



idRabio

& LITTORAL

SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU, DES HABITATS ET
PEUPELEMENTS BENTHIQUES

PARC EOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE
PHASE CONSTRUCTION 2022

RAPPORT DE SYNTHESE



DEMANDEUR :

Parc éolien
en mer de S^t-Nazaire



NOVEMBRE 2022

Titre du document **SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU, DES HABITATS ET PEUPELEMENTS BENTHIQUES - PARC EOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE – PHASE DE CONSTRUCTION**

RAPPORT FINAL

Numéro de projet B 211208
Demandeur / Client Parc éolien en mer de Saint-Nazaire

Interlocuteurs Nathalie TERTRE

Ref / Marché Contrat n° 4500131854

 **Dressé par** **IDRA Bio & Littoral**

Auteurs Thibaut NEBOUT – Ingénieur d'études – Benthologue

Comment citer ce document : IDRA Bio & Littoral (2022). Suivi de la qualité de l'eau, des habitats et peuplements benthiques. Parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Phase construction 2022. 63 pages + annexes

INDICE	DATE	REDACTEUR(S)	ETAT / MODIFICATIONS
1	30/08/2022	T. NEBOUT	Version 1 : les données de biomasses sont indisponibles à ce jour
2	12/09/2022	T. NEBOUT	Version 2 : intégration des données biomasses et des remarques de Nathalie Tertre
3	14/10/2022	T. NEBOUT	Version 3 : intégration des remarques/commentaires issus de la réunion du 12/10/2022
4	20/10/2022	T. NEBOUT	Version 4 : intégration des remarques/commentaires d'Ifremer
5	07/11/2022	T. NEBOUT	Version 5 : intégration des remarques/commentaires de l'OFB
6	15/12/2022	T. NEBOUT	Version 6 : intégration des remarques/commentaires du CEREMA (post-CTE)

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	6
2. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE	8
3. QUALITE DE L'EAU	11
3.1. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	11
3.2. ACQUISITION & TRAITEMENT DES DONNEES	14
3.2.1. Mesures <i>in-situ</i>	14
3.2.2. Prélèvements d'eau	14
3.3. RESULTATS	15
3.3.1. Turbidité & Matières en suspension	15
3.3.2. Salinité	17
3.3.3. Température	19
3.3.4. Oxygène dissous	21
3.3.5. Chlorophylle a	24
4. SUBSTRATS MEUBLES SUBTID AUX	26
4.1. HISTORIQUE DU SUIVI	26
4.2. ACQUISITION & TRAITEMENT DES DONNEES	26
4.2.1. Généralités	26
4.2.2. Prélèvements sédimentaires	29
4.2.3. Prélèvements de macrofaune benthique	30
4.3. RESULTATS	34
4.3.1. Sédiments	34
4.3.2. Benthos	38
4.3.3. Habitats bio-sédimentaires	49
4.4. COMPARAISON ENTRE L'ETAT DE REFERENCE (AUTOMNE 2019) ET LE SUIVI EN PHASE TRAVAUX (PRINTEMPS 2022)	52
4.4.1. Généralités	52
4.4.2. Granulométrie	52
4.4.3. Benthos	54
5. SYNTHÈSE – SUIVI DES HABITATS BENTHIQUES	62
6. REFERENCES	64
ANNEXE 1: RESULTATS EUROFIN S POUR L'EAU	65
ANNEXE 2 : RESULTATS EUROFIN S POUR LES SEDIMENTS	66
ANNEXE 3 : SUBSTRATS MEUBLES : FICHE STATION & GRANULOMETRIE	67
ANNEXE 4 : LISTE D'ESPECES DE SUBSTRAT MEUBLE (DRAGUE)	78
ANNEXE 5 : LISTE D'ESPECES DE SUBSTRAT MEUBLE (BENNE)	81

Liste des figures

Figure 1. Navire de charge le Reborn de la société Celtic Marine Services	9
Figure 2. Localisation des 5 stations échantillonnées au printemps 2022.....	10
Figure 3. Localisation des stations suivies par le réseau SYVEL (GIP Loire Estuaire, 2019)	11
Figure 4. Débit moyen du mois d'avril à la station Montjean-sur-Loire depuis 1900 (GIP Loire Estuaire, 2022).....	12
Figure 5. Moyennes mensuelles des débits du fleuve Loire (relevés à Montjean/Loire)	12
Figure 6. Positionnement des stations DCE/REPHY au large de la Loire (en vert lieux de surveillance actifs, en gris station expérimentale non activée).	13
Figure 7. Mesures in situ à l'aide de la sonde NKE WiMo	14
Figure 8. Prélèvements d'eau à l'aide de la bouteille Niskin.....	15
Figure 9. Profils de turbidité aux 5 stations	16
Figure 10. Boîtes de dispersion de l'évolution des turbidités de sub surface sur les quatre années d'étude (2016 à 2019) aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)	17
Figure 11. Concentrations en MES aux 5 stations.....	17
Figure 12. Profils de salinité aux 5 stations	18
Figure 13. Boîtes de dispersion de l'évolution des salinités de sub surface sur les quatre années d'étude (2016 à 2019) aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)	19
Figure 14. Profils de salinité dans la colonne d'eau à « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » en 2018, les points représentent les profils de mesures de la sonde.	19
Figure 15. Profils de température aux 5 stations.....	20
Figure 16. Boîtes de dispersion de l'évolution des températures de sub surface sur les quatre années d'étude (2016 à 2019) aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022) .	21
Figure 17. Profils de température dans la colonne d'eau à Basse Michaud et Pointe St Gildas large en 2019, les points représentent les mesures de profil de la sonde.	21
Figure 18. Profils de saturation en oxygène aux 5 stations	22
Figure 19. Boîtes de dispersion de l'évolution du pourcentage de saturation en oxygène dissous en sub surface (à gauche) et au fond (à droite) sur les quatre années d'étude aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)	23
Figure 20. Profils des pourcentages d'oxygène dissous par rapport à la saturation dans la colonne d'eau à « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » en 2018 et en 2019, les points représentent les mesures de profils de la sonde (Ifremer, 2022)	24
Figure 21. Concentrations en chlorophylle a en sub-surface le 29 avril 2022	25
Figure 22. Boîtes de dispersion de l'évolution de la chlorophylle a en sub-surface sur les quatre années d'étude aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)	25
Figure 23. Dispositif pour la réalisation de la vidéo sous-marine	26
Figure 24. Images de la nature des fonds sur les 5 stations.....	27
Figure 25. Utilisation de la Benne Van Veen : surface d'échantillonnage de 0,1 m ²	28
Figure 26. Drague Rallier du Baty.....	28
Figure 27. Prélèvement brut à la station M05	29
Figure 28 : Tamisage sur maille ronde de 1mm	30
Figure 29. Synthèse des classes granulométriques composant le sédiment aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	34
Figure 30. Synthèse des classes granulométriques composant le sédiment aux 2 stations échantillonnées à la drague	35
Figure 31. Synthèse des classes granulométriques par méthode laser aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	36
Figure 32. Taux de matière organique aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen (% de MS).....	37
Figure 33. Concentrations en COT et AI aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen (% de MS)	37
Figure 34. Richesse spécifique totale et densité aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	38

Figure 35. Richesses spécifiques moyennes (à gauche), densités moyennes (à droite) et écarts-type associés pour chacune des 3 stations échantillonnées à la benne Van Veen	39
Figure 36. Richesse spécifique et densité aux 2 stations échantillonnées à la drague	39
Figure 37. Indice de diversité (Shannon) et d'équitabilité (Piélou) aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	40
Figure 38. Indice de diversité (Shannon) et d'équitabilité (Piélou) aux 2 stations échantillonnées à la drague	40
Figure 39. Proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	41
Figure 40. Proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance aux 2 stations échantillonnées à la drague	41
Figure 41. Biomasse totale aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	42
Figure 42. Biomasse totale aux 2 stations échantillonnées à la drague	42
Figure 43. Proportion des biomasses par groupes taxonomiques aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	42
Figure 44. Proportion des biomasses par groupes taxonomiques aux 2 stations échantillonnées à la drague	43
Figure 45. Proportion des groupes écologiques aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen	43
Figure 46. Proportion des groupes écologiques aux 2 stations échantillonnées à la drague	44
Figure 47. Valeurs de l'indice AMBI aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen et rappel de la grille de lecture	44
Figure 48. Valeurs de l'indice AMBI aux 2 stations échantillonnées à la drague et rappel de la grille de lecture	45
Figure 49. Valeurs de l'indice BENTIX et grille de lecture pour les sédiments vaseux	45
Figure 50. Contribution spécifique à la station M01_bis	46
Figure 51. Contribution spécifique à la station M03	46
Figure 52. Contribution spécifique à la station M02	46
Figure 53. Contribution spécifique à la station M04	47
Figure 54. Contribution spécifique à la station M05	47
Figure 55. Planche photographique de quelques espèces bien représentées	48
Figure 56. Habitats bio-sédimentaires identifiés au printemps 2022 selon la typologie MNHN	51
Figure 57. Comparaison de la composition granulométrique aux 3 stations échantillonnées lors de l'état de référence de 2019	52
Figure 58. Déblais de forage aux stations F06 (à gauche) et A06 (à droite)	54
Figure 59. Evolution de la richesse spécifique et densité aux 2 stations du Grand Trou	54
Figure 60. Evolution de la richesse spécifique et densité à la station M03	55
Figure 61. Evolution des indices de diversité (Shannon) et équitabilité (Piélou) aux 2 stations du Grand Trou	55
Figure 62. Evolution des indices de diversité (Shannon) et équitabilité (Piélou) à la station M03	55
Figure 63. Evolution de la proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance aux 2 stations du Grand Trou	56
Figure 64. Evolution de la proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance à la station M03 ..	56
Figure 65. Evolution de la proportion des groupes écologiques selon l'abondance aux 2 stations du Grand Trou	57
Figure 66. Evolution de la proportion des groupes écologiques selon l'abondance à la station M03	57
Figure 67. Valeurs de l'indice AMBI aux 2 stations du Grand Trou et rappel de la grille de lecture	58
Figure 68. Valeurs de l'indice AMBI à la station M03	58
Figure 69. Classification Ascendante Hiérarchique obtenue à partir de la matrice espèces/stations (dissimilarité de Pearson selon le lien moyen)	59
Figure 70. Classification Ascendante Hiérarchique obtenue à partir de la matrice espèces/stations sans les 3 espèces d'ophiures dominantes (dissimilarité de Pearson selon le lien moyen)	60

1. CONTEXTE

Suite au premier appel d'offres éolien en mer, la société Parc du Banc de Guérande (PBG) s'est vue attribuer le site au large de Saint-Nazaire pour le développement et l'exploitation d'un parc éolien en mer de 80 éoliennes pour une puissance de 480 MW.

La société Parc du Banc de Guérande (PBG) bénéficie depuis le 17 mars 2016 d'un arrêté autorisant, au titre de l'article L214-3 du code de l'environnement, l'aménagement et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire. L'article 2.5 de cet arrêté décrit les suivis des effets du projet sur l'environnement. Ces suivis concernent plusieurs compartiments et doivent être réalisés selon le principe BACI avant et pendant les travaux d'installation du projet éolien, puis pendant la phase d'exploitation du projet.

L'objet du document est de présenter les résultats du suivi de la qualité des eaux et des peuplements benthiques des fonds meubles, réalisé en période de construction du parc éolien au printemps 2022.

Pour rappel, le tableau ci-dessous retrace les différentes étapes relatives au développement, à la mise en œuvre et à l'évolution des mesures MSU1 – Qualité des eaux et MSU2 – Habitats et peuplement benthiques. Il liste également les documents qui font référence dans la progression de ces mesures de suivi.

