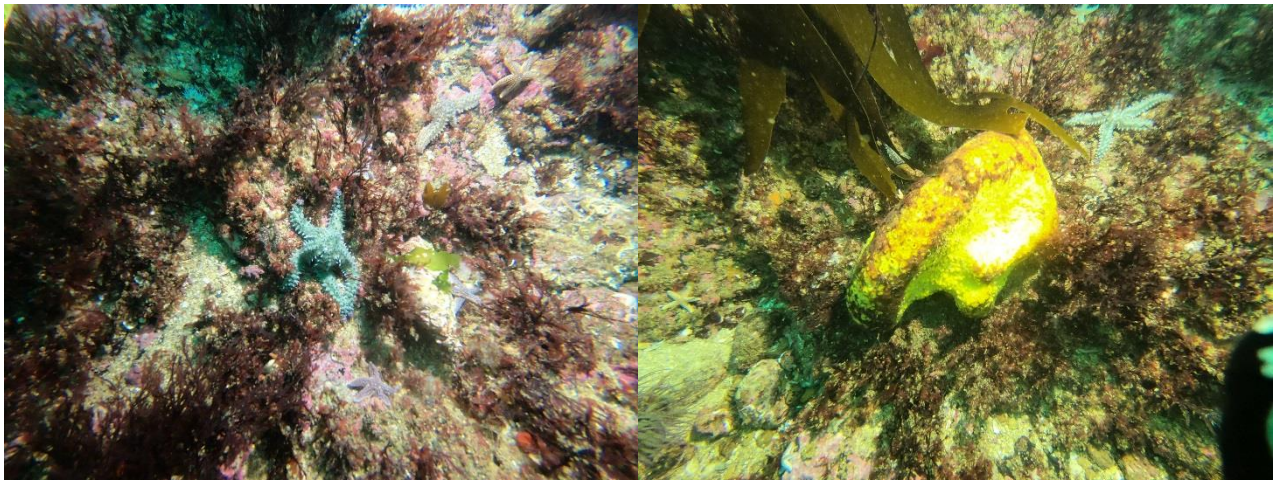


Figure 53 : Exemple de photos au niveau de la station B2.

Sur la station Lambarde, un autre habitat infralittoral est observé (Figure 54). Cette station est caractérisée par une très faible présence d'algue rouge, la présence des cnidaires *Eunicella verrucosa* et quelques oursins *Echinus esculentus* et étoiles de mer, et surtout par un feutrage d'hydrides, d'amphipodes et par la présence d'un voile de sédiments fins.

Le code MNHN est : B1-6 « Roches et blocs infralittoraux à dominance animale ».

