



OFB

OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



marha
marine habitats



Co-financé par
LE MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

CARACTERISATION DES BANCS DE MAËRL ET REALISATION D'UN SUIVI SUR LE SITE NATURA 2000 ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF (FR5202012)

Rapport

Date : Juillet 2024



Sommaire

1.	Contexte.....	7
2.	Introduction	8
2.1	Définition et répartition.....	8
2.2	Historique local	9
3.	Méthodes et moyens pour les caméra sous-marines	14
3.1	Plan d'échantillonnage.....	14
3.2	Moyens nautiques	14
3.3	Caméra sous-marine	15
3.4	Déroulement des opérations	17
3.5	Analyses des vidéos	24
3.6	Analyse des données	25
3.6.1	Données stationnelles.....	25
3.6.2	Interpolation	25
4.	Méthodes et moyens pour les bennes	28
4.1	Moyens nautiques	28
4.2	Prélèvements à la benne Day	28
4.3	Déroulement des opérations	34
4.4	Analyses des prélèvements	34
4.4.1	Granulométrie.....	34
4.4.2	Taille des brins	36
4.4.3	Vitalité.....	36
4.4.4	Tri et détermination.....	36
4.4.5	Traitement des données	38
4.4.6	Analyses multivariées	39
5.	Résultats pour les caméras et la cartographie	44
5.1	Données stationnelles.....	44
5.1.1	Taux de recouvrement du maërl	44
5.1.2	Vitalité.....	53
5.2	Caractérisations des habitats.....	59
5.2.1	Substrats rocheux	61
5.2.2	Substrats meubles.....	63
6.	Résultats pour les prélèvements benthiques	67
6.1	Granulométrie.....	67
6.2	Taille des brins	68
6.3	Vitalité.....	70
6.4	Faune.....	71
6.5	Abondance (A)	71
6.6	Richesse spécifique (S).....	72
6.7	Indice de Shannon Wiener (H').....	76
6.8	Indice d'équitabilité de Pielou (J').....	76
6.9	Groupes taxonomiques.....	77
6.10	Structure des peuplements	80
7.	Discussion.....	83
7.1	Bilan et limites de l'étude	83
7.2	Répartition du maërl.....	84

7.3	Evolution et dynamique.....	87
7.4	Faune.....	88
7.5	Activités et pressions	89
7.6	Conclusions	89
8.	Bibliographie	91

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du site d'étude ©TBM environnement, 2024.	7
Figure 2 : Localisation des stations prospectées en 2012 (TBM environnement, 2013)	10
Figure 3 : Présence, maërl en mosaïque avec du sédiment et banc de maërl (TBM environnement/DREAL Pays de Loire, 2013).....	11
Figure 4 : Localisation du banc de maërl « sud Pierre Moine » en 2012 ©TBM environnement, 2024.	12
Figure 5 : <i>Richesse spécifique et abondance moyenne sur des stations de maërl en 2009 (stations PM08, PM09 et PM11) Données Biolittoral) et 2013 (Stations 128, Données TBM environnement)</i>	13
Figure 6 : Localisation des stations du plan d'échantillonnage initial. © TBM environnement, 2024	14
Figure 7 : Bateau le « Bar'ouf » © TBM environnement, 2024.....	15
Figure 8 : Matériel de prospection vidéo © TBM environnement, 2024.....	16
Figure 9 : Filets présent sur zones. © TBM environnement, 2024.....	18
Figure 10 : Localisation des stations réellement réalisées © TBM environnement, 2024	19
Figure 11 : Schéma explicatif des rayons de recherche et des nombre de points maximum.....	26
Figure 12 : Exemple de paramètre de l'outil « Grille (inverse de la distance à une puissance) »....	27
Figure 13 : Bateau le «TZIGANE II» © TBM environnement, 2024	28
Figure 14 : Plan d'échantillonnage des bennes Day ©TBM environnement, 2024.	30
Figure 15 : La benne Day utilisée pour les prélèvements biosédimentaires ©TBM environnement, 2024.	31
Figure 16 : Exemples d'échantillons obtenus à la benne Day ©TBM environnement, 2024.....	31
Figure 17 : Tamisage d'un échantillon obtenu à la benne Day ©TBM environnement, 2024.....	32
Figure 18 : Prélèvement d'un échantillon pour la mesure de vitalité ©TBM environnement, 2024.	33
Figure 19 : <i>Colonne de tamis</i>	35
Figure 20 : Echantillons granulométriques à l'étuve	35
Figure 21 : Etapes du déformolage : récupération de l'eau formolée (à gauche) et rinçage (à droite) (source : TBM environnement).....	37
Figure 22 : Postes de tri des échantillons de macrofaune benthique (à gauche) et piluliers de conditionnement (à droite) (source : TBM environnement).....	37
Figure 23 : Le coefficient de similarité de Bray-Curtis	39
Figure 24 : Résumé de la démarche mise en œuvre dans le cadre des analyses multivariées : présentation des étapes conduisant à la mise en œuvre d'une méthode de classification ou d'ordination (Grall et Coïc 2006 d'après Field et al., 1982).....	40
Figure 25 : Principe du test de permutation par similarité (procédure SIMPROF), d'après Clarke et al. (2008).	41
Figure 26 : Analyse stationnelle - secteurs de présence et d'absence de maërl sur les stations prospectées en février et mars 2023 ©TBM environnement, 2024	45
Figure 27 : Photographie de la station 10 avec un taux de recouvrement de 75-100% ©TBM environnement, 2014.	46
Figure 28 : Taux de recouvrement observables sur le banc de maerl de la baie de Bourgneuf (de haut en bas 0-5% ; 5-25% ; 25-50% ; 50-75%). ©TBM environnement, 2024.	47
Figure 29 : Analyse stationnelle – Taux de recouvrement de maërl observées en 2023 sur le banc de maerl de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.....	48

Figure 30 : Interpolation et cartographie des taux de recouvrement de maërl sur le banc de la baie de Bourgneuf (données de février et mars 2023) ©TBM environnement, 2024.	50
Figure 31 : Taux de recouvrement de maërl observées sur le banc de la baie de Bourgneuf (données de février et mars 2023) ©TBM environnement, 2024.	51
Figure 32 : Banc de maërl (taux de recouvrement supérieur à 25 %) et maërl en mosaïque de la baie de Bourgneuf ©TBM environnement, 2024.....	52
Figure 33 : Présence de maërl vivant et mort (banc de Bourgneuf). ©TBM environnement, 2024.	53
Figure 34 : Analyse stationnelle – Vitalité de maërl observées en février et mars 2023 sur le banc de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.	55
Figure 35 : Analyse stationnelle – Maërl mort observé en février et mars 2023 sur le banc de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.....	56
Figure 36 : Interpolation et cartographie des taux de vitalité de maërl sur le banc de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.....	57
Figure 37 : Taux de vitalité de maërl observées sur le banc de la baie de Bourgneuf en février et mars 2023. ©TBM environnement, 2024.....	58
Figure 38 : Analyse stationnelle - Habitats marins décrits selon la typologie NatHab-Atl, 2019 (observations visuelles à la caméra sous-marine) dans la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.	60
Figure 39 : C1-1.12 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à faunes et algues encroûtantes (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.	61
Figure 40 : C1-6 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à dominance d' <i>Ophiothrix fragilis</i> et/ou <i>Ophiocomina nigra</i> et de spongiaires (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.....	62
Figure 41 : B2-1.2 Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.	63
Figure 42 : B3.1 Cailloutis infralittoraux (en haut) et B3.2 Sables grossiers et graviers infralittoraux (en bas) (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.	64
Figure 43 : B4-1 Sédiments hétérogènes infralittoraux (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.	65
Figure 44 : B4-1.10 Sédiments hétérogènes infralittoraux à <i>Gracilaria</i> spp (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.	65
Figure 45 : B5-1 Sables fins à moyens mobiles infralittoraux (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.	66
Figure 46 : Fractions granulométriques (%) des stations échantillonnées en mars 2023.....	67
Figure 47 : Fractions granulométriques (%) des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)	68
Figure 48 : Taille des brins en fonction des stations (fractions (%))	69
Figure 49 : Taille des brins en fonction des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)	69
Figure 50 : Vitalité des brins en fonction des stations.....	70
Figure 51 : Abondance moyenne	72
Figure 52: Richesse spécifique moyenne	73
Figure 53 : Abondance moyenne ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)	74
Figure 54 : Richesse spécifique moyenne ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)	75
Figure 55 : Indice de Shannon Wiener (H')	76
Figure 56 : Indice d'équitabilité de Piélou (J').....	76

Figure 57 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de la richesse spécifique au sein des stations échantillonnées en mars 2023.	77
Figure 58 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de l'abondance au sein des stations échantillonnées en mars 2023.	77
Figure 59 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de la richesse spécifique au sein des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations).....	78
Figure 60 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de l'abondance au sein des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)	79
Figure 61 : Dendrogramme et MDS effectués à partir de la matrice des distances de Bray Curtis, calculée d'après les données faunistiques (abondances par réplicats).	81
Figure 62 : Illustrations de quelques espèces caractéristiques (<i>Apseudes latreilli</i> , <i>Leptocheirus hirsutimanus</i> , <i>Ophiura labida</i> , <i>Amphipholis squamata</i> , <i>Spirobranchus triqueter</i> , <i>Nephtys cirrosa</i> , <i>Mediomastus fragilis</i>) (source TBM environnement).....	82
Figure 63 : Evolution surfacique entre 2012 et 2023 sur le banc de la baie de Bourgneuf ©TBM environnement, 2024.	85
Figure 64 : Taux de recouvrement de maërl observés sur le banc de la baie de Bourgneuf (données de février et mars 2023) ©TBM environnement, 2024.	86
Figure 65 : Richesse spécifique et abondance moyenne sur des stations de maërl en 2009 (Données Biolittoral), 2013 (Données TBM environnement/DREAL Pays de Loire) et 2023 (données de cette étude)	88

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de la surface du banc de maërl entre 1968 et 2013 (1968 : données Vanney, 2009 : données Biolittoral pour la DCE, 2013 : données TBM environnement pour la DREAL Pays de Loire)	12
Tableau 2 : Horaires et profondeurs des observations sur les stations échantillonnées les 15, 16 et 17 février 2023.....	20
Tableau 3 : Horaires et profondeurs des observations sur les stations échantillonnées le 1 ^{er} mars 2023	24
Tableau 4 : Horaires et profondeurs des observations sur les stations échantillonnées à la Benne Day	34
Tableau 5 : Taux de recouvrement de maërl observés en février et mars 2023.....	46
Tableau 6 : Vitalités en cm ² et en % obtenues avec des prélèvements à la benne	70
Tableau 7 : Vitalités en % obtenues avec des prélèvements à la benne et à la caméra	71
Tableau 8 : Evolution de la surface du banc de maërl entre 2013 et 2023 (2013, données TBM environnement pour la DREAL Pays de Loire, 2023, données de cette étude).....	83
Tableau 9 : Evolution de la surface du banc de maërl entre 1968 et 2023 (1968, données Vanney, 2009, données Biolittoral pour la DCE, 2013, données TBM environnement pour la DREAL Pays de Loire, 2023, données de cette étude).....	87

1. Contexte

Les bancs de maërl sont importants aux échelles française et européenne. En effet, le rôle écologique de cet habitat est reconnu au regard de la biodiversité qu'il soutient et des fonctions de frayères et de nurseries qu'il assure pour de multiples espèces de poissons et de crustacés. Cet habitat a donc été considéré comme un enjeu de conservation prioritaire.

Sur la base des connaissances déjà acquises, la présente étude vise donc à mettre en œuvre des moyens afin d'établir une caractérisation la plus complète possible sur le site Natura 2000 **Estuaire de la Loire Sud - baie de Bourgneuf (FR5202012)** (Figure 1), abritant un banc de maërl. L'étude vise à mettre à jour les travaux de cartographique de ce banc de maërl. La finalité de cette prestation est d'évaluer et permettre de mesurer le bon état écologique du banc et la couverture des bancs de maërl vivants soit maintenus.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Zone d'étude

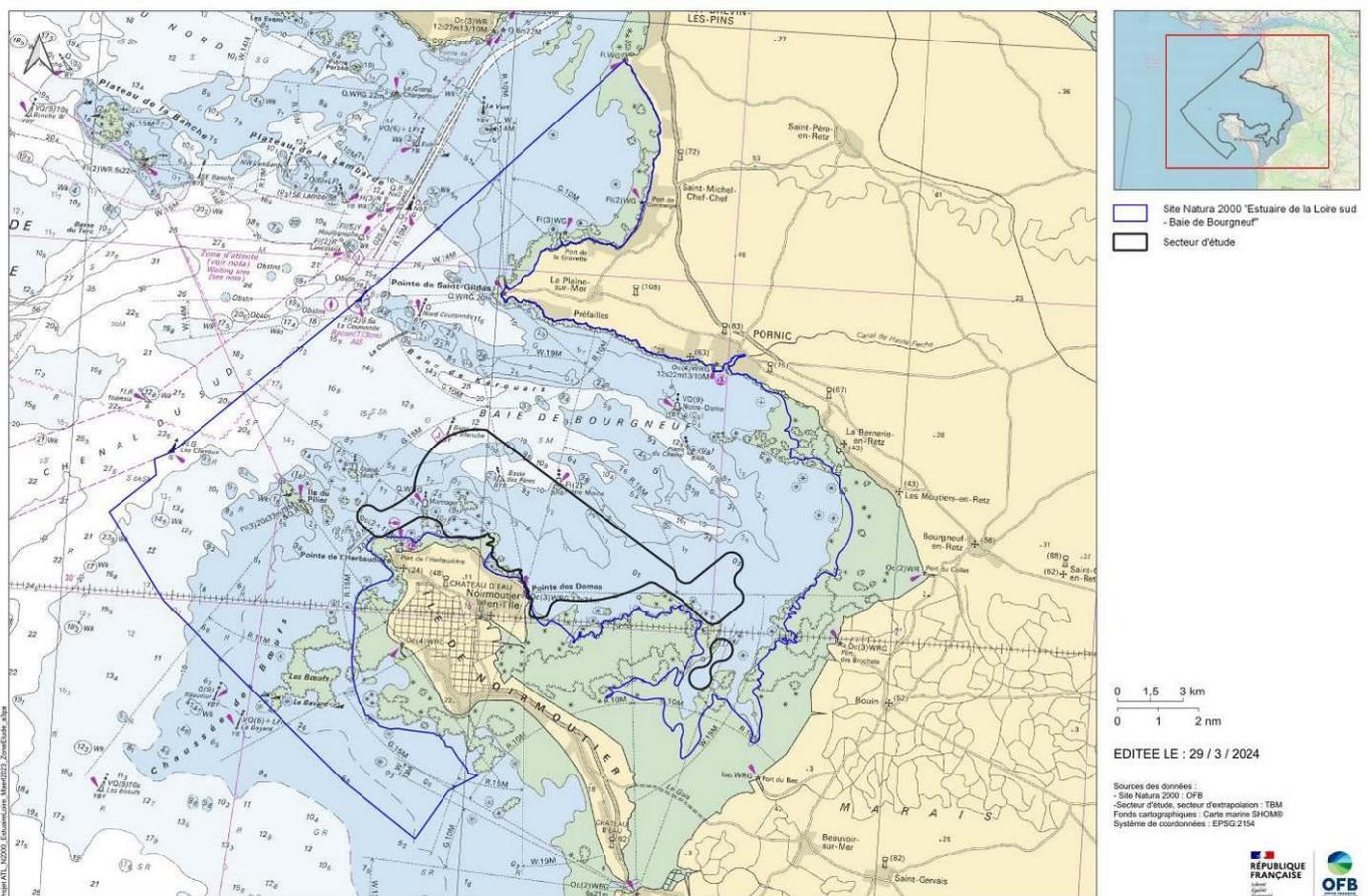


Figure 1 : Localisation du site d'étude ©TBM environnement, 2024.

2. Introduction

2.1 Définition et répartition

Le maërl est un habitat dit biogénique, produit par des espèces vivantes, en l'occurrence des algues rouges calcaires. Il désigne l'accumulation d'algues rouges calcaires (rhodolithes) se développant sous forme libre sur les fonds côtiers de faible profondeur (entre 0 et 30 mètres de profondeur, Grall, 2002, Grall, 2009). Les cahiers d'habitats « habitats côtiers » Natura 2000 décrivent les bancs de maërl comme potentiellement présents dans les sables hétérogènes envasés infralittoraux (1160-2 – Sables hétérogènes envasés infralittoraux. Bancs de maërl, façade atlantique) et dans les sables grossiers et graviers (1110-3 – Sables grossiers et graviers. Bancs de maërl, façade atlantique) (Bensettiti, 2004). Les bancs de maërl constituent donc des faciès particuliers des habitats d'intérêt communautaire 1110-3 et 1160-2, définis au titre de la Directive Habitat Faune Flore (92/43/CEE, DHFF). Si la typologie MNHN (2019, Michez et al., 2019) est considérée, le maërl peut être classé dans trois habitats différents en fonction du substrat associé et du taux de recouvrement du maërl :

- B3-2.9 Sables grossiers et graviers infralittoraux à *Branchiostoma lanceolatum* avec présence éparse de maërl.
- B3-4 Bancs de maërl sur sables grossiers et graviers infralittoraux.
- B4-3 Bancs de maërl sur sédiments hétérogènes envasés infralittoraux.

Ils sont également identifiés comme enjeu majeur à l'échelle de la façade atlantique (Directive Cadre sur le Milieu Marin 2008/56/CE - Toison, 2021), et référencés au titre de la convention OSPAR (Michez, 2014).

À l'échelle européenne, le maërl est distribué, depuis le Svalbard au Nord de la Norvège jusqu'au Portugal au Sud, ainsi que dans l'ensemble de la Méditerranée. Il est particulièrement abondant en Bretagne ainsi que dans les rias de Galice et en Irlande (Hall-Spencer *et al.*, 2010). A cette échelle, les bancs de maërl sont un habitat en danger (Hall-Spencer, 2010).

A l'échelle nationale, ces bancs se rencontrent majoritairement sur les côtes bretonnes, en zones infra- et médiolittorales (Grall, 2002, Grall, 2009). Les bancs de maërl abritent un peuplement très riche et diversifié et accueillent généralement une très forte diversité biologique, faunistique et algale (Grall, 2002). Ainsi, ce sont plus de 900 espèces d'invertébrés et 150 espèces d'algues qui ont été recensées vivant sur le maërl des côtes de Bretagne (Grall, 2009). En effet, la structure physique tridimensionnelle des bancs de maërl, fournit une très large

gamme de micro-habitats (micro-niches) qui se traduit par la présence d'une diversité en faune et en flore très élevée (Grall, 2009). Les bancs de maërl constituent donc un réservoir de biodiversité et le rôle écologique important de cet habitat est bien reconnu. Les bancs de maërl sont des zones de nourriceries et de frayères pour de multiples espèces comme des bivalves et des poissons (coquilles Saint-Jacques, pétoncles, praires, bars, rougets) (Grall, 2009).

La richesse biologique qu'il abrite, son niveau de sensibilité (classé très fort par le MNHN) et son classement en habitat OSPAR en font donc un habitat à enjeu majeur de préservation.

2.2 Historique local

Un banc de maërl, d'environ 8 km² avait été signalé en baie de Bourgneuf en 1966 sur les cartes biosédimentaires réalisées par Vanney (1968). Depuis, ce maërl a fait l'objet d'une mission de prospection dans le cadre de la DCE 2006 sur la région des Pays de la Loire puis lors des Inventaire cartographique des habitats marins des sites Natura 2000 « Estuaire de la Loire Nord » (FR 5202011) et « Estuaire de la Loire Sud – baie de Bourgneuf » (FR 5202012) en 2012 (programme CARTHAM, TBM, 2013).

Les résultats de la prospection, réalisée en 2006 sur la zone inventoriée par Vanney en 1966, indiquent un déplacement du banc de maërl vers le large ou une diminution de la surface du banc. La zone prospectée avait permis d'estimer la surface du banc de maërl à 2 km².

Dans le cadre des inventaires de 2012, le banc de maërl « sud Pierre Moine » a été particulièrement suivi. En effet, pour améliorer les connaissances sur sa répartition, des prospections spécifiques ont été menées. 64 stations ont fait l'objet de prélèvements à la benne Smith (Figure 2). La présence de maërl a été notée ainsi que le type sédimentaire (1) « présence » quand quelques brins sont observés, 2) maërl en mosaïque avec du sédiment et 3) maërl quand un véritable banc est observé (Figure 3). La Figure 4 illustre la localisation et la cartographie du banc de maërl en 2012.

PROSPECTION DU BANC DE MAËRL

Estuaire de la Loire

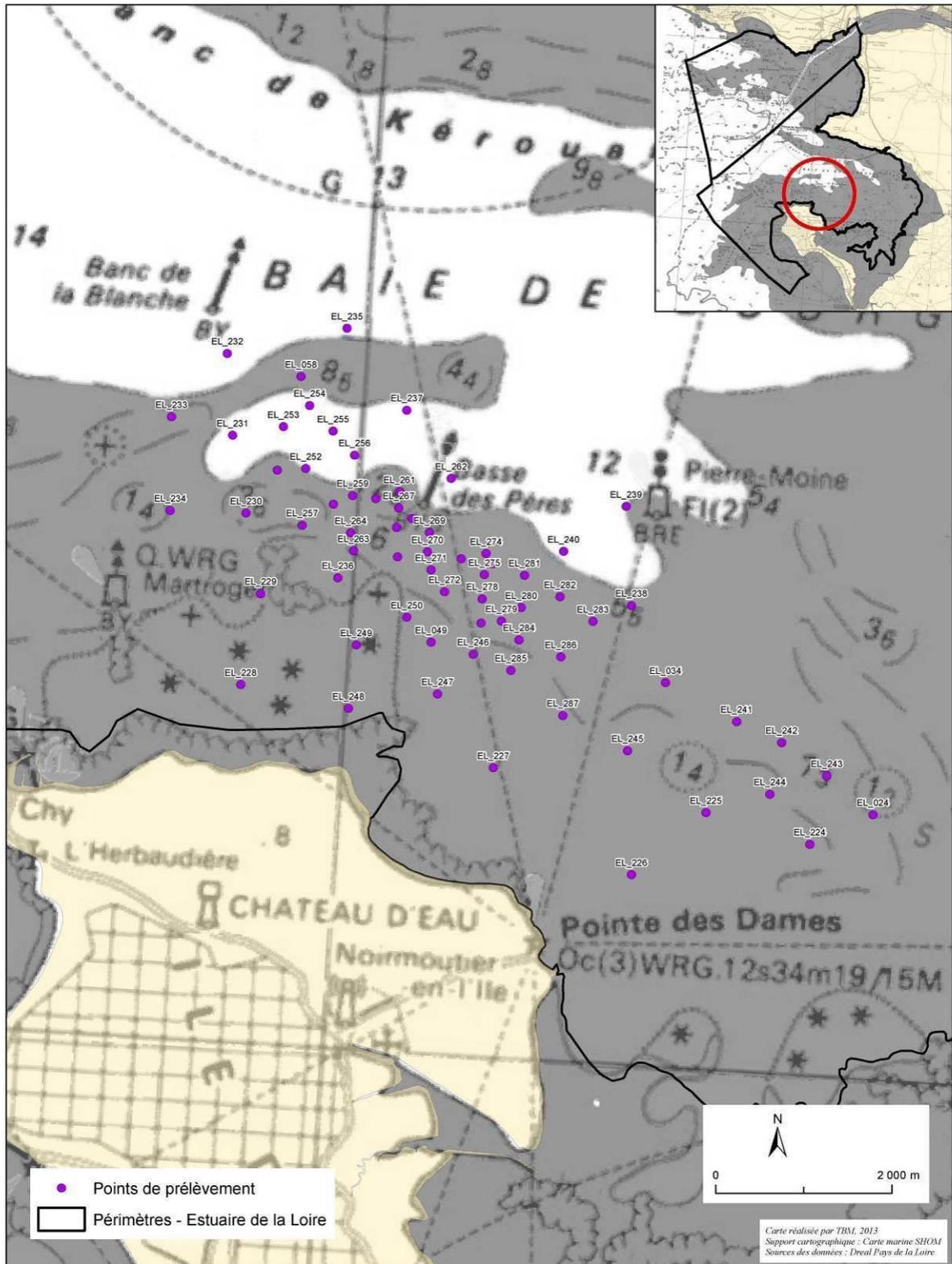


Figure 2 : Localisation des stations prospectées en 2012 (TBM environnement, 2013)



Figure 3 : Présence, maërl en mosaïque avec du sédiment et banc de maërl (TBM environnement/DREAL Pays de Loire, 2013)

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Bancs de maërl issu des habitats benthiques du projet cartham de 2013

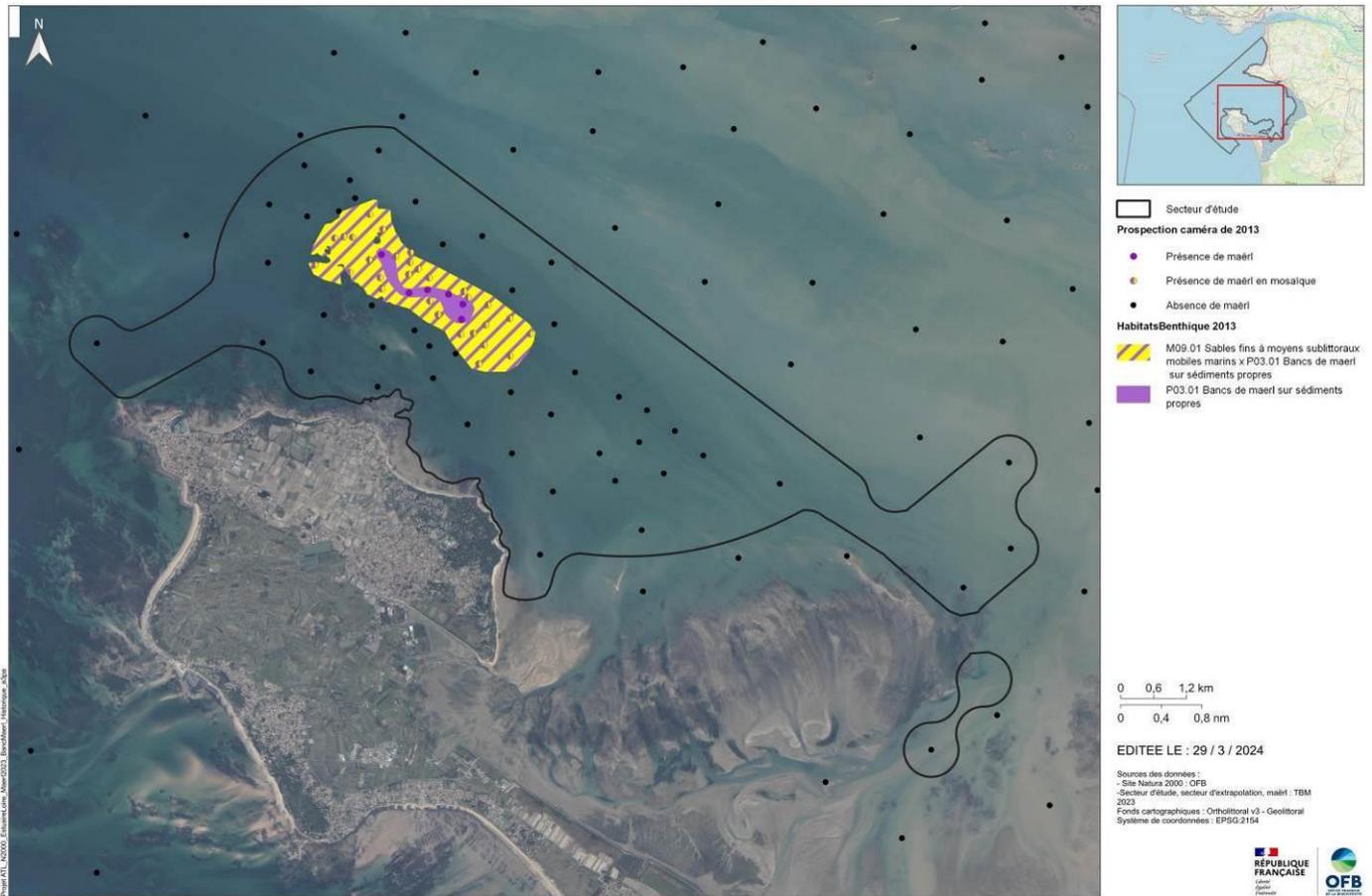


Figure 4 : Localisation du banc de maërl « sud Pierre Moine » en 2012 ©TBM environnement, 2024.