Date	Jalon – Rapport
2014	Etude des habitats benthiques pour la description de l'Etat Initial du site
2015	Etude d'Impact Environnementale, incluant : - Identification des impacts au regard des travaux prévus et quantification des superficies affectées pour les différents habitats inventoriés - Mesures d'évitement par l'adaptation du tracé des câbles - Proposition de mesures de suivi environnemental
mars-16	Arrêté préfectoral autorisant le projet de parc éolien en mer de Saint Nazaire, incluant la liste des mesures environnementales et de suivi à mettre en œuvre tout au long de la vie du projet
nov-17	Evolution technique du projet : augmentation du nombre de fondations installées par forage => Evaluation environnementale de la dispersion des résidus de forage grossiers et proposition de renforcement du suivi dans le cadre de la MSU2
févr-19	CTE n°1 : Porter à connaissance pour la modification du système de protection anticorrosion des fondations
mai-19	CTE n°2 : décision de supprimer le volet 2 de la mesure MSU1 relatif au suivi du transfert d'aluminium (biodisponible) des anodes sacrificielles vers le milieu marin
août-19	Protocoles d'état de référence validé en CTE
oct-19	CTE n°3 : Porter à connaissance précisant la technique d'installation des fondations avec augmentation du nombre d'opération et de forage et recours à la technique combinant forage + battage pour certaines fondations
juin-20	CTE n°4 : Porter à connaissance relatif aux besoins en préparation de sol pour l'installation des fondations du parc éolien en mer, incluant l'évaluation des impacts sur les habitats benthiques et la quantification des superficies totales affectées par les travaux de construction du parc éolien
sept-20	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour présentation des résultats du suivi en Etat de Référence
nov-20	CTE n°5 : réception du rapport final de suivi Etat de Référence pour les mesures MSU1 et 2
févr-21	CTE n°6 : - Porter à connaissance relatif aux besoins en préparation de sol pour l'installation des éoliennes du parc éolien en mer, incluant l'évaluation des impacts sur les habitats benthiques et la quantification des superficies totales affectées par les travaux de construction du parc éolien

	- Protocole de suivi des communautés benthiques en phase de construction
nov-21	CTE n°7 : - présentation pour information des résultats de suivi de la qualité des eaux pendant les opérations de forage - échanges avec les membres du CTE
févr-22	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour : - présenter la campagne d'imagerie sous-marine au ROV pour observer les structures en mer et l'état des fonds environnants les zones de travaux, - rappeler le protocole de suivi des fonds meubles en phase de construction. Bien que le protocole de suivi ait déjà été validé en CTE, il a été renforcé par l'ajout d'une station de suivi supplémentaire sur les fonds meubles
avr-22	CTE n°8 : - confirmation du renforcement du protocole de suivi des fonds meubles - réception du planning de mise en œuvre des suivis environnementaux en phase d'exploitation dont les mesures MSU1 et MSU2
oct-22	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour : - présenter les résultats de suivi de la qualité des eaux (MSU1) et des fonds meubles (MSU2) en phase de construction ; - présenter les images ROV 2022 (si disponibles à cette date) ; - échanger sur le protocole de suivi en phase d'exploitation, notamment pour les substrats durs : fonds rocheux et structures sous-marines.

Ce nouveau suivi fait suite à des campagnes réalisées hors période de travaux, notamment :

- Pour les besoins de la caractérisation de l'état initial au cours de la phase d'étude d'impact (2013) ;
- Lors de l'état de référence (2019 et 2020 pour le Grand Trou).

Il traite 2 thématiques :

- La qualité des masses d'eau : l'objectif est de mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau qui conditionnent la qualité des habitats et peuplements marins.
- Les habitats et peuplements benthiques : l'objectif est de dresser l'inventaire des biocénoses de fonds meubles environnant le banc de Guérande et dans le secteur du « Grand Trou ». Cela intègre également la caractérisation des sédiments.

Lors de la campagne de terrain réalisée pour le suivi MSU2 en phase de construction (objet du présent rapport), l'avancement des travaux était le suivant (Figure 2) :

- Toutes les opérations de préparation de sol auprès de chaque emplacement d'éolienne ont été réalisées au cours de l'année 2021 ;
- Les deux câbles de raccordement de RTE ont été ensouillés entre le parc éolien et la côte (travaux terminés depuis mars 2022) ;
- Les installations des fondations par battage, ou forage, ou par forage puis battage :
 - o se sont terminées dans la zone nord-est le 20 août 2022,
 - o se sont terminées dans la zone sud-ouest le 12 novembre 2022,
 - o se sont terminées dans la zone nord-ouest le 22 mars 2022,
 - o ont démarrées dans la zone sud-est et 9 fondations sont en place à la date du 29 avril,
- Plus de la moitié des câbles interéoliens a été posée sur les fonds dans leurs coquilles de protection.

2. STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Le plan d'échantillonnage est présenté à la Figure 2.

Au total, 5 stations ont été échantillonnées **le 29 avril 2022** sur la zone du parc et son environnement proche, de la manière suivante :

- **Prélèvements d'eau et mesures *in situ* aux 5 stations ;**
- **Prélèvements benthiques et vidéo tractée**, sur les stations M01_bis à M05, échantillonnées par benne aux 3 stations M02, M04 et M05 (nouvelle station en 2022), et par drague Rallier du Baty aux 2 stations M01_bis et M03. Pour précision, la station M01_bis avait fait l'objet de prélèvements par benne en 2019 (M01). Or, en 2022, en raison de la contrainte d'approche aux fondations (le navire doit respecter une distance > 500m), cette station désormais nommée M01_bis a été déportée au Nord-Est du point M01 originel, et la nature caillouteuse des sédiments en place a nécessité des prélèvements par drague.

Les coordonnées des stations sont indiquées au Tableau 1.

Tableau 1. Coordonnées géographiques et profondeurs aux 5 stations

Station	Lat	Long	Prof CM
M01_bis	47°10,384'N	2°32,122'W	25m
M02	47°06,817'N	2°32,189'W	64m
M03	47°10,945'N	2°31,337'W	26m
M04	47°06,457'N	2°33,875'W	64m
M05	47°07,244'N	2°30,533'W	41m

Cette campagne d'échantillonnage du 29 avril 2022, s'est déroulée par une mer belle (houle < 0.5 m) et des vents inférieurs à 15 noeuds, depuis le navire « Reborn » de la société Celtic Marine Services.



Figure 1. Navire de charge le Reborn de la société Celtic Marine Services

Le départ s'est fait du port de la Turballe à 7h pour un retour à quai vers 17h30. Les conditions marégraphiques sont présentées au Tableau 2.

Tableau 2 : Conditions marégraphiques

	Heure	Hauteur (m)	Coeff	Heure	Hauteur (m)	Coeff
29/04/2022						
BM	11h02	0,93	84	23h23	0,90	86
PM	04h34	5,28	84	16h51	5,17	86

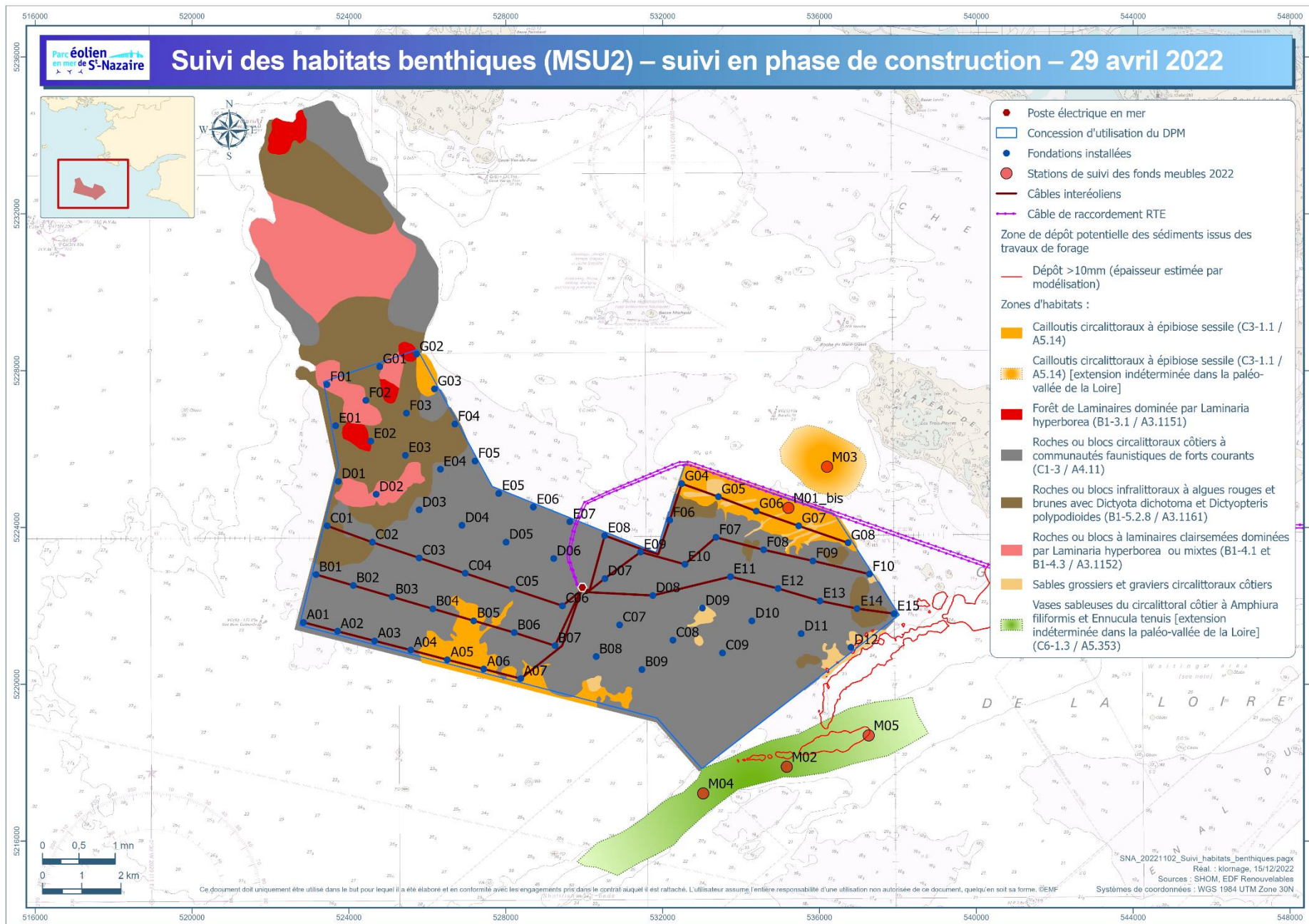


Figure 2. Localisation des 5 stations échantillonnées au printemps 2022

3. QUALITE DE L'EAU

3.1. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

Les prélèvements et mesures réalisés au printemps 2022 correspondent à une image de la qualité de l'eau à instant « t ». Aussi, afin d'avoir un aperçu plus global sur la façon dont se comporte la masse d'eau, il est nécessaire d'intégrer des données de mesures disponibles sur le long terme. Les données du GIP Loire Estuaire (2019) et les données d'Ifremer (Basse Michaud et Pointe St Gildas) sont donc présentées dans cette partie (Ifremer, 2022).

➤ **Réseau SYVEL (GIP Loire Estuaire) :**

Le réseau haute fréquence SYVEL est composé de 6 stations qui mesurent en continu la conductivité (salinité), la turbidité, la concentration en oxygène dissous et la température de l'eau en surface. La station de Donges est équipée d'un second point de mesure 4 mètres sous la surface pour étudier la stratification verticale. Le réseau est en place depuis 2007, sauf le site de Donges qui est en fonctionnement depuis 2010. Depuis 2020, l'ensemble des stations est équipé de sondes multi-paramètres.

Les derniers résultats disponibles à ce jour concernent l'année 2020. Toutefois, la station de Donges, la plus en aval de la Loire n'a pas fonctionné en 2020. Seules les valeurs moyennées par mois sur la période 2007-2019 sont donc disponibles à cette station.



Figure 3. Localisation des stations suivies par le réseau SYVEL (GIP Loire Estuaire, 2019)

➤ **Débit de la Loire (GIP Loire Estuaire / Source des données : DREAL Pays de la Loire) :**

Le GIP Loire Estuaire assure un suivi mensuel de l'hydrologie à Montjean-sur-Loire depuis 1900 (Figure 4).

Avec un débit moyen de 494 m³/s, le mois d'avril 2022 est sec. Il apporte moins de 2 fois d'eau que la moyenne des mois d'avril depuis 1900. Plus de 85% des mois d'avril sont plus humides que cette année.