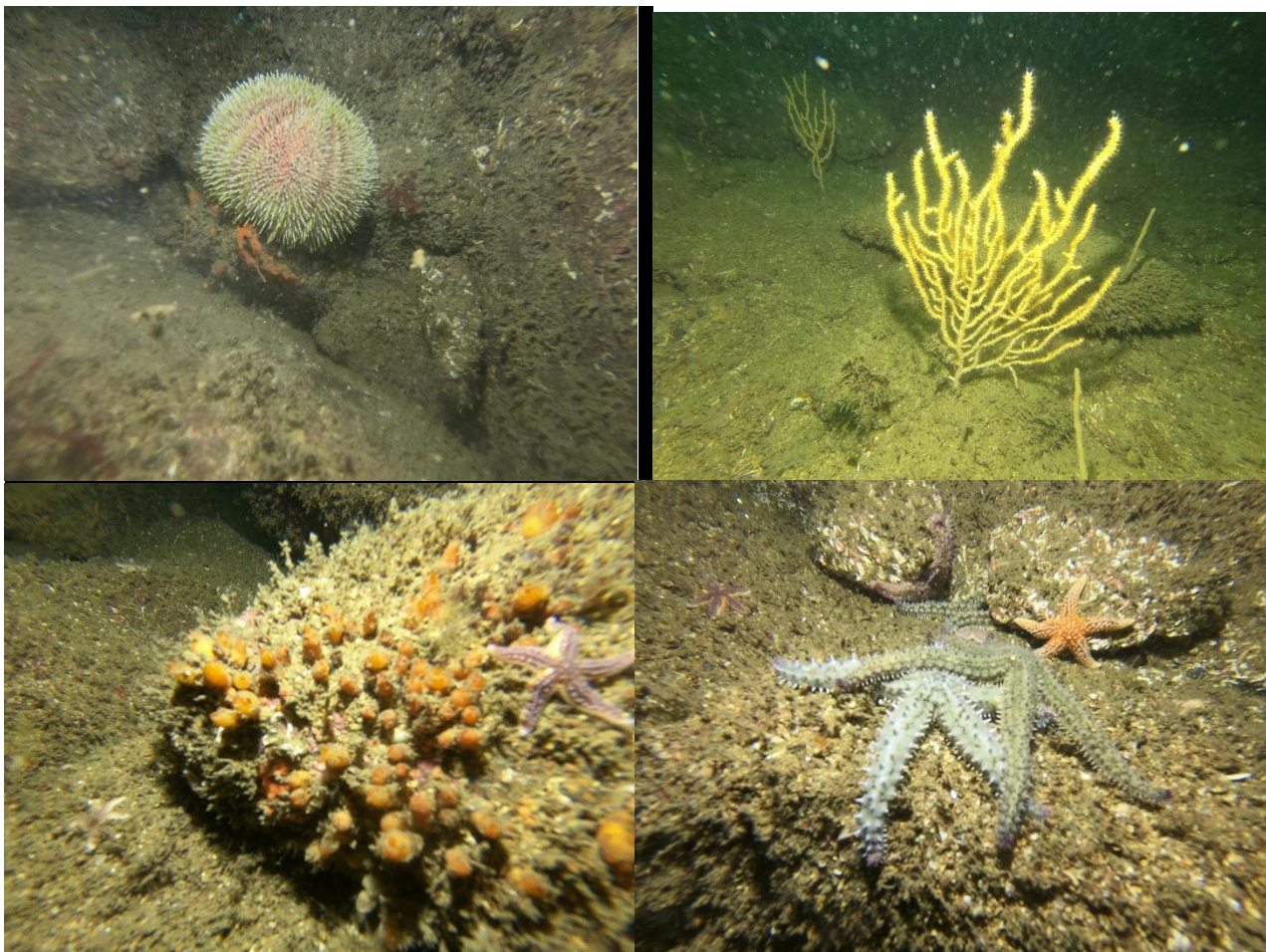


Figure 54 : Exemple de photos au niveau de la station Lambarde.

3.3.2.4 Comparaison avec les données de 2013 et 2020 (stations communes)

Une station est commune aux trois campagnes de 2013, 2020 et 2021, il s'agit de la station B2. La station Lambarde a été suivie en 2020 et 2021.

Pour ce qui est de l'abondance moyenne, une augmentation est mise en évidence entre 2013 et 2020 sur la station B2 (Figure 55). Cette valeur plus élevée est à nouveau observée en 2021. Sur la station Lambarde, les valeurs sont plus importantes lors de la campagne de 2021 (2050 individus en 2020 contre 10334 en 2021).

Cet écart sur la station B2 est principalement dû à la présence d'un nombre important d'amphipodes de l'espèce *Jassa falcata* en 2020 et 2021 par rapport à 2013. D'autres espèces telles que les caprelles *Caprella penantis* et *Phtisica marina*, l'isopode *Cymodoce truncata*, le tunicier *Dendrodia grossularia* et le gastéropode *Rissoa parva* contribuent également à l'augmentation de l'abondance moyenne sur cette station.

L'écart mis en évidence sur la station Lambarde est lié à la forte présence du gastéropode *Rissoa parva*, de l'échinoderme *Amphipholis squamata* et des amphipodes *Photis longicaudata*, *Corophium sextonae* et *Jassa falcata*.

Les différences en termes de richesse spécifique moyenne sont beaucoup moins importantes que pour l'abondance moyenne (Figure 56).

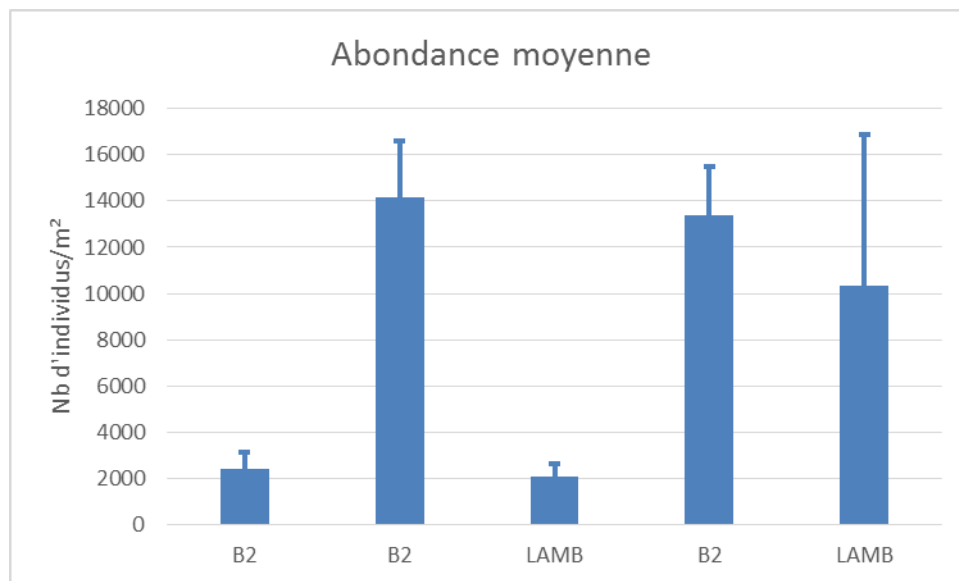


Figure 55 : Abondance moyenne et écart-type des communautés benthiques des stations communes entre 2013 et 2021 des substrats rocheux en zone subtidale