Des analyses d'évolution sont également réalisées avec les données antérieures. Le Tableau 1 illustre l'évolution surfacique du banc de maërl entre 1968 et 2013. Une légère augmentation est observée mais il faut relativiser ces surfaces car si l'on considère uniquement l'habitat « maërl » (recouvrement supérieur à 30 %) et non la zone de mosaïque, une surface de 0,58 km² est observée.

Tableau 1 : Evolution de la surface du banc de maërl entre 1968 et 2013 (1968 : données Vanney, 2009 : données Biolittoral pour la DCE, 2013 : données TBM environnement pour la DREAL Pays de Loire)

	1968	2009	2013
	Zone de maërl	Zone de maërl	Zone de maërl
Superficie (km ²)	4,2	4,56	4,91

Concernant les stations de suivis, des stations ont déjà été étudiées (3 stations DCE et une station « TBM environnement » en 2012). La Figure 5 représente les richesses spécifiques et les abondances moyennes observées en 2009 et en 2013. Même si ce ne sont pas les mêmes stations

qui ont été échantillonnées en fonction des années, une augmentation des valeurs pour ces deux paramètres est à noter.

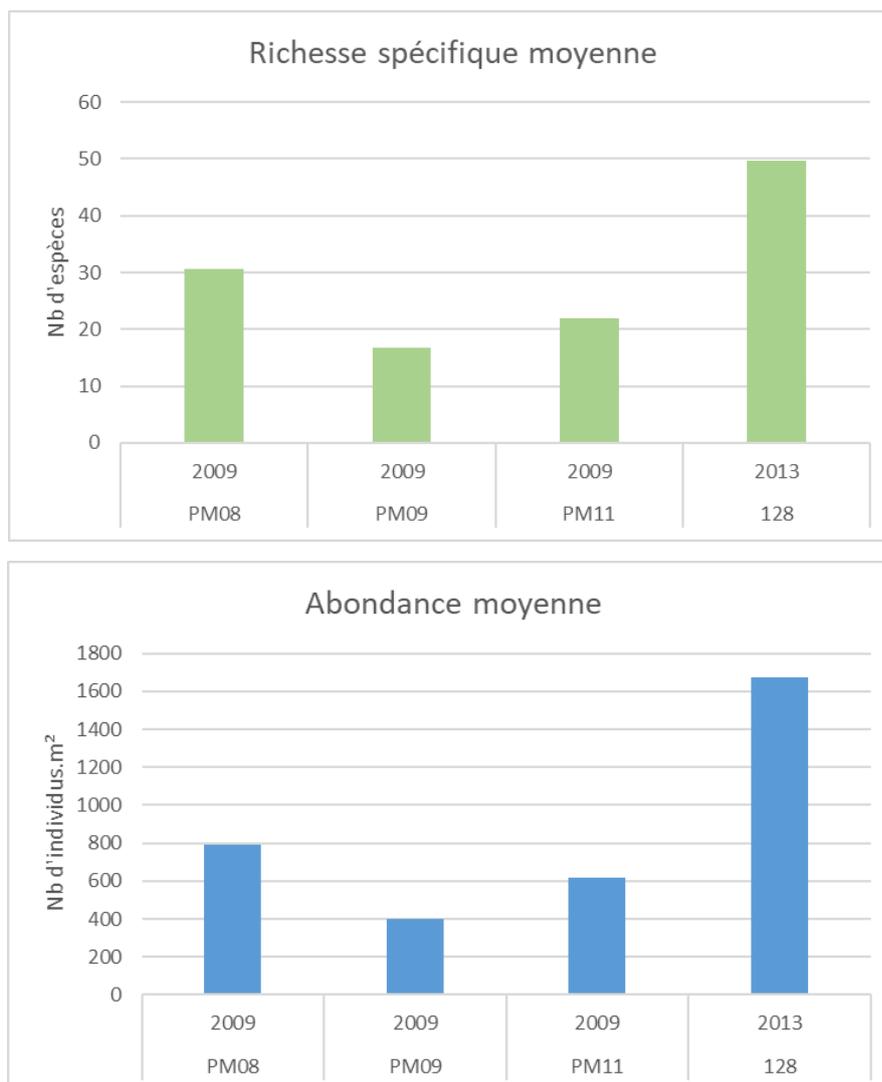


Figure 5 : Richesse spécifique et abondance moyenne sur des stations de maërl en 2009 (stations PM08, PM09 et PM11) Données Biolittoral) et 2013 (Stations 128, Données TBM environnement)

Ainsi, sur la base des connaissances acquises, la présente étude vise à mettre à jour la cartographie du banc de maërl et à réaliser des prélèvements benthiques sur des stations de suivis. Pour préciser ces observations, cette étude s'est organisée en plusieurs phases distinctes :

- Le déploiement de la stratégie d'échantillonnage spatial pour l'acquisition d'images à partir d'une caméra sous-marine.
- L'analyse des images collectées (présence/absence, vitalité du maërl et taux de recouvrement du maërl vivant).
- La mise à jour cartographique du banc de maërl.
- Le positionnement judicieux des stations des suivis et leur analyse.

3. Méthodes et moyens pour les caméra sous-marines

3.1 Plan d'échantillonnage

400 stations étaient prévues dans le plan d'échantillonnage (Figure 6). Le positionnement des stations s'est fait en se basant sur les données historiques.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Plan d'échantillonnage initial établi en février 2023

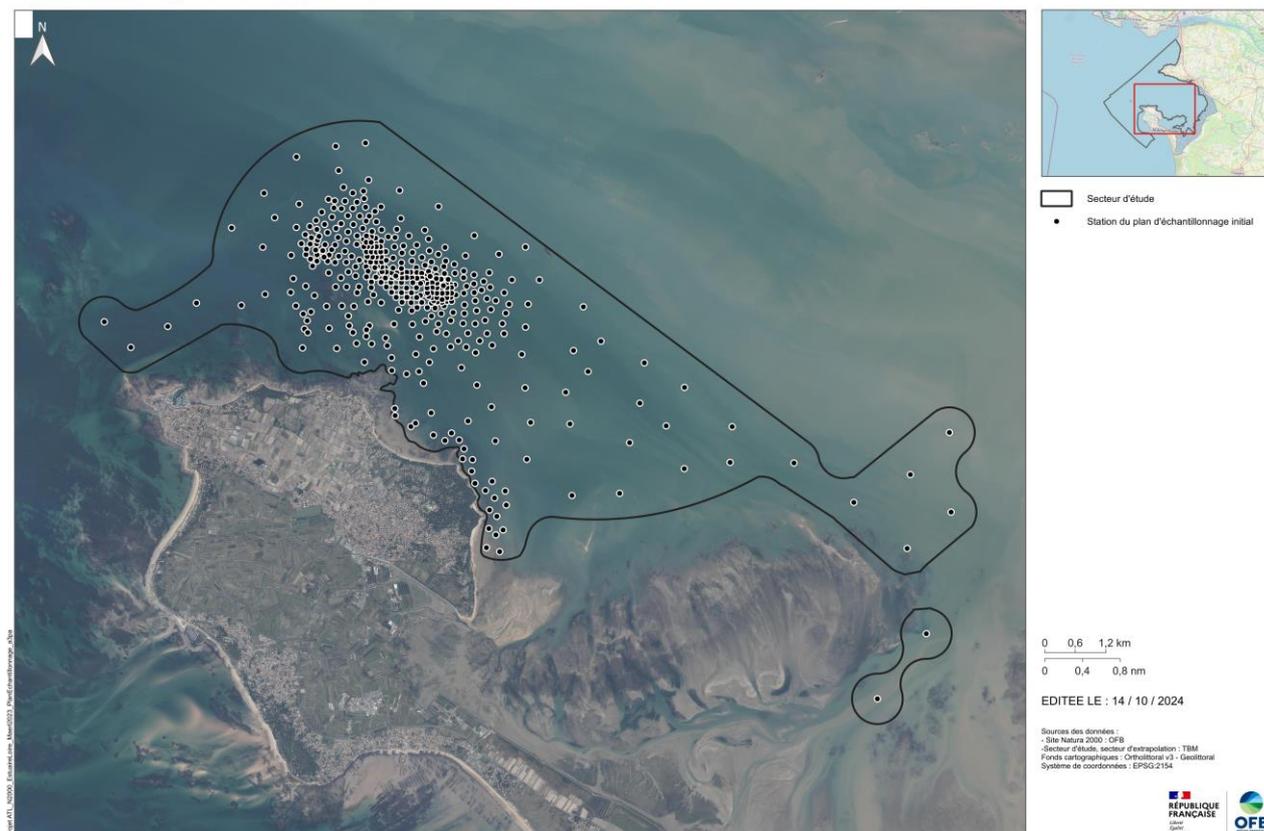


Figure 6 : Localisation des stations du plan d'échantillonnage initial. © TBM environnement, 2024

3.2 Moyens nautiques

Le navire utilisé pour la réalisation des points caméra est le Bar'ouf (Figure 7). Il s'agit d'un navire de charge et de recherches scientifiques appartenant à TBM Environnement.

C'est un navire à moteur, Prophyl 6,30 OPEN, soit une coque open en aluminium de 6,30 mètres de longueur pour 2,30 mètres de largeur. Il est immatriculé AY 936160 et a été construit en 2010 en catégorie de conception C. Il est propulsé par un moteur hors-bord Mercury 150 CV et est équipé de sonar latéral et sondeur Lowrance HDS Live. Il est armé en 4^{ème} catégorie de navigation. Pour cette campagne, quatre salariés de TBM environnement ont embarqué à bord (Mélia Decomble, Savery Alexe, Pierre Vallée et Benjamin Guyonnet).



Figure 7 : Bateau le « Bar'ouf » © TBM environnement, 2024

3.3 Caméra sous-marine

Le matériel utilisé pour réaliser les vidéos est conforme à la norme AFNOR NF-EN16260, décembre 2012. Nous avons utilisé une caméra vidéo couleur avec un phare (Figure 8). La caméra a été fixée sur un bâti vertical (structure métallique) et centrée sur un quadrat de 0,1 m². L'avantage d'avoir un quadrat de surface connue est de permettre une très bonne estimation du recouvrement (Figure 8). Chaque prise de vue commence par un plan sur une ardoise précisant la station. La prise de vue est doublée par une caméra GoPro Hero7. La GoPro filme le paysage afin d'appréhender la répartition du maërl, la nature du substrat et les espèces de la mégafaune (oursins, mollusques, etc.). Ceci permet de sécuriser la prise de vue et offrira des images HD. Ainsi, nous disposons d'un court film par station permettant de visualiser le fond et d'obtenir les informations nécessaires (présence/absence, recouvrement, vitalité, substrat).



Figure 8 : Matériel de prospection vidéo © TBM environnement, 2024

3.4 Déroulement des opérations

Les opérations se sont déroulées du 15 au 17 février 2023. Les coefficients de marée étaient de 40, 46 et 60. Les pleines mers étaient à 12h21, 13h48 et 14h52. Les conditions météo ont permis la réalisation de la mission, vent faible, mer peu agitée à agitée. Le Tableau 2 récapitule les heures des observations sur les différentes stations. La Figure 10 présente les stations réellement réalisées au cours de ces trois jours.

Mercredi 15 février 2023 :

8h : Route vers Noirmoutier-en-l'Île

11h00 : Mise à l'eau du bateau et chargement du matériel au port de l'Herbaudière et embarquement.

13h00 : Début des opérations d'observations par caméra sous-marine.

18h00 à 19h00 : Fin des opérations, retour vers le port et déchargement du matériel.

Judi 16 février 2023

7h30 : Chargement du matériel et embarquement.

8h15 : Navigation vers la première station d'observation et début des opérations.

18h00-19h00 : Fin des opérations et déchargement du matériel.

Vendredi 17 février 2023

7h00 : Chargement du matériel et embarquement.

7h45 : Navigation vers la première station d'observation et début des opérations.

15h30 à 16h00 : Fin des opérations et déchargement du matériel.

16h00 : Sortie de l'eau du bateau.

92% des objectifs ont été atteints (369 points / 400 points prévus) (Figure 10).

- 9 points ont été prospectés mais aucune acquisition vidéo n'a pu être réalisée en raison de présence de filets de pêche ou de casiers (LM_M_104 ; LM_M_237 ; LM_M_244 ; LM_M_246 ; LM_M_247 ; LM_M_248 ; LM_M_250 ; LM_R_379 ; LM_M_381).
- 31 points n'ont pas été réalisés par absence de visibilité sous l'eau ou zone dangereuse (houle et roche) (LM_M_056 ; LM_M_066 ; LM_M_102 ; LM_M_115 ; LM_M_143 ; LM_M_144 ; LM_M_146 ; LM_M_186 ; LM_M_218 ; LM_M_224 ; LM_M_304 ; LM_R_348 ; LM_R_349 ; LM_R_351 ; LM_R_352 ; LM_R_353 ; LM_R_354 ; LM_R_355 ;

LM_R_356 ; LM_R_357 ; LM_R_358 ; LM_R_359 ; LM_R_363 ; LM_R_364 ; LM_R_365 ; LM_R_366 ; LM_R_369 ; LM_R_370 ; LM_R_376 ; LM_R_377 ; LM_R_378).

Les stations localisées le plus à la côte présentaient globalement une visibilité moyenne à mauvaise malgré les conditions météorologiques adéquates (Figure 10). En février, 16 stations situées dans le banc de maërl historique correspondaient à des vidéos de visibilité nulle à cause d'un problème d'éclairage. De nouvelles acquisitions ont eu lieu le 1 mars lors de la campagne d'échantillonnage des prélèvements benthiques. 16 points caméra ont été effectués sur les 25 prévus (Tableau 2) (9 points n'ont à nouveau pas été réalisés du fait de la présence de filets : LM_M_104 ; LM_M_237 ; LM_M_244 ; LM_M_246 ; LM_M_247 ; LM_M_248 ; LM_M_250 ; LM_R_379 ; LM_M_381) (Figure 9).

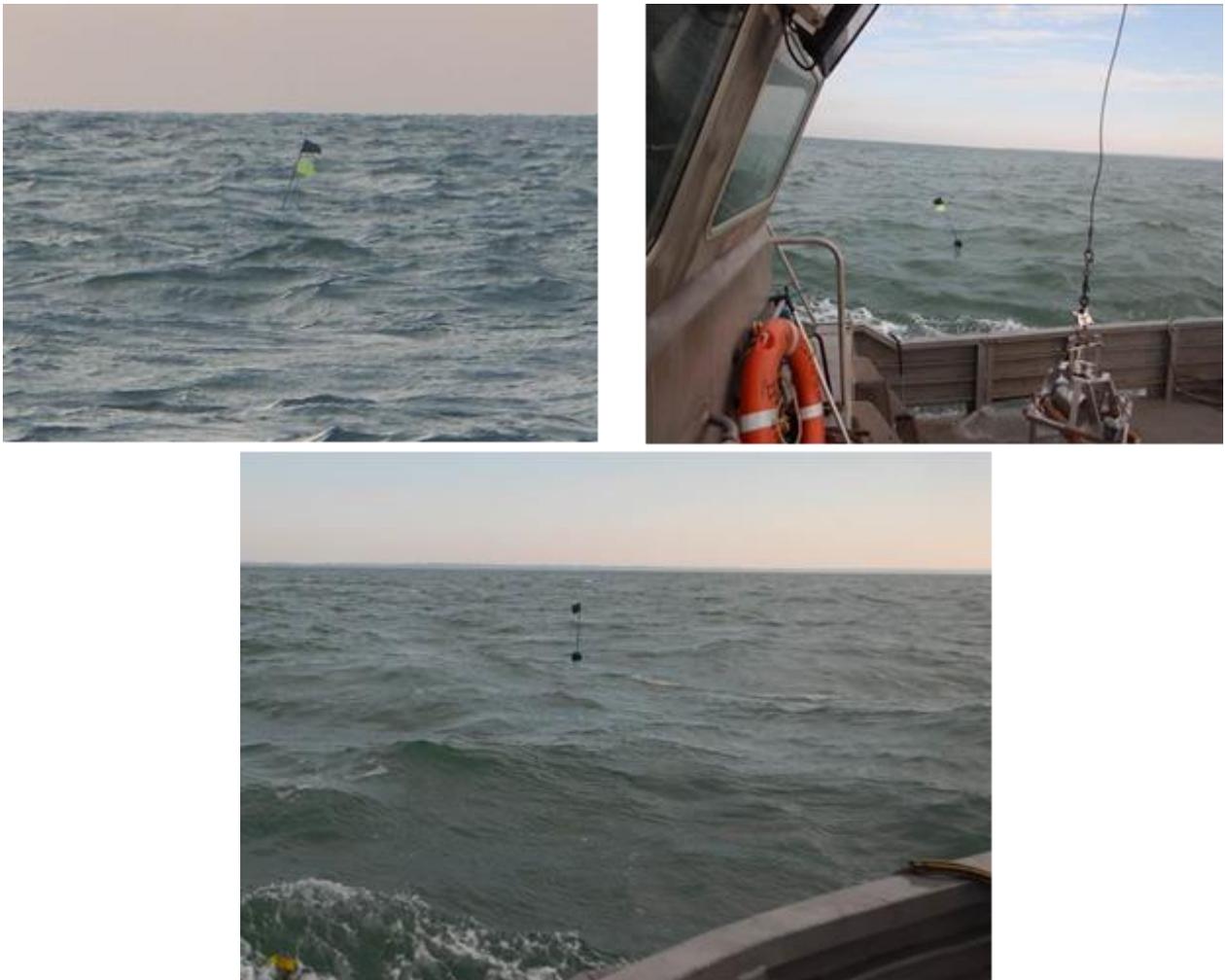


Figure 9 : Filets présent sur zones. © TBM environnement, 2024

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Prospections caméra réalisées en février et mars 2023

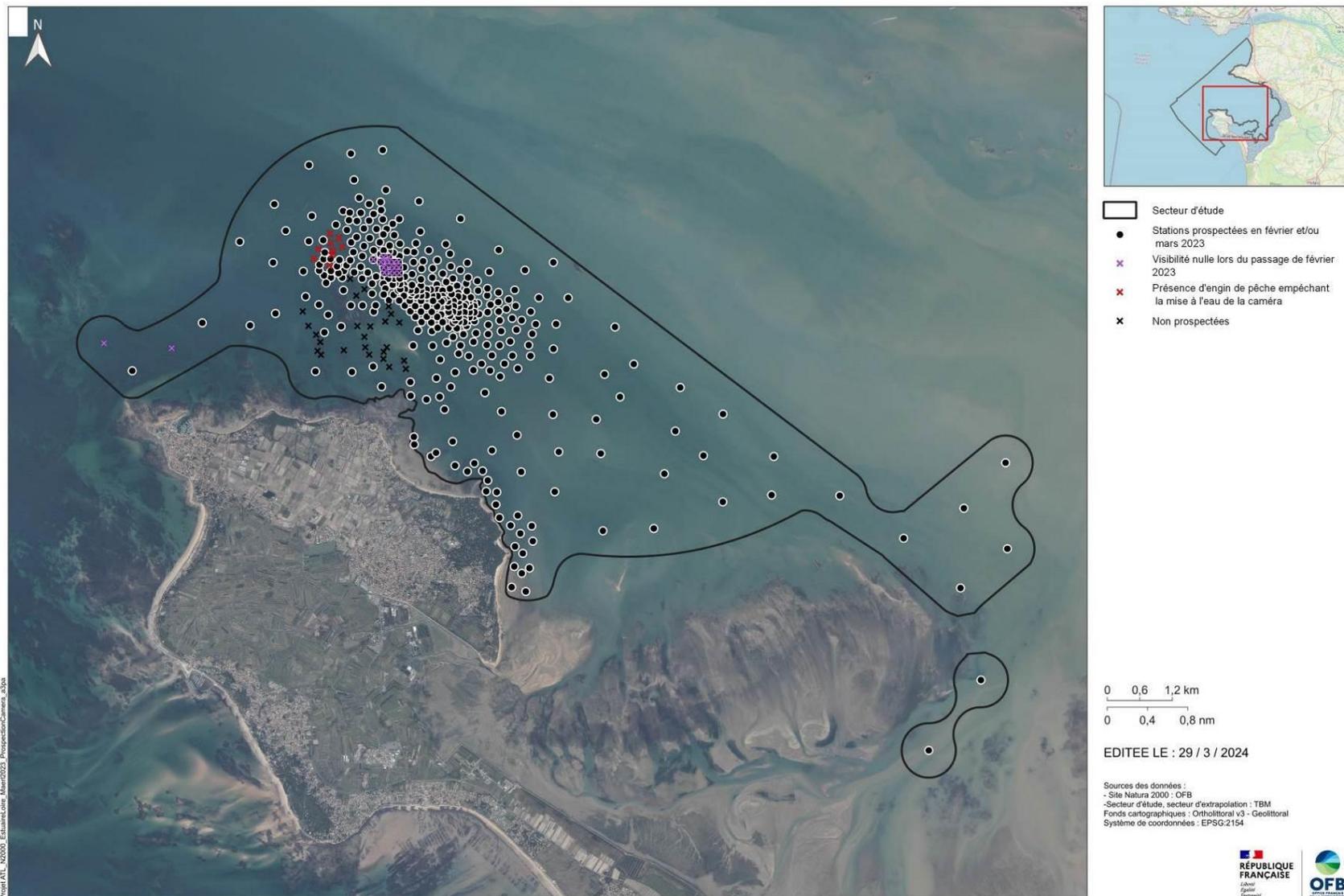


Figure 10 : Localisation des stations réellement réalisées © TBM environnement, 2024

Tableau 2 : Horaires et profondeurs des observations sur les stations échantillonnées les 15, 16 et 17 février 2023

Date	Stations	Profondeur	Heure_obs	Date	Stations	Profondeur	Heure_obs
15/02/2023	336	4,5	13h35	15/02/2023	333	10	16h35
15/02/2023	335	5	13h38	15/02/2023	181	10	16h41
15/02/2023	339	4	13h43	15/02/2023	96	10	16h45
15/02/2023	340	4	13h52	15/02/2023	157	7	16h50
15/02/2023	342	4	13h56	15/02/2023	81	7	16h55
15/02/2023	341	4	13h58	15/02/2023	334	8	16h59
15/02/2023	343	5	14h00	15/02/2023	82	7	17h05
15/02/2023	346	5,5	14h03	15/02/2023	162	7	17h08
15/02/2023	345	6	14h05	15/02/2023	161	6,5	17h11
15/02/2023	344	6	14h08	15/02/2023	330	8	17h15
15/02/2023	347	6	14h10	15/02/2023	98	6	17h18
15/02/2023	385	4,5	14h14	15/02/2023	332	8	17h21
15/02/2023	400	6	14h16	15/02/2023	151	7	17h28
15/02/2023	391	5,5	14h18	15/02/2023	329	7	17h31
15/02/2023	390	4,5	14h22	15/02/2023	160	4,5	17h35
15/02/2023	392	5,5	14h24	15/02/2023	150	5	17h38
15/02/2023	386	6	14h26	15/02/2023	338	6	17h40
15/02/2023	399	6	14h28	15/02/2023	337	6,5	17h43
15/02/2023	387	5,5	14h32	15/02/2023	100	7,5	17h45
15/02/2023	398	5,5	14h34	15/02/2023	148	5	17h48
15/02/2023	393	5	14h36	15/02/2023	101	4	17h51
15/02/2023	388	5	14h40	15/02/2023	350	4,5	17h53
15/02/2023	395	4	14h42	15/02/2023	147	4	17h55
15/02/2023	397	4,5	14h44	15/02/2023	83	6,5	17h59
15/02/2023	389	4	14h46	16/02/2023	164	7	08h16
15/02/2023	396	2,5	14h49	16/02/2023	72	8	08h19
15/02/2023	394	3,5	14h51	16/02/2023	163	6,5	08h23
15/02/2023	175	7,5	14h59	16/02/2023	165	7,5	08h26
15/02/2023	169	5	15h08	16/02/2023	166	7	08h30
15/02/2023	170	8	15h11	16/02/2023	145	8	08h33
15/02/2023	176	5,5	14h15	16/02/2023	89	12	08h36
15/02/2023	172	8,5	15h19	16/02/2023	159	7	08h40
15/02/2023	173	7,5	15h27	16/02/2023	140	6	08h43
15/02/2023	74	5	15h31	16/02/2023	86	7	08h47
15/02/2023	174	8	15h37	16/02/2023	88	10,5	08h51
15/02/2023	78	5	15h42	16/02/2023	87	19	08h53
15/02/2023	75	10	15h49	16/02/2023	141	18	08h57
15/02/2023	79	5	15h54	16/02/2023	90	16	09h03
15/02/2023	177	8	15h57	16/02/2023	76	17,5	09h10
15/02/2023	171	10	16h09	16/02/2023	325	14	09h12
15/02/2023	168	7,5	16h14	16/02/2023	92	16	09h16
15/02/2023	77	8	16h17	16/02/2023	154	18	09h20
15/02/2023	80	7	16h21	16/02/2023	331	20	09h25
15/02/2023	97	10	16h23	16/02/2023	179	16	09h31
15/02/2023	167	7	16h27	16/02/2023	94	14	09h34
15/02/2023	158	12	16h30	16/02/2023	155	7,5	09h37

Date	Stations	Profondeur	Heure_obs	Date	Stations	Profondeur	Heure_obs
16/02/2023	93	10	09h43	16/02/2023	183	8	12h01
16/02/2023	156	11,5	09h46	16/02/2023	212	9	12h03
16/02/2023	316	10,5	09h50	16/02/2023	211	10	12h06
16/02/2023	317	11	09h53	16/02/2023	302	9	12h08
16/02/2023	311	11,5	09h57	16/02/2023	130	12	12h10
16/02/2023	136	7	09h59	16/02/2023	292	12	12h14
16/02/2023	319	7,5	10h01	16/02/2023	71	12,5	12h16
16/02/2023	193	8,5	10h03	16/02/2023	291	12,5	12h18
16/02/2023	180	14	10h06	16/02/2023	67	12	12h21
16/02/2023	301	10	10h10	16/02/2023	290	11	12h23
16/02/2023	304	0	10h13	16/02/2023	295	13	12h58
16/02/2023	312	11	10h16	16/02/2023	321	13	13h00
16/02/2023	139	11	10h19	16/02/2023	178	16	13h02
16/02/2023	315	6,5	10h21	16/02/2023	189	15	13h07
16/02/2023	318	8,5	10h23	16/02/2023	294	14	13h11
16/02/2023	309	8	10h26	16/02/2023	289	12	13h14
16/02/2023	310	8,5	10h29	16/02/2023	58	12	13h16
16/02/2023	328	8,5	10h31	16/02/2023	60	11	13h19
16/02/2023	149	9	10h33	16/02/2023	64	12	13h23
16/02/2023	99	8,5	10h35	16/02/2023	66	12	13h25
16/02/2023	308	0,5	10h38	16/02/2023	63	11	13h27
16/02/2023	138	8,5	10h40	16/02/2023	59	11	13h30
16/02/2023	314	11	10h43	16/02/2023	57	11	13h33
16/02/2023	313	11,5	10h45	16/02/2023	129	12	13h36
16/02/2023	137	6,5	10h48	16/02/2023	55	11	13h40
16/02/2023	306	11	10h51	16/02/2023	128	11	13h43
16/02/2023	305	7	11h04	16/02/2023	56	11	13h45
16/02/2023	300	9	11h06	16/02/2023	62	12	13h47
16/02/2023	135	8,5	11h09	16/02/2023	131	12	13h49
16/02/2023	298	12	11h11	16/02/2023	70	12	13h52
16/02/2023	297	13	11h14	16/02/2023	69	12	13h54
16/02/2023	320	14	11h17	16/02/2023	293	12	13h57
16/02/2023	192	14	11h20	16/02/2023	210	12	14h00
16/02/2023	95	15	11h23	16/02/2023	68	12	14h02
16/02/2023	191	13	11h26	16/02/2023	50	12	14h05
16/02/2023	296	13	11h29	16/02/2023	65	12	14h08
16/02/2023	134	12	11h32	16/02/2023	61	12	14h12
16/02/2023	299	12	11h34	16/02/2023	53	11	12h21
16/02/2023	133	12	11h38	16/02/2023	52	11	14h24
16/02/2023	132	11	11h41	16/02/2023	54	11	14h26
16/02/2023	307	11	11h44	16/02/2023	127	13	14h29
16/02/2023	303	9	11h47	16/02/2023	288	14	14h32
16/02/2023	182	10	11h56	16/02/2023	322	14	14h36
16/02/2023	73	10	11h53	16/02/2023	153	16	14h39
16/02/2023	142	6	11h55	16/02/2023	190	14	14h43
16/02/2023	103	6	11h58	16/02/2023	283	14	14h47