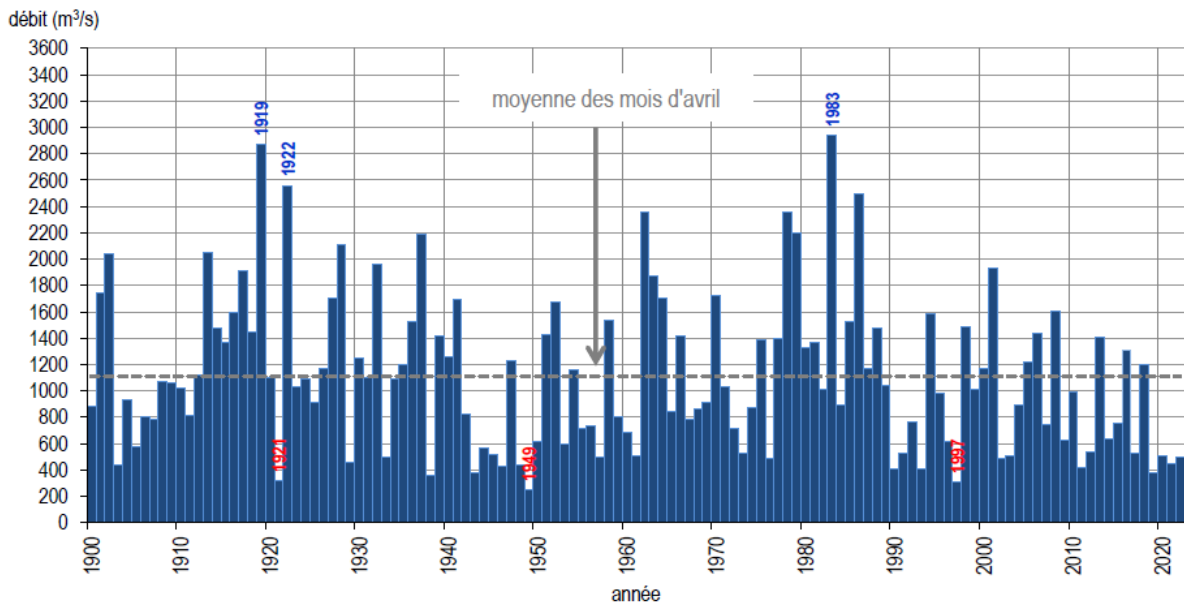


Figure 4. Débit moyen du mois d'avril à la station Montjean-sur-Loire depuis 1900 (GIP Loire Estuaire, 2022)

Classiquement, le débit de la Loire est fort durant l'hiver (> 1500 m³/s en février) et faible durant l'été avec en moyenne 250 m³/s en août-septembre (Figure 5).

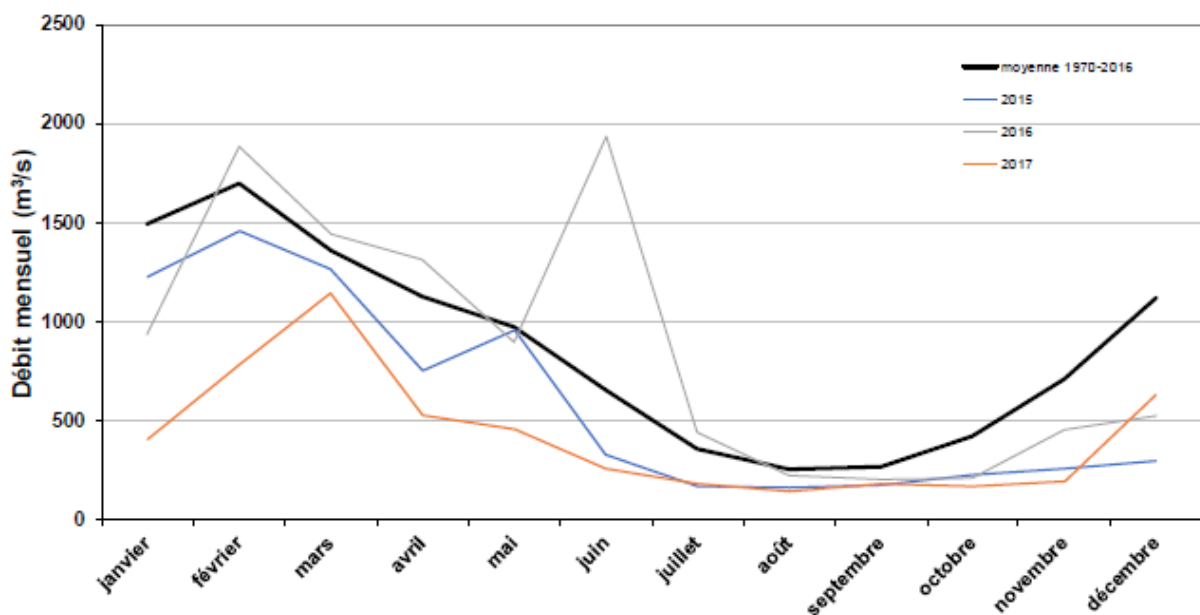


Figure 5. Moyennes mensuelles des débits du fleuve Loire (relevés à Montjean/Loire)

➤ **Suivi hydrologique et phytoplanctonique dans la masse d'eau Loire Large (GC46) Ifremer (2022) :**

La masse d'eau « Loire large » (GC 46), située au droit de l'estuaire de la Loire s'étend sur une surface d'environ 430 km². Elle est délimitée à la côte par la Pointe Saint-Gildas, la Pointe de Chemoulin, la Pointe de Noirmoutier et la Pointe du Croisic. Cette masse d'eau reçoit les apports du deuxième plus grand estuaire de France : l'estuaire de la Loire. Les caractéristiques hydrologiques et biologiques de cette zone sont influencées par les apports de ce fleuve. Compte tenu de la taille de la masse d'eau, de sa répartition de part et d'autre de l'estuaire, l'influence du panache de la Loire sur les caractéristiques hydrologiques et biologiques de la masse d'eau pourrait être hétérogène.

Deux stations permettent actuellement d'étudier les caractéristiques hydrologiques et phytoplanctoniques de la masse d'eau : la station « Pointe St Gildas large », suivie au titre du réseau de contrôle de surveillance (RCS) de la Directive cadre sur l'eau (DCE) et la station « Basse Michaud » suivie au titre du REPHY Observation (REPHY-Obs) (Figure 6). Les résultats obtenus sur ces deux stations sont aussi utilisés dans le cadre du réseau REPHY-sanitaire.

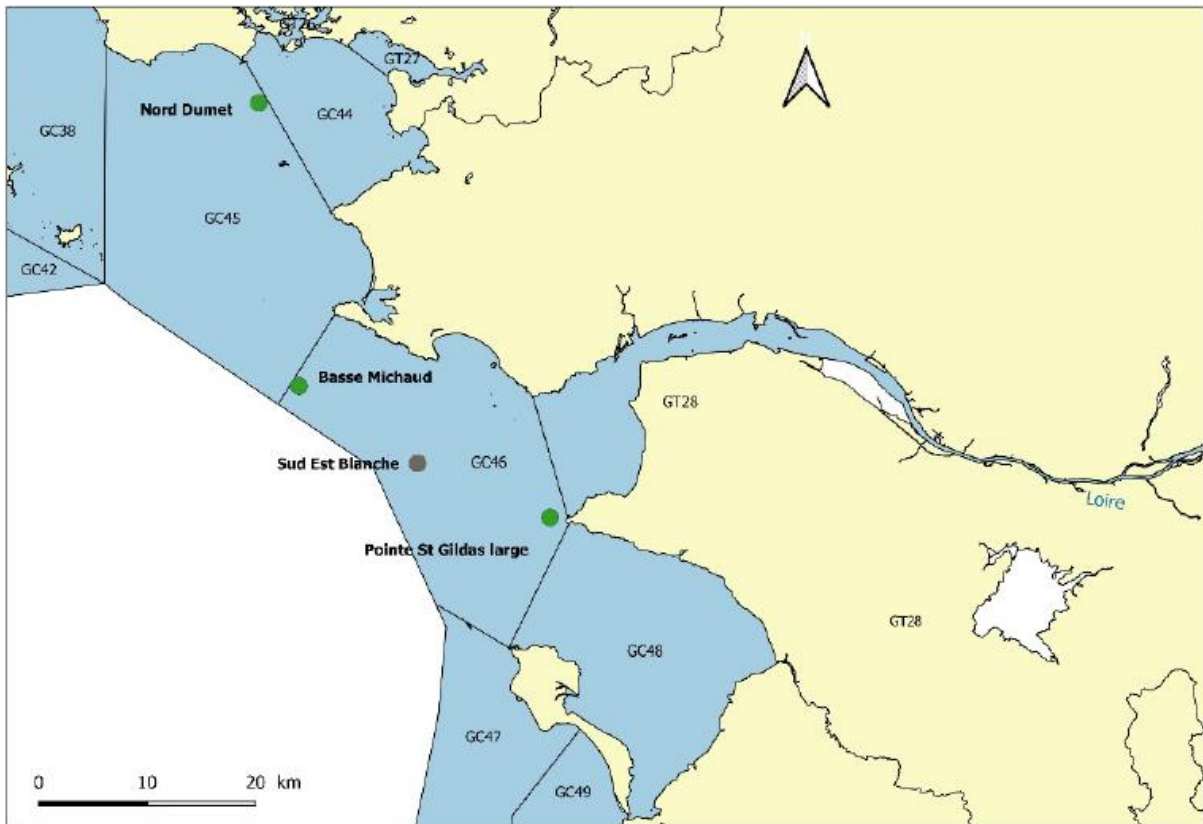


Figure 6. Positionnement des stations DCE/REPHY au large de la Loire (en vert lieux de surveillance actifs, en gris station expérimentale non activée).

Les stations « Basse-Michaud » et « Pointe St Gildas large » présentent des caractéristiques hydrologiques différentes. Leur profondeur et leur positionnement dans la masse d'eau et par rapport à l'estuaire de la Loire peuvent expliquer ces différences.

La localisation du panache de la Loire et son étendue varient selon les débits du fleuve, les courants de marées et la force et l'orientation des vents. L'hiver en période de crue, le panache du fleuve peut être orienté en direction du nord-ouest le long de la côte grâce aux vents dominants de secteur sud-ouest. Lorsque que les débits sont très importants et durent dans le temps, le panache peut s'étaler au large et atteindre « Basse-Michaud ». En automne et au printemps, lorsque les débits diminuent et par vents de nord-ouest, le panache peut s'orienter vers le large, face à l'estuaire et/ou en direction du sud dans la baie de Bourgneuf. Au printemps, le vent pourrait être un des principaux éléments de forçage.

- La station « Pointe St Gildas large », située au sud en sortie d'estuaire, semble plus fréquemment sous l'influence de la Loire et de ses apports. Les valeurs des paramètres physico-chimique ainsi que les concentrations de nutriments obtenues sont plus variables qu'à « Basse-Michaud ». La colonne d'eau semble plus homogène d'un point de vue hydrologique. Les pics de Chlorophylle a les plus importants sont observés en été sur cette station.

- « Basse-Michaud », située plus au large, semble moins soumise aux apports de la Loire. Les paramètres hydrologiques mesurés sont moins fluctuants qu'à « Pointe St Gildas large ». Sa profondeur deux fois plus importante qu'à « Pointe St Gildas large » offre à la colonne d'eau en été un potentiel de stratification thermique et haline plus important. Cette stratification thermique limite les échanges entre la surface et le fond et entraîne un appauvrissement en oxygène dissous au fond. Ainsi, si les concentrations d'oxygène dissous en sub-surface sont similaires sur les deux stations, les concentrations estivales sont plus faibles au fond à « Basse-Michaud ». Les pics de Chlorophylle a les plus importants sont observés au printemps sur cette station.

3.2. ACQUISITION & TRAITEMENT DES DONNEES

3.2.1. Mesures *in-situ*

La sonde utilisée est une sonde multi-paramètres NKE WiMo, reliée à une page Web sur smartphone dont l'adresse IP est propre à la sonde. Les paramètres mesurés sont les suivants :

- Profondeur en temps réel
- Température
- Turbidité (NTU)
- Salinité
- Oxygène dissous

Pour chaque station, un profil vertical a été réalisé de la surface vers le fond.