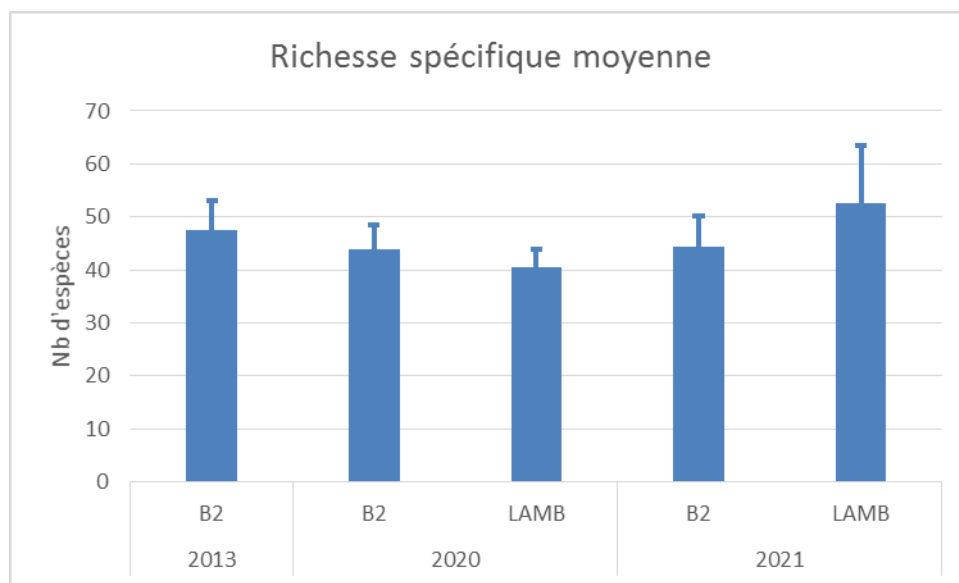


Figure 56 : Richesse spécifique moyenne et écart-type des communautés benthiques des stations communes entre 2013 et 2021 des substrats rocheux en zone subtidale

Les résultats de la CAH (Figure 57) mettent en évidence une **différence significative de la structure des communautés entre les deux stations**. Deux groupes se distinguent sur la CAH (Figure 57) : l'ensemble des réplicats des deux stations est bien isolé (deux habitats différents). Des différences interannuelles sont également mises en évidence pour chaque station. Chaque année de prélèvement est bien séparée.

Néanmoins, aucune influence des travaux n'est détectable. Les légères variations observées au sein d'une station reflètent des variabilités interannuelles en lien avec les conditions environnementales.

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

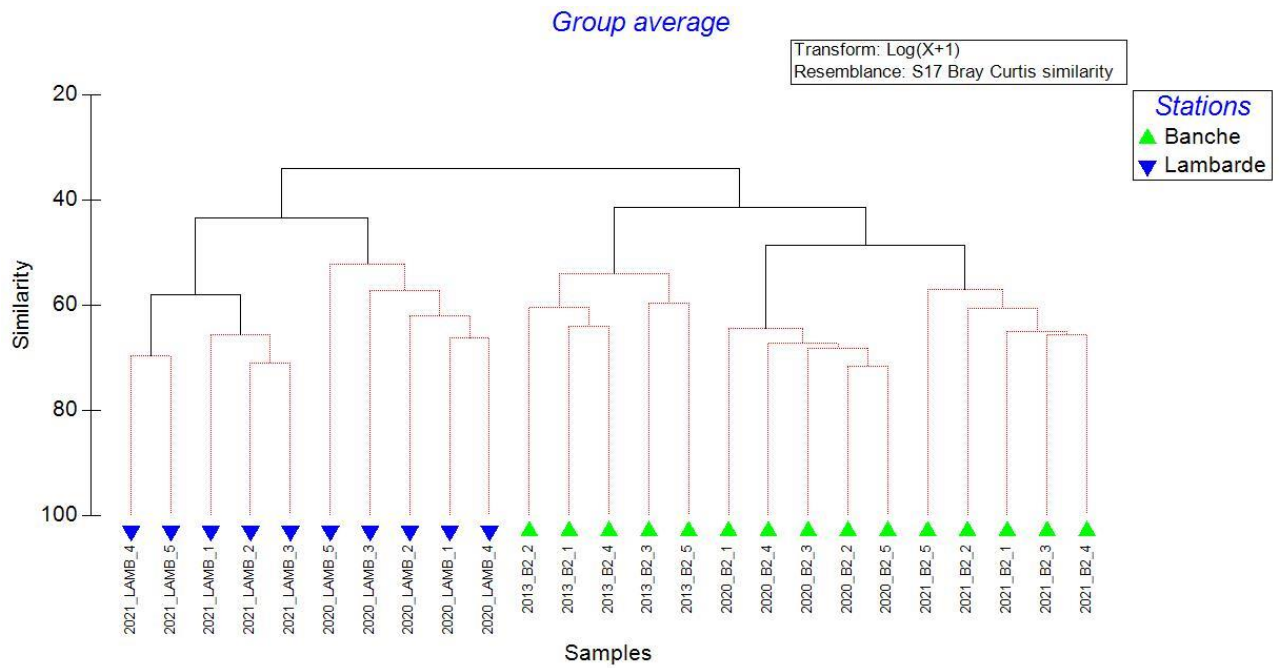


Figure 57 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les stations et réplicats des substrats rocheux subtidaux. Les lignes en pointillés rouges indiquent qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons (test SIMPROF).

3.3.3 Suivi des peuplements des zones d'enrochement

Sur l'ensemble des échantillons analysés (Figure 47), **16 874 individus** ont été dénombrés et **103 taxons** faunistiques ont été identifiés.



Figure 58 : Exemples de quadrats sur les stations PK8.5 et PK19.5

Les abondances moyennes sont comprises entre 10 630 individus par m² et 13 983 individus par m² et entre 3787 individus par m² et 9100 individus par m² respectivement pour les stations PK8.5 et PK19.5 (Figure 48). Les valeurs les plus élevées sont mesurées sur PK8.5 (site le moins profond). Aucune différence n'est observée en fonction du mode d'exposition sur PK8.5 alors que les valeurs sont les plus élevées au niveau du plateau sur PK19.5.