Date	Stations	Profondeur	Heure_obs	Date	Stations	Profondeur	Heure_obs
16/02/2023	287	13	14h50	16/02/2023	203	7,5	17h22
16/02/2023	286	11	14h54	16/02/2023	201	10	17h24
16/02/2023	51	11	14h56	16/02/2023	200	10,5	17h27
16/02/2023	46	11	14h58	16/02/2023	32	10,5	17h29
16/02/2023	47	11	15h00	16/02/2023	31	10	17h32
16/02/2023	48	12	15h04	16/02/2023	278	10	17h34
16/02/2023	49	12	15h12	16/02/2023	280	10,5	17h36
16/02/2023	195	12,5	15h14	16/02/2023	119	9,5	17h38
16/02/2023	45	12,5	15h17	16/02/2023	274	15	17h42
16/02/2023	44	12,5	15h19	16/02/2023	185	15	17h44
16/02/2023	43	11	15h24	16/02/2023	267	13	17h47
16/02/2023	42	11,5	15h28	16/02/2023	362	5	17h54
16/02/2023	41	11,5	15h31	16/02/2023	361	4,5	17h56
16/02/2023	126	10,5	15h33	16/02/2023	360	5	17h58
16/02/2023	284	11	15h36	16/02/2023	374	6,5	18h02
16/02/2023	285	11,5	15h39	17/02/2023	213	7	08h04
16/02/2023	281	14	15h42	17/02/2023	202	7,5	08h08
16/02/2023	187	14	15h48	17/02/2023	30	6	08h11
16/02/2023	188	12	15h51	17/02/2023	28	10	08h14
16/02/2023	115	13	15h54	17/02/2023	27	7,5	08h16
16/02/2023	323	16	16h01	17/02/2023	121	10	08h18
16/02/2023	279	14	16h06	17/02/2023	29	10	08h22
16/02/2023	122	9,5	16h09	17/02/2023	26	10	08h25
16/02/2023	282	11	16h12	17/02/2023	277	9	08h27
16/02/2023	36	11	16h14	17/02/2023	118	9,5	08h29
16/02/2023	38	11	16h18	17/02/2023	120	13,5	08h32
16/02/2023	39	11	16h23	17/02/2023	114	15,5	08h36
16/02/2023	40	11	16h25	17/02/2023	152	16	08h40
16/02/2023	194	11	16h31	17/02/2023	273	15	08h42
16/02/2023	125	11	16h34	17/02/2023	275	11	08h49
16/02/2023	206	10	16h37	17/02/2023	276	9	08h53
16/02/2023	209	9,5	16h39	17/02/2023	23	9	08h56
16/02/2023	208	7,5	16h41	17/02/2023	25	9	08h59
16/02/2023	207	7,5	16h44	17/02/2023	214	7,5	09h08
16/02/2023	205	8	16h47	17/02/2023	215	7	09h10
16/02/2023	204	8	16h49	17/02/2023	222	6	09h11
16/02/2023	197	11	16h51	17/02/2023	216	8	09h13
16/02/2023	196	10,5	16h53	17/02/2023	217	9	09h16
16/02/2023	37	10,5	16h55	17/02/2023	24	10	09h18
16/02/2023	35	11	16h59	17/02/2023	22	9	09h20
16/02/2023	123	11	17h02	17/02/2023	21	8,5	09h23
16/02/2023	33	11,5	17h04	17/02/2023	218	10	09h25
16/02/2023	34	11,5	17h06	17/02/2023	18	10,5	09h27
16/02/2023	124	11,5	17h09	17/02/2023	19	10	09h30
16/02/2023	198	10,5	17h18	17/02/2023	20	7,5	09h32
16/02/2023	199	8,5	17h20	17/02/2023	17	10,5	09h45

Date	Stations	Profondeur	Heure_obs	Date	Stations	Profondeur	Heure_obs
17/02/2023	16	10,5	09h49	17/02/2023	110	11,5	12h11
17/02/2023	15	11	09h51	17/02/2023	238	11,5	12h13
17/02/2023	225	9,5	09h53	17/02/2023	239	9,5	12h16
17/02/2023	226	10,5	09h55	17/02/2023	235	12,5	12h59
17/02/2023	11	11,5	09h57	17/02/2023	240	13	13h02
17/02/2023	12	11,5	10h01	17/02/2023	243	11	13h05
17/02/2023	13	11	10h02	17/02/2023	242	11,5	13h07
17/02/2023	5	12	10h04	17/02/2023	241	12	13h09
17/02/2023	6	12	10h06	17/02/2023	327	12,5	13h11
17/02/2023	7	12	10h09	17/02/2023	381	10,5	13h13
17/02/2023	8	12	10h11	17/02/2023	85	12,5	13h15
17/02/2023	227	9,5	10h14	17/02/2023	382	12,5	13h17
17/02/2023	111	12,5	10h17	17/02/2023	380	9,5	13h19
17/02/2023	4	12	10h19	17/02/2023	237	12	13h21
17/02/2023	2	13	10h22	17/02/2023	236	12,5	13h23
17/02/2023	3	13	10h45	17/02/2023	234	12	13h25
17/02/2023	113	15	10h47	17/02/2023	375	12,5	13h27
17/02/2023	1	14	10h49	17/02/2023	232	13,5	13h31
17/02/2023	14	15	10h51	17/02/2023	251	7	13h36
17/02/2023	112	13	10h55	17/02/2023	250	15	13h38
17/02/2023	10	12,5	10h58	17/02/2023	252	14	13h40
17/02/2023	184	12,5	11h00	17/02/2023	105	16	13h42
17/02/2023	9	15	11h02	17/02/2023	257	20	13h44
17/02/2023	271	16,5	11h06	17/02/2023	261	20	13h48
17/02/2023	272	17	11h08	17/02/2023	262	20,5	13h50
17/02/2023	270	17	11h11	17/02/2023	108	22	13h53
17/02/2023	324	17	11h15	17/02/2023	268	21	13h56
17/02/2023	269	19	11h18	17/02/2023	266	21	13h59
17/02/2023	109	19	11h21	17/02/2023	265	20	14h03
17/02/2023	384	17	11h23	17/02/2023	264	21	14h06
17/02/2023	383	16	11h26	17/02/2023	107	21	14h10
17/02/2023	256	16,5	11h33	17/02/2023	106	18	14h12
17/02/2023	253	14,5	11h35	17/02/2023	259	18	14h15
17/02/2023	233	9,5	11h38	17/02/2023	263	21	14h19
17/02/2023	231	10,5	11h40	17/02/2023	258	20	14h22
17/02/2023	229	12	11h42	17/02/2023	260	19	14h25
17/02/2023	230	10,5	11h45	17/02/2023	255	17	14h28
17/02/2023	117	11,5	11h47	17/02/2023	254	17	14h31
17/02/2023	219	11,5	11h49	17/02/2023	248	17	14h35
17/02/2023	220	10,5	11h52	17/02/2023	104	16	14h37
17/02/2023	116	10	11h54	17/02/2023	249	15	14h39
17/02/2023	221	8	11h56	17/02/2023	326	15	14h43
17/02/2023	91	7	11h58	17/02/2023	246	15	14h48
17/02/2023	224	8	12h00	17/02/2023	379	10	14h50
17/02/2023	223	10	12h05	17/02/2023	244	10	14h52
17/02/2023	228	11	12h08	17/02/2023	245	13,5	14h53

Date	Stations	Profondeur	Heure_obs
17/02/2023	247	14	14h58
17/02/2023	372	7	15h08
17/02/2023	373	9	15h11
17/02/2023	371	11	14h14
17/02/2023	84	7	15h16
17/02/2023	368	5	15h21
17/02/2023	367	6	15h24
17/02/2023	356	7	15h27

Tableau 3 : Horaires et profondeurs des observations sur les stations échantillonnées le 1^{er} mars 2023

Date	N° Station	Profondeur (en m)	Heure
01/03/2023	LM_M_002	14	9h45
01/03/2023	LM_M_004	13	9h52
01/03/2023	LM_M_005	13	10h15
01/03/2023	LM_M_006	13	10h11
01/03/2023	LM_M_007	13	10h07
01/03/2023	LM_M_008	12,5	10h03
01/03/2023	LM_M_011	13	10h27
01/03/2023	LM_M_012	12,5	10h22
01/03/2023	LM_M_013	12,5	10h18
01/03/2023	LM_M_015	12,5	10h39
01/03/2023	LM_M_016	12	10h42
01/03/2023	LM_M_017	12	10h45
01/03/2023	LM_M_111	13	9h55
01/03/2023	LM_M_225	11	10h34
01/03/2023	LM_M_226	12	10h32
01/03/2023	LM_M_227	11	10h00

3.5 Analyses des vidéos

Les vidéos sous-marines collectées lors de la campagne de 2023 ont été analysées en notant les informations suivantes : présence/absence, vitalité du maërl et taux de recouvrement du maërl vivant. Le taux de recouvrement du maërl vivant a été estimé selon 5 classes de pourcentage :]0-5],]5-25],]25-50],]50-75] et]75-100] %. Cette même échelle a été appliquée pour la vitalité du maërl. Ce paramètre est estimé via l'observation de la couleur des thalles ce qui permet de différencier maërl vivant et maërl mort.

Le substrat associé a également été relevé et autant que possible les espèces composant la mégafaune benthique ont été notées. La mégafaune peut être très riche dans les bancs de maërl et a souvent une répartition de type dispersée. Pour chaque station, un habitat a été classé dans trois typologies. En effet, il existe plusieurs typologies d'habitats comme les 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 les cartes sur les habitats benthiques de l'étude est la classification du MNHN 2019. C'est cette typologie qui a été utilisée sur le terrain pour décrire la station. Elle se base sur celle mise en place en Bretagne, à l'échelle nationale et européenne (Bajjouk *et al.*, 2015, 2011; Michez *et al.*, 2013, 2019; EUNIS). Elle repose sur trois grands ensembles de substrats (meubles, rocheux et habitats particuliers). Puis, en fonction de la précision recherchée, trois niveaux hiérarchiques peuvent être distingués pour chacun de ces trois ensembles. Le niveau 1 reste très général alors que les niveaux 2 et 3 apportent des précisions sur les populations animales et végétales ou encore le taux de recouvrement.

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.

3.6 Analyse des données

3.6.1 Données stationnelles

Les cartographies et les calculs de surface ont été réalisés à l'aide du logiciel QGIS 3.28.15. Les informations récoltées pour chaque station ont été reportées dans une table attributaire. Un travail a été effectué afin de lier les photos prises lors des prospections caméra et de les associer aux stations de suivi afin de les reporter sur les cartographies réalisées. Dans un premier temps, les données obtenues sont traitées à l'échelle stationnelle.

3.6.2 Interpolation

Les données obtenues en février et mars 2023 à l'échelle de la station ont été interpolées, à l'aide du logiciel QGIS 3.28.15, par la méthode de pondération inverse de la distance à une puissance (IDW). C'est une méthode géostatistique qui permet l'estimation de valeurs dans des zones inconnues en tenant compte de la distance et du degré de variation entre les points géoréférencés, dont les valeurs sont, elles, mesurées et donc connues. Cette méthode

géostatistique a été utilisée pour modéliser la variabilité de la distribution des paramètres (vitalité, recouvrement).

Dans le cas du suivi du Banc de maërl de la Baie de Bourgneuf, les stations sont réparties sur un maillage de base 100 m puis allant de 250 m à 1 km. Au vu de la répartition spatiale hétérogène des stations, pour l'interpolation nous avons fait le choix d'ignorer certaines valeurs trop proches créant un biais car leur « poids » impacte le voisinage du fait de la densité.

Nous avons ensuite appliqué une pondération de 3 (*la pondération consiste à donner aux valeurs qui les composent un poids différent, en fonction des divers critères qui rendent compte de l'importance relative de chacun des éléments*), cela permet de diminuer fictivement le poids des valeurs ayant une absence de maërl aux abords des valeurs de présence.

Puis, nous avons pris pour premier rayon de recherche 200 m (le maillage d'échantillonnage de base étant de 100m) et pour second rayon 800 m (Distance maximal entre 2 points sur les secteurs moins dense) (Figure 11). Nous avons pris un nombre minimum de 4 points et un maximum de 18 points (Figure 11). Cela permet d'une part de considérer les valeurs sur deux maillages autour d'un point analysé et d'autre part de lisser l'interpolation. Les valeurs Z (champs d'interpolation) utilisées sont les classes de valeurs de recouvrement et de vitalité allant de 0 à 6.

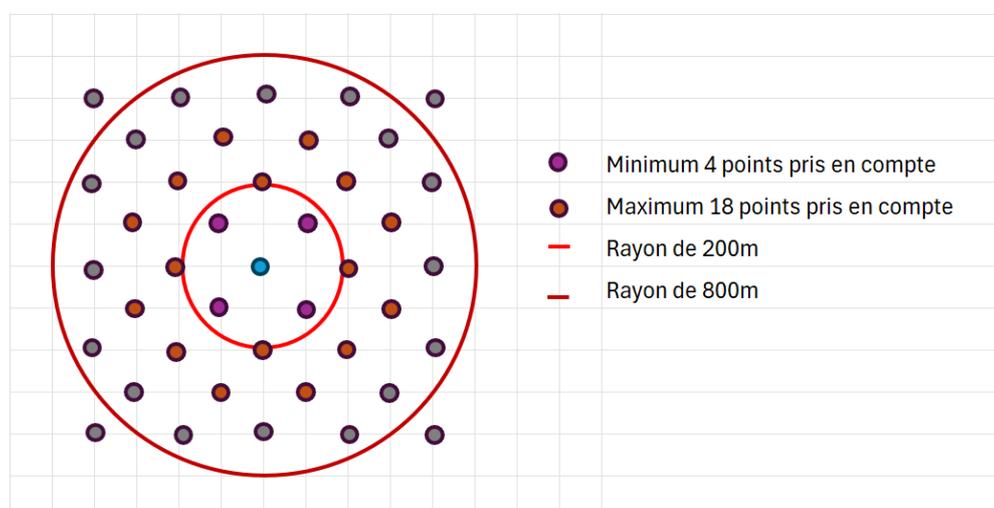


Figure 11 : Schéma explicatif des rayons de recherche et des nombre de points maximum

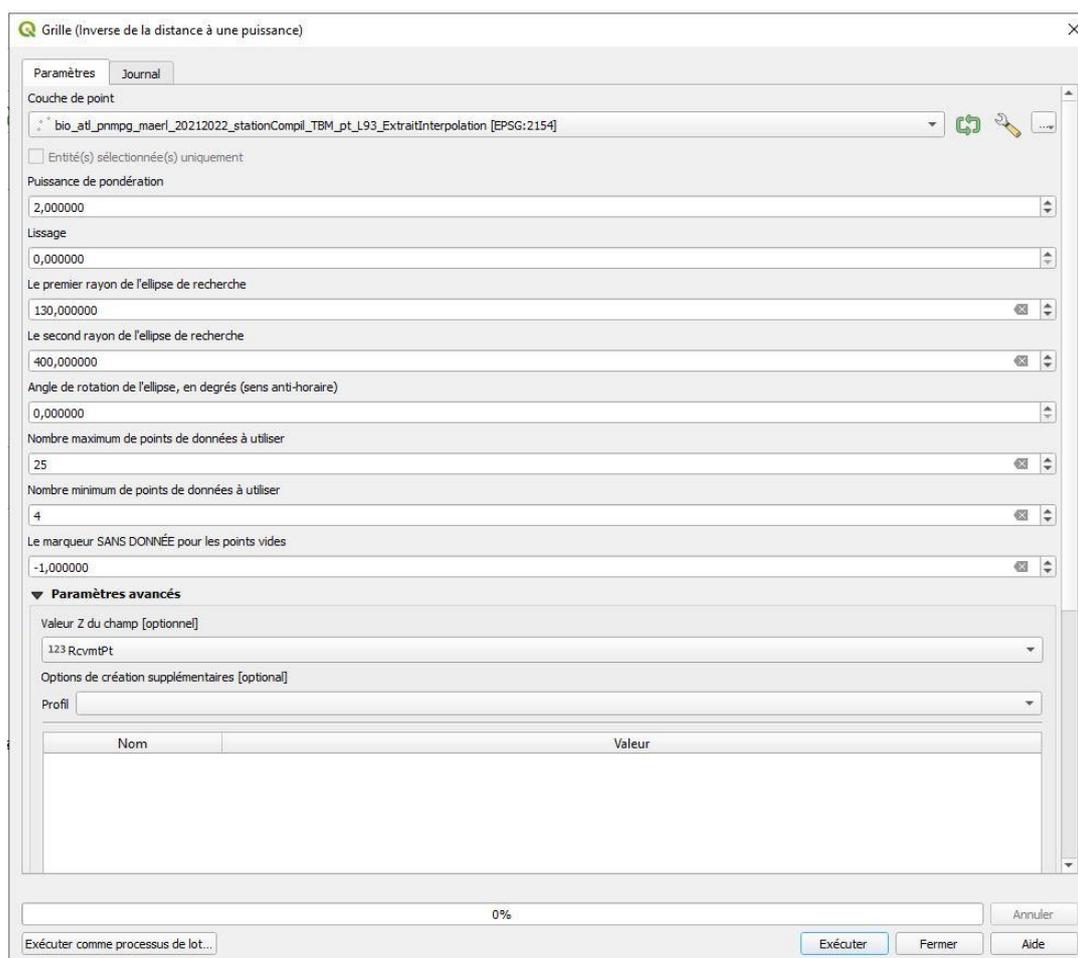


Figure 12 : Exemple de paramètre de l'outil « Grille (inverse de la distance à une puissance) »

Ainsi, la cartographie de la structuration spatiale du recouvrement et de la vitalité du banc de maërl a été réalisée par interpolation des données stationnelles.

Le résultat obtenu par interpolation est une image raster avec dans chaque pixel l'information de la classe de recouvrement ou de vitalité. Nous appliquons ensuite à cette image une vectorisation afin d'obtenir une donnée surfacique facilement modifiable et analysable. L'outil de vectorisation permet de créer un polygone par valeur renseignée dans le pixel (classe de recouvrement ou de vitalité dans notre cas).

Les polygones produits sont lissés (outil lisser sous Qgis, sans paramétrage par défaut, au cas par cas pour être le plus propre visuellement) pour atténuer l'effet pixel du raster.

Nous appliquons ensuite un nettoyage topologique où nous supprimons les artefacts et les micro-polygones issus des différents traitements.

Nous produisons donc deux couches de polygones, une couche pour le recouvrement et une couche pour la vitalité.

Enfin, nous réalisons une intersection de ces deux couches afin d'obtenir pour chaque polygone : un recouvrement et une vitalité qui lui est propre.

Cette analyse globale vise à identifier l'enveloppe totale du banc de maërl, afin d'apprécier ultérieurement les mesures les plus pertinentes pour assurer la compatibilité entre la conservation de l'habitat et le maintien des activités socio-économiques.

4. Méthodes et moyens pour les bennes

4.1 Moyens nautiques

Le navire « Tzigane II » armé par la compagnie maritime Tetis (Figure 7) a été utilisé.



Figure 13 : Bateau le «TZIGANE II» © TBM environnement, 2024

4.2 Prélèvements à la benne Day

Les règles de sécurité en mer ainsi que les normes en vigueur ont été bien suivies au cours du projet :

- la norme NF EN ISO 16 665 « Qualité de l'eau - Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles »,
- la Fiche Contrôle de surveillance Eaux côtières Invertébrés Substrats meubles, « Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Etat des lieux et propositions, District Loire-Bretagne, REBENT, Ifremer ».
- Fiche technique REBENT n°1 - Fiche de synthèse sur les biocénoses : les bancs de maërl, J. Grall.

- Fiche technique REBENT n°2 – Suivi stationnel des bancs de maerl, C. Hily et J. Grall.

La campagne de prélèvements a concerné 10 stations (Figure 14). Leur positionnement a été fait à partir des données caméras acquises lors de cette étude et des stations échantillonnées en 2009 (3 stations) (Biolittoral, 2009) et en 2012 (une station) (TBM environnement, 2013) lors de CARTHAM. Ainsi, des comparaisons pourront être faites. Pour les prélèvements biosédimentaires, une benne Day a été utilisée (Figure 15). Cette benne est normalisée (0,1 m²) et est couramment utilisée pour échantillonner la macrofaune des sédiments meubles.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Plan d'échantillonnage des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

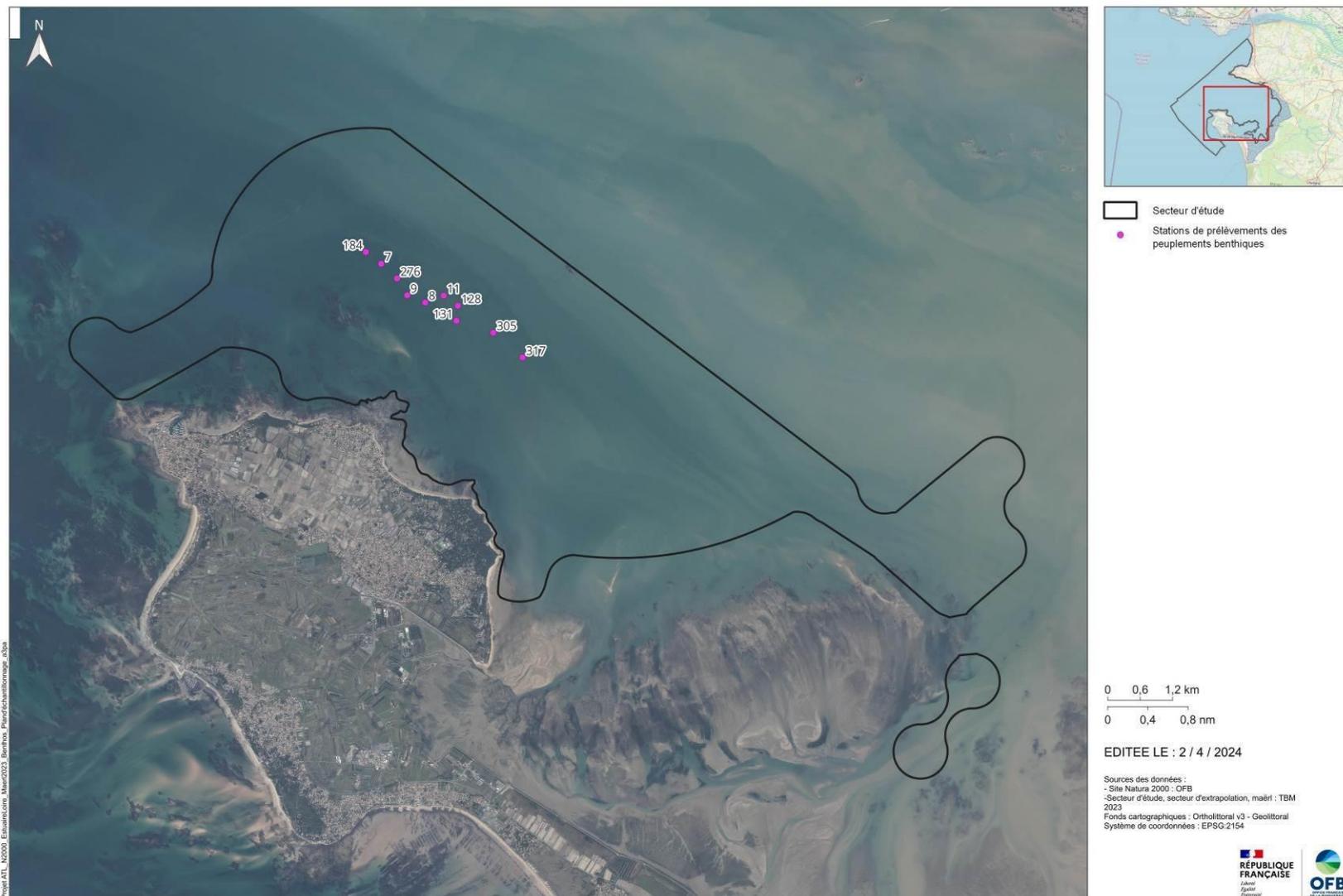


Figure 14 : Plan d'échantillonnage des bennes Day ©TBM environnement, 2024.

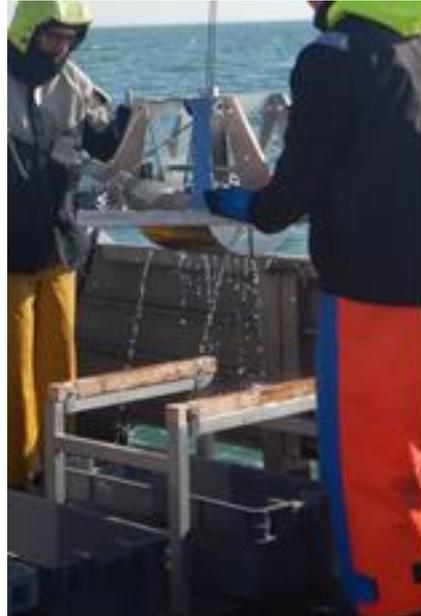


Figure 15 : La benne Day utilisée pour les prélèvements biosédimentaires ©TBM environnement, 2024.

Quatre réplicats sont réalisés pour chaque station quantitative :

- Trois pour déterminer et caractériser la faune benthique,
- Un quatrième pour l'analyse granulométrique, la mesure de la taille des thalles et pour la détermination du pourcentage de maerl vivant.

Le contenu de la benne est déversé dans un contenant étanche propre (de type bac de criée) (Figure 16). Tout échantillon est visuellement contrôlé en termes 1) de volume de sédiment prélevé et 2) de profondeur de sédiment pénétré. En cas de doute sur la qualité du prélèvement (volume, granulométrie, etc.), ce dernier est systématiquement rejeté et un nouveau prélèvement est effectué.



Figure 16 : Exemples d'échantillons obtenus à la benne Day ©TBM environnement, 2024.

Une fois l'échantillon validé, un cliché photographique de celui-ci est réalisé. Chaque répliat destiné à l'analyse de la macrofaune est passé sur un tamis de maille de 1 mm (Figure 17) puis conditionné en flacon plastique étiqueté. La fixation est assurée par l'addition d'une solution formolée (solution d'eau de mer à 6-8 % de formol). Cette étape permet la conservation et 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.). Un double étiquetage est mis en place (étiquette DYMO sur le flan et à l'intérieur de chaque contenant).



Figure 17 : Tamisage d'un échantillon obtenu à la benne Day ©TBM environnement, 2024.

Le quatrième prélèvement a servi aux analyses granulométriques, à la mesure de la taille des thalles de maërl et à la mesure de vitalité. Les échantillons destinés à la granulométrie et à la mesure de taille de brins ne font pas l'objet d'une congélation car cela peut entraîner des cassures des thalles de maërl. En revanche, l'échantillon destiné à la mesure de vitalité est lui congelé pour des analyses ultérieures en laboratoire. Pour ce prélèvement, un sous-échantillonnage sur une surface connue (144 cm²) est réalisé (Figure 18) et un double étiquetage est également mis en place (étiquette DYMO sur le flan de chaque flacon et marquage indélébile sur le bouchon).



Figure 18 : Prélèvement d'un échantillon pour la mesure de vitalité ©TBM environnement, 2024.