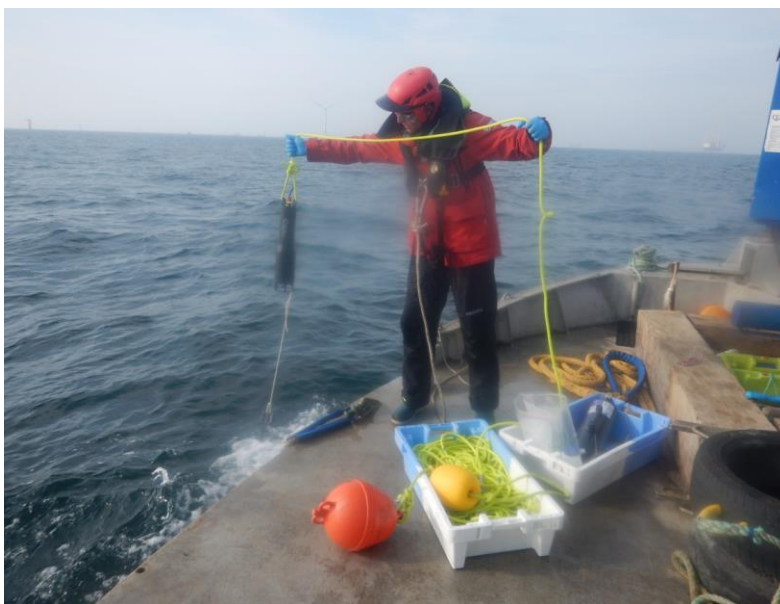


Figure 7. Mesures *in situ* à l'aide de la sonde NKE WiMo

3.2.2. Prélèvements d'eau

Par ailleurs, un prélèvement d'eau à mi profondeur en sub-surface a été réalisé sur chacune des 5 stations à l'aide d'une bouteille Niskin et conditionné dans un flaconnage adapté selon les paramètres requis, puis placé en enceinte réfrigérée.



Figure 8. Prélèvements d'eau à l'aide de la bouteille Niskin

Les analyses des prélèvements d'eau ont été confiées au laboratoire Eurofins. Ces analyses sont menées selon les normes ISO/EU ou selon des méthodes internes au laboratoire Eurofins :

- Chlorophylle *a* : Spectrométrie visible / NF T 90-117
- Matières en suspension (MES) en mg/L / NF EN 872

3.3. RESULTATS

Les résultats bruts du laboratoire obtenus pour les prélèvements d'eau sont présentés en Annexe 1.

3.3.1. Turbidité & Matières en suspension

Les profils de turbidité enregistrés aux 5 stations sont présentés à la Figure 9. **La turbidité apparaît très faible (< 2NTU) sur l'ensemble des stations. Aux stations M01_bis et M03, la turbidité est homogène sur toute la colonne d'eau. Aux stations plus profondes M02, M04 et M05, la turbidité augmente légèrement avec la profondeur, ne dépassant toutefois jamais 5 NTU.**

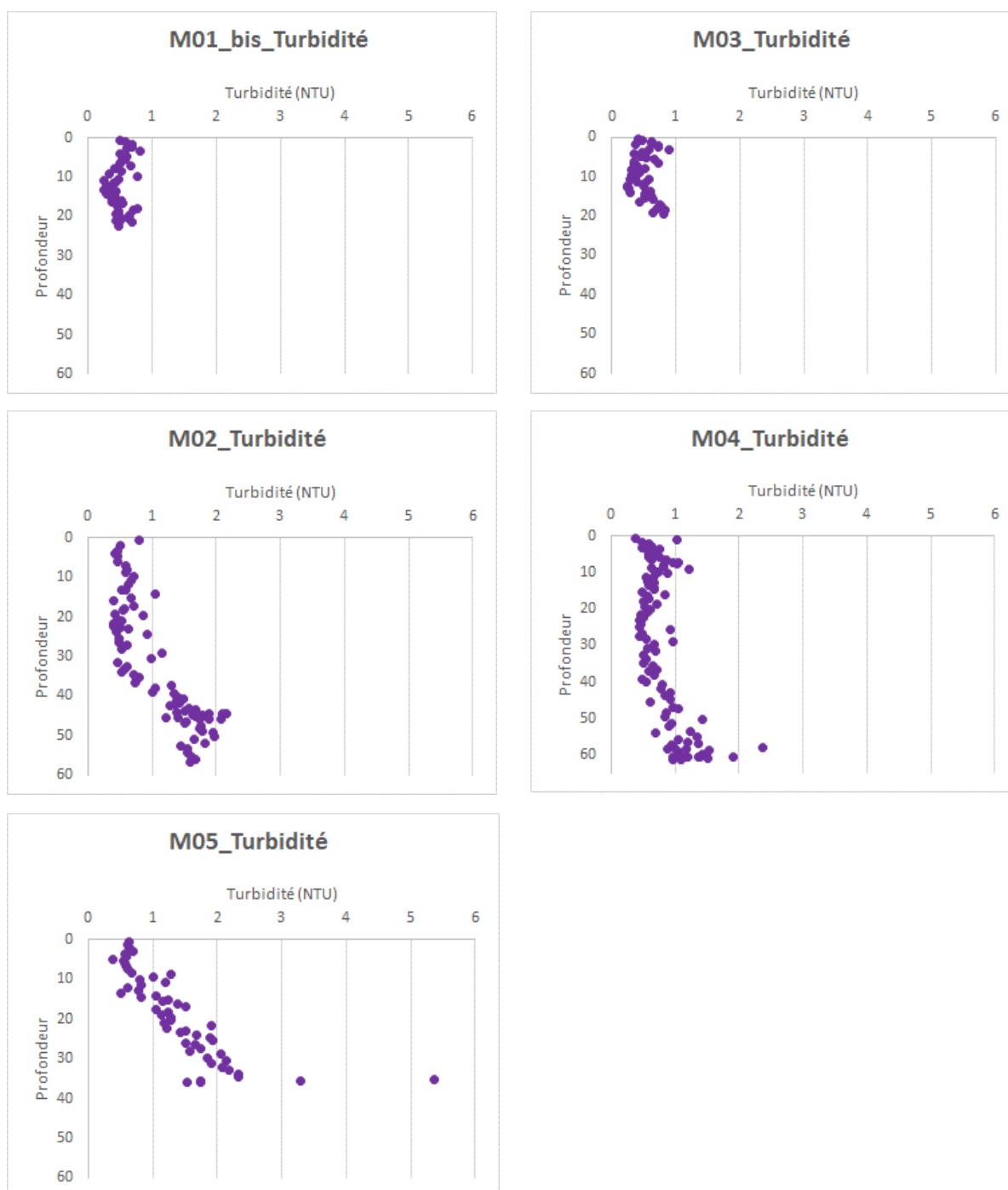


Figure 9. Profils de turbidité aux 5 stations

Les résultats de turbidité obtenus aux 2 stations (Basse Michaud et Pointe Saint-Gildas) suivies par Ifremer sur la période mars 2016 à décembre 2019 (Ifremer, 2022), sont présentés à la Figure 10. L'évolution saisonnière entre les deux stations est globalement semblable. Les turbidités maximales sont rencontrées en janvier et février lorsque les débits de la Loire sont importants et que les remises en suspension sont plus fréquentes à cause des conditions météorologiques. De mars à octobre, lorsque les conditions sont plus clémentes, les turbidités baissent. Les turbidités les plus basses sont en juillet et août. Elles remontent ensuite en novembre et décembre lorsque les conditions hydrologiques et météorologiques perturbent la colonne d'eau.

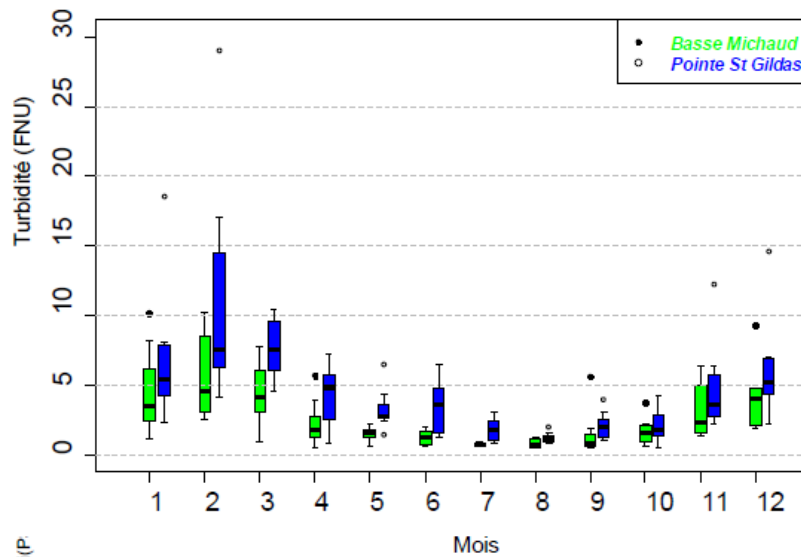


Figure 10. Boîtes de dispersion de l'évolution des turbidités de sub surface sur les quatre années d'étude (2016 à 2019) aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)

Les concentrations en MES enregistrées aux 5 stations sont toutes égales ou inférieures à 2 mg/L, seuil de quantification du laboratoire (Figure 11).

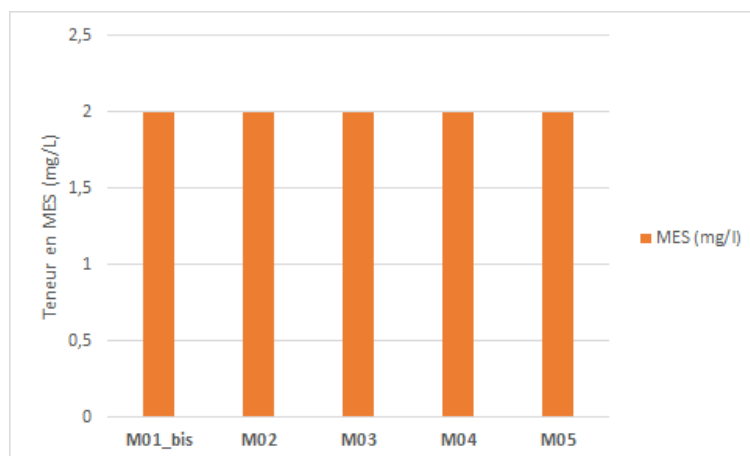


Figure 11. Concentrations en MES aux 5 stations

3.3.2. Salinité

Les salinités enregistrées aux 3 stations du Grand-Trou sont légèrement plus élevées, avec un maximum de 34 PSU. Aux stations M01_bis et M03, localisées juste au Sud-Ouest du plateau de la Banche, la salinité ne dépasse pas 33 PSU (Figure 12).

Par ailleurs, les profils de salinité enregistrés aux 5 stations sont caractérisés par une légère stratification depuis la surface jusqu'à environ 13m de profondeur.

- Aux stations M01_bis et M03, la salinité passe de 31,6 en surface à 33 PSU à partir de 13m jusqu'au fond ;
- Aux stations M02 et M05, la salinité enregistrée passe de 32,7 à 33,9 PSU ;
- A la station M04, la stratification apparaît moins importante avec 33,4 PSU en surface et 33,9 PSU au fond ;