Les richesses spécifiques moyennes sont comprises entre 23 espèces et 40 espèces et entre 14 espèces et 21 espèces respectivement pour les stations PK8.5 et PK19.5 (Figure 48). Comme pour l'abondance, les valeurs observées sont supérieures sur les enrochements les moins profonds. Des différences entre le mode d'exposition sont mises en évidence sur le site PK8.5 alors que les valeurs sont proches sur le site PK19.5.

L'analyse des groupes taxonomiques en termes d'abondance (Figure 49) révèle une similarité dans la composition entre les deux sites d'enrochements, à savoir une dominance des polychètes. Sur le plateau de PK8.5, les crustacés sont également bien présents (*Pisidia longicornis*).

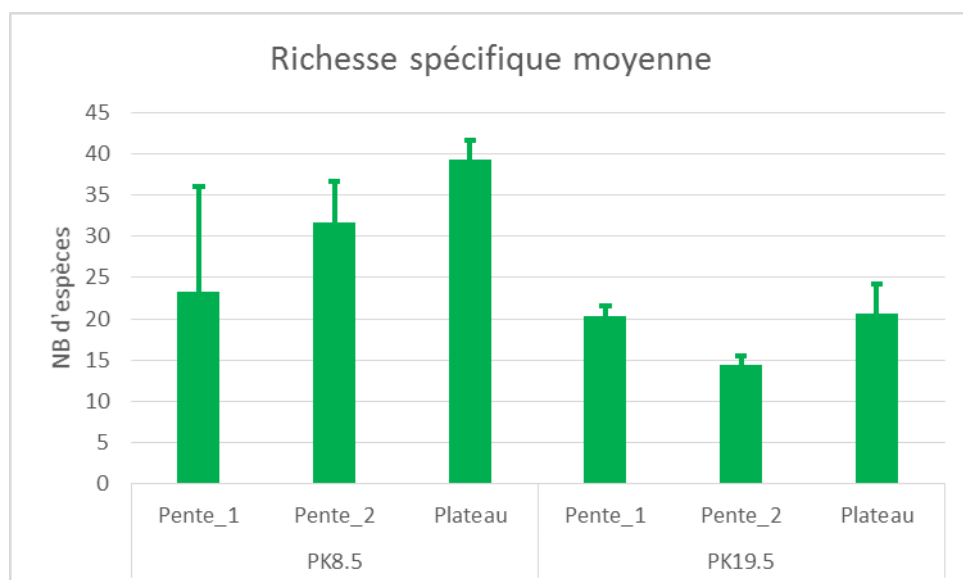
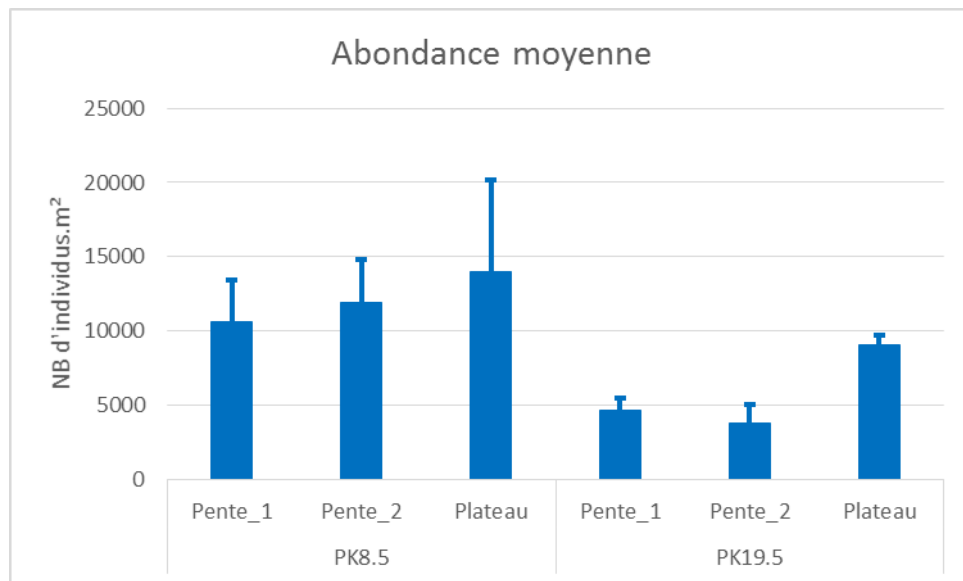


Figure 59 : Richesse et abondance moyennes dans les quadrats (0,1 m²)