4.3 Déroulement des opérations

La mission s'est déroulée le 1^{er} mars 2023. Le coefficient de marée était de 28. La pleine mer était à 13h23. Les conditions météo ont permis la réalisation de la mission, vent force 4 à 5 Beaufort, mer peu agitée à agitée. Le Tableau 4 récapitule les heures des observations sur les différentes stations.

Mardi 28 février 2023 :

16h00-18h45 : Route vers Noirmoutier-en-l'Île.

Mercredi 1 mars 2023

8h00 : Chargement du matériel et embarquement sur le Tzigane II.

8h30 : Navigation vers la première station d'observation et début des opérations.

15h : Fin des opérations et déchargement du matériel.

15h45-18h30 : Route retour vers TBM environnement.

Tableau 4 : Horaires et profondeurs des observations sur les stations échantillonnées à la Benne Day

Date	N° Station	Profondeur (en m)	Heure
01/03/2023	LM_PB_007	13,5	11h21
01/03/2023	LM_PB_128	11	12h56
01/03/2023	LM_PB_131	12	13h12
01/03/2023	LM_PB_184	13,5	11h00
01/03/2023	LM_PB_276	12	11h33
01/03/2023	LM_PB_305	12,5	13h35
01/03/2023	LM_PB_317	11,5	13h50
01/03/2023	PM08	12	12h04
01/03/2023	PM09	12,5	11h50
01/03/2023	PM11	10,5	12h40

4.4 Analyses des prélèvements

4.4.1 Granulométrie

L'analyse granulométrique a été réalisée par tamisage à sec (tamiseuse électrique). 14 tamis de maille carrée (Norme AFNOR) ont été utilisés (Figure 19) : 10 mm, 5 mm, 3,15 mm, 2 mm, 1,25 mm, 800 µm, 500 µm, 315 µm, 200 µm, 160 µm, 125 µm, 100 µm, 80 µm et 63 µm.



Figure 19 : Colonne de tamis

Le protocole appliqué suit plusieurs étapes standardisées et bien distinctes :

- (1) homogénéisation du prélèvement,
- (2) séchage du sédiment : l'échantillon est mis à sécher dans une étuve à 60°C pendant 48h (Figure 20),



Figure 20 : Echantillons granulométriques à l'étuve

- (3) rinçage et tamisage du sédiment sur un tamis de 45 μm : le sédiment, pesé à la sortie de l'étuve, est passé sur un tamis de 45 μm . Cette étape permet l'élimination de la fraction pélitique et du sel,
- (4) séchage du sédiment : l'échantillon est laissé dans une étuve à 60°C pendant 48h,
- (5) tamisage du sédiment : le sédiment, pesé à la sortie de l'étuve, est passé sur une tamiseuse électrique (Retsch AS200 basic, 15-20 minutes à 60%).

4.4.2 Taille des brins

La mesure de la taille des brins est réalisée à l'aide d'un protocole comparable à celui de la granulométrie mais uniquement avec des tailles de tamis de 10 mm, 5 mm, 3,15 mm, 2 mm, et 1,25 mm. Pour ne pas casser les thalles, l'échantillon n'a pas été congelé et le tamisage s'effectue à la main. De plus, lors des prélèvements, l'échantillon est stocké dans des pots en plastique pour minimiser les casses de brins en lien avec le prélèvement.

4.4.3 Vitalité

Les échantillons dédiés à l'évaluation de la vitalité sont conservés au congélateur avant analyse et dans des conditionnements rigides permettant de prévenir de la dégradation des échantillons. Pour déterminer ce taux, les brins vivants de l'échantillon à traiter, préalablement décongelés et rincés à l'eau douce, sont étalés en une couche régulière sur une plaque de papier millimétré. Des photographies sont réalisées pour chaque échantillon. Le taux de vitalité est alors obtenu par lecture directe du pourcentage de la plaque occupée par le maërl vivant. Ce taux peut éventuellement dépasser 100 % lorsque l'épaisseur du maërl vivant en place forme plusieurs couches.

4.4.4 Tri et détermination

Au laboratoire, les échantillons collectés au cours de la campagne en mer ont été triés et analysés selon un protocole standardisé (Guillaumont and Gauthier, 2005; Norme NF EN ISO 16665). Dans un premier temps, les échantillons conditionnés sous sacs plastiques ont été placés sur un tamis de 1 mm et l'eau formolée récupérée dans un bidon hermétique (Figure 21). Nocif pour l'environnement, ce mélange de fixation est détruit par une entreprise spécialisée en centre agréé. Dans un local indépendant en dépression, les échantillons ont ensuite été rincés à l'eau douce dans des éviers pendant 24 h *a minima*, afin d'éliminer toute trace de formol (Figure 21). Une hotte aspirante (conforme aux normes de filtration du formaldéhyde) surplombe les éviers et assure l'évacuation des vapeurs dégagées par les échantillons. Pendant la phase de déformolage, le port des équipements de protection individuels (EPI) est obligatoire (masque facial à cartouches, gants nitrex 802 et blouse de laboratoire) et l'accès au local de déformolage restreint au personnel formé.



Figure 21 : Etapes du déformolage : récupération de l'eau formolée (à gauche) et rinçage (à droite) (source : TBM environnement)

Dans un second temps, chaque échantillon a été minutieusement trié à la pince fine sous hotte aspirante, pour le prélèvement des macro-invertébrés benthiques de taille supérieure ou égale à 1 mm. Les organismes ont été placés en pilulier avec de l'éthanol à 70° dans l'attente de l'étape de détermination (Figure 22).

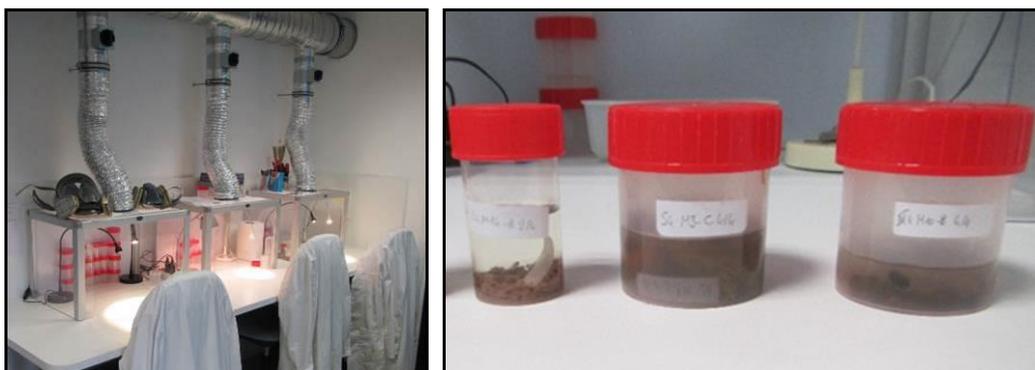


Figure 22 : Postes de tri des échantillons de macrofaune benthique (à gauche) et piluliers de conditionnement (à droite) (source : TBM environnement)

Dans la majorité des cas, la détermination taxonomique de chaque individu a été réalisée sous loupe binoculaire et/ou microscope jusqu'au niveau de l'espèce, en fonction de son état de conservation. Seuls les némertes, les plathelminthes et les oligochètes n'ont été mentionnés qu'au niveau de l'embranchement ou du groupe taxonomique. Le référentiel taxonomique utilisé était le World Register of Marine Species (WORMS). Pour chaque échantillon, le nombre d'espèces ainsi que le nombre exact d'individus par espèce de l'endofaune et de l'épifaune vagile a été comptabilisé.

4.4.5 Traitement des données

Pour chacune des stations, plusieurs paramètres sont étudiés.

Pour chaque échantillon faunistique, l'abondance exprimée en nombre d'individus par m² a été calculée. La diversité locale (i.e. diversité α) a été mesurée à l'aide de plusieurs indices complémentaires (Gray, 2000¹) :

- (1) **La richesse spécifique (S)** qui mesure le nombre d'espèces par échantillon.
- (2) **L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H')** basé sur la théorie de l'information qui exprime la diversité d'un peuplement en prenant en compte la richesse spécifique et l'abondance relative des espèces (i.e. équitabilité) tel que :

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

avec p_i , la proportion de l'espèce i dans l'échantillon, et S , le nombre d'espèces dans l'échantillon.

L'indice H' augmente avec le nombre d'espèces et l'équitabilité. Il a une valeur de 0 si une seule espèce est présente dans le peuplement et, pour une richesse spécifique donnée, une valeur maximale si toutes les espèces ont la même abondance relative. Cet indice est sensible aux variations des espèces rares.

(3) **L'indice d'équitabilité de Pielou (J')** dont le calcul est couramment associé à celui de l'indice de Shannon-Wiener fournit une mesure de la diversité indépendante de la richesse spécifique :

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

avec $H'_{\max} = \log_2 S$, où S est le nombre total d'espèces.

L'indice de Pielou varie entre 0 lorsqu'une seule espèce est présente dans l'échantillon et 1 lorsque les espèces sont réparties de manière équitable.

La combinaison de ces différents indices et des variations d'abondances donne une image synthétique de la structure des communautés benthiques. L'ensemble des indices de diversité a été calculé avec la procédure DIVERSE du logiciel PRIMER v 7.0 (Clarke & Warwick, 2001²).

¹ Gray, J.S, 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic faunae of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250,23-49.

² Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. A further biodiversity index applicable to species lists : variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series* 216, 265-278.

4.4.6 Analyses multivariées

Pour comparer les stations entre elles, il est indispensable de retenir une approche statistique.

L'analyse des différents paramètres et de la structure des peuplements échantillonnés a suivi le même protocole pour chaque campagne d'échantillonnage :

- (1) Les données brutes sont représentées sous la forme d'une matrice de n stations et paramètres et de n stations et S espèces pour les peuplements.
- (2) Les données ont subi une transformation préalable.
- (3) La mesure de similarité entre les échantillons pris 2 à 2 se fait à l'aide de la distance euclidienne pour les paramètres granulométrie, taille des brins et vitalité et à l'aide du coefficient de similarité de Bray-Curtis (Figure 23) pour les recouvrements et les données faunistiques. Ces analyses aboutissent à la construction d'une matrice triangulaire de similarité.
- (4) Les relations entre les échantillons sont illustrées à l'aide de deux méthodes d'analyses multivariées : la classification (4) ou l'ordination (5) (Figure 24).

Dans le cadre des analyses multivariées, la similarité entre chaque paire de stations a été déterminée à partir du coefficient de similarité de Bray-Curtis (S_{ij}) calculé selon la formule suivante :

$$S_{ij} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^S |Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum_{i=1}^S (Y_{ij} + Y_{ik})} \right) \cdot 100 = \frac{2W}{A + B} \cdot 100$$

avec :

Y_{ij} = l'abondance de la $i^{\text{ème}}$ espèce dans le $j^{\text{ème}}$ échantillon

Y_{ik} = l'abondance de la $i^{\text{ème}}$ espèce dans le $k^{\text{ème}}$ échantillon

S = le nombre d'espèces dans le jeu de données

A = la somme des abondances de toutes les espèces trouvées dans l'échantillon j

B = la somme des abondances de toutes les espèces trouvées dans l'échantillon k

W = la somme des abondances les plus faibles pour chaque espèce commune aux deux échantillons

L'indice de similarité de Bray-Curtis varie entre 0 s'il n'y a aucune espèce en commun entre les deux échantillons et 100 si les deux échantillons ont rigoureusement la même composition faunistique.

Figure 23 : Le coefficient de similarité de Bray-Curtis

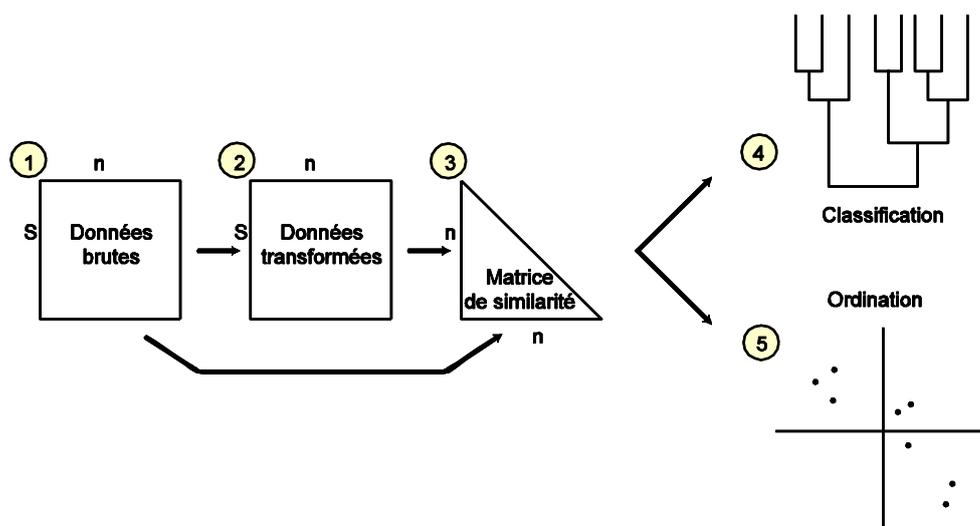


Figure 24 : Résumé de la démarche mise en œuvre dans le cadre des analyses multivariées : présentation des étapes conduisant à la mise en œuvre d'une méthode de classification ou d'ordination (Grall et Coïc 2006 d'après Field et al., 1982)

La classification hiérarchique (CAH) consiste à regrouper les stations sous forme d'un dendrogramme dont la longueur des branches est proportionnelle au pourcentage de similarité entre stations ou groupes de stations. La méthode de groupement retenue est celle du lien intermédiaire. Un test par permutation du profil de similarité a été réalisé afin de mettre en évidence des différences statistiques significatives dans la structure interne du jeu de données fourni par le dendrogramme (Clarke et al., 2008³). L'objectif est ainsi d'obtenir une interprétation objective de chaque nœud du dendrogramme afin de déterminer si elle résulte ou non d'un arrangement aléatoire des échantillons. Le principe résumé sur la Figure 25 en est le suivant. A partir de la matrice de similarité calculée pour un jeu de données quelconque de n échantillons et s espèces, les $n(n-1)/2$ valeurs de similarité obtenues pour chaque paire d'échantillons sont classées par rang de la valeur la plus faible à la valeur la plus élevée. Dans le cas d'une structure interne au jeu de données, le profil de similarité obtenu comporte de faibles valeurs de similarité entre les échantillons appartenant au même groupe et des valeurs élevées pour les échantillons appartenant à des groupes différents. Un tel profil diffère du profil attendu dans le cas d'une absence de structure interne au jeu de données (i.e. répartition aléatoire des valeurs de similarité) ce qui correspond à l'hypothèse nulle H_0 du test. Le profil attendu sous cette hypothèse ainsi que l'enveloppe des valeurs à 95 % est obtenu après permutations de chaque espèce entre échantillons. Le test est construit en représentant pour l'ensemble des

³ Clarke, K.R., Somerfield, P.J., Gorley, R.N., 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366, 56-69.

permutations la distribution de la variable π qui est la somme des distances absolues entre un profil de similarité issu d'une permutation et le profil moyen issu des 1000 permutations. Il est significatif si la valeur de π réellement calculée sur le jeu de données initial est en dehors de l'intervalle comprenant les 95 % des valeurs simulées de π . Un tel test constitue ainsi un moyen d'arrêter l'interprétation de la structure hiérarchique d'un dendrogramme à des niveaux de structure fins en commençant au niveau hiérarchique le plus élevé du dendrogramme et en testant successivement chaque nœud jusqu'à ce qu'un résultat non significatif soit obtenu. Ce test a été réalisé grâce à la procédure Simprof du logiciel PRIMER v. 7.0.

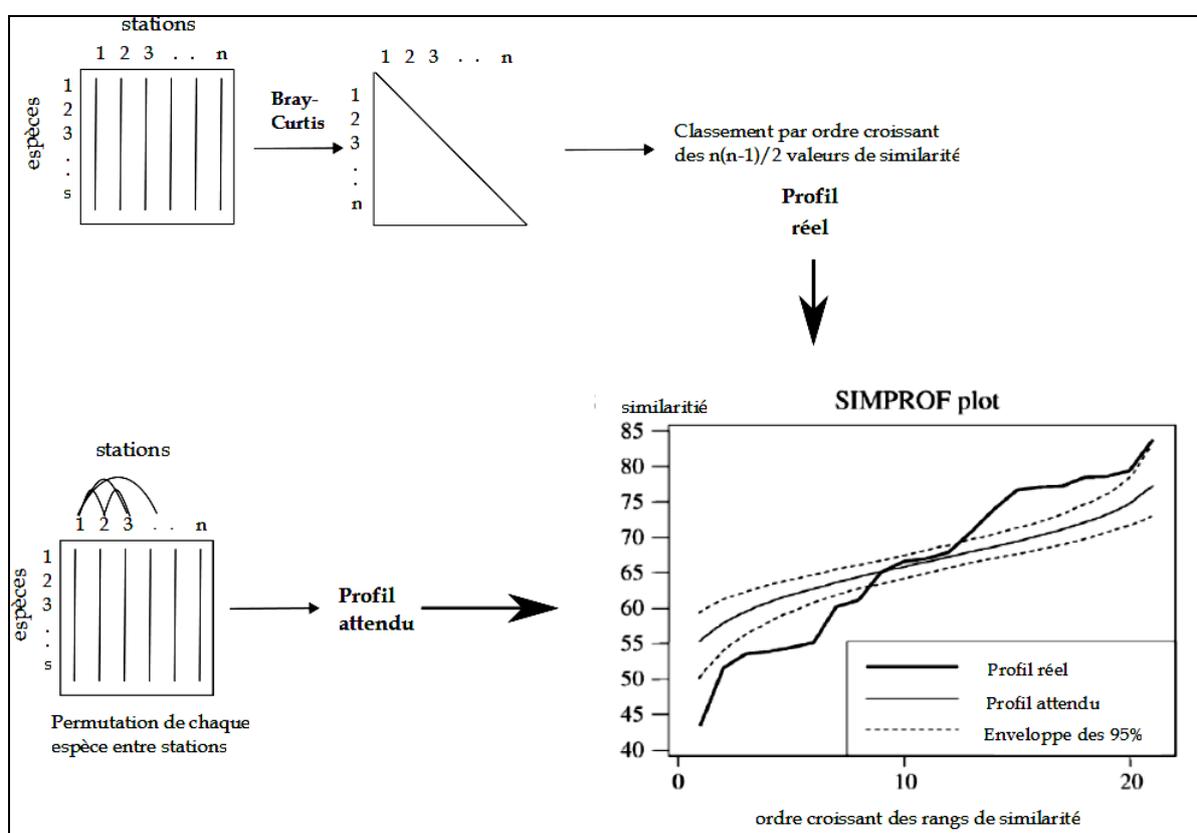


Figure 25 : Principe du test de permutation par similarité (procédure SIMPROF), d'après Clarke et al. (2008).

La méthode d'ordination retenue est le cadrage multidimensionnel ou n-MDS (non metric-Multi Dimensional Scaling) qui est une méthode non paramétrique résultant d'une procédure itérative. Son principe est de réaliser une cartographie des échantillons dans un espace réduit le plus souvent à 2 ou 3 dimensions de sorte que la proximité entre les stations sur le graphe reflète leur niveau de similarité. Une fois le nombre de dimensions retenu, la construction du MDS comprend deux étapes successives. La première phase consiste à construire une configuration initiale des n échantillons qui peut résulter d'une autre méthode d'ordination telle qu'une ACP ou être issue d'une configuration choisie au hasard. La seconde phase repose sur le calcul de

manière itérative d'une régression non paramétrique entre la distance d_{jk} entre les échantillons j et k sur le graphe et la dissimilarité correspondante δ_{jk} dans la matrice de dissimilarité. Le but recherché est que l'ordre des rangs des valeurs de dissimilarité soit identique à l'ordre des rangs des distances euclidiennes sur le graphe. La qualité de la représentation obtenue est ensuite évaluée par la valeur du « Stress de Kruskal » :

$$Stress = \sqrt{\frac{\sum_{i,j} (d_{ij} - \delta_{ij})^2}{\sum_{i,j} d_{ij}^2}}$$

Avec d_{ij} = distance entre 2 points i et j, et δ_{jk} = distance estimée à partir de la régression correspondant à la dissimilarité.

Si une valeur de stress inférieure à 0,10 indique une bonne représentation sans risque réel d'erreur d'interprétation, une valeur comprise entre 0,1 et 0,2 fournit encore une image potentiellement interprétable même si une attention particulière ne doit pas être portée sur les détails. Une valeur de stress supérieure à 0,3 indique que les points sont proches d'une répartition aléatoire sur le graphique.

Détermination des espèces discriminantes :

Après avoir identifiée la variabilité spatiale de la structure du peuplement, les espèces responsables de la discrimination entre sites ont été identifiées en évaluant leur contribution à la dissimilarité entre deux groupes d'échantillons. Dans un premier temps, la dissimilarité moyenne ($\bar{\delta}$) entre chaque paire d'échantillons composant les groupes 1 et 2 définis par les dendrogrammes est calculée. Dans un second temps, les contributions de chaque espèce i à la dissimilarité entre deux échantillons j et k sont estimées telle que :

$$\delta_{jk}(i) = 100 \cdot |y_{ij} - y_{ik}| / \sum_{i=1}^{i=p} (y_{ij} + y_{ik})$$

avec y_{ij} et y_{ik} , les abondances de l'espèce i dans les échantillons j et k.

La contribution moyenne de l'espèce i à la dissimilarité entre deux groupes d'échantillons (i.e. $\bar{\delta}_i$) est alors égale à la moyenne des valeurs de $\delta_{jk}(i)$ pour chaque paire d'échantillons j et k appartenant respectivement aux groupes 1 et 2. Enfin, afin de déterminer dans quelle mesure une espèce contribue de manière régulière à la différence entre les deux groupes, l'écart-type $SD(\delta_i)$ des valeurs de $\delta_{jk}(i)$ est calculé. Une espèce discriminante entre deux groupes sera ainsi une espèce qui contribue fortement à la dissimilarité moyenne (i.e. $\bar{\delta}_i$ élevée) et de manière

consistante pour les différents échantillons de chaque groupe (i.e. $SD(\delta_i)$ faible) : le ratio $\bar{\delta}_i / SD(\delta_i)$ sera donc élevé. Ce calcul prend ainsi en compte deux notions : le fait qu'une espèce soit principalement présente dans un groupe et qu'elle le soit dans la majorité des stations qui compose ce groupe. L'identification des espèces discriminantes a été réalisée avec la procédure Simper du logiciel PRIMER v. 7.0.

5. Résultats pour les caméras et la cartographie

5.1 Données stationnelles

5.1.1 Taux de recouvrement du maërl

5.1.1.1 Présence/absence

La présence du maërl (ici, le maërl vivant et mort) est avérée sur 196 stations sur l'ensemble du secteur prospecté en février et mars 2023 (364 stations) soit 54 % (Figure 26).

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Présence et absence de maërl sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023



Figure 26 : Analyse stationnelle - secteurs de présence et d'absence de maërl sur les stations prospectées en février et mars 2023 ©TBM environnement, 2024

5.1.1.2 Taux de recouvrement

La Figure 28 illustre les taux de recouvrement observés lors des observations de février et mars 2023. Sur les stations prospectées, les taux de recouvrement sont très hétérogènes (Figure 29). Les densités sont très variables allant de très faible à forte (Figure 29). 61 stations ont des taux de recouvrement de 0 – 5 %, 52 des taux de recouvrement de 5-25 %, 48 des taux de recouvrement de 25-50 % et 32 des taux de recouvrement de 50-75 %. Une seule station étudiée dépasse les 75% de recouvrement. La périphérie du banc est dominée par des taux de recouvrement plus faibles (0 %, 0 à 5%, et 5 à 25%).



Figure 27 : Photographie de la station 10 avec un taux de recouvrement de 75-100% ©TBM environnement, 2014.

Tableau 5 : Taux de recouvrement de maërl observés en février et mars 2023

	Total
Stations avec présence de maërl	196
0 - 5 %	62
5 - 25 %	52
25 - 50 %	49
50 - 75 %	32
75 - 100 %	1



Figure 28 : Taux de recouvrement observables sur le banc de maërl de la baie de Bourgneuf (de haut en bas 0-5% ; 5-25% ; 25-50% ; 50-75%). ©TBM environnement, 2024.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Taux de recouvrement du maërl sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023



Figure 29 : Analyse stationnelle – Taux de recouvrement de maërl observées en 2023 sur le banc de maërl de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.

5.1.1.3 Interpolation

La Figure 30 illustre l'interpolation des données obtenues à l'échelle de la station en février et mars 2023, à l'aide du logiciel QGIS 3.28.15, par la méthode de pondération inverse de la distance à une puissance (IDW). Ainsi, un « cœur » du banc est mis en évidence avec des taux de recouvrement important compris entre 25 et 100 %. La Figure 31 indique les polygones par taux de recouvrement. Les surfaces estimées par taux de recouvrement sont :

- 0-5% : 297,47 ha (50 % de la surface totale).
- 5-25% : 150,67 ha (25 % de la surface totale).
- 25-50% : 113,58 ha (20 % de la surface totale).
- 50-75% : 30,40 ha (5 % de la surface totale).

Ainsi, si on prend en compte les prospections de cette étude, une surface totale de 592 ha sur le banc de la baie de Bourgneuf est recouverte de maërl mais uniquement 144 ha correspondent à l'habitat « maërl » (avec un recouvrement supérieur à 25 %) (Figure 32).