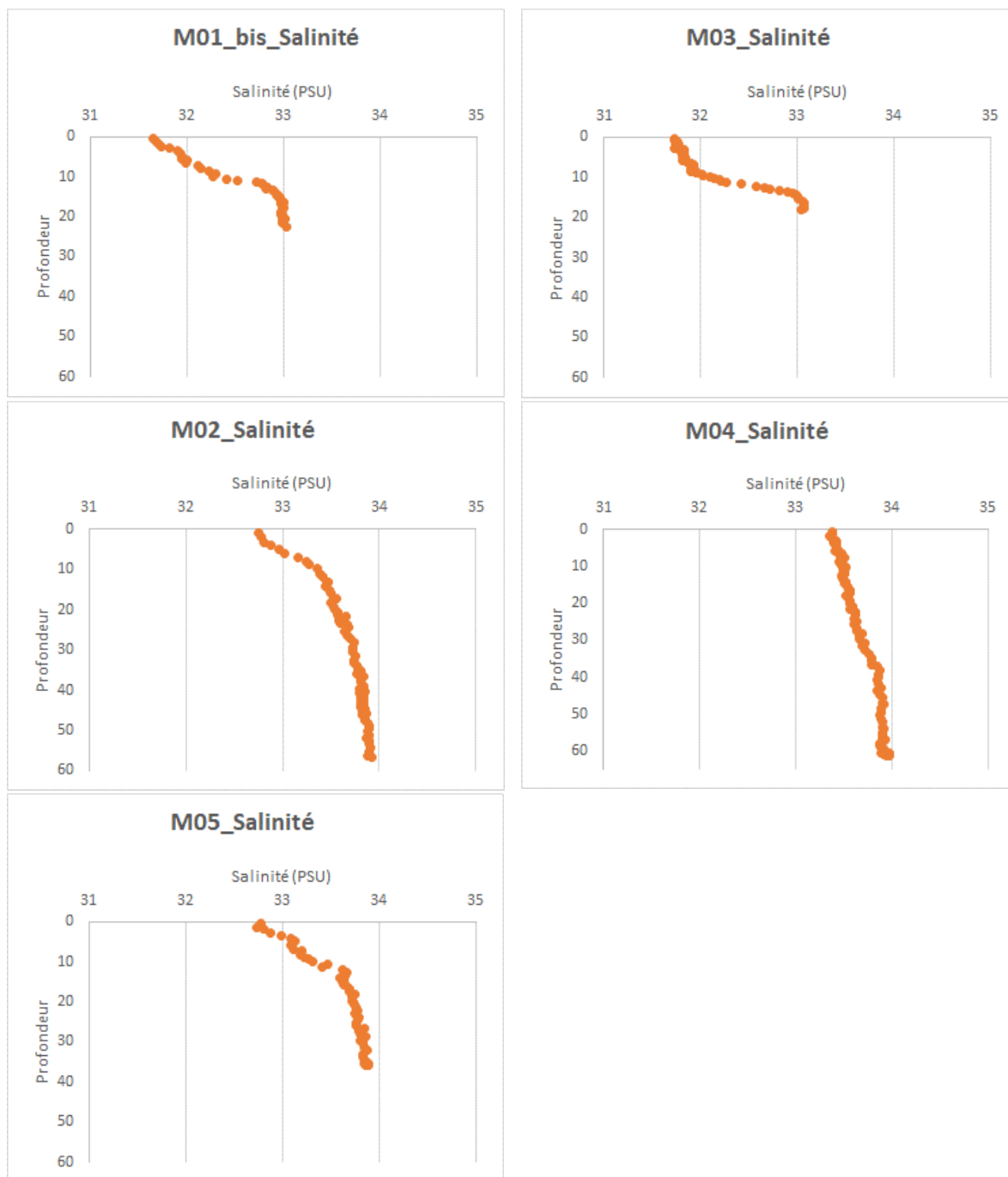


Figure 12. Profils de salinité aux 5 stations

Les résultats de salinité obtenus aux 2 stations (Basse Michaud et Pointe Saint-Gildas) suivies par Ifremer sur la période mars 2016 à décembre 2019 (Ifremer, 2022), sont présentés à la Figure 13. Sur les deux stations des dessalures sont observées en hiver. Elles sont moins fréquentes et moins marquées en été. Ces dessalures ne sont pas observées strictement en même temps sur les deux stations et dépendent de la position du panache de La Loire et des apports locaux tels que ceux venant de la baie de Bourgneuf. Ces baisses de salinité sont plus fréquentes à « Pointe St Gildas large ». Celles ressenties à « Basse Michaud » sont plus rares, mais les plus importantes comme en janvier et avril 2018. Elles correspondent aux épisodes de débits hivernaux les plus élevés pour lesquels le panache de la Loire s'étale au large et vers le nord.

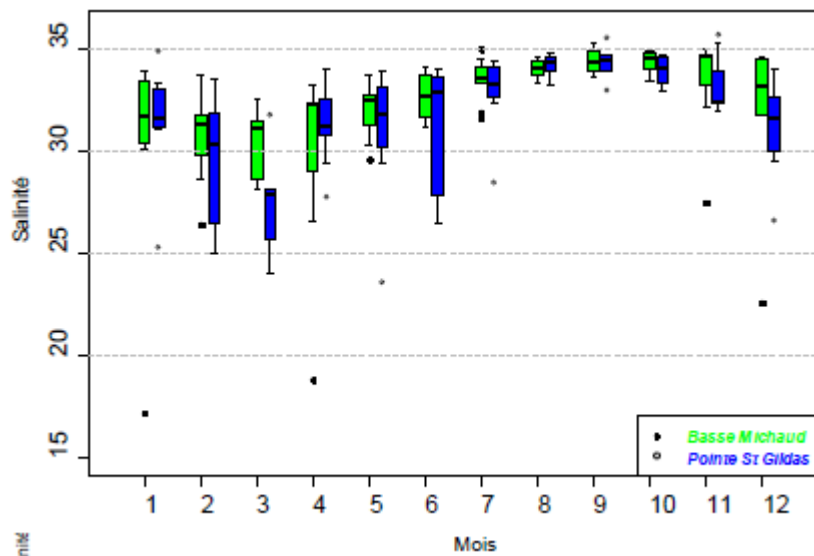


Figure 13. Boîtes de dispersion de l'évolution des salinités de sub surface sur les quatre années d'étude (2016 à 2019) aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)

Concernant la stratification, celle-ci est également relevée en 2017, 2018 et 2019 aux 2 stations « Pointe Saint-Gildas » et « Basse Michaud » entre février et avril. Elle est marquée entre la surface et 10 à 15 m de profondeur à « Basse Michaud » (Figure 14). A « Pointe St Gildas large », elle est marquée entre la surface et les dix premiers mètres. Ces stratifications halines peuvent être plus marquées en fonction des évènements hydrologiques et climatiques. Elles varient alors dans le temps, en profondeur, en fonction des épisodes pluvieux en amont, de la stabilisation de la colonne d'eau et de la localisation du panache de la Loire.

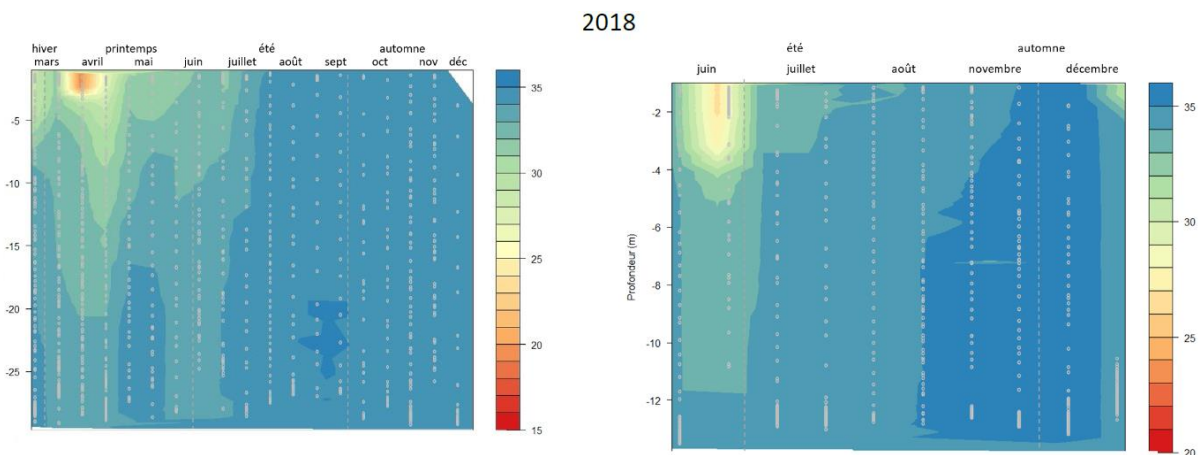


Figure 14. Profils de salinité dans la colonne d'eau à « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » en 2018, les points représentent les profils de mesures de la sonde.

3.3.3. Température

Les températures mesurées sont reportées à la Figure 15. **La température apparaît ainsi globalement homogène aux 5 stations oscillant autour de 12°C.** Aux stations M01_bis et M03, la température en surface est de 13°C et se stabilise à 12,1°C vers 15m de profondeur jusqu'au fond ; aux stations M02 et M04, la température diminue de 12,7 à 11,5°C vers 40m de profondeur avant de se stabiliser jusqu'au fond. A la station M05, la température se stabilise autour de 21m avec 11,5°C.

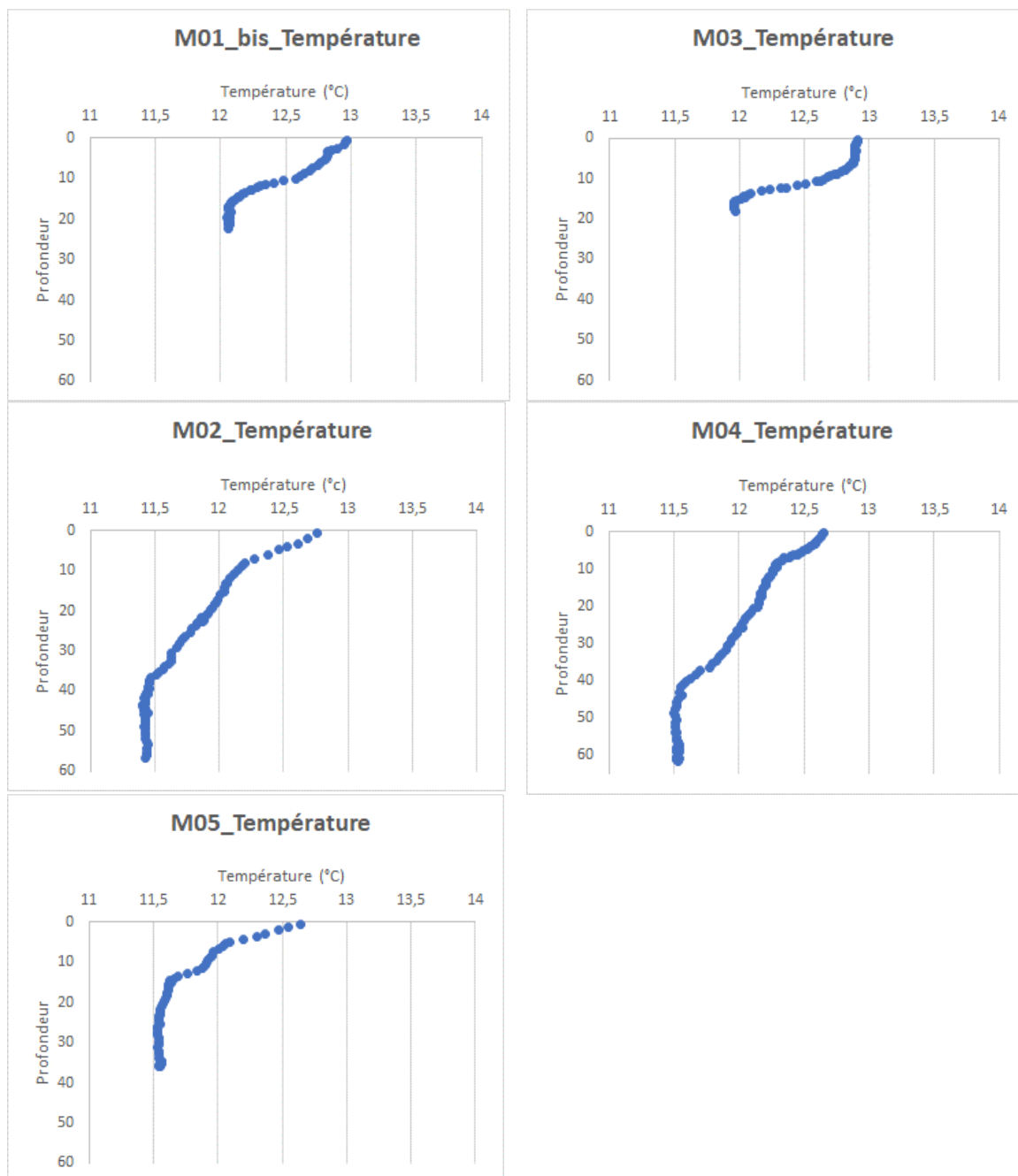


Figure 15. Profils de température aux 5 stations

Les résultats de température obtenus aux 2 stations (Basse Michaud et Pointe Saint-Gildas) suivies par Ifremer sur la période mars 2016 à décembre 2019, sont présentés à la Figure 16. Au mois d'avril, la température oscille autour de 12°C aux 2 stations.

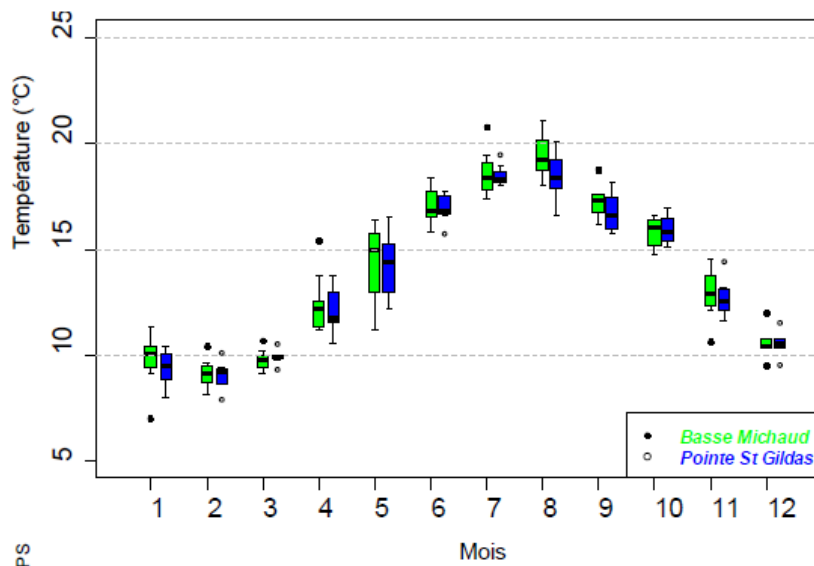


Figure 16. Boîtes de dispersion de l'évolution des températures de sub surface sur les quatre années d'étude (2016 à 2019) aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)

D'après les profils de 2017, 2018 et 2019 réalisés à « Basse Michaud », une stratification thermique se met en place en juin : une thermocline apparaît entre 5 et 10 m de profondeur (Figure 17). Puis elle se stabilise pour former deux strates thermiques, la première entre 5 et 10 m et la seconde entre environ 15 et 20 m. Si les conditions météorologiques restent stables, cette stratification peut durer jusqu'au mois de septembre.