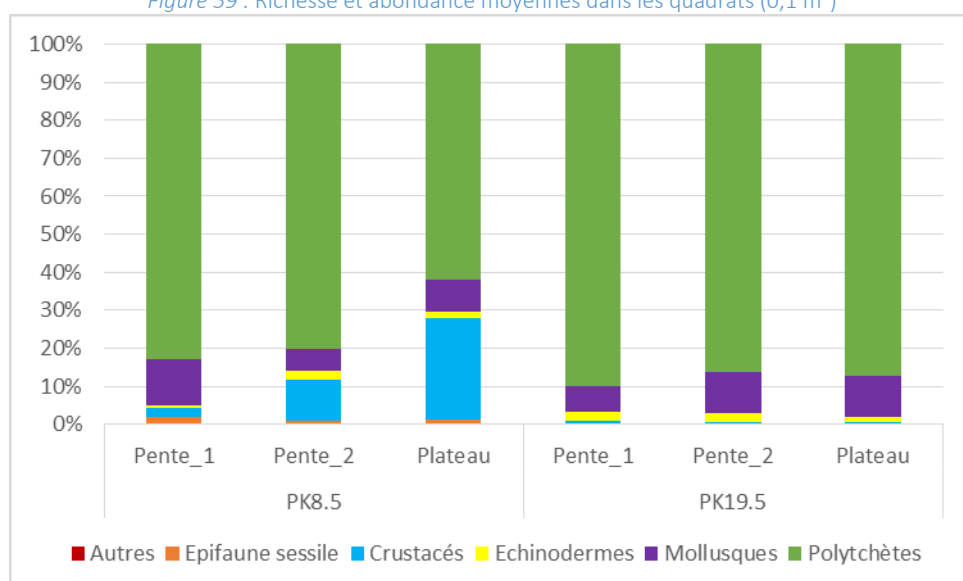


Figure 60 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

La Figure 32 met en évidence la dominance du polychète *Sabellaria spinulosa* dans les peuplements. Les autres espèces caractéristiques sont le crustacé *Pisidia longicornis* et un autre polychète *Spirobranchus triqueter*.

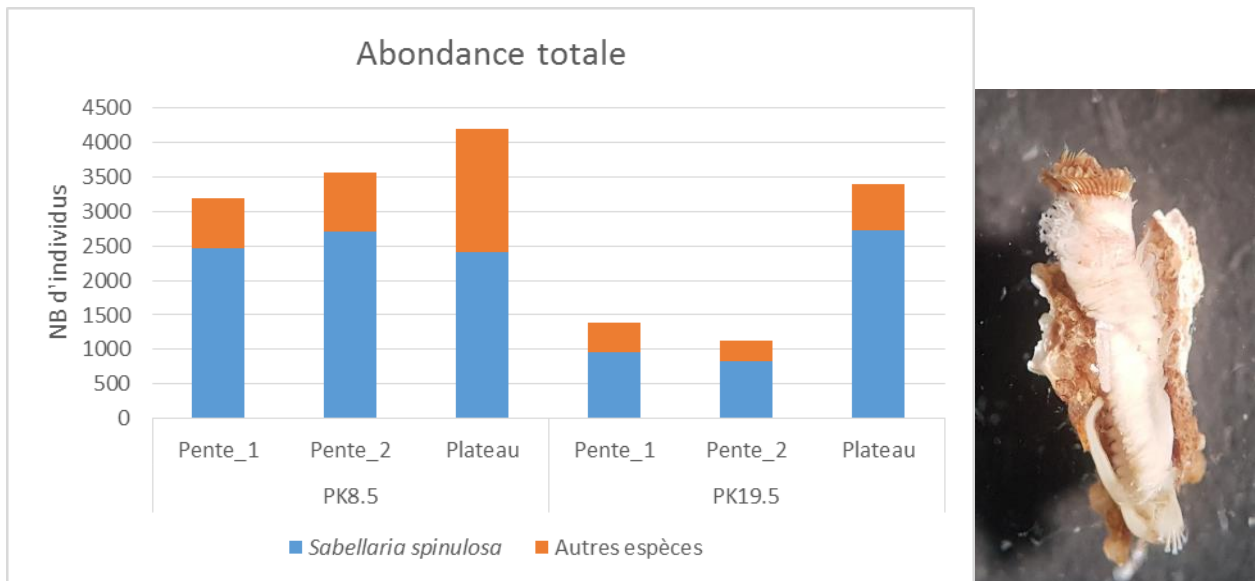


Figure 61 : Abondance totale et dominance de *Sabellaria spinulosa*

4 SYNTHÈSE

4.1 Qualité des sédiments et de l'eau

TBM environnement a été mandaté par RTE afin de réaliser le suivi pendant les travaux le long du fuseau comprenant : un suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles et sur substrats rocheux, un suivi de la qualité des sédiments, et un suivi de la qualité de l'eau. TBM avait déjà réalisé un état initial en 2013 et un état de référence avant travaux en 2020.

En 2021, ces suivis sont complétés par un suivi des peuplements benthiques sur les enrochements mis en place par RTE en protection du câble.

Qualité des sédiments

Six des sept stations ont été échantillonnées le long du fuseau. Ces prélèvements consistent essentiellement en du sable grossier à l'exception de deux stations : RTE_024 majoritairement constituée de vases et RTE_034 principalement composée de sables fins et moyens. La composition spécifique de RTE_024 peut s'expliquer notamment par sa proximité avec la zone de clapage. Les analyses chimiques réalisées ne montrent aucun dépassement des seuils définissant un bon état écologique dans le cadre de la DCSMM.

Les indices de pollution organique sont faibles pour l'ensemble des stations (note de 1 à 2) à l'exception de la station RTE_024 qui a une note forte (note de 7).

Ces résultats sont cohérents avec les analyses faites lors de l'étude d'impact ainsi qu'en 2020. Les travaux n'ont ainsi pas eu d'effet sur la qualité des sédiments.

Qualité de l'eau de mer

Des échantillons de surface et de fond de sept stations positionnées le long du fuseau ont été analysés. Les concentrations en PCB, HAP et TBT sont inférieures aux seuils de détection.

Pour les métaux lourds, le cadmium présente une concentration inférieure aux limites de détection. Pour les autres éléments, les concentrations les plus élevées sont observées aux trois stations les plus proches de la côte : RTE_034, RTE_038 et Ref_Loire, notamment en surface.

Il est à noter que toutes les concentrations en plomb dépassent le seuil NQE-MA sans dépasser le seuil NQE-CMA.