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Interpolation du taux de recouvrement du maërl sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

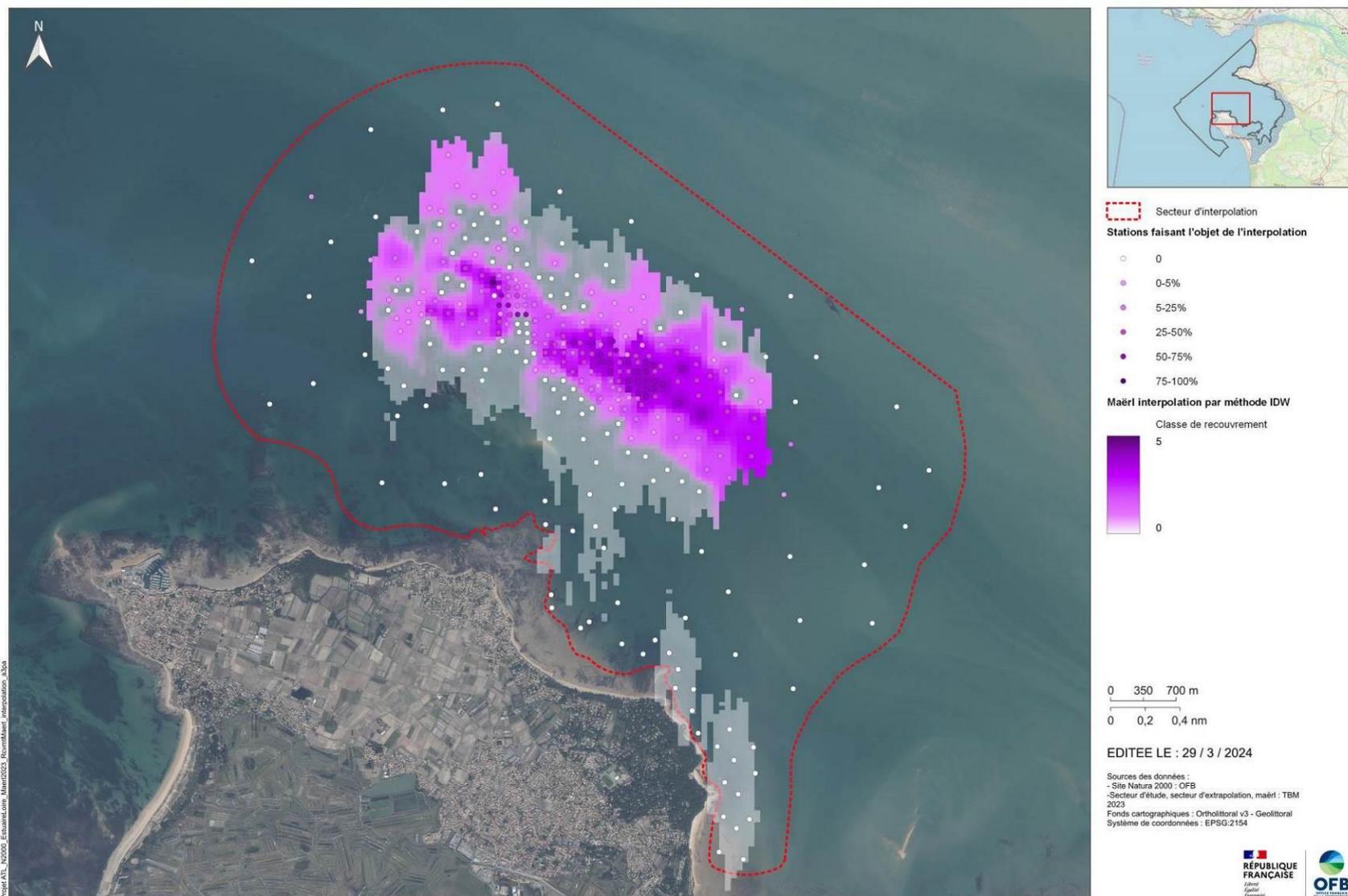


Figure 30 : Interpolation et cartographie des taux de recouvrement de maërl sur le banc de la baie de Bourgneuf (données de février et mars 2023) ©TBM environnement, 2024.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Taux de recouvrement du maërl issu de l'interpolation sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

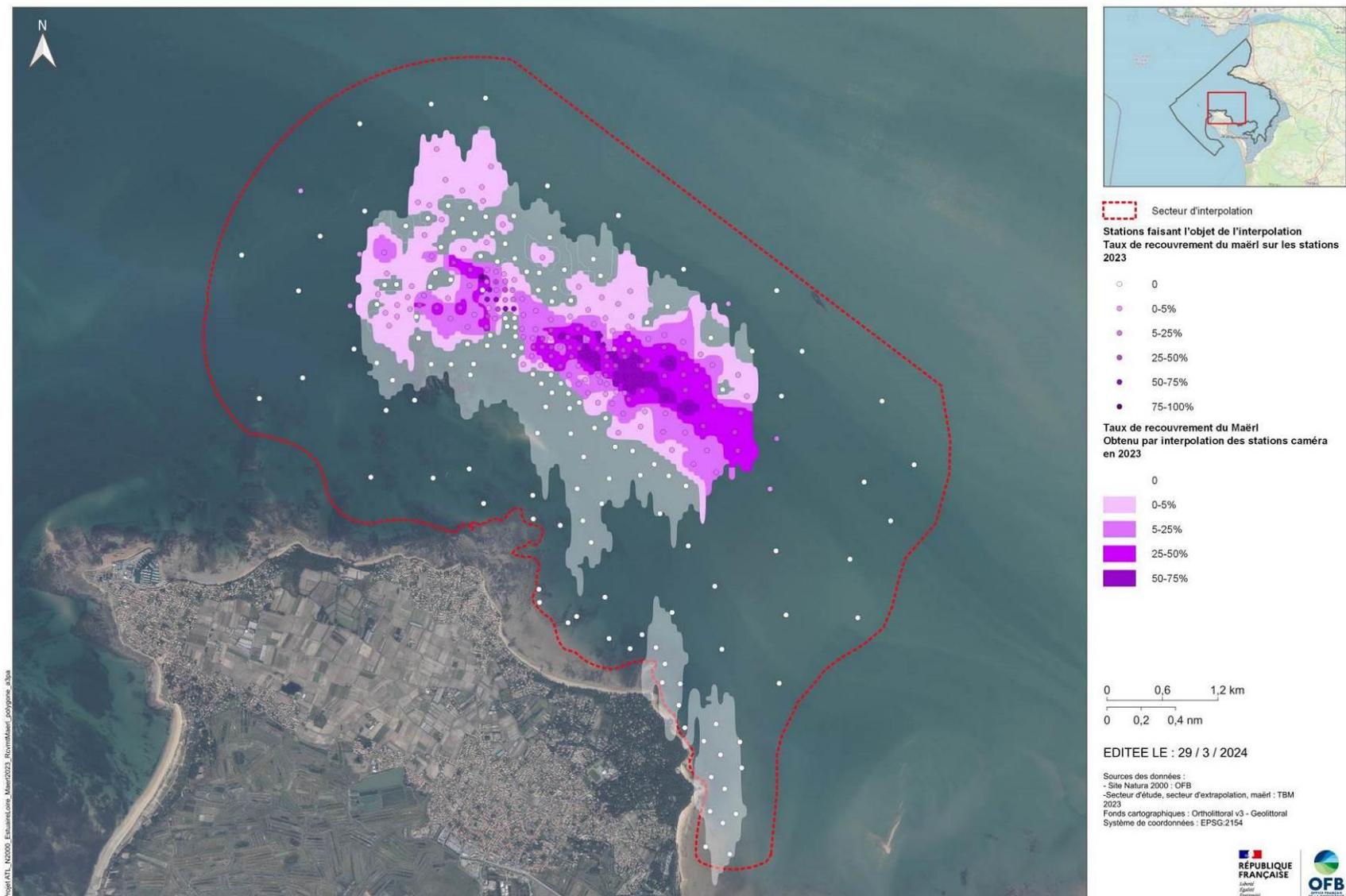


Figure 31 : Taux de recouvrement de maërl observées sur le banc de la baie de Bourgneuf (données de février et mars 2023) ©TBM environnement, 2024.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Bancs de maërl issu de l'interpolation sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

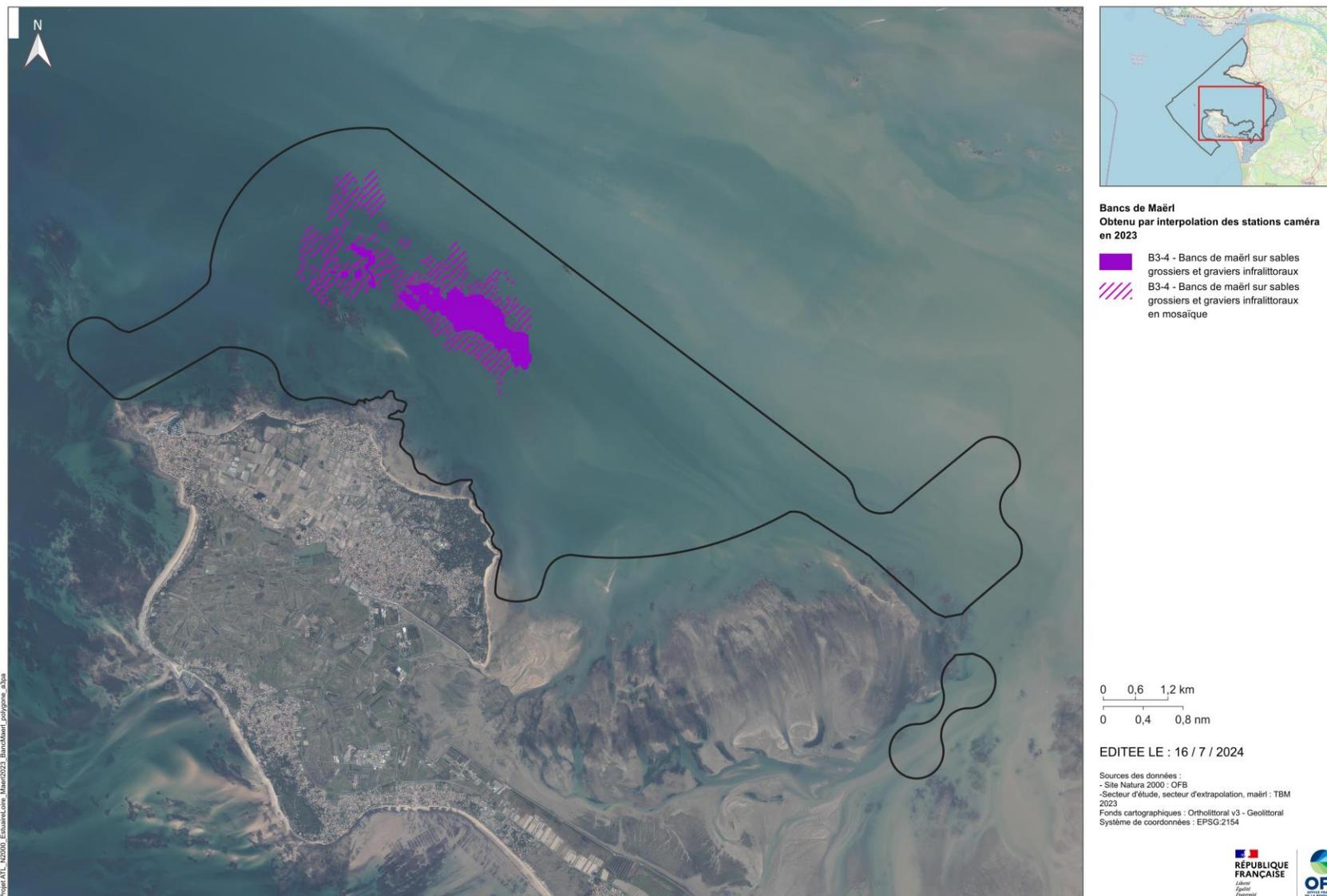


Figure 32 : Banc de maërl (taux de recouvrement supérieur à 25 %) et maërl en mosaïque de la baie de Bourgneuf ©TBM environnement, 2024.

5.1.2 Vitalité

L'observation de la couleur des thalles a permis de qualifier la vitalité du maërl et de localiser les secteurs de maërl mort (Figure 34).

Sur la base de ces observations, les traces de maërl mort sont bien présentes sur l'ensemble des stations étudiées et le taux de vitalité est très variable. 25 stations sont composées uniquement de maërl mort (Figure 35), 21 stations ont des taux de vitalité de 0 - 5 %, 20 des taux de vitalité de 5-25 %, 73 des taux de vitalité de 25-50% et 52 des taux de vitalité de 50-75 %. 5 stations étudiées dépassent les 75% de vitalité.



Figure 33 : Présence de maërl vivant et mort (banc de Bourgneuf). ©TBM environnement, 2024.

La Figure 36 illustre l'interpolation des données obtenues à l'échelle de la station, en février et mars 2023, à l'aide du logiciel QGIS 3.28.15, par la méthode de pondération inverse de la distance à une puissance (IDW). La Figure 37 indique les polygones par taux de vitalité. Les surfaces estimées par taux de vitalité sont :

- 0-5 % : 127,62 ha (26 % de la surface totale).
- 5-25 % : 134,85 ha (27 % de la surface totale).
- 25-50 % : 141,03 ha (29 % de la surface totale).
- 50-75 % : 83,14 ha (17 % de la surface totale).
- 75-100 % : 6,13 ha (1 % de la surface totale).

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Vitalité du maërl sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

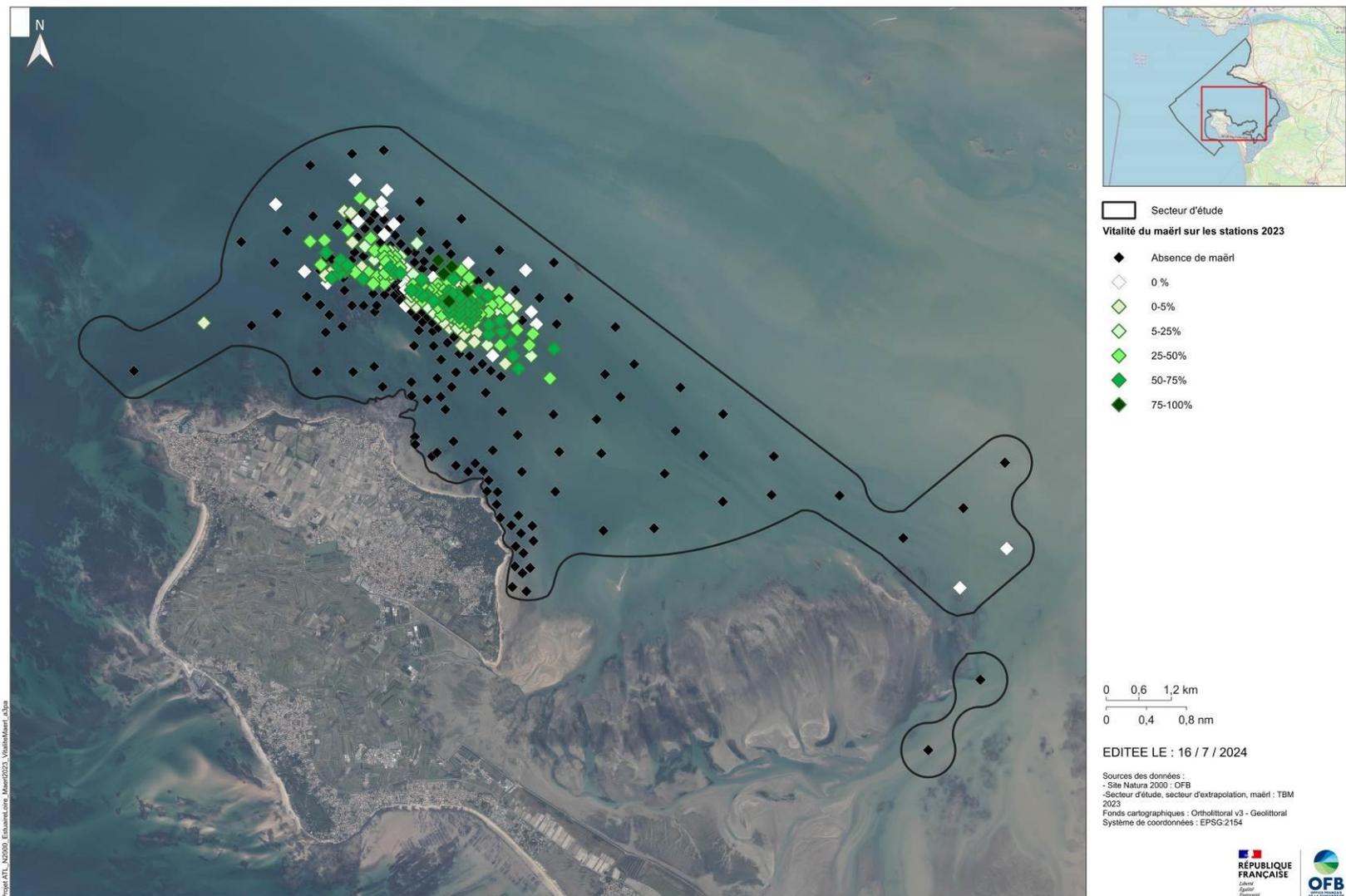


Figure 34 : Analyse stationnelle – Vitalité de maërl observées en février et mars 2023 sur le banc de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Présence de maërl uniquement mort sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023



Figure 35 : Analyse stationnelle – Maërl mort observé en février et mars 2023 sur le banc de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Interpolation de la vitalité du maërl sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

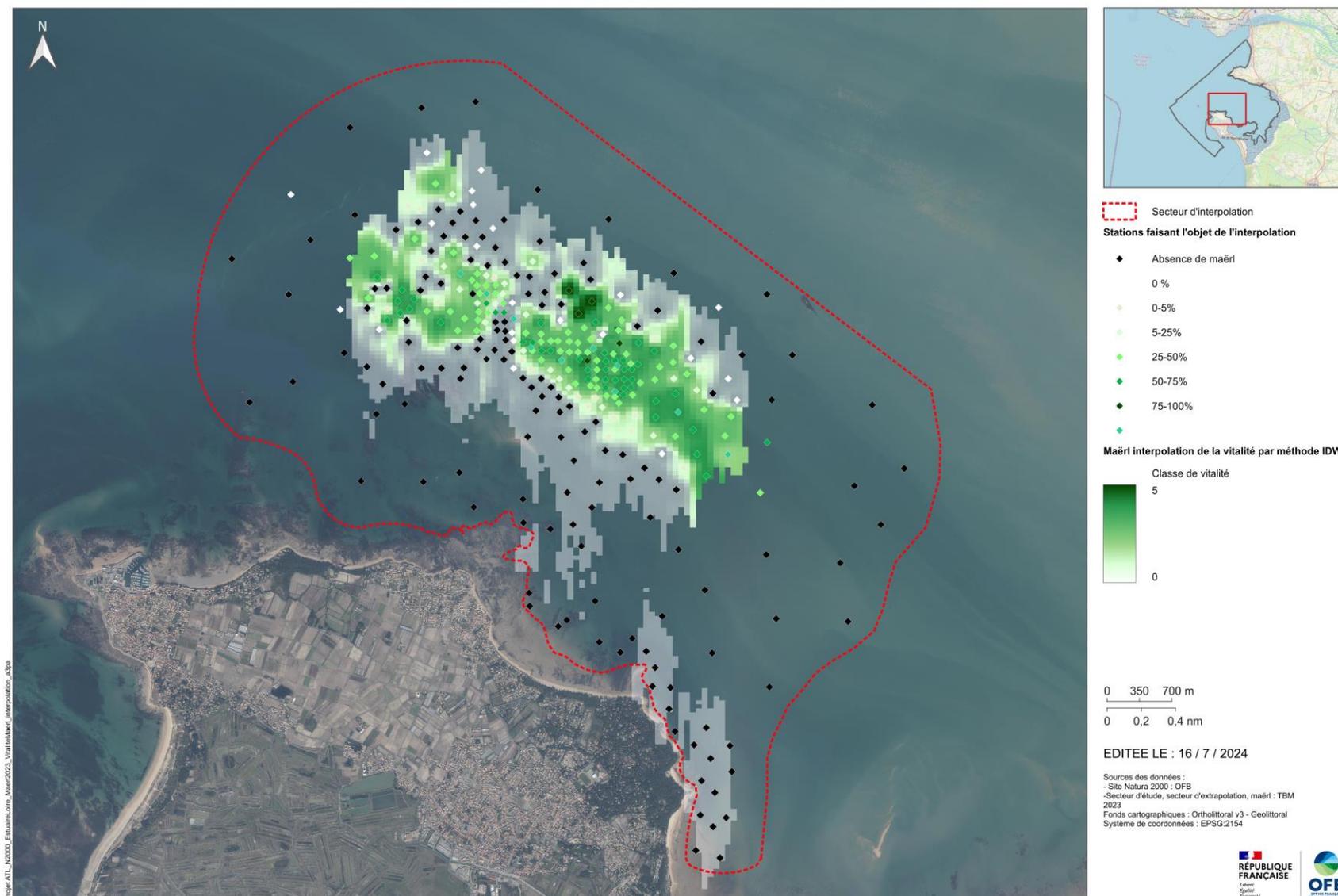


Figure 36 : Interpolation et cartographie des taux de vitalité de maërl sur le banc de la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Vitalité du maërl issu de l'interpolation sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

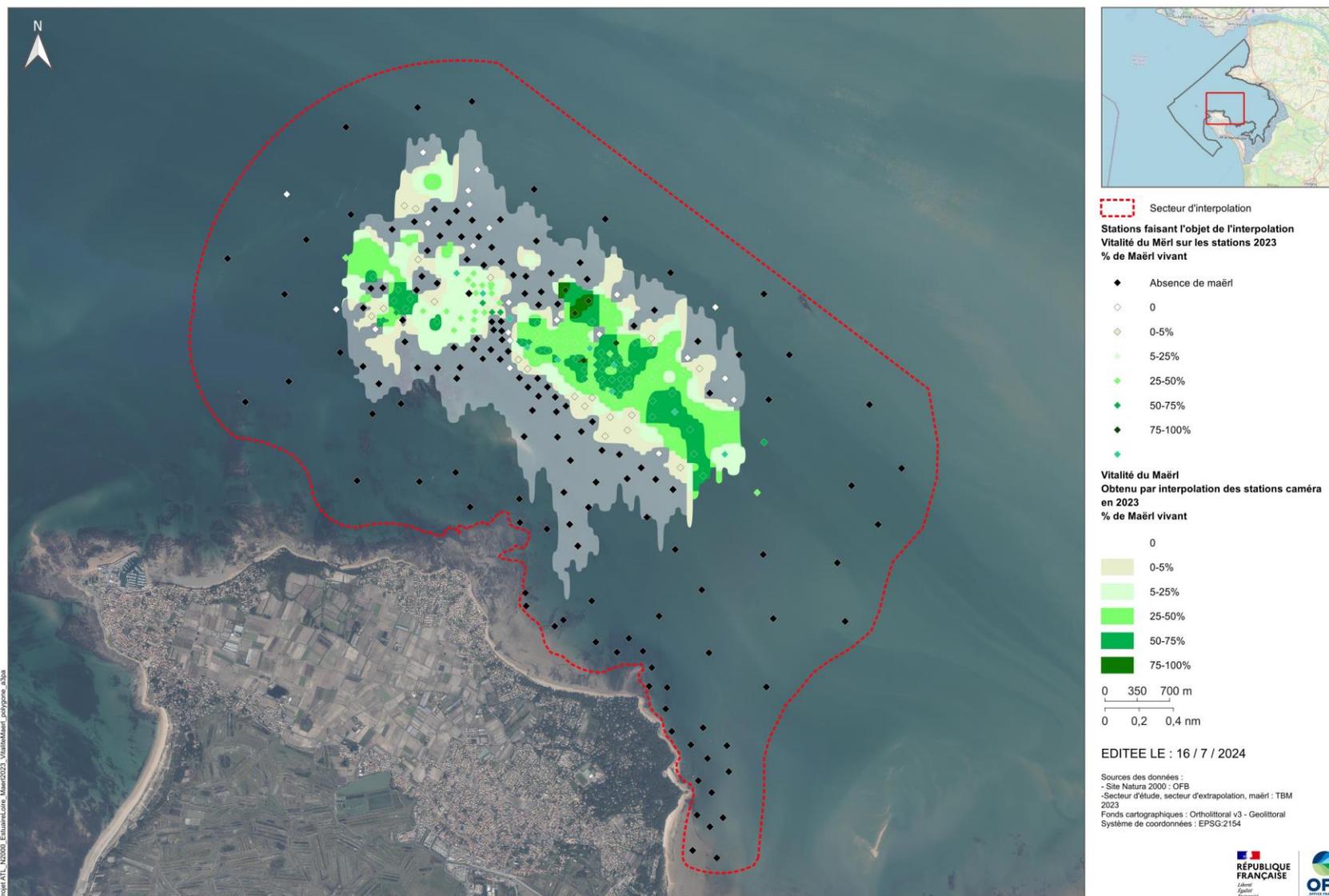


Figure 37 : Taux de vitalité de maërl observées sur le banc de la baie de Bourgneuf en février et mars 2023. ©TBM environnement, 2024.

5.2 Caractérisations des habitats

7 habitats (2 rocheux et 5 meubles) ont été inventoriés, en plus du maërl, lors des prospections de février et mars 2023 et la Figure 38 illustre leurs répartitions stationnelles.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Habitats marins selon la typologie NatHab-Atl sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

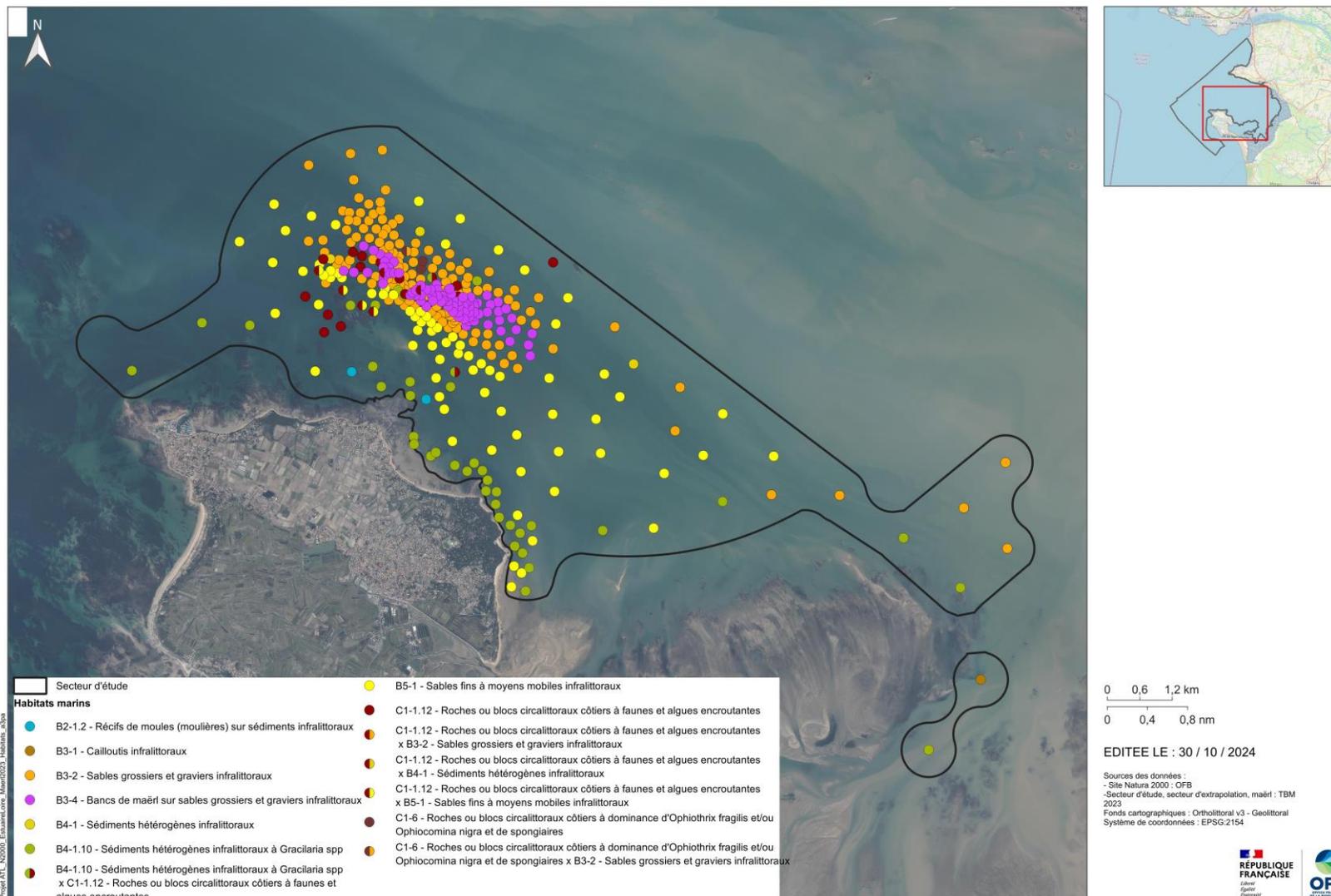


Figure 38 : Analyse stationnelle - Habitats marins décrits selon la typologie NatHab-Atl, 2019 (observations visuelles à la caméra sous-marine) dans la baie de Bourgneuf. ©TBM environnement, 2024.

5.2.1 Substrats rocheux

C1-1.12 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à faunes et algues encroûtantes

Lorsque nous atteignons le circalittoral côtier, l'habitat « Roches ou blocs circalittoraux à faunes et algues encroûtantes » est observé (Figure 39). Cet habitat se rencontre typiquement sur les faces verticales et supérieures de la roche en place ou de blocs circalittoraux exposés et modérément exposés aux vagues, soumis à des courants de marée modérés à faibles (une variante de cet habitat contenant des ophiures est observée sur la roche en place, les blocs et les galets). Cet habitat est dominé par des encroûtements faunistiques et algaux (corallinacées). *Alcyonium digitatum* (Figure 39) est l'une des rares espèces dressées sur la surface encroûtée de la roche, et est fréquente au sommet des affleurements rocheux et des blocs. Les hydraires ne sont pas très présents dans cet habitat, et seules des espèces robustes comme *Abietinaria abietina* sont souvent observées.



Figure 39 : C1-1.12 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à faunes et algues encroûtantes (typologie MNHN, 2019).
©TBM environnement, 2024.

C1-6 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à dominance d'*Ophiothrix fragilis* et/ou *Ophiocomina nigra* et de spongiaires

En forte concentration, les ophiures peuvent recouvrir le substrat rocheux (Figure 40). Les bancs d'ophiures apprécient le courant mais peuvent aussi prospérer sur des sites à faible hydrodynamisme. Celles-ci peuvent s'installer sur les platiers, les tombants et les failles mais aussi sous les blocs de roche. Cet habitat peut aussi bien être monospécifique que mixte. Le plus souvent, les ophiures sont associées à des communautés de filtreurs, principalement des éponges et des cnidaires. Cependant, on rencontre parfois des fonds rocheux très peu colonisés par la faune sessile mais recouverts par un enchevêtrement d'ophiures.