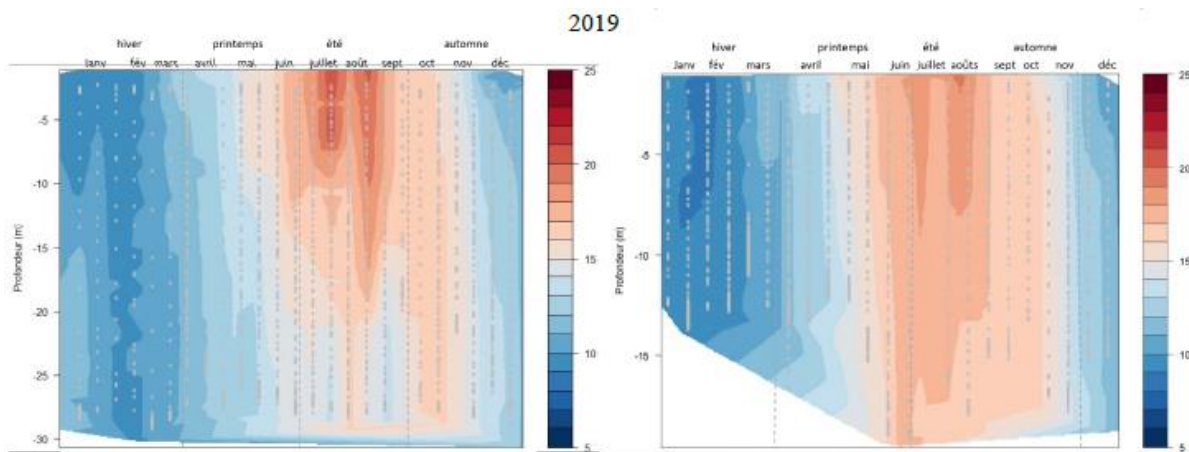


Figure 17. Profils de température dans la colonne d'eau à Basse Michaud et Pointe St Gildas large en 2019, les points représentent les mesures de profil de la sonde.

3.3.4. Oxygène dissous

Les profils de saturation en oxygène dissous enregistrés aux 5 stations sont présentés à la Figure 18. Les profils d'oxygène sont identiques à ceux de la température. **La saturation en oxygène est ainsi proche de 100% en surface aux 5 stations et diminue avec la profondeur atteignant 83% au fond des 2 stations profondes M02 et M04.** Aucune sursaturation n'est relevée le 29 avril.

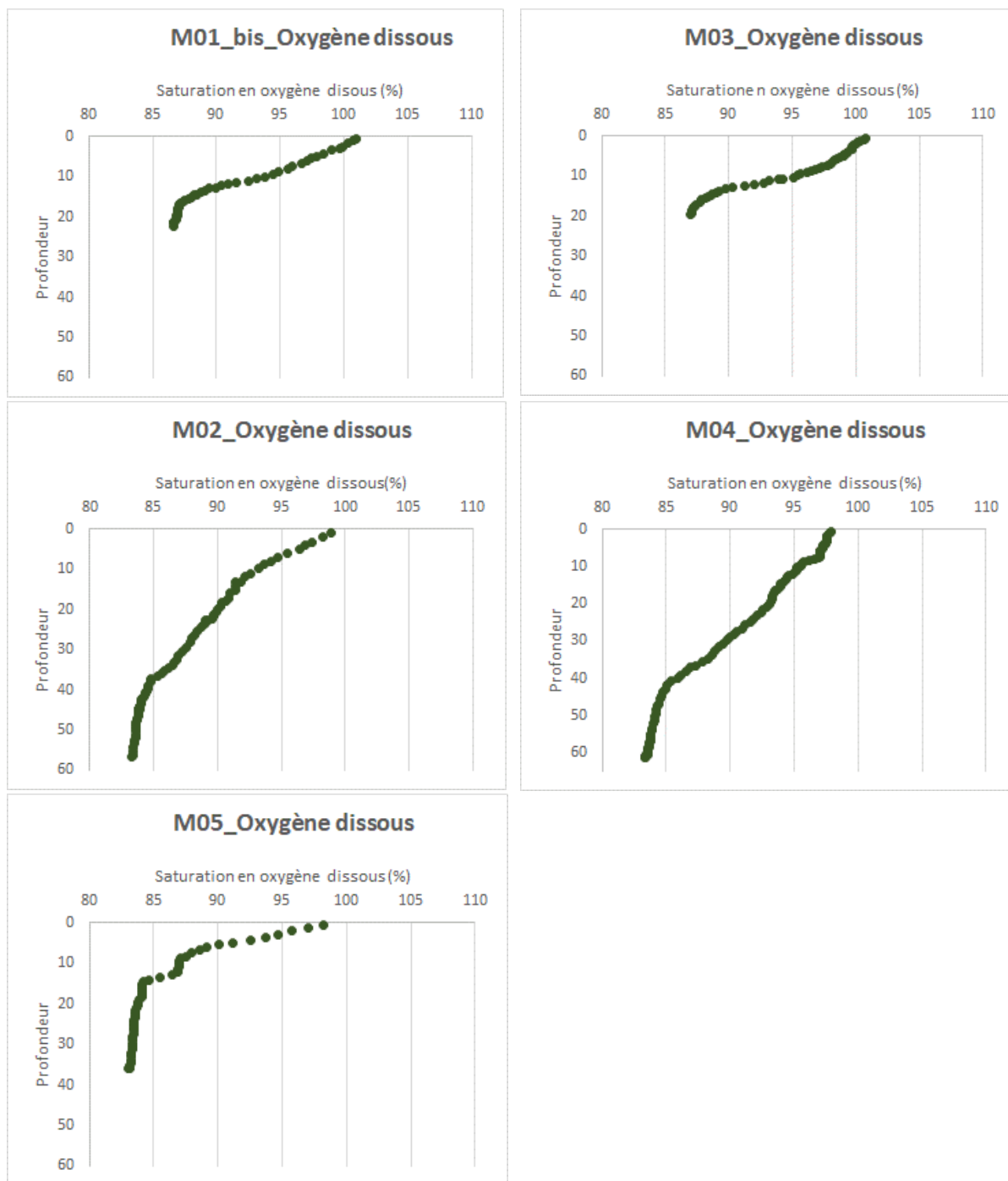


Figure 18. Profils de saturation en oxygène aux 5 stations

Entre les deux stations suivies par Ifremer, les pourcentages de saturation en oxygène dissous sont du même ordre de grandeur (Figure 19). En surface, ils varient aux deux stations d'environ 85% en fin d'été (septembre) à 130% en période productive d'avril à juillet. Au fond, le pourcentage de saturation en oxygène dissous peut descendre à 60% de juin à septembre. Il est aux environs de 100% de janvier à mai et d'octobre à décembre. A l'exception de 2019, les sursaturations en surface sont majoritairement plus élevées à « Basse Michaud ». A cette station, en été, le pourcentage de saturation en oxygène au fond est fréquemment plus faible qu'à « Pointe St Gildas large ».

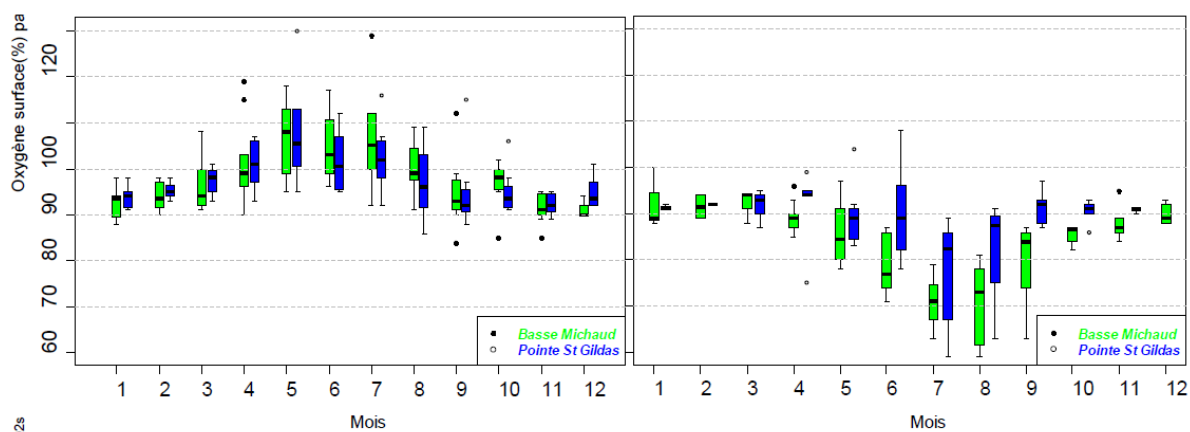


Figure 19. Boîtes de dispersion de l'évolution du pourcentage de saturation en oxygène dissous en sub surface (à gauche) et au fond (à droite) sur les quatre années d'étude aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)

La sursaturation en oxygène de la masse d'eau peut concerner toute la colonne d'eau à « Pointe St Gildas large ». A « Basse Michaud », le phénomène de sursaturation de l'eau est limité par la profondeur et ne semble concerner que les quinze premiers mètres (Figure 20). Dans les deux cas, la hauteur de la colonne d'eau concernée varie en fonction des conditions hydrologiques et météorologiques. En période estivale, lorsque la stratification thermique est stabilisée dans le temps, les échanges entre la surface et le fond diminuent et engendrent un appauvrissement en oxygène au fond. Ces épisodes sont plus fréquents à « Basse Michaud » parce que la profondeur est plus importante et la stratification thermique plus marquée. Ils peuvent aussi se produire à « Pointe St Gildas large », comme en 2018 où un appauvrissement en oxygène des eaux du fond (environ 60 %) a débuté au mois de juillet. En hiver, les températures plus basses et le brassage de la colonne d'eau favorisent les échanges entre l'atmosphère, la surface et le fond de la colonne d'eau (pourcentage de saturation en oxygène dissous d'environ 100 % sur toute la colonne d'eau)