Les concentrations mesurées en 2022 sont comparables à celles mesurées en 2020.

En ce qui concerne la qualité écologique, les concentrations en chlorophylle sont inférieures au seuil de bloom phytoplanctonique du secteur. Les concentrations en oxygène sont nettement supérieures au seuil d'hypoxie. Concernant les nutriments, un gradient côte large est visible pour les silicates et les nitrates avec des concentrations plus élevées à la côte.

L'eau semble de meilleure qualité en 2022 qu'en 2020 avec des concentrations en oxygène plus élevées et des concentrations en nitrates plus faibles.

4.2 Suivi des peuplements

4.2.1 Peuplements des substrats meubles

L'analyse de la granulométrie des stations localisées dans le fuseau et des stations références a permis d'identifier 3 types sédimentaires en 2022 : les sédiments grossiers, les sables fins à moyens mobiles et les vases sableuses. Ces types sédimentaires sont semblables à ceux de 2013 et 2020. Les vases sableuses observées en RTE 24 et Ref RTE 24 sont liées à leur proximité avec le site de clapage.

En ce qui concerne les peuplements benthiques, sur les 12 stations échantillonnées à la benne, **les peuplements sont plutôt équilibrés et homogènes**. Par rapport aux résultats issus des études avant travaux déjà réalisées **en 2013 et 2020, peu de différences sont constatées puisque les stations présentent une composition taxonomique et une structure des communautés relativement similaires**. Des variabilités interannuelles naturelles peuvent être détectées d'un point de vue de la richesse taxonomique et de l'abondance. Une attention particulière sera néanmoins portée sur la station RTE 41 qui montre une diminution de son abondance et de sa richesse spécifique à la suite des travaux.

Enfin, d'un point de vue de **la qualité écologique des stations, les résultats indiquent que l'état de santé de l'ensemble des stations est « bon » voire « très bon »**, ce qui correspond à une classification de la pollution normale ou légèrement polluée, dans un état transitoire.

4.2.2 Peuplements des substrats rocheux

Sur les 2 stations échantillonnées en plongée sous-marine à la suceuse cette année, 142 espèces et 11 850 individus, ont été identifiés.

D'un point de vue de l'abondance, la station B2 se démarque légèrement de la station Lambarde avec une dominance quasi exclusive des crustacés. Sur la station Lambarde, plusieurs groupes taxonomiques contribuent à l'abondance : les crustacés, les polychètes et les mollusques. D'un point de vue de la richesse spécifique, les stations sont plus homogènes et sont toutes dominées par les mollusques et les crustacés.

En termes d'habitats, selon la typologie MNHN 2019, deux habitats ont été identifiés, il s'agit de :

- B1-4.1 « Roches ou blocs infralittoraux à laminaires clairsemées dominées par *Laminaria hyperborea* sur la station B2.
- B1-6 « Roches et blocs infralittoraux à dominance animale » sur la station Lambarde.

Par rapport aux résultats issus du suivi avant travaux déjà réalisé en 2013, peu de différences sont constatées sur la structure des peuplements et sur la richesse spécifique.

En revanche, des fluctuations annuelles de l'abondances sont observées que ce soit d'une part sur la station B2 entre 2013 et 2020 avec une stabilisation entre 2020 et 2021, et d'autres part sur la station Lambarde entre 2020 et 2021. Ces fluctuations sont liées à la présence d'un nombre important d'amphipodes et notamment de l'espèce *Jassa falcata* sur la station B2 et de *Photis longicaudata*, *Corophium sextonae* et *Jassa falcata* sur la station Lambarde. Ces espèces sont grégaires. Elles peuvent présenter des densités de 50 000 individus par m². Ces amphipodes suspensivores sont souvent dans des zones à fort hydrodynamisme (courants de

marée, vagues) et se trouvent couramment sur des algues, des éponges, des hydraires et des bryozoaires dans des zones rocheuses.0

Enfin, on peut signaler l'augmentation nette du nombre d'individus d'hermelles sur la station Lambarde en 2021 (Figure 62).