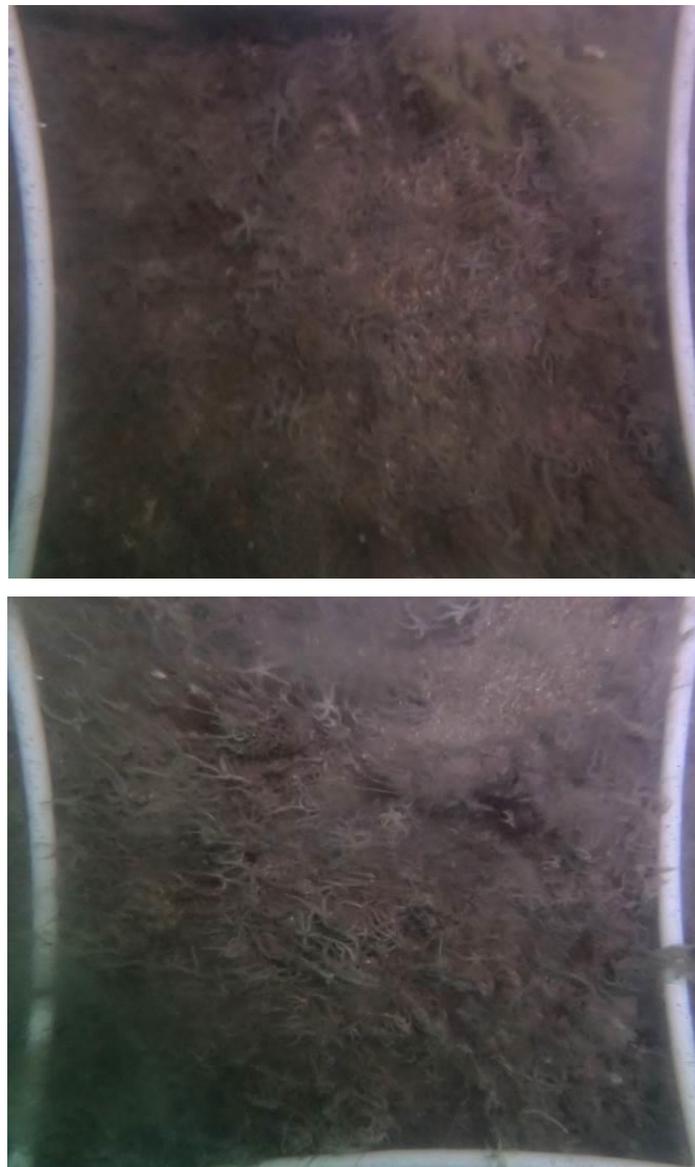


Figure 40 : C1-6 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à dominance d'*Ophiothrix fragilis* et/ou *Ophiocomina nigra* et de spongiaires (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.

5.2.2 Substrats meubles

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

Les moulières infralittorales à *Mytilus edulis* se développent à faible profondeur, préférentiellement sur les roches à fort hydrodynamisme (houle ou courant de marée) mais peuvent comme dans notre étude coloniser des substrats hétérogènes et former une matte recouvrant le substrat (Figure 41).



Figure 41 : B2-1.2 Récifs de moules (moulières) sur sédiments infralittoraux (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.

B3-1 Cailloutis infralittoraux et B3-2 Sables grossiers et graviers infralittoraux

Ces deux habitats sont parfois observés en mosaïques. Les proportions en cailloutis, sables grossiers et graviers sont très variables (Figure 42). Ces fonds infralittoraux sont peu diversifiés et présentent des espèces robustes adaptées aux conditions de la frange infralittorale soumise à de forts courants de marée et des houles du large (Figure 42). La faune qui caractérise cet habitat est composée d'espèces sabulicoles et gravicoles tolérantes telles que des polychètes. Très peu d'espèces végétales sont observées sauf si des galets ou blocs sont présents. Cet habitat est observé en mosaïque avec des sédiments hétérogènes et des **brins de maërl**.

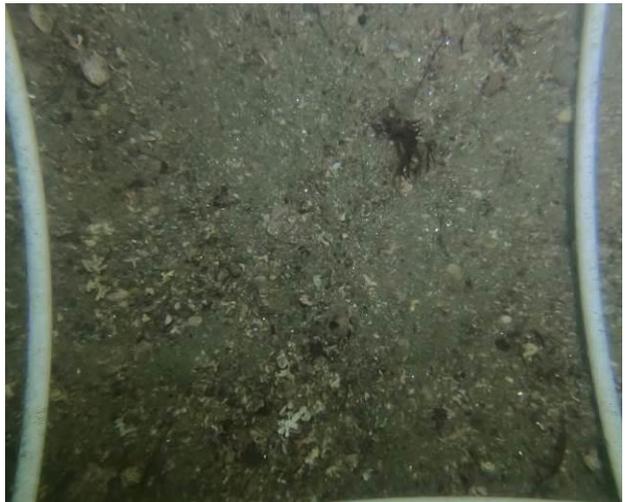


Figure 42 : B3.1 Cailloutis infralittoraux (en haut) et B3.2 Sables grossiers et graviers infralittoraux (en bas) (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.

B4-1 Sédiments hétérogènes infralittoraux

Cet habitat abrite une grande variété de communautés animales. Les proportions en gravier, sable et vase sont très variables (Figure 43). Des débris coquilliers peuvent aussi être observés ainsi que plus localement des cailloutis. C'est cette variabilité sédimentaire qui va entraîner une variété de communautés animales comme des bivalves ou des polychètes. De tels sédiments mixtes reflètent des actions hydrodynamiques inverses ou alternées avec apport d'éléments fins en période estivale et d'éléments grossiers en période hivernale.



Figure 43 : B4-1 Sédiments hétérogènes infralittoraux (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.

On peut également signaler la présence de l'espèce caractéristique d'algues rouges (Figure 44) L'habitat correspondant est **B4-1.10 Sédiments hétérogènes infralittoraux à *Gracilaria* spp.** La fixation de macroalgues épiphytes participe à l'hétérogénéité du substrat et favorise le développement d'une épifaune vagile composée principalement d'amphipodes (*Melitidae*, *Aoridae*) qui s'en nourrissent.



Figure 44 : B4-1.10 Sédiments hétérogènes infralittoraux à *Gracilaria* spp (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.

B5-1 Sables fins à moyens mobiles infralittoraux

Cet habitat se compose de sables fins à moyens (60 à 90 %) mobiles bien triés et dépourvus de vase, retrouvés entre 0 à 25 m de profondeur (Figure 45). Localement, des structures dunaires caractérisées par leur morphologie peuvent être observées. Ces sables mobiles, de nature très instable, sont très appauvris du point de vue faunistique. Leur richesse spécifique locale est ainsi nettement plus faible que celle des habitats voisins de sédiments grossiers ou de sables fins plus ou moins envasés. Ils se caractérisent par une faune robuste et peu diversifiée.

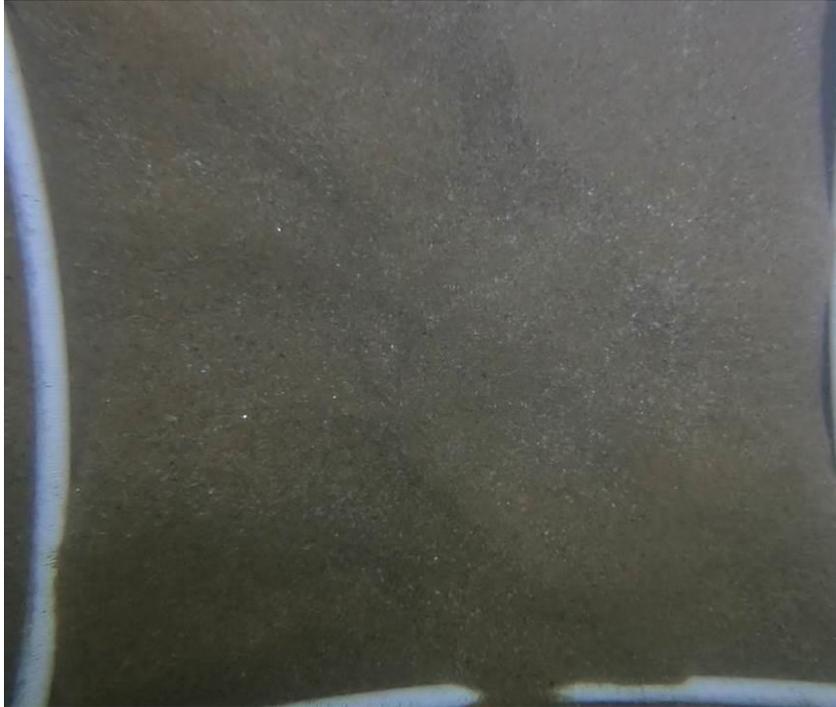


Figure 45 : B5-1 Sables fins à moyens mobiles infralittoraux (typologie MNHN, 2019). ©TBM environnement, 2024.

6. Résultats pour les prélèvements benthiques

6.1 Granulométrie

L'ensemble des données est présenté dans l'annexe 2.

La granulométrie est réalisée sur 10 stations. Les fractions granulométriques des stations sont présentées dans la Figure 46 et la Figure 47.

Les stations sont homogènes et sont caractérisées par des sédiments hétérogènes avec la présence de plusieurs fractions sédimentaires. Les sédiments sont majoritairement grossiers à très grossiers. Les sables fins sont compris entre 4 et 23 % et les vases entre 2 et 6%.

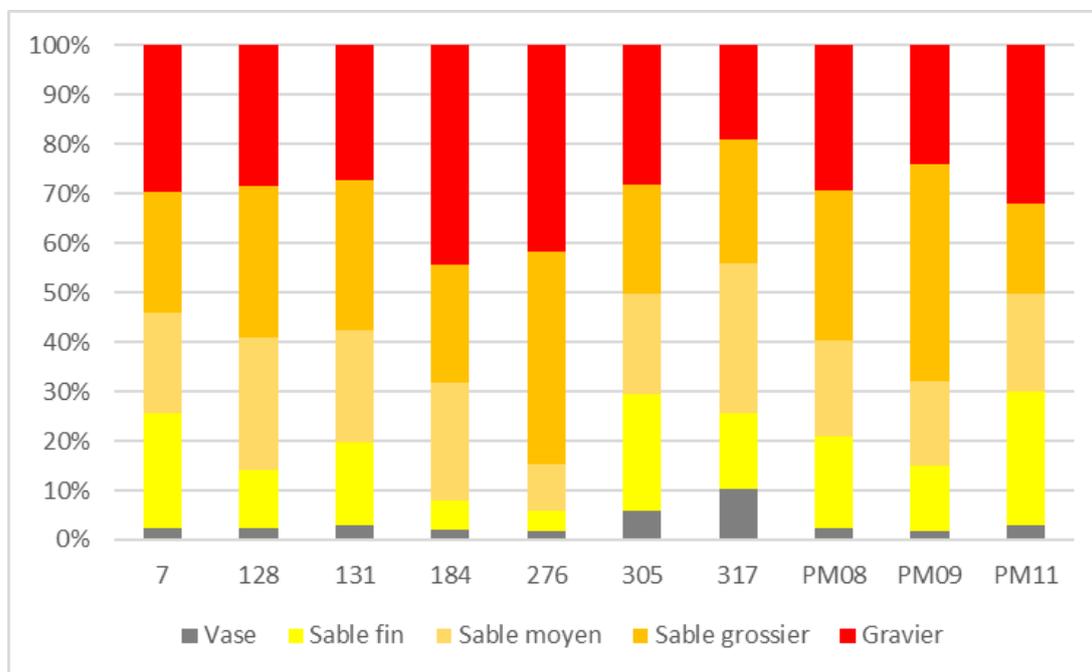


Figure 46 : Fractions granulométriques (%) des stations échantillonnées en mars 2023.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"
Fractions granulométriques des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

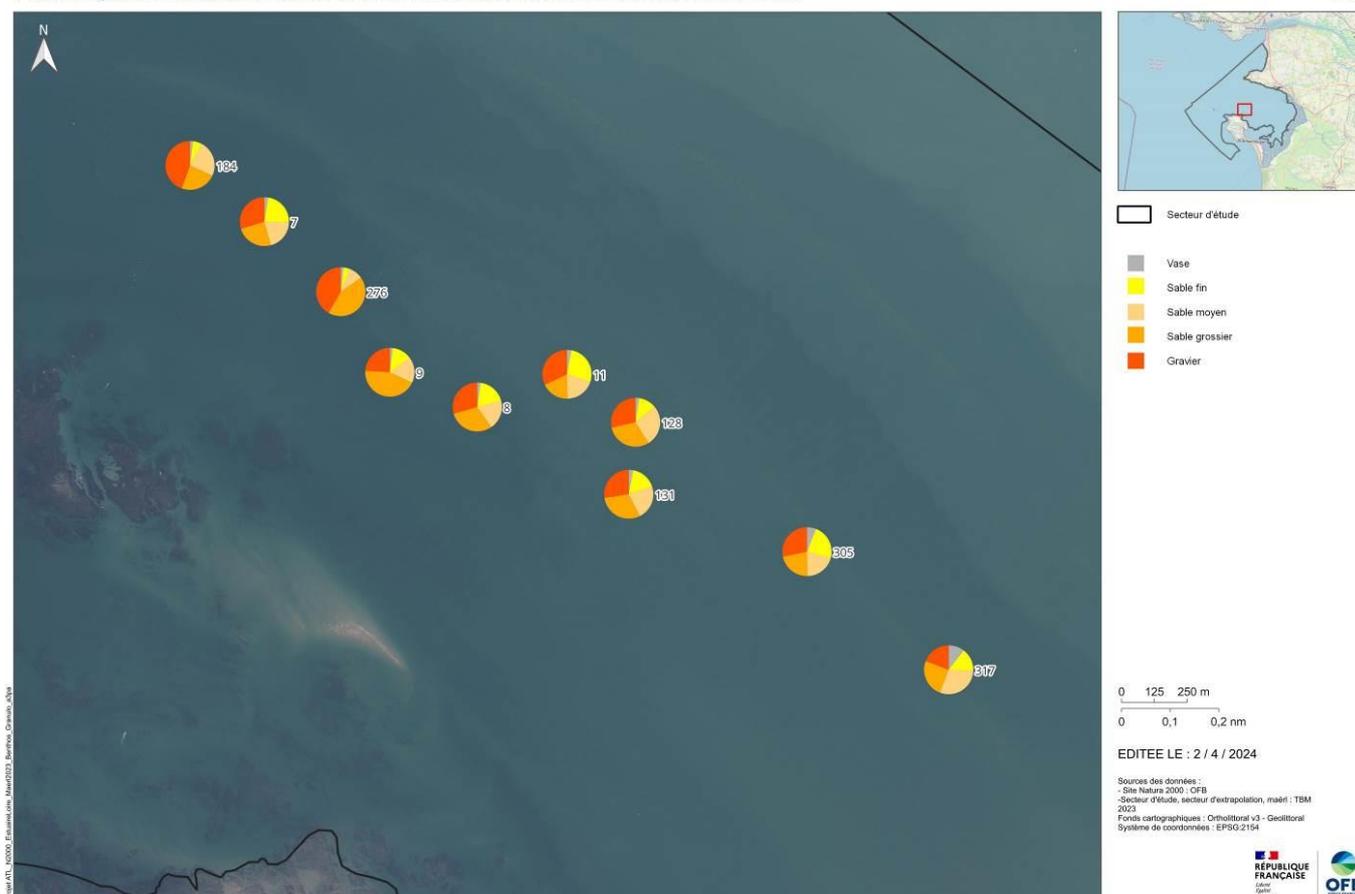


Figure 47 : Fractions granulométriques (%) des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)

En conclusion, des sédiments grossiers à très grossiers sont bien mises en évidence indiquant la présence d'un banc de maërl sur sables grossiers et graviers.

6.2 Taille des brins

Les résultats de la taille des brins sont présentés sur la Figure 48 et Figure 49. Des variations spatiales sont à remarquer. **En conclusion, des variations sont observées sur ce paramètre en lien avec les conditions environnementales et les différentes fractions granulométriques présentes.**

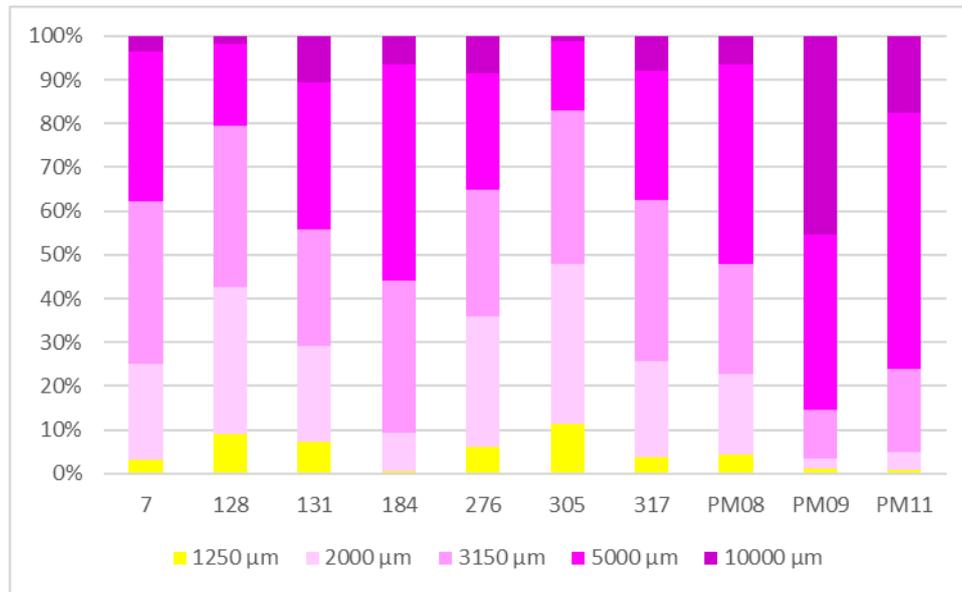


Figure 48 : Taille des brins en fonction des stations (fractions %)

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Taille des brins en fractions (%) des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

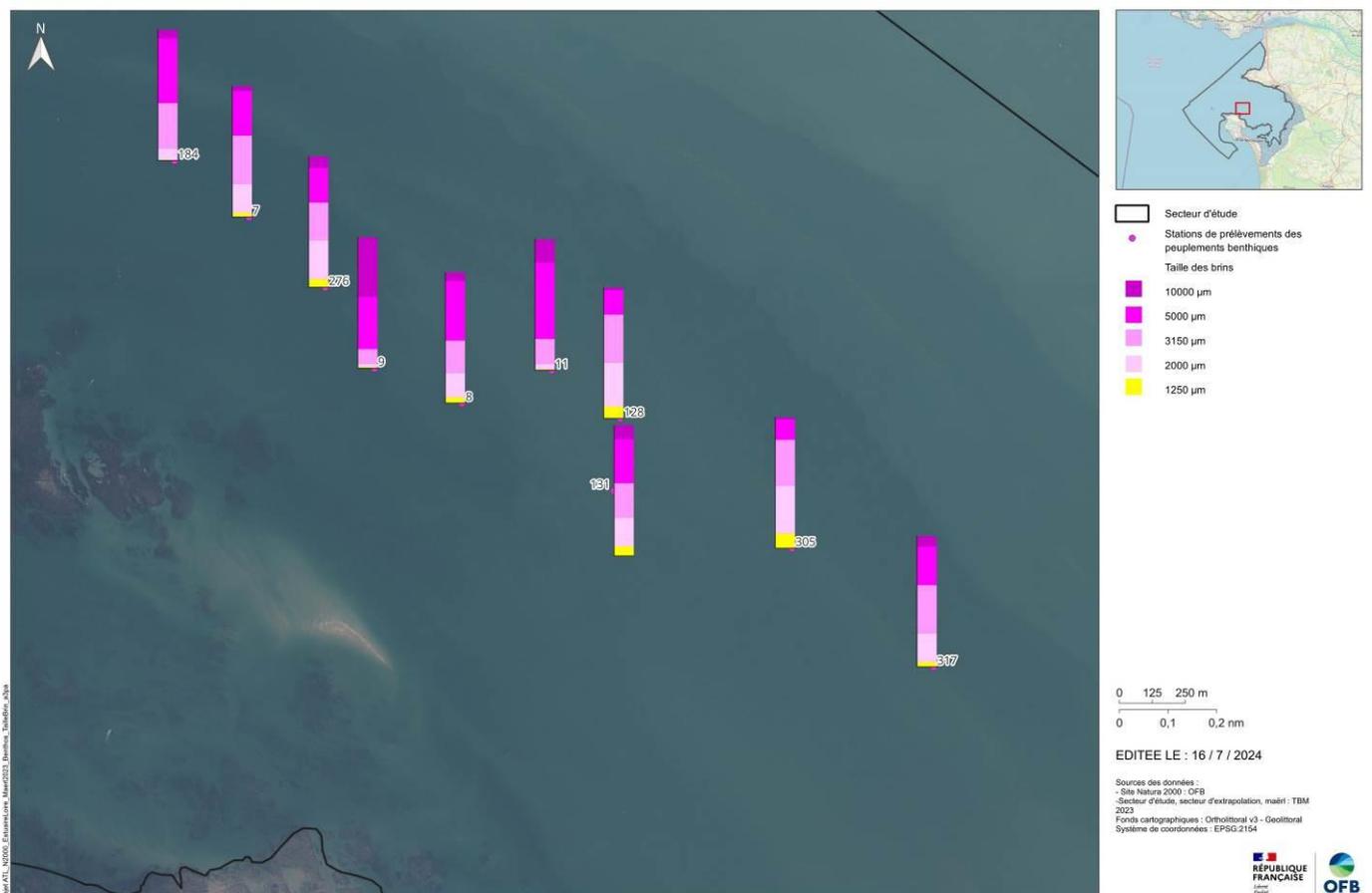


Figure 49 : Taille des brins en fonction des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)

6.3 Vitalité

L'ensemble des données est récapitulé dans l'annexe 3. La Figure 50 indique les résultats obtenus sur chaque station. Une forte variabilité est observée variant entre 2 cm² et 100 cm². Les plus fortes valeurs sont observées aux stations 305 et PM09. Les pourcentages de vitalité fluctuent entre 1 et 70 % (Tableau 6).

Ainsi, naturellement des différences importantes entre les stations sont observées. **En conclusion, une forte hétérogénéité des mesures est mise en évidence. Cette hétérogénéité est plus forte que si on regarde les valeurs de vitalité observées au moyen des caméras.** De plus, le Tableau 7 indique les estimations de vitalités observées au moyen de l'échantillonnage à la benne et à la caméra. Des différences entre les deux protocoles sont mis en évidence.

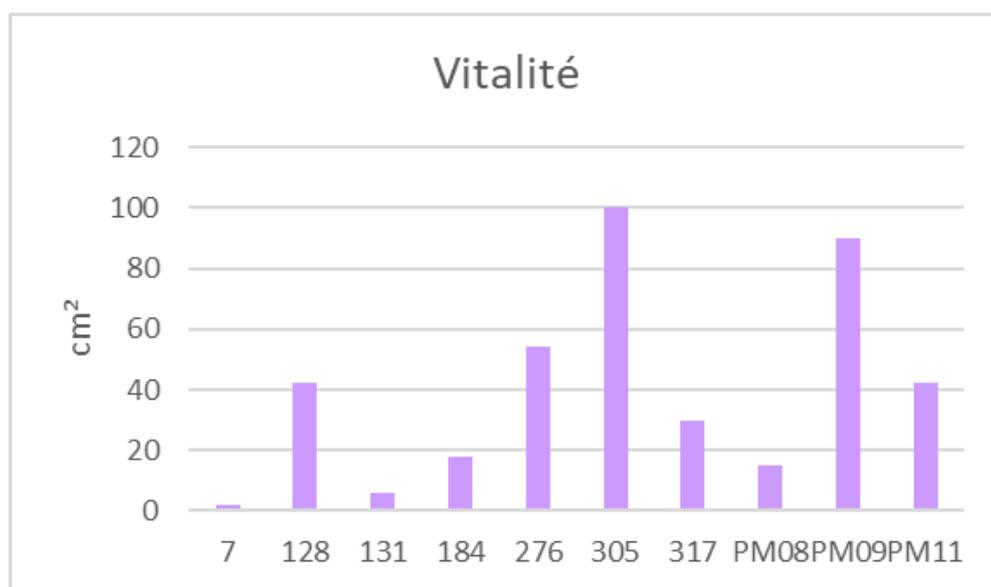


Figure 50 : Vitalité des brins en fonction des stations.

Tableau 6 : Vitalités en cm² et en % obtenues avec des prélèvements à la benne

Station	cm ²	%
7	2	1,39
128	42,5	29,51
131	6	4,17
184	18	12,50
276	54	37,50
305	100	69,44
317	30	20,83
PM08	15	10,42
PM09	90	62,50
PM11	42,5	29,51

Tableau 7 : Vitalités en % obtenues avec des prélèvements à la benne et à la caméra

Station	Benne	Caméra
7	1,39	25-50%
128	10,42	50-75%
131	62,50	25-50%
184	29,51	50-75%
276	29,51	50-75%
305	4,17	25-50%
317	12,50	25-50%
PM08	37,50	0
PM09	69,44	50-75%
PM11	20,83	5-25%

6.4 Faune

Au cours de l'étude, 8 306 individus ont été dénombrés. En termes de richesse spécifique, 167 espèces ont été identifiées.

6.5 Abondance (A)

Au cours de la session 1, les abondances fluctuent entre 2 393 et 3 777 individus.m² (Figure 51 et Figure 53). La valeur minimale est observée pour la station PM09 et la valeur maximale pour la station PM11. Les résultats obtenus illustrent une variabilité spatiale naturelle assez peu marquée.

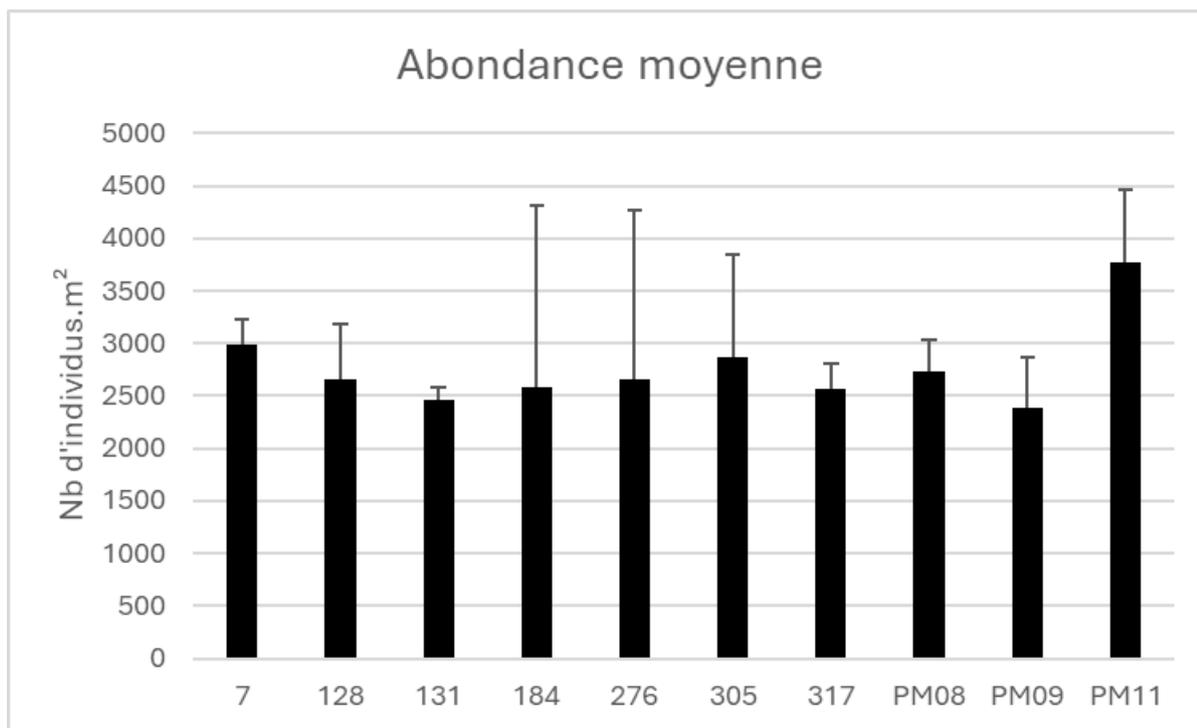


Figure 51 : Abondance moyenne

6.6 Richesse spécifique (S)

Pour le paramètre richesse spécifique, au cours de l'étude, les valeurs moyennes sont variables entre les stations (Figure 52 et Figure 54). Elles sont comprises entre 33 et 52 espèces en moyenne. La valeur minimale est observée sur la station 184 et la valeur maximale sur la station 007. Ces résultats illustrent également une variabilité spatiale naturelle assez forte pour ce paramètre.