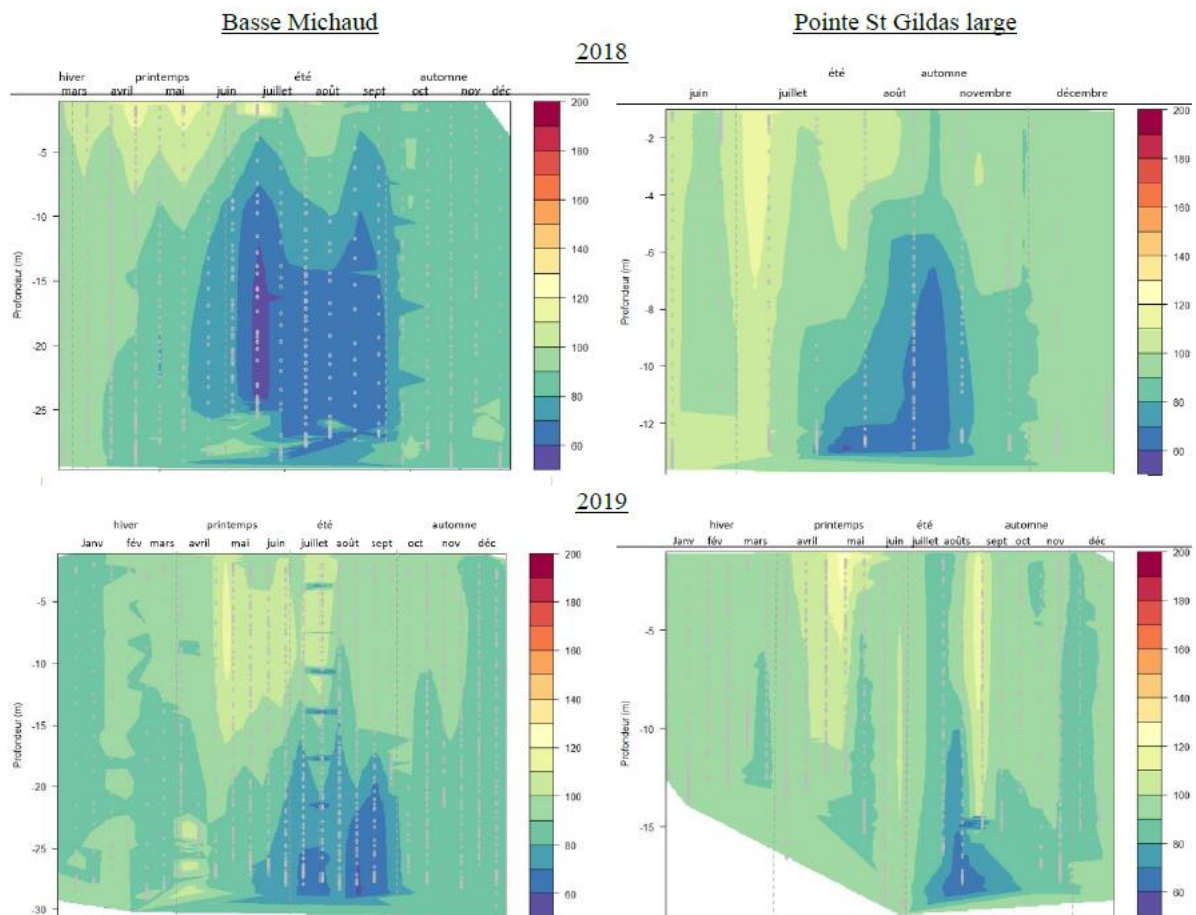


Figure 20. Profils des pourcentages d'oxygène dissous par rapport à la saturation dans la colonne d'eau à « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » en 2018 et en 2019, les points représentent les mesures de profils de la sonde (Ifremer, 2022)

3.3.5. Chlorophylle a

La Chlorophylle a (Chl-a) est le seul pigment photosynthétique commun à tous les végétaux. **Ce paramètre est un indicateur de la biomasse phytoplanctonique.** Il est favorisé lorsque l'apport de nutriments et l'ensoleillement sont suffisants. Le renouvellement des eaux, associé à la photosynthèse le jour, favorise la production d'oxygène dissous. Lorsque le développement de la végétation s'emballe, un bloom algal peut s'observer. Il s'agit alors d'eutrophisation. Ces phénomènes sont généralement suivis par une consommation de l'oxygène dissous, lors de la dégradation de la matière organique produite massivement, qui peut engendrer des hypoxies.

Les résultats des concentrations en chlorophylle a mesurées dans la colonne d'eau le 29 avril sont présentées à la Figure 21. **La station M01_bis se démarque des autres avec près de 3µg/L alors que les concentrations aux 3 autres stations ne dépassent pas 1µg/L.**

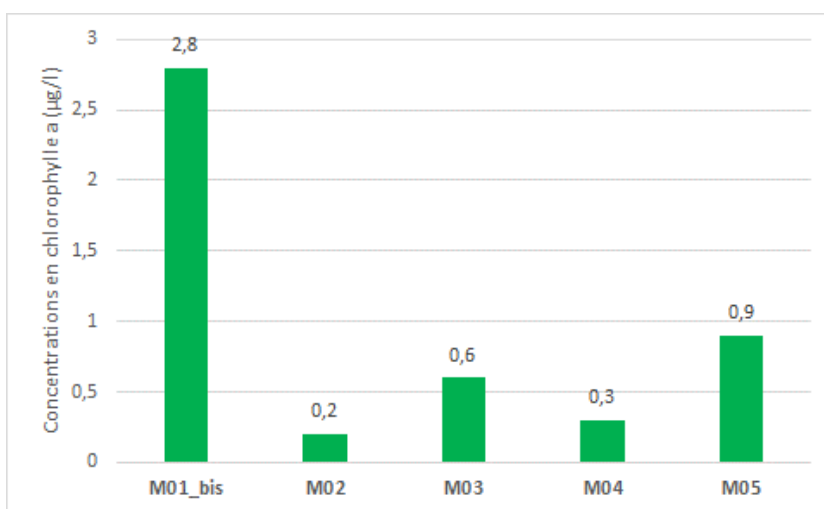


Figure 21. Concentrations en chlorophylle a en sub-surface le 29 avril 2022

Aux stations suivies par Ifremer, les concentrations en chlorophylle a les plus basses sont observées entre novembre/décembre et février/mars (Ifremer, 2022) (Figure 22). Les concentrations maximales sont observées en mai et juin. Elles sont dans la plupart du temps observées à « Basse Michaud » surtout en mai ou la variabilité des concentrations en chlorophylle a est plus importante.

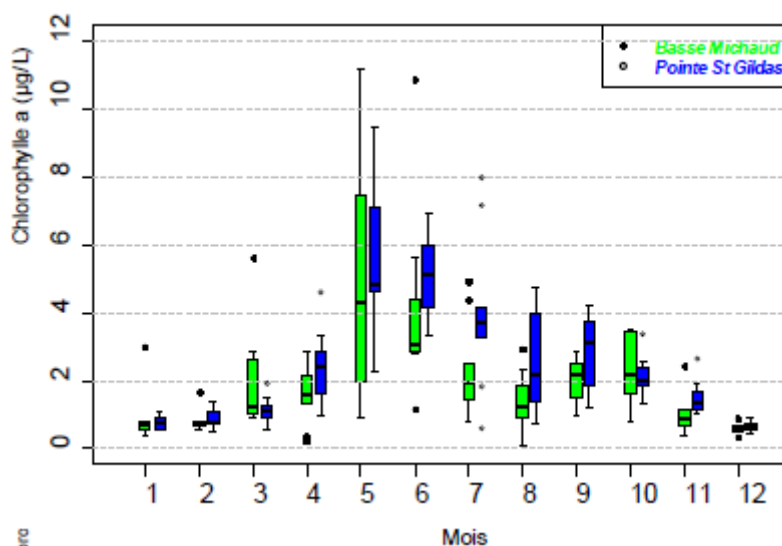


Figure 22. Boîtes de dispersion de l'évolution de la chlorophylle a en sub-surface sur les quatre années d'étude aux stations « Basse Michaud » et « Pointe St Gildas large » (Ifremer, 2022)

4.SUBSTRATS MEUBLES SUBTIDAUX

4.1. HISTORIQUE DU SUIVI

Afin de faciliter la lecture du reste du document , le Tableau 3 reprend les différentes campagnes de suivi menées sur les substrats meubles depuis l'état de référence de 2019.

Tableau 3. Tableau de synthèse des opérations réalisées sur les substrats meubles

Campagne "Etat de référence" _ Novembre 2019					
Stations échantillonnées	Coordonnées (DMD)	Profondeur	Engin de prélèvement	Nombre de réplicat	Texture sédimentaire
M01	47°10,068'N / 2°31,671'W	25	Benne Van Veen	3	Sables graveleux
M02	47°06,817'N / 2°32,189'W	64	Benne Van Veen	3	Vases sableuses
M03	47°10,945'N / 2°31,337'W	26	Drague Ralier du Baty	3 traits de 10L	Graviers sableux
M04	47°06,457'N / 2°33,875'W	64	Benne Van Veen	3	Vases sableuses
Complément saisonnier - campagne "Etat de référence" _ Mars 2020					
Stations échantillonnées	Coordonnées (DMD)	Profondeur	Engin de prélèvement	Nombre de réplicat	Texture sédimentaire
M02	47°06,817'N / 2°32,189'W	64	Benne Van Veen	3	-
M04	47°06,457'N / 2°33,875'W	64	Benne Van Veen	3	-
Campagne "suivi en phase construction" _ Avril 2022					
Stations échantillonnées	Coordonnées (DMD)	Profondeur	Engin de prélèvement	Nombre de réplicat	Texture sédimentaire
M01_bis	47°10,384'N / 2°32,122'W	25	Drague Ralier du Baty	1 trait de 30L	Graviers
M02	47°06,817'N / 2°32,189'W	64	Benne Van Veen	5	Sables vaseux
M03	47°10,945'N / 2°31,337'W	26	Drague Ralier du Baty	1 trait de 30L	Graviers sableux
M04	47°06,457'N / 2°33,875'W	64	Benne Van Veen	5	Sables vaseux
M05	47°07,244'N / 2°30,533'W	41	Benne Van Veen	5	Vases sableuses

4.2. ACQUISITION & TRAITEMENT DES DONNEES

4.2.1. Généralités

Afin de vérifier la compatibilité de la technique de prélèvement et d'illustrer les fonds marins, une prospection vidéo de sédiments est réalisée à l'aide d'une caméra sous-marine reliée à la surface (Figure 23). Des extractions sont proposées à la Figure 24 pour illustration.