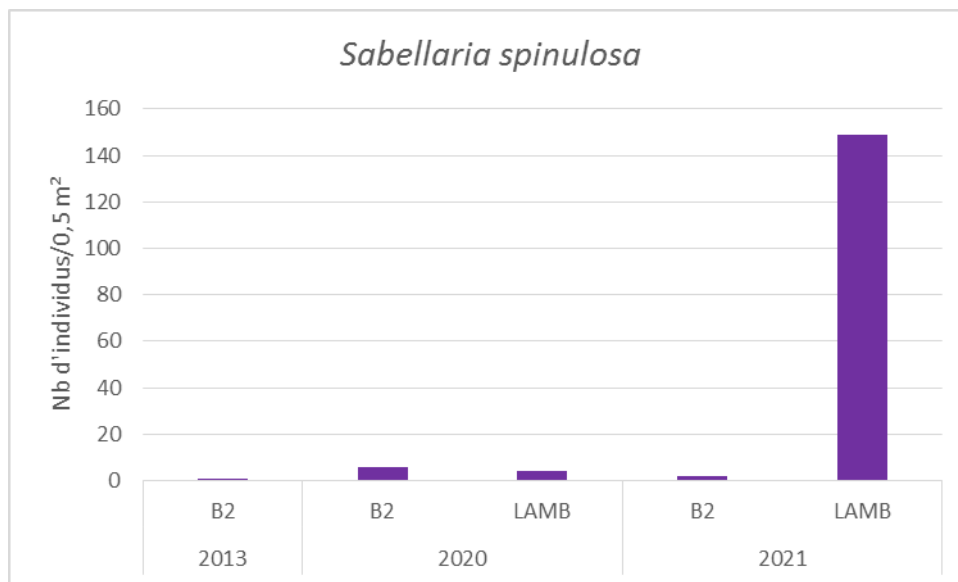


Figure 62 : Abondance totale de *Sabellaria spinulosa* entre 2013 et 2021

4.2.3 Peuplements des enrochements

Sur les 2 sites échantillonnés en plongée sous-marine à la suceuse cette année, une recolonisation a été identifiée entre décembre 2020 et août 2021 (8 mois). Les enrochements présentent déjà une abondance et une richesse importante. La présence d'une espèce à enjeu fort : les hermelles est remarquable. Cette recolonisation par des espèces benthiques est accompagnée par la présence de poissons (Figure 63).

Ainsi, les enrochements sont propices à l'installation de tous les groupes taxonomiques. Les suivis ultérieurs doivent permettre d'étudier la cinétique de cette recolonisation. Il faudra notamment préciser si les enrochements présentent toujours une abondance et une richesse importante et surtout étudier l'évolution de l'abondance d'une espèce à forte patrimonialité, le polychète *Sabellaria spinulosa*.



Figure 63 : Tacsuds et enrochements

4.2.4 Conclusions

Le Tableau 15 récapitule les conclusions pour chaque compartiment. Aucune influence des travaux n'est détectable. Les légères variations observées reflètent des variabilités interannuelles en lien avec les conditions environnementales. Concernant, les peuplements des enrochements, une forte recolonisation est déjà mise en évidence.

Tableau 15 : Synthèse des observations, comparaisons et effet des travaux sur les différents compartiments suivis

Compartiments	Observations en 2022	Comparaisons avec suivis précédents	Effet des travaux
Qualité des sédiments	Pollutions organiques faibles sauf RTE_024	Similaires	Non détectable
Qualité de l'eau de mer	Eau de très bonne qualité	Similaires	Non détectable
Granulométrie	Trois types sédimentaires	Similaires	Non détectable
Peuplements benthiques de substrat meuble	Peuplements équilibrés et homogènes, état de santé "bon" à "très bon"	Peuplements stables, fluctuations interannuelles	Non détectable (Attention à la station RTE 41)
Peuplements benthiques de substrat rocheux	Deux habitats présents	Peuplements stables, fluctuations interannuelles	Non détectable
Peuplements des enrochements	Recolonisation	Aucune, à réaliser en 2023 et 2024	Colonisation par une espèce à fort enjeu, les hermelles <i>Sabellaria spinulosa</i>

5 ANNEXE : LISTE FAUNISTIQUE DES SUBSTRATS MEUBLES

Figure 64 : Abondances totales des espèces identifiées à chaque station

	RTE18	Ref_RTE18	RTE22	Ref_RTE22	RTE24	Ref_RTE24	RTE33	Ref_RTE33	RTE38	Ref_RTE38	RTE41	Ref_RTE41
<i>Abludomelita gladiosa</i>					4							
<i>Abludomelita obtusata</i>					1							
<i>Abra alba</i>					2		2					
<i>Acrocnida brachiata</i>					24							
<i>Aglaophamus agilis</i>									1			
<i>Ampelisca spinipes</i>					11						1	1
<i>Ampharete acutifrons</i>					4							
<i>Amphicteis gunneri</i>					1							
<i>Amphipholis squamata</i>				1			4	1				3
<i>Amphitrite sp.</i>					1							
<i>Anapagurus hyndmanni</i>					5							
<i>Aonides oxycephala</i>					1							
<i>Aonides paucibranchiata</i>			4						1			
<i>Aphelochaeta sp.</i>			1									
<i>Aponuphis bilineata</i>					1							
<i>Armandia polyopthalma</i>	1	1										
<i>Asbjornsenia pygmaea</i>										1		
<i>Asthenognathus atlanticus</i>					2							
<i>Astropecten irregularis</i>							1					
<i>Bathyporeia pilosa</i>		2		3			12			1		75
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>			1									
<i>Capitella minima</i>					76							
<i>Caulleriella alata</i>			2									
<i>Centroloecetes kroyeranus</i>								8				1
<i>Chaetozone corona</i>			1			1						

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

	RTE18	Ref_RTE18	RTE22	Ref_RTE22	RTE24	Ref_RTE24	RTE33	Ref_RTE33	RTE38	Ref_RTE38	RTE41	Ref_RTE41
<i>Chamelea striatula</i>							5					
<i>Cheirocratus sundevallii</i>									1			
<i>Cnidaria sp.</i>									3			
<i>Cumopsis fagei</i>												3
<i>Dexamine spinosa</i>					1							
<i>Diastylis bradyi</i>					2					1		
<i>Diogenes pugilator</i>												6
<i>Diopatra biscayensis</i>					3					1		
<i>Diplocirrus glaucus</i>							3					
<i>Echinocardium cordatum</i>		1										
<i>Echinocyamus pusillus</i>	5		1	1								
<i>Ensis sp.</i>												1
<i>Eteone longa</i>					3				1	1		
<i>Eulalia mustela</i>			2									
<i>Eumida sanguinea</i>					1							
<i>Fabulina fabula</i>							22					
<i>Gammaropsis maculata</i>												3
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	2							1	1			
<i>Glycera fallax</i>					3							
<i>Glycera lapidum</i>			22						6			
<i>Glycera oxycephala</i>									2			
<i>Glycera tridactyla</i>	3	8		1	7	3	17	4			1	4
<i>Goniada maculata</i>					2							
<i>Goniadella gracilis</i>			6						82	87		
<i>Hypereteone foliosa</i>		1										
<i>Idunella picta</i>							1					
<i>Iphinoe trispinosa</i>		1										
<i>Jassa pusilla</i>									5			
<i>Kurtiella bidentata</i>					2							
<i>Lagis koreni</i>					22							