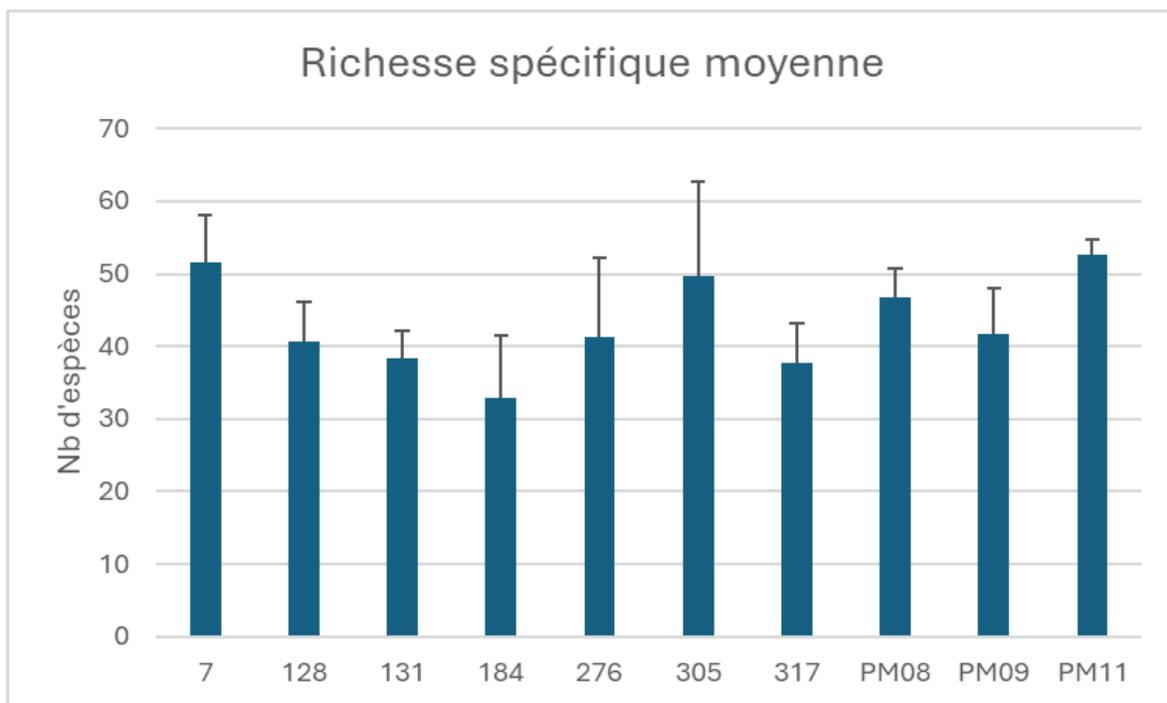


Figure 52: Richesse spécifique moyenne

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Abondances moyennes des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

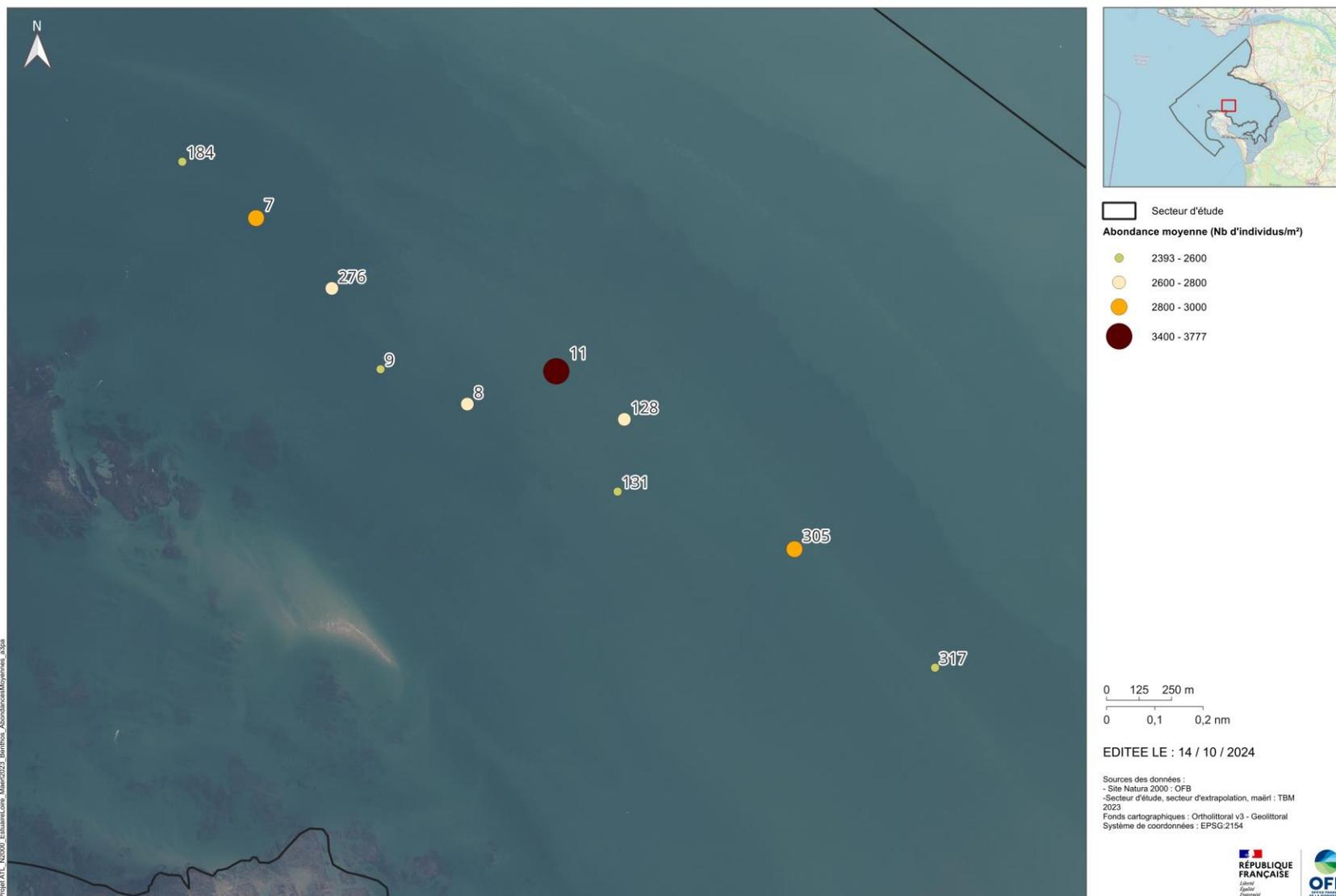


Figure 53 : Abondance moyenne ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Richesses spécifiques moyennes des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

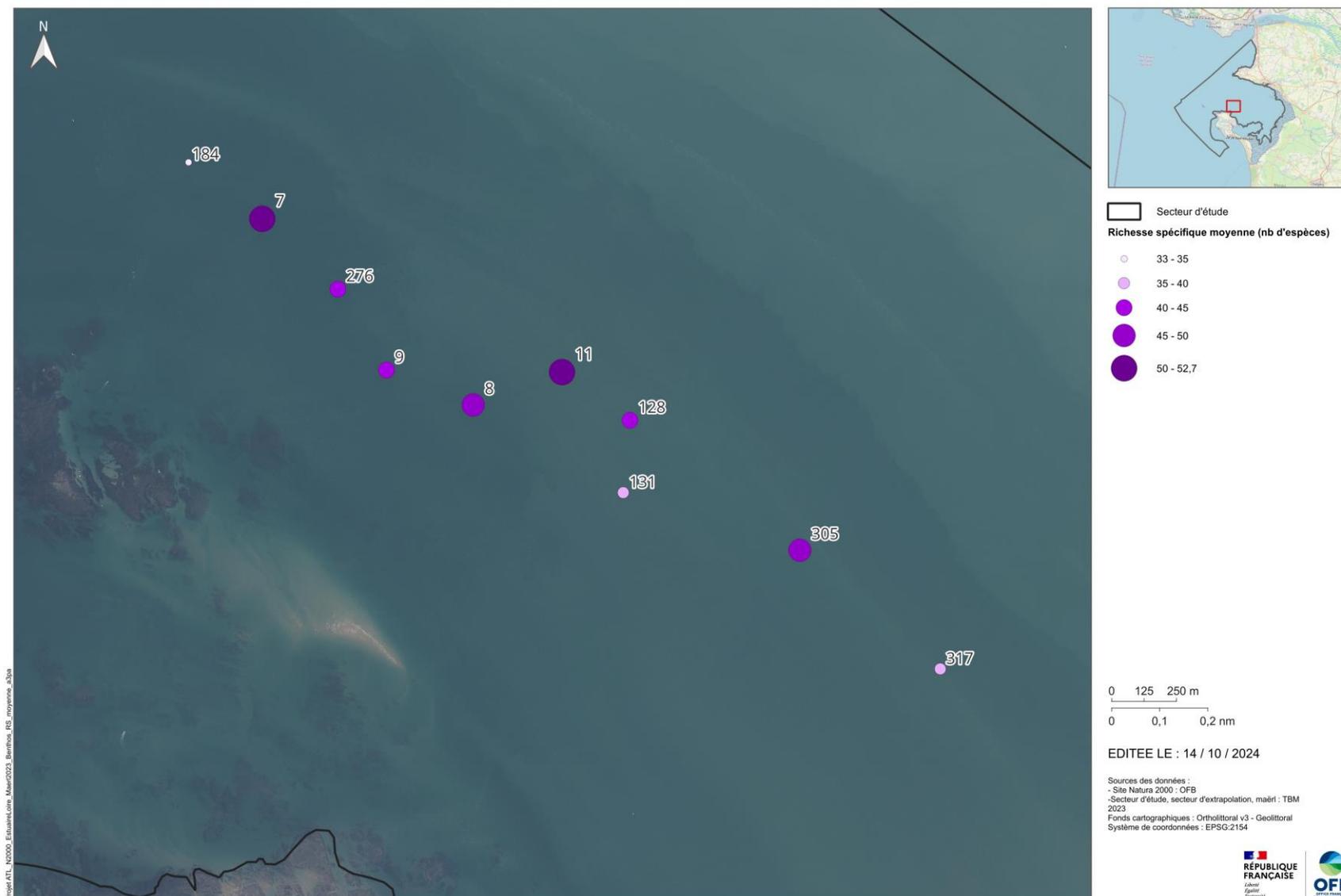


Figure 54 : Richesse spécifique moyenne ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)

6.7 Indice de Shannon Wiener (H')

Les échantillons possèdent une diversité assez élevée avec une valeur de H' supérieure à 3 (Figure 55). De légères différences entre les stations sont observées. Les valeurs les plus faibles sont mises en évidence sur la station 131 (H' = 3,30) et la plus forte sur la station 007 (H' = 4,35).

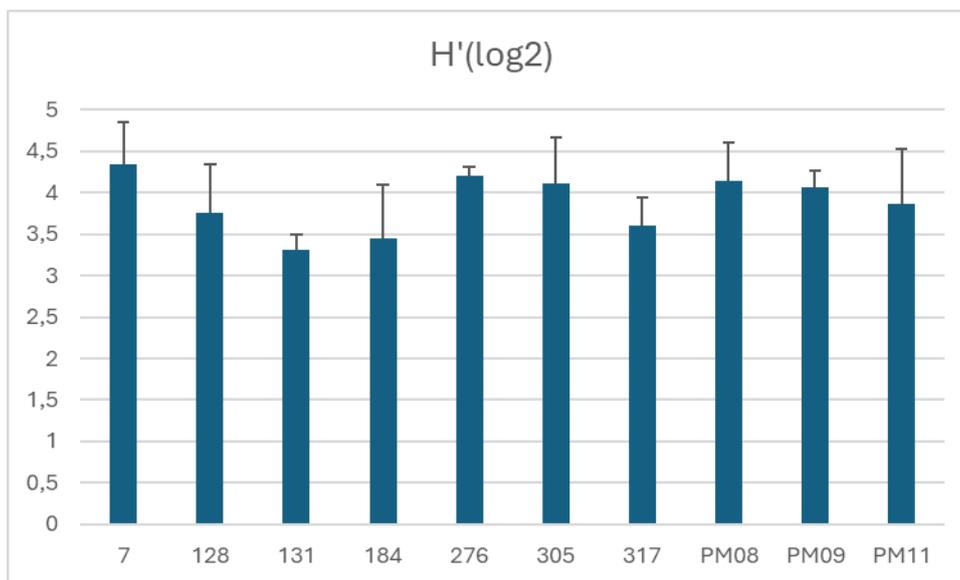


Figure 55 : Indice de Shannon Wiener (H')

6.8 Indice d'équitabilité de Piélou (J')

Pour ce paramètre, les mêmes observations que celles faites pour H' peuvent être réalisées (Figure 56). A savoir que des différences minimales entre les stations sont observées. Ces résultats indiquent une distribution relativement équitable des espèces pour les différents peuplements. La valeur la plus faible est à noter sur la station 131 (J' = 0,63) et la plus forte sur la station 276 (J' = 0,79).

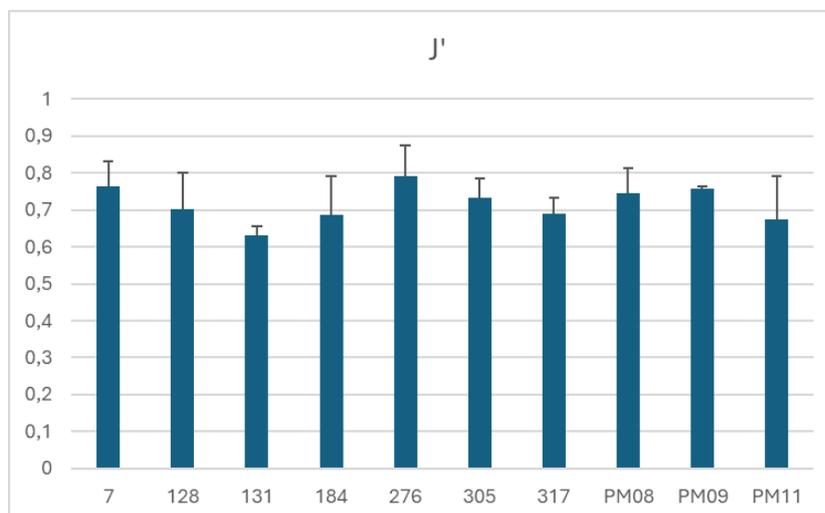


Figure 56 : Indice d'équitabilité de Piélou (J')

6.9 Groupes taxonomiques

Sur toutes les stations, le groupe des polychètes est le groupe le plus diversifié (Figure 57 et Figure 59). Il représente entre 44 % (station 317) et 54 % (station 184) des espèces d'une station. Le groupe des crustacés représente en moyenne un quart de la diversité totale suivi du groupe des mollusques avec 12 %. Les échinodermes et « autres » sont largement minoritaires et correspondent à 4 % et 0,1 % de la diversité totale.

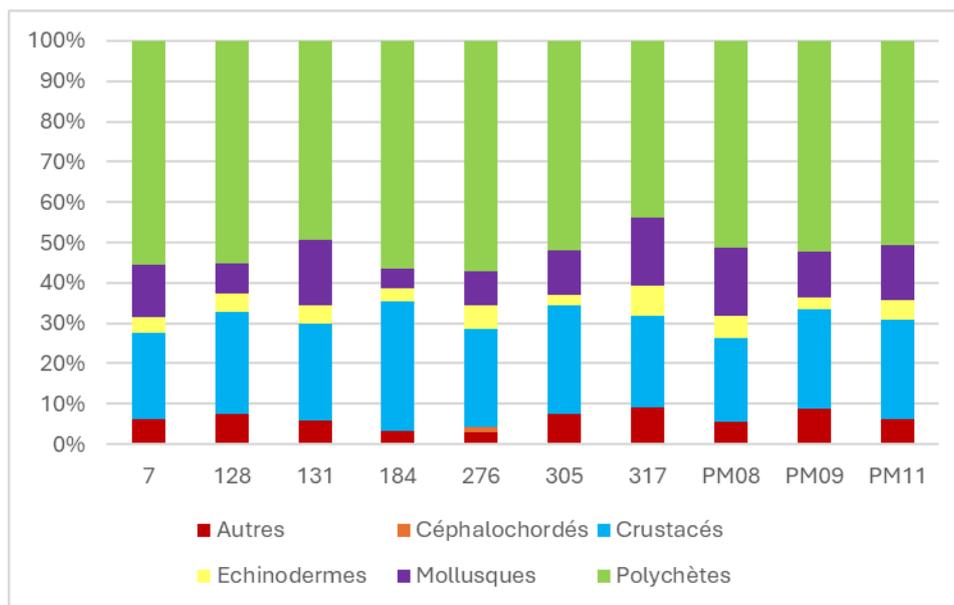


Figure 57 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de la richesse spécifique au sein des stations échantillonnées en mars 2023.

Sur l'ensemble des stations, les crustacés et les polychètes forment les embranchements les plus abondants (Figure 58 et Figure 60). Leurs proportions sont en moyenne de 48 % et 39 %. Les autres taxons sont minoritaires (Echinodermes 6 %, Mollusques 4%).

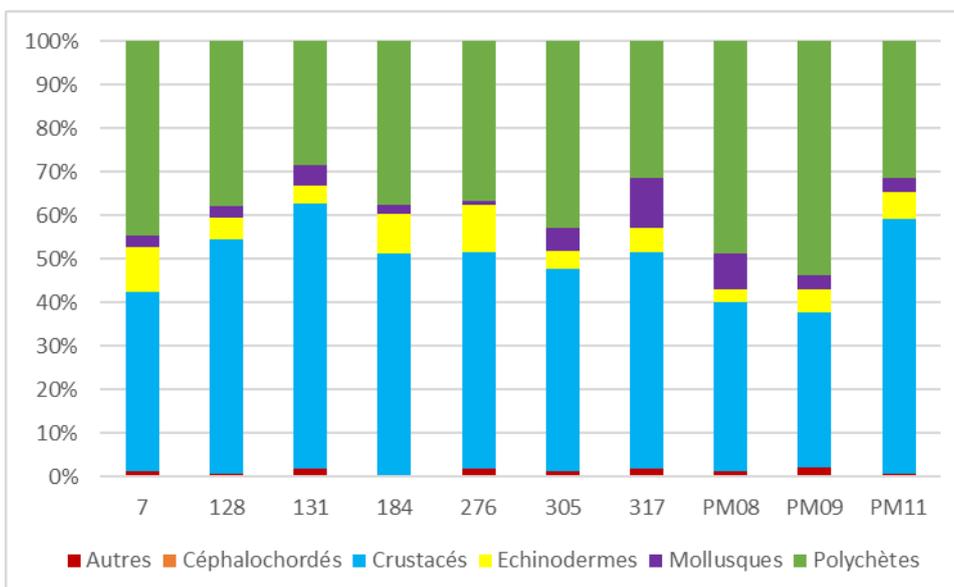


Figure 58 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de l'abondance au sein des stations échantillonnées en mars 2023.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Pourcentages des différents groupes taxonomiques en termes de richesse spécifique des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

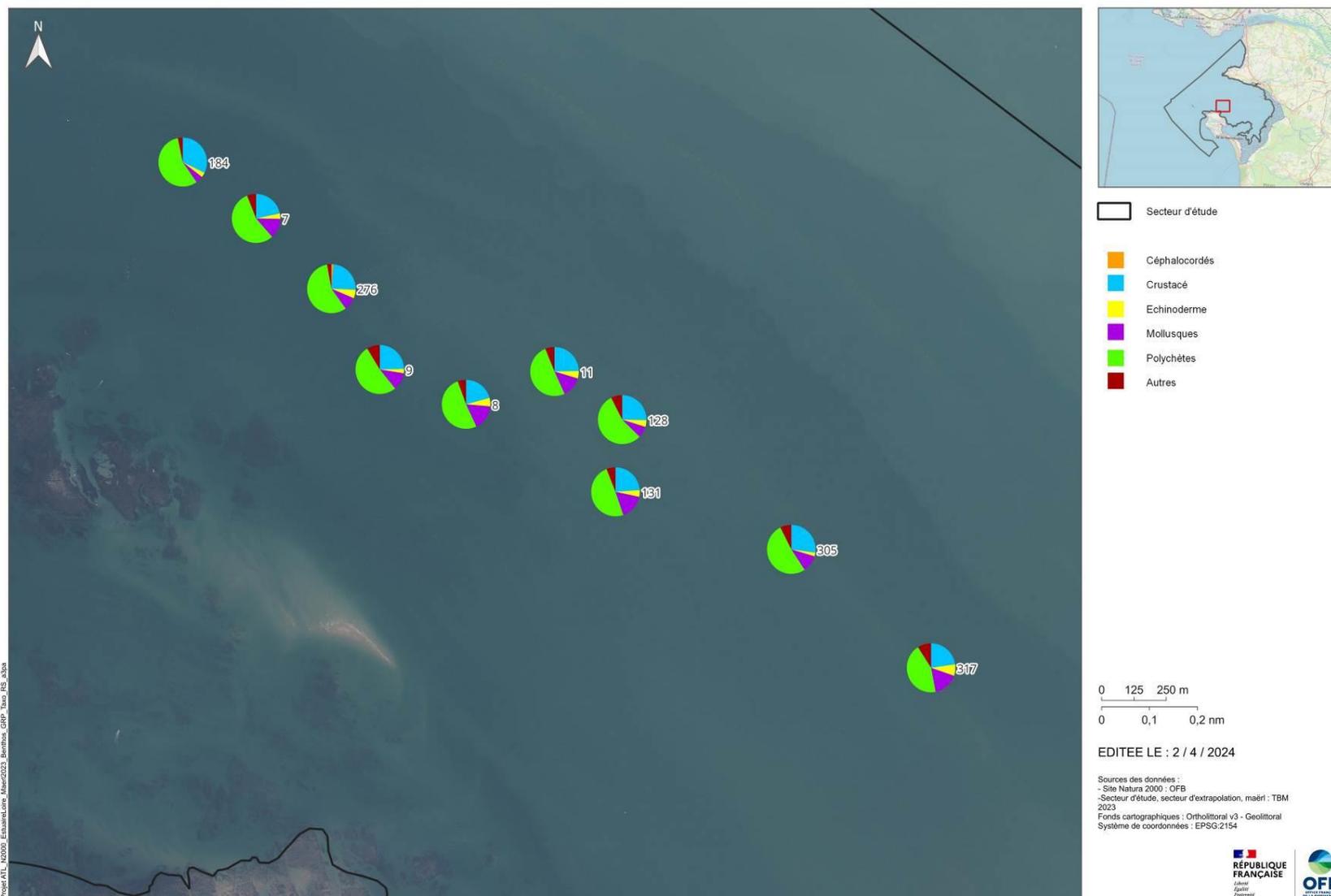


Figure 59 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de la richesse spécifique au sein des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024.
 (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Pourcentages des différents groupes taxonomiques en termes d'abondance des points de prélèvement des peuplements benthiques à la Benne

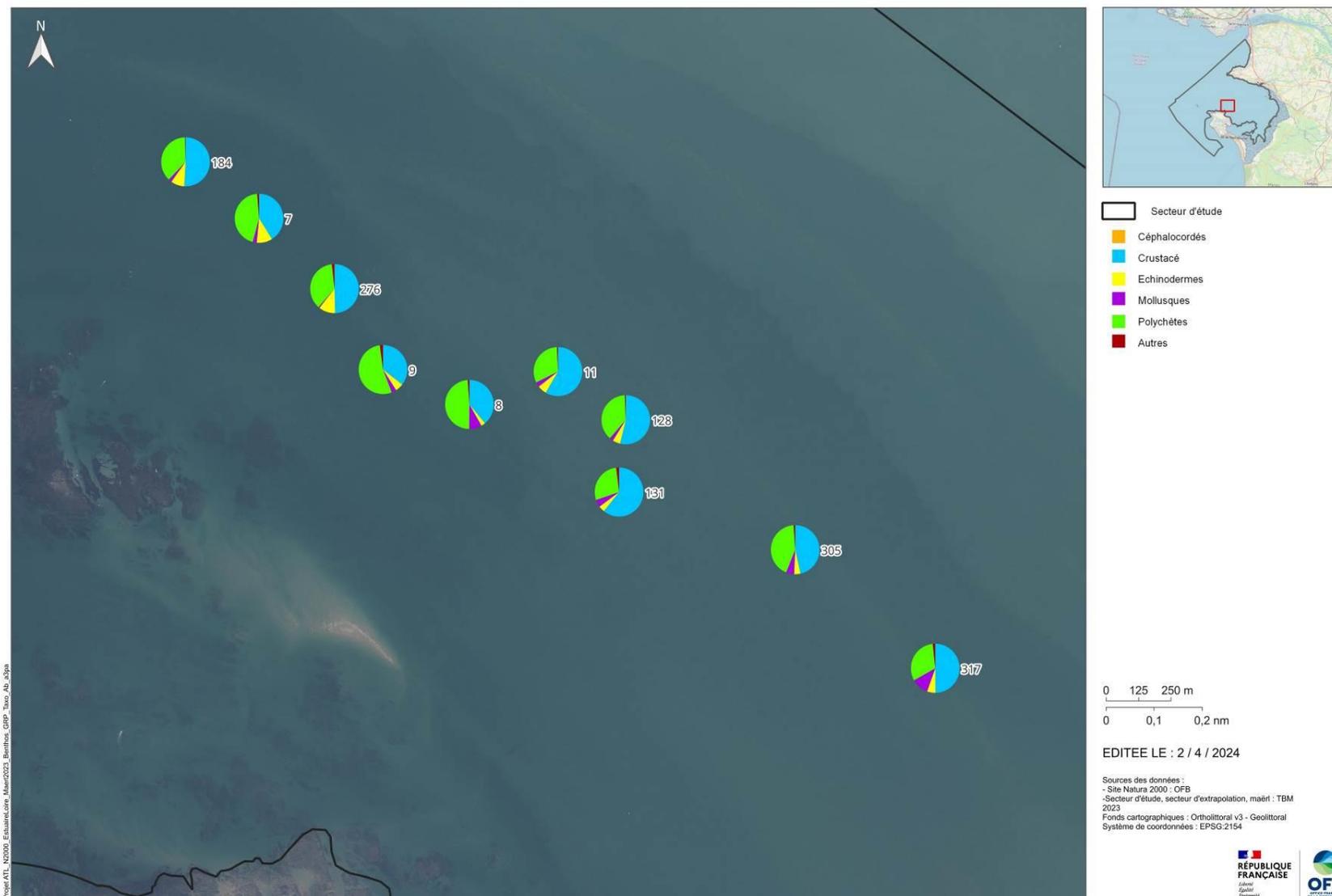


Figure 60 : Répartition des groupes taxonomiques (%) en fonction de l'abondance au sein des stations échantillonnées en mars 2023 ©TBM environnement, 2024. (Les numéros sur la carte correspondent aux numéros des stations)

6.10 Structure des peuplements

Afin de déterminer la variabilité de la structure des peuplements en fonction de la localisation des différentes stations, des analyses multivariées ont été réalisées à partir des matrices stations-espèces.

Les dendrogrammes couplés à un test par permutation du profil de similarité montrent que plusieurs regroupements dont deux sont majeurs (Figure 61). Les espèces qui caractérisent le plus les stations sont le crustacé *Apseudes latreilli* et les polychètes *Spirobranchus triqueter* et *Mediomastus fragilis*.