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

	RTE18	Ref_RTE18	RTE22	Ref_RTE22	RTE24	Ref_RTE24	RTE33	Ref_RTE33	RTE38	Ref_RTE38	RTE41	Ref_RTE41
<i>Lepidepecreum longicorne</i>		1										
<i>Liocarcinus holsatus</i>			1									
<i>Litocorsa sp.</i>			2									
<i>Lumbrineris futilis</i>			1									
<i>Lumbrineris latreilli</i>					8			1				
<i>Lutraria lutraria</i>					1							
<i>Mactra stultorum</i>				1			1					
<i>Magelona alleni</i>					16							
<i>Magelona johnstoni</i>	3	5		1	1		46	2				5
<i>Malmgrenia sp.</i>					1							
<i>Mediomastus fragilis</i>			10									1
<i>Megaluropus agilis</i>								1				
<i>Melinna palmata</i>					5							
<i>Microdeutopus sp.</i>					1							
<i>Monocorophium sextonae</i>									29			
<i>Myriochele sp.</i>												1
<i>Mysta picta</i>				1								1
<i>Nemertea</i>		1			5	2	4		1			
<i>Nephtys assimilis</i>		1		2								2
<i>Nephtys cirrosa</i>	24	56	3	15	1	14	6	27	5	3	20	22
<i>Nephtys kersivalensis</i>					1							
<i>Nereis sp.</i>							1					
<i>Notomastus latericeus</i>	1				8							
<i>Nototropis falcatus</i>										2		1
<i>Nototropis guttatus</i>	1									2		
<i>Nototropis swammerdamei</i>					8							
<i>Nucula nitidosa</i>					37							
<i>Ophelia roscoffensis</i>		1						1				
<i>Ophiothrix fragilis</i>					4							
<i>Ophiura albida</i>					2							

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

	RTE18	Ref_RTE18	RTE22	Ref_RTE22	RTE24	Ref_RTE24	RTE33	Ref_RTE33	RTE38	Ref_RTE38	RTE41	Ref_RTE41
<i>Ophiura ophiura</i>					18							
<i>Orbinia sertulata</i>	1											
<i>Owenia fusiformis</i>							2			1		3
<i>Oxydromus pallidus</i>					3							
<i>Pagurus bernhardus</i>							1					
<i>Paradoneis lyra</i>		5										
<i>Paranaitis kosteriensis</i>		1			3							
<i>Periculodes longimanus</i>							3	1				
<i>Pharus legumen</i>								1				
<i>Phaxas pellucidus</i>		1			3		1	1				
<i>Philine aperta</i>		1			2							
<i>Pholoe baltica</i>					8							
<i>Pholoe inornata</i>					1				1			
<i>Phoronis sp.</i>												3
<i>Photis longicaudata</i>					1							
<i>Phoxocephalus holbolli</i>		1										
<i>Phyllochaetopterus sp.</i>					3		1					
<i>Phyllodoce lineata</i>									1			
<i>Piromis eruca</i>							2					
<i>Pisone remota</i>	3		40	1					81	2		
<i>Polydora sp.</i>					1							
<i>Polygordius sp.</i>			28						24			
<i>Pontocrates arenarius</i>	3											
<i>Portumnus latipes</i>				1								
<i>Protodorrvillea kefersteini</i>			35						2			
<i>Sabellaria spinulosa</i>									2			
<i>Saccocirrus sp.</i>									32			
<i>Scoletoma laurentiana</i>		1										
<i>Scoloplos armiger</i>							2					
<i>Sigalion mathildae</i>							2					

Raccordement du parc éolien de Saint Nazaire – Suivi écologique le long du fuseau 2021-2022
TBM environnement

	RTE18	Ref_RTE18	RTE22	Ref_RTE22	RTE24	Ref_RTE24	RTE33	Ref_RTE33	RTE38	Ref_RTE38	RTE41	Ref_RTE41
<i>Sphaerodorum gracilis</i>					1							
<i>Sphaerosyllis sp.</i>		1										
<i>Spio decorata</i>			1				8					1
<i>Spiophanes bombyx</i>					3		16	1				2
<i>Spirobranchus triqueter</i>	1	1										
<i>Spisula elliptica</i>			1						1			
<i>Spisula solida</i>	1		1			1						
<i>Spisula subtruncata</i>					2	1						
<i>Sthenelais boa</i>					2							
<i>Syllis garciai</i>			4									
<i>Synchelidium maculatum</i>		2										1
<i>Tellimya ferruginosa</i>		1										
<i>Travisia forbesii</i>	2							1			10	
<i>Tritia pygmaea</i>					1							
<i>Tritia reticulata</i>					1		6			1		1
<i>Tryphosites longipes</i>		1										
<i>Urothoe marina</i>				1			15			1		50
<i>Urothoe pulchella</i>							3					5
<i>Varicorbula gibba</i>					2							

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.

<mailto:contact@tbm-environnement.com>