Les différents regroupements sont isolés du fait de quelques particularités stationnelles. Tout d'abord, les trois premiers regroupements individualisent les répliquats de deux stations (184 et 276). Ces échantillons sont isolés à cause de la présence de quelques espèces spécifiques comme les crustacés *Leptocheirus hirsutimanus* et *Cheirocratus* spp ainsi que les échinodermes *Amphipholis squamata* sur les répliquats 1 et 2 de la station 276 et l'échinoderme *Ophiura albida* sur les répliquats 2 et 3 de la station 184.

Les stations 7, 128, PM09 et PM11 sont regroupés dans le regroupement 2.2.2.1 alors que le regroupement 2.2.2.2 isole les stations 131, 305, 317 et PM08. Les espèces discriminantes sont très proches entre les différents regroupements (Procédure SIMPER). Ainsi, les espèces particulières à chaque regroupement sont les polychètes *Notomastus latericeus* et *Nephtys cirrosa*, et les crustacés *Nototropis guttatus* et *Urothoe marina*.

Ainsi, de légères différences sont mises en évidence illustrant une hétérogénéité spatiale en lien avec les sédiments associés. En effet, les variations des pourcentages de graviers, sables grossiers, sables moyens vont influencer la présence de telle ou telle espèce plutôt inféodée à une fraction granulométrique particulière.

La Figure 62 illustre quelques espèces caractéristiques du banc de maërl de la baie de Bourgneuf.

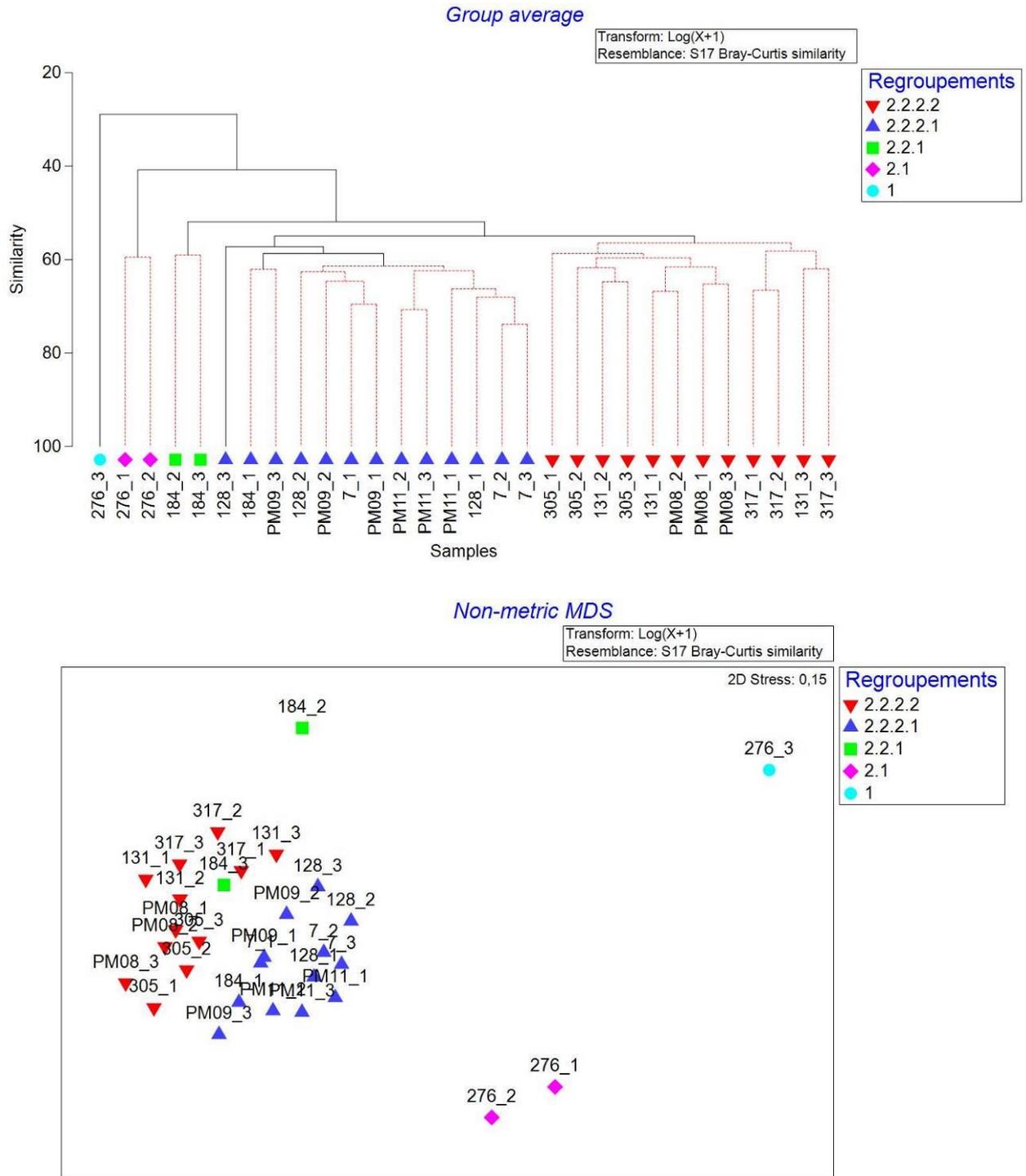


Figure 61 : Dendrogramme et MDS effectués à partir de la matrice des distances de Bray Curtis, calculée d'après les données faunistiques (abondances par réplicats).



Figure 62 : Illustrations de quelques espèces caractéristiques (*Aseudes latreilli*, *Leptocheirus hirsutimanus*, *Ophiura labida*, *Amphipholis squamata*, *Spirobranchus triqueter*, *Nephtys cirrosa*, *Mediomastus fragilis*) (source TBM environnement).

7. Discussion

7.1 Bilan et limites de l'étude

Répertorier et préciser la présence de l'habitat maërl est apparu comme un enjeu majeur de connaissance. Ces compléments et précisions correspondent à plusieurs objectifs : produire des cartes précises et actualisées des bancs de maërl en Baie de Bourgneuf, définir des stations de suivis et partant de ces éléments aider à la mise en place de moyens de gestion adaptés. Les investigations ont permis au moyen d'observations à la caméra de vérifier la présence/absence de maërl, de noter les taux de recouvrement et de vitalité et d'inventorier les habitats présents. De plus, des analyses faunistiques, granulométriques, de taille de brins et de vitalité ont été effectuées à la suite d'un échantillonnage à la benne Day.

Les opérations en bateau se sont déroulées sur deux journées et ont mobilisé quatre et trois personnes soit un total de 7 jours Equivalent Temps Plein (ETP) pour l'acquisition des vidéos et des bennes. Ces chiffres ne comprennent pas ni le temps nécessaire à la préparation des inventaires ni le temps de dépouillement des informations collectées.

Le plan d'échantillonnage mis en place a permis d'actualiser et préciser les prospections antérieures. La mise en place d'un protocole standardisé permet des comparaisons fines avec les prochains suivis et de réellement renseigner l'évolution de ce banc (Figure 63). Le Tableau 8 indique l'évolution en termes de surface entre 2013 et 2023. Quatre catégories sont identifiées : stabilité, apparition, changement de banc de maërl en mosaïque et inversement et disparition. Ainsi, il apparaît 2,6 ha en stabilité (0,33 ha pour le banc de maërl et 2,28 ha pour le maërl en mosaïque), 2,11 ha en apparition (0,11 ha pour le banc de maërl et 2,00 ha pour le maërl en mosaïque), 1,22 ha changent de statut et 1,09 ha disparaissent (0,05 ha pour le banc de maërl et 1,04 ha pour le maërl en mosaïque).

Tableau 8 : Evolution de la surface du banc de maerl entre 2013 et 2023 (2013, données TBM environnement pour la DREAL Pays de Loire, 2023, données de cette étude)

Evolution	Surface en ha
Stabilité du banc de maërl constatée en 2023	0,33
Stabilité du maërl en mosaïque constatée en 2023	2,28
Apparition de maërl en mosaïque constatée en 2023	2,00
Apparition du banc de maërl constatée en 2023	0,11
Passage de banc de maërl en 2013 à maërl en mosaïque en 2023	0,21
Passage de maërl en mosaïque en 2013 à banc de maërl en 2023	1,01
Disparition du banc de maërl (2013) constatée en 2023	0,05
Disparition du maërl en mosaïque (2013) constatée en 2023	1,04

Il faut noter que l'échantillonnage ne couvre pas encore l'ensemble du banc. (Figure 64) En effet, la limite Nord-Est n'est pas bien définie. Une campagne complémentaire viendrait compléter l'état des lieux. Des compléments d'investigations apporteraient également des précisions sur la répartition des autres habitats.

La méthodologie appliquée en 2023, c'est-à-dire, inspection *in-situ* avec une caméra sous-marine avec un retour direct, a permis de montrer que des photo-interprétations étaient exploitables et fiables sur les vidéos acquises. Des informations précises sur le maërl mais aussi sur d'autres habitats ont pu être obtenues.

7.2 Répartition du maërl

L'inventaire cartographique de 2023 a permis de repreciser la présence d'un habitat particulier à fort enjeux patrimonial : les bancs de maërl. Ils occupent une surface de 592 ha.

Les recouvrements sont très faibles à faibles à la périphérie du banc (0 à 25 % sur 75 % de la surface totale). Les pourcentages de recouvrements moyens à forts (25 à 100 % sur 25 % de la surface totale) sont concentrés et peuvent définir un « cœur de banc » de 144 ha.

Cette répartition suggère un éparpillement hétérogène des thalles de maërl vif sur plusieurs km autour du banc principal. Cette dispersion se fait sous l'action des houles.

La présence de ces fonds de maërl à *Phymatolithon calcareum*, qui constitue un peuplement très riche et diversifié, est sous l'étroite dépendance de plusieurs facteurs environnementaux comme les courants de marée, la houle, la turbidité des eaux et la dynamique d'envasement des fonds. Cette algue calcaire non fixée a besoin de lumière pour sa photosynthèse. Cet habitat sera donc observable dans l'infralittoral peu profond sur des sédiments de graviers et sables grossiers ou entre des roches.

Dans la zone d'étude, le cœur de banc est caractérisé par du maërl sur sédiments grossiers et graviers alors que les observations concernant les recouvrements les plus faibles sont mises en évidence sur plusieurs habitats :

- B3-2 Sables grossiers et graviers infralittoraux,
- B5-1 Sables fins à moyens mobiles infralittoraux,
- C1-1.12 Roches ou blocs circalittoraux côtiers à faunes et algues encroûtantes,
- C4-1 Sédiments hétérogènes circalittoraux côtiers.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Evolution des bancs de maërl issu de l'interpolation sur les stations (caméra) prospectées en 2023 et des habitats benthiques du projet cartham de 2013

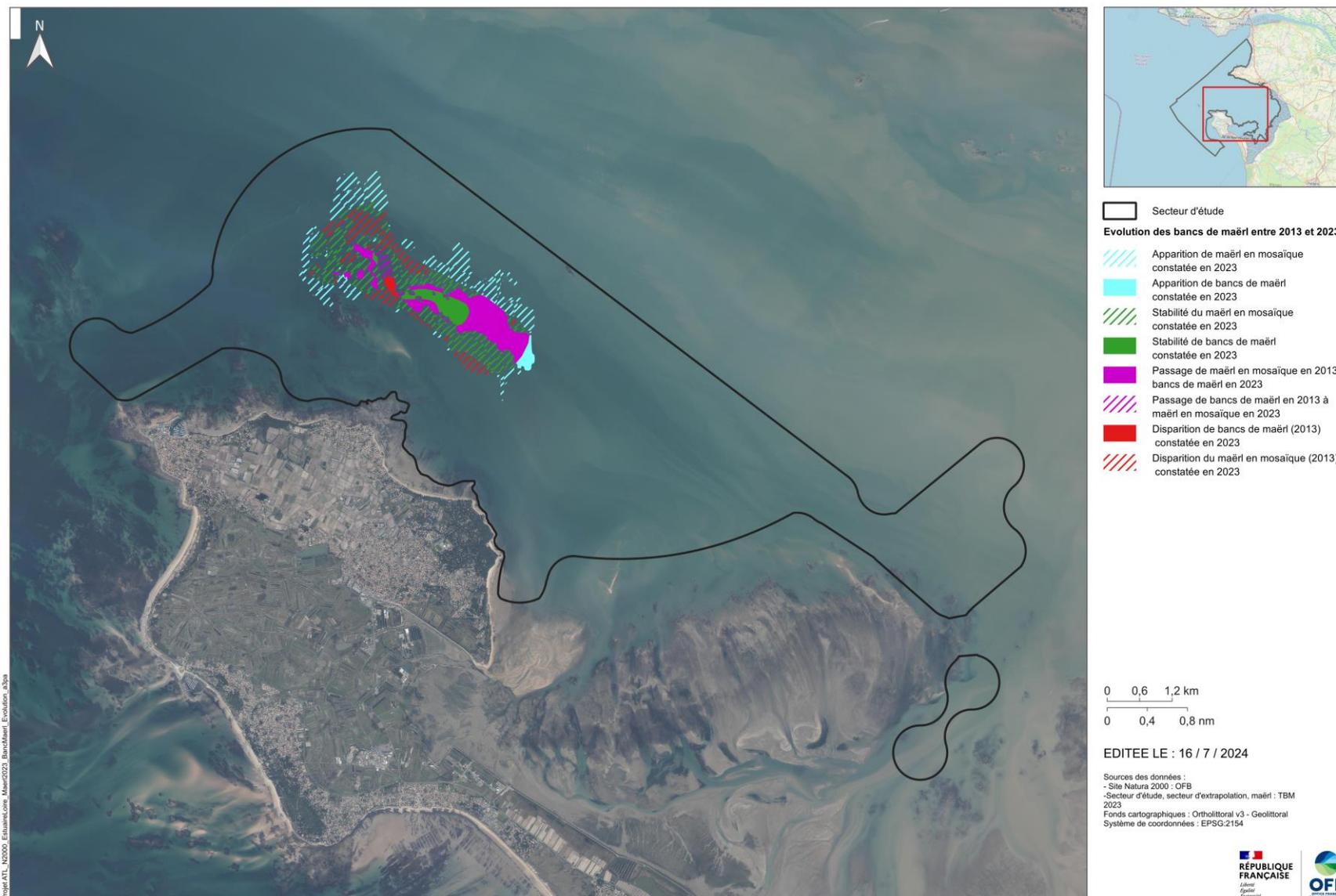


Figure 63 : Evolution surfacique entre 2012 et 2023 sur le banc de la baie de Bourgneuf ©TBM environnement, 2024.

SITE NATURA 2000 "ESTUAIRE DE LA LOIRE SUD - BAIE DE BOURGNEUF"

Taux de recouvrement du maërl issu de l'interpolation sur les stations (caméra) prospectées en février et mars 2023

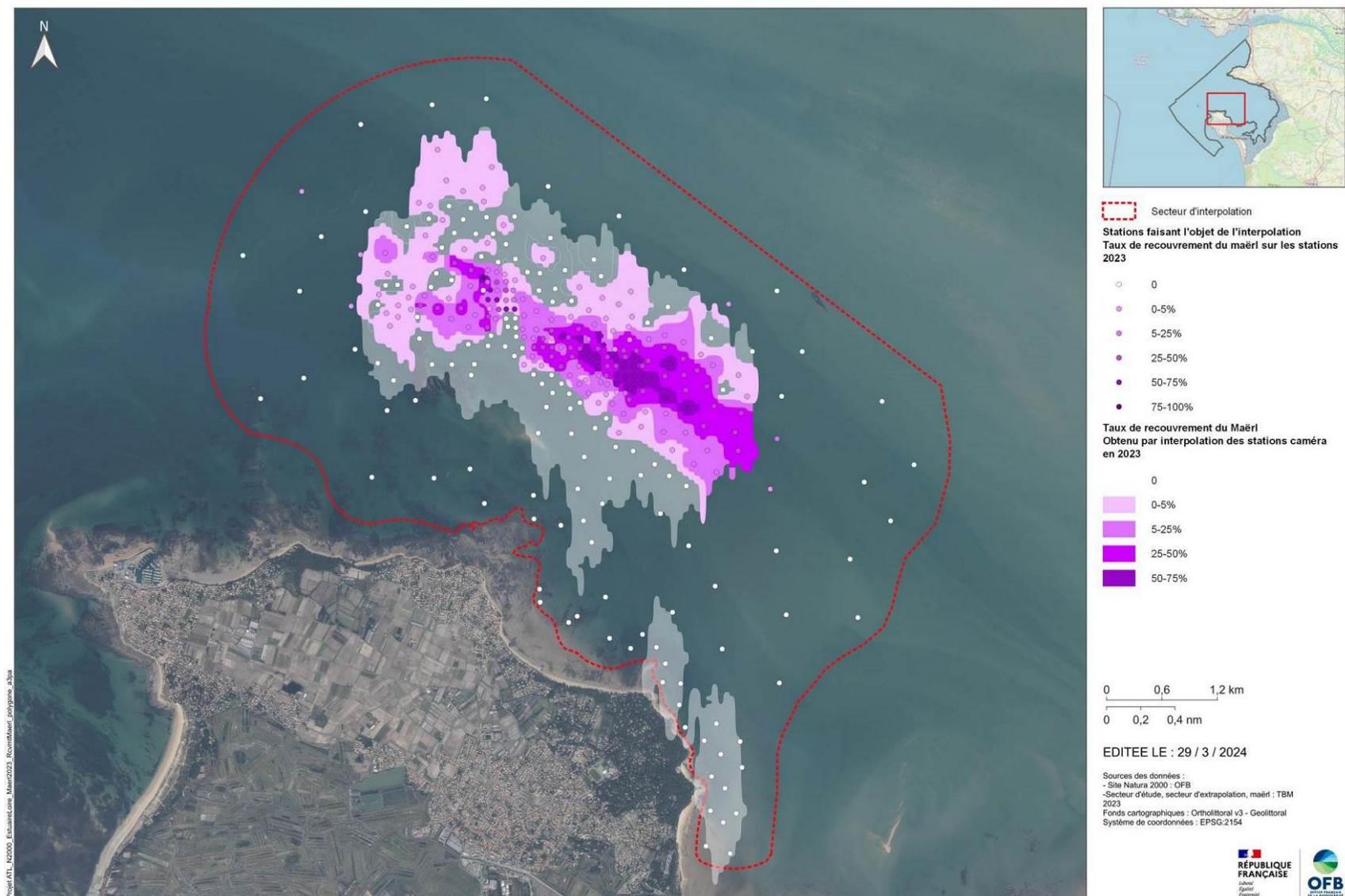


Figure 64 : Taux de recouvrement de maërl observées sur le banc de la baie de Bourgneuf (données de février et mars 2023) ©TBM environnement, 2024.

7.3 Evolution et dynamique

Les travaux réalisés en 1966 (Vanney, 1968) en 2009 (Biolittoral, 2009) et en 2012 (TBM environnement, 2013) ont permis de réaliser des premières cartographies du banc de maërl de la baie de Bourgneuf. Suivant les études, les méthodes utilisées sont différentes mais le Tableau 1 illustre l'évolution surfacique du banc de maërl entre 1968 et 2023. Une augmentation est observée au fil du temps. Cette augmentation est également mise en évidence si l'on considère uniquement l'habitat « maërl » (recouvrement supérieur à 30 %) et non la zone de mosaïque, une surface de 0,58 km² observée en 2013 et une surface de 1,44 km² cartographiée en 2023.

Tableau 9 : Evolution de la surface du banc de maërl entre 1968 et 2023 (1968, données Vanney, 2009, données Biolittoral pour la DCE, 2013, données TBM environnement pour la DREAL Pays de Loire, 2023, données de cette étude)

	1968	2009	2013	2023
	Zone de maërl	Zone de maërl	Zone de maërl	Zone de maërl
Superficie (km ²)	4,2	4,56	4,91	5,92

La comparaison de ces différentes campagnes d'échantillonnage stationnel ne montre pas forcément une évolution de la répartition mais apporte des précisions sur la distribution en termes de superficie et de localisation du banc de maërl de la baie de Bourgneuf. En effet, les secteurs connus à cette étude ont, à nouveau en 2023, étaient majoritairement positifs. Ainsi une certaine stabilité peut être envisagée. En revanche, les résultats de 2023 apportent des précisions sur ses limites et permet de standardiser les données de taux de recouvrement et de vitalité dans l'optique de futurs suivis.

Ainsi, la limite du banc de maërl de la baie de Bourgneuf a été affinée en 2023 mais la limite Nord-Est devrait être mieux précisée.

La dynamique des bancs de maërl du secteur d'étude est liée à l'hydrodynamisme. En effet, un hydrodynamisme fort est observé et permet de conserver un habitat de sédiments grossiers peu envasés avec des eaux peu turbides. Le banc de maërl de la baie de Bourgneuf est observé sur des sables grossiers et graviers, signe d'un fort hydrodynamisme.

7.4 Faune

Concernant les stations de suivis, des stations ont déjà été étudiées (3 stations DCE en 2009 et une station « TBM environnement » en 2012). La Figure 65 représente les richesses spécifiques et les abondances moyennes observées entre 2009 et 2023. Des stations sont communes entre 2009 et 2023 (PM08, PM09 et PM11) et entre 2013 et 2023 (128).

En fonction des années, une augmentation des valeurs pour ces deux paramètres est à noter entre 2009 d'une part et 2013 et 2023 d'autre part. Ces différences sont difficilement explicables. La structure du peuplement est caractérisée par les espèces suivantes le crustacé *Apsudes latreilli* et les polychètes *Spirobranchus triqueter* et *Mediomastus fragilis*. Des particularités stationnelles sont également mises en évidence illustrant une hétérogénéité spatiale en lien avec les sédiments associés. En effet, les variations des pourcentages de graviers, sables grossiers, sables moyens vont influencer la présence de telle ou telle espèce plutôt inféodée à une fraction granulométrique particulière.



Figure 65 : Richesse spécifique et abondance moyenne sur des stations de maërl en 2009 (Données Biolittoral), 2013 (Données TBM environnement/DREAL Pays de Loire) et 2023 (données de cette étude)

7.5 Activités et pressions

Concernant les activités et pressions, le suivi stationnel n'a révélé aucun indice d'activité inscrite sur la liste pour le 2^{ème} cycle DCSMM comme la pêche (professionnelles ou récréative) et l'aquaculture marine. Lors des investigations, des filets de pêche étaient installés a priori hors de la zone de cœur de maërl.

Les facteurs défavorables identifiés dans le cadre de cette étude pour le maintien du bon état écologique du banc de maërl sont :

1. Eutrophisation des eaux littorales.
2. Turbidité des eaux
3. Pêche aux arts trainants. Cette activité va engendrer notamment des pressions physiques sur l'habitat. Les travaux sur cette thématique doivent être traités dans le cadre de l'analyse Risque Pêche du site Natura 2000.

7.6 Conclusions

Les bancs de maërl constituent des faciès particuliers des habitats d'intérêt communautaire 1110-3 et 1160-2, définis au titre de la Directive Habitat Faune Flore (92/43/CEE, DHFF). Ils sont également identifiés comme enjeu majeur à l'échelle de la façade Atlantique (Directive Cadre sur le Milieu Marin 2008/56/CE -Toison, 2021), et référencé au titre de la convention OSPAR (Michez, 2014).

La présente étude a permis de mettre à jour les données concernant le banc de maërl de la baie de Bourgneuf. L'ensemble de ces inventaires apporte des informations importantes pour répondre à la finalité qui vise le maintien du bon état écologique et de la superficie des bancs de maërl vivant.

La comparaison de ces nouvelles acquisitions avec les données obtenues en 2012 (TBM environnement, 2013) met en évidence un gain de 1,01 km² sur la zone de présence de maërl mais surtout de 0,86 km² sur la zone de « vrai » banc de maërl. Les autres conclusions mettent en évidence :

- L'existence d'un cœur de banc stable sur les 10 dernières années avec des taux de recouvrement les plus forts (25-50 %, 50 à 75 % et 75 à 100 %). Ce cœur de banc présente en 2023 une surface de 1,44 km².
- Des taux de recouvrement les plus faibles (0 à 5 % et 5 à 25 %) localisés à la périphérie.

- Une enveloppe globale de présence de maërl de 5,92 km².
- Une augmentation globale de la superficie du banc de maërl cartographié de la baie de Bourgneuf grâce notamment en lien avec un effort d'échantillonnage plus important. De ce fait, il n'est pas possible d'affirmer que le banc a connu une réelle extension.
- Des limites bien définies à l'exception d'une limite Est qui reste à préciser.
- Des informations sur la biodiversité au moyen de prélèvements à la benne obtenues sur 10 stations. Ces actions permettent d'augmenter les connaissances sur ce banc de maërl et de préciser son état écologique.
- Des suivis pourront, avec les méthodes standardisées mise en œuvre dans cette étude, être mis en place.

8. Bibliographie

- Bajjouk, T., 2009. Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux. Guide méthodologique. IFREMER.
- Bajjouk, T., Derrien-Courtel, S., Gentil, F., Hily, C., Grall, J., 2011. Typologie d'habitats marins benthiques : analyse de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne - Note de synthèse n° 2, Habitats du circo littoral. Projets REBENT-Bretagne et Natura 2000-Bretagne. RST/IFREMER/DYNECO/AG/11-03/TB.
- Bajjouk, T., Guillaumont, B., Michez, N., Thouin, B., Croguennec, C., Populus, J., Louvel-Glaser, J., Gaudillat, V., Chevalier, C., Tourolle, J., 2015. Classification EUNIS, Système d'information européen sur la nature: Traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée. Vol. 2. Habitats subtidiaux & complexes d'habitats.
- Barillé, A.-L., Harin, N., Sauriau, P.-G., Truhaus, N., Oger-Jeanneret, H., 2007. Mise en place de la DCE dans les masses d'eau côtières des PAYS de la Loire. Prospection de la flore et de la faune benthiques et proposition d'un réseau de surveillance.
- Bensettiti, F., Bioret, F., Roland, G., Lacoste, J.-Ph., Gehu, J.-M., Glémarec, M., Bellan-Santini, D., 2004. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, Tome II: Habitats côtiers - CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000. La Documentation française. 399.
- Grall, J., 2002. Biodiversité spécifique et fonctionnelle du maerl : réponses à la variabilité de l'environnement côtier. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest 300pp.
- Grall, J., 2009. Fiche de synthèse DCE : Bancs de maërl.
- Hall-Spencer, J.M., Kelly, J., Maggs, C.A., 2010. Background document for maërl beds. OSPAR Commission Biodiversity Series. London, UK : OSPAR Commission. pp. 1-36
- La Rivière, M., Aish, A., Auby, I., Ar Gall, E., Dauvin, J.-C., de Bettignies, T., Derrien-Courtel, S., Dubois, S., Gauthier, O., Grall, J., Janson, A.-L., Thiébaud, E., 2017. *Evaluation de la sensibilité des habitats élémentaires (DHFF) d'Atlantique, de Manche et de Mer du Nord aux pressions physiques*. Rapport SPN 2017-4. MNHN. Paris, 93 pp.
- Michez, N., Aish, A., Hily, C., Sauriau, P.-G., Derrien-Courtel, S., de Casamajor, M.-N., Foveau, A., Ruellet, T., Lozach, S., Soulier, L., 2013. Typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de Mer du Nord et d'Atlantique : Version 1. Rapp. SPN 9.
- Michez, N., Thiébaud, É., Dubois, S., Le Gall, L., Dauvin, J.-C., Andersen, A., Baffreau, A., Bajjouk, T., Blanchet, H., Houbin, C., 2019. Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique VERSION 3.
- Toison, V., 2021. Identification et hiérarchisation des enjeux écologiques des façades maritimes métropolitaines – Méthodes et résultats adoptés dans les documents stratégiques de façade 2nd cycle DCSMM OFB, OFB, 71 p.
- Vannev 1968 – Carte bio-sédimentaire CNEXO.

TBM environnement

Siège social :

5/7 rue de l'Europe – ZA Kénéah Nord - 56400 PLOUGOUMELLEN

Tel 02.97.56.27.76. - Fax 02.97.29.18.89.

contact@tbm-environnement.com

www.tbm-environnement.com