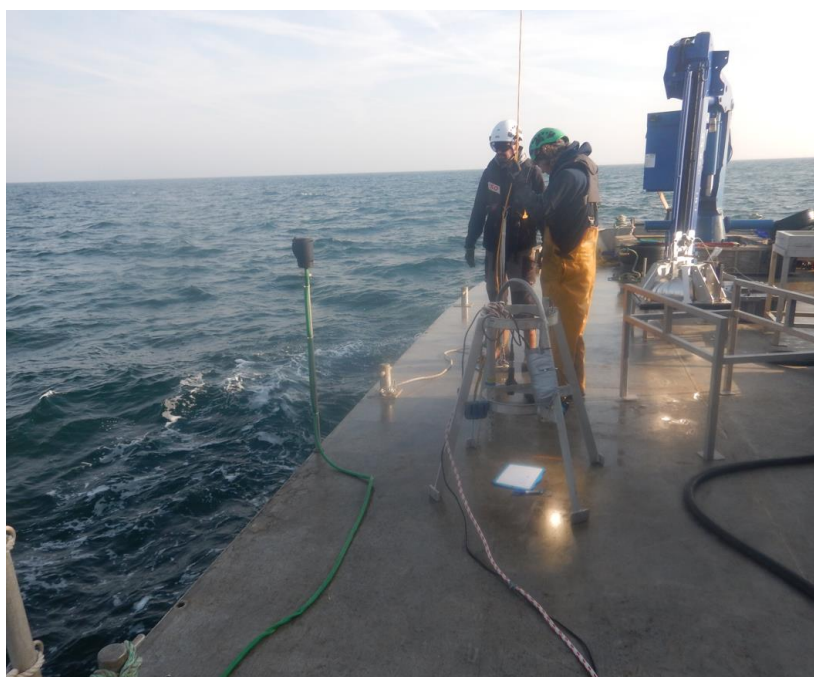


Figure 23. Dispositif pour la réalisation de la vidéo sous-marine

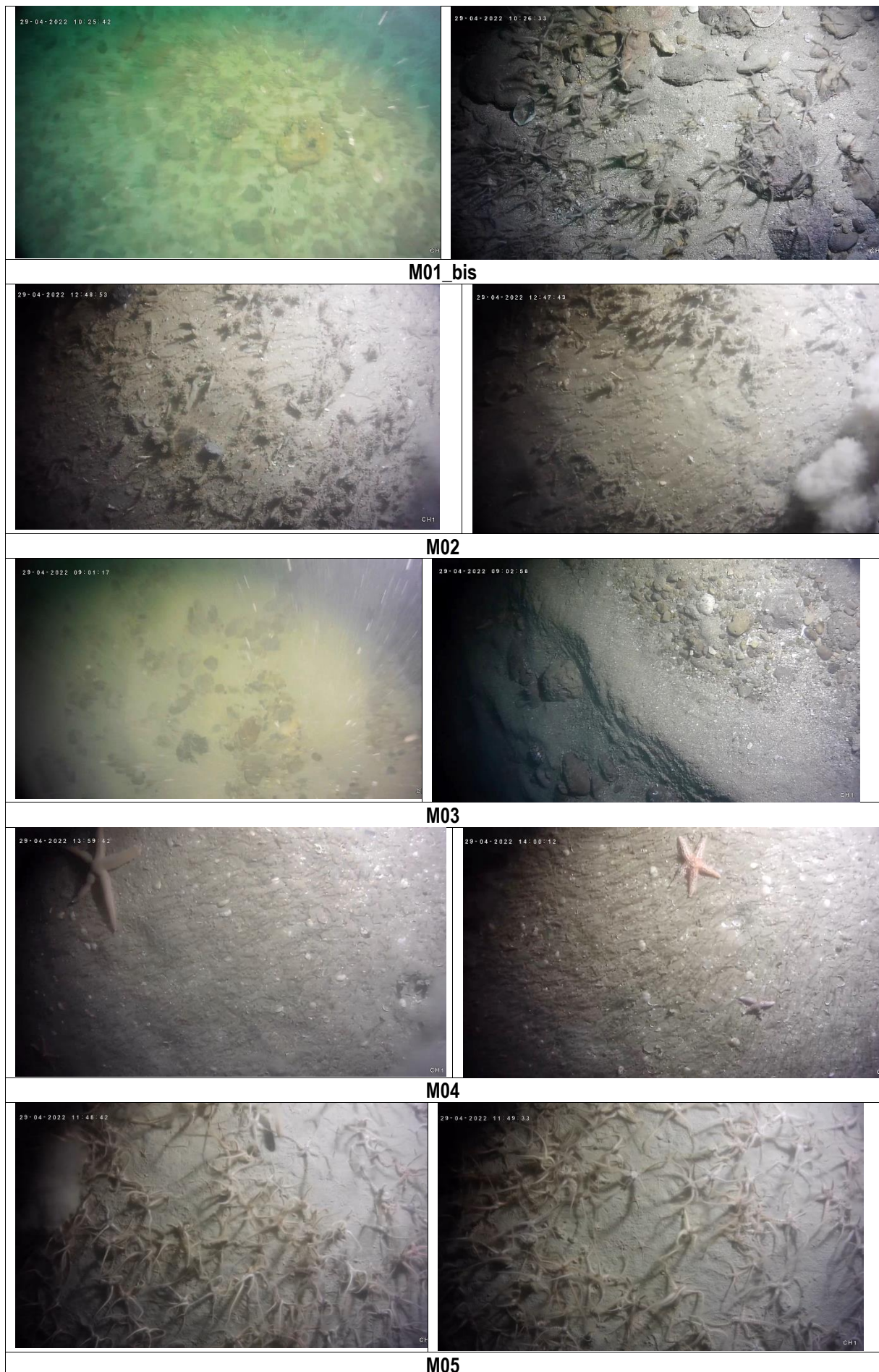


Figure 24. Images de la nature des fonds sur les 5 stations

Les 3 stations M02, M04, et M05 ont été échantillonnées à l'aide de la benne Van Veen dont la surface de prélèvement est de 1/10^{ème} de m², à hauteur de 6 réplicats par station :

- 5 pour l'échantillonnage du macrofaune benthique
- 1 pour les analyses sédimentaires

Après chaque coup de benne, le navire s'est repositionné sur le point exact de prélèvement.



Figure 25. Utilisation de la Benne Van Veen : surface d'échantillonnage de 0,1 m²

En raison de la nature du sédiment (cailloux et sable grossier), les 2 stations M01_bis (nouvelle localisation 2022) et M03 ont été investiguées avec une drague Rallier du Baty, à hauteur de :

- 1 réplicat de 30L pour l'analyse benthique ;
- 1 réplicat supplémentaire pour l'analyse sédimentaire. **On note à ce sujet que les stations M01 bis et M03 n'ont pas fait l'objet d'analyses sédimentaires physico-chimiques compte tenu de la nature très grossière des sédiments qui les caractérisent. Seule une analyse granulométrique par tamisage a pu être réalisée à ces stations.**



Figure 26. Drague Rallier du Baty

4.2.2. Prélèvements sédimentaires

Pour chacune des stations, plusieurs sous-échantillons sont conditionnés, préalablement étiquetés :

- 1 sous-échantillon est transmis au laboratoire de géomorphologie de Dinard (EPHE) pour analyses de la granulométrie par tamisage.
- 3 sous-échantillons d'environ 1kg sont conditionnés puis transmis le 02/05 au laboratoire Eurofins Environnement pour analyses sédimentaires (granulométrie laser, MO, COT, matière sèche, masse volumique, aluminium).

A chacune des stations, une photographie d'un prélèvement a été effectuée.



Figure 27. Prélèvement brut à la station M05

➤ **Analyses granulométriques**

Deux méthodes d'analyses granulométriques ont été utilisées dans cette étude :

- La granulométrie par tamisage a été effectuée par le laboratoire de Géomorphologie de Dinard (EPHE). La texture sédimentaire de l'échantillon est déterminée en référence au diagramme de Folk. Le sédiment d'une masse initiale d'environ 500g est séché, tamisé sur une colonne de tamis, et chaque refus de tamis est alors pesé. Une colonne de 10 tamis (40, 50, 63, 125, 200, 250, 500, 1000, 2000 et 20 000 μm) de maille croissante a été utilisée, selon les préconisations de la norme AFNOR. Les classes granulométriques ont ensuite été établies selon la classification de Folk & Ward présentées au Tableau 4.

Tableau 4. Classes granulométriques utilisées pour la méthode massique

Diamètre maille (μm)	Catégories sédimentaires
> 20 000	Galets et blocs
2 000 à 20 000	Graviers
500 à 2 000	Sables grossiers
250 à 500	Sables moyens
125 à 250	Sables fins
63 à 125	Sables très fins
40 à 63	Silts
< 40	Argiles

- La granulométrie par méthode laser a été confiée au laboratoire Eurofins. Elle a pu être effectuée sur 4 échantillons parmi les 5. En effet, la nature sédimentaire rencontrée à la station M01 ne permet pas de réaliser cette analyse. Cette méthode repose sur la séparation des différentes fractions dimensionnelles exprimées en pourcentage de volume. La méthode laser s'avère efficace pour des sédiments inférieurs à 2 000 μm , mais ne l'est plus pour les fractions supérieures. La classification granulométrique utilisée est présentée au Tableau 5 :

Tableau 5. Classes granulométriques utilisées pour la méthode laser

Taille des particules	Classe granulométrique
<40 μm	Argiles
40 - 63 μm	Limons
63-150 μm	Sables très fins
150-250 μm	Sables fins
250-500 μm	Sables moyens
500-2000 μm	Sables grossiers

➤ Analyses de la matière organique

La mesure de la matière organique a été confiée au laboratoire Eurofins accrédité COFRAC, suivant la norme NF EN 12 879. A l'instar de la granulométrie laser, cette analyse n'a pu être effectuée que sur 4 échantillons parmi les 5, toujours en raison de la nature sédimentaire très grossière rencontrée à la station M01. La technique de la perte au feu a été utilisée afin de mesurer la quantité de matière organique (M.O) présente dans un échantillon de sédiment.

Après un passage à l'étuve (10h à 40°C), le poids sec (PS) est déterminé avec une balance de précision. Chaque échantillon est ensuite passé au four (1h à 550 °C), ce qui permet de mesurer le poids sec de cendres. La différence de poids, exprimée en pourcentage, indique la teneur en matière organique de l'échantillon.

4.2.3. Prélèvements de macrofaune benthique

Chacun des 5 réplicats de sédiments issus de la benne, est tamisé à bord sur une maille ronde de 1mm à l'aide d'une manche à eau (Figure 28). Il en est de même pour les deux échantillons prélevés par drague Rallier du Baty. Le refus de tamis est ensuite récupéré dans des pots préalablement étiquetés, puis formolés (solution à 4%) afin de fixer les tissus.

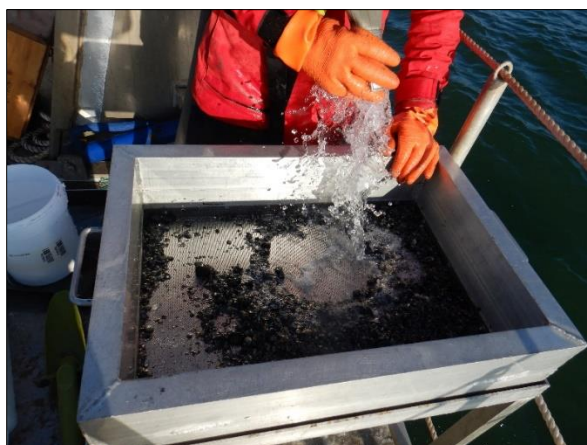


Figure 28 : Tamisage sur maille ronde de 1mm

Les échantillons sont déformolés et rincés après quelques jours, et la solution formolée usagée est récupérée puis envoyée à une usine spécialisée en traitement de déchets chimiques. L'étape suivante consiste à trier les échantillons de façon à séparer le sédiment du matériel biologique. Les individus sont ensuite identifiés jusqu'à l'espèce sauf pour certains groupes très minoritaires au sein des peuplements et de taxonomie délicate (Némertes, Plathelminthes, etc.) ou jusqu'au genre si l'état de l'individu ne permet pas de porter la détermination plus loin. Ils sont ensuite placés dans les piluliers avec de l'alcool pour la conservation.

La validité des noms d'espèces, avant saisie dans la liste finale, est vérifiée au moyen des sites de référence, conformément aux procédures en vigueur, à savoir le site WoRMS (*World Register of Marine Species*).

Les données sont saisies dans une base de données permettant leur traitement.

Les données sont exploitées de manière à effectuer des analyses univariées, comprenant certains descripteurs des peuplements préconisés par Grall, et al (2005) :

- La **richesse spécifique totale** (S) correspondant au nombre d'espèces récoltées par station ;
- **L'abondance**, qui se définit comme le nombre d'individus par unité de prélèvement. In fine, la densité est utilisée rapportant le nombre d'individus :
 - o à 1 m² pour la benne
 - o à 30L de sédiments pour la drague
- Les **10 espèces** les plus abondantes par station ;
- **L'indice de diversité de Shannon-Weaver**, qui permet d'exprimer la diversité d'un peuplement en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance relative des espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont co-dominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à log(S) (lorsque toutes les espèces ont même abondance). La base du logarithme utilisée est la base 2. Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Où :

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$;

S = nombre total d'espèces (Richesse spécifique);

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

- L'indice **d'équitabilité de Piélou** défini par :

$$J' = H'/H'_{max}$$

Où $H'_{max} = \log S$ (S= nombre total d'espèces / Log de base 2)

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces).


- La proportion des **groupes taxonomiques** ;
- Les proportions des **groupes écologiques**, définis à partir du logiciel AMBI (équipe AZTI), selon la classification proposée au Tableau 6.

Tableau 6. Groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (Hily, 1984)

Groupe	Type d'espèces	Caractéristiques	Groupes trophiques
I	sensibles à une hypertrophisation	- largement dominantes en conditions normales - disparaissent les premières lors de l'enrichissement du milieu. - dernières à se réinstaller	- suspensivores, carnivores sélectifs, quelques déposivores tubicoles de subsurface
II	Indifférentes à une hypertrophisation	- espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de MO	- carnivores et nécrophages peu sélectifs
III	Tolérantes à une hypertrophisation	- naturellement présentes dans les vases, mais, leur prolifération étant stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont le signe d'un déséquilibre du système	- déposivores tubicoles de surface profitant du film superficiel de chargé de MO
IV	Opportunistes de second ordre	- cycle de vie court (souvent <1 an) proliférant dans les sédiments réduits	- déposivores de subsurface
V	Opportunistes de premier ordre	- prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	- déposivores

- Pour l'évaluation de l'**état écologique**, différents indices peuvent être utilisés.
 - o Afin de pouvoir comparer les données avec celles acquises lors de l'état de référence de 2019, l'indice utilisé dans cette étude est l'indice **AMBI** : il a montré son efficacité dans la mise en évidence de diverses sources d'impacts (Dauvin *et al*, 2006). Le Coefficient Benthique (CB ou AMBI) a été créé pour le programme AZTI le long de la côte basque par Borja *et al*. (2000). Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

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

¹AMBI : 0 1,2 3,3 4,3 5,5 7

 Etat : Excellent Bon Moyen Médiocre Mauvais

Formule de l'AMBI et grille de lecture de l'état écologique à partir des valeurs de l'AMBI, extraite de Dauvin *et al*. (2006)

Toutefois, les perturbations détectées par cet indice concernent un enrichissement en matière organique ou une hypoxie (Tableau 7).

- o L'indice **BENTIX** (Simboura & Zenetos 2002) prend quant à lui en considération les perturbations physiques comme les déversements, ce qui apparaît plus approprié dans le cadre de cette étude. Celui-ci est donc également calculé.

Tableau 7. Synthèse des différents indices développés à partir de données quantitatives (prélèvements et taxinomie)

INDICE	Objectifs	Perturbations détectées	Organismes candidats	Moyen de prélèvement	Nb prelev. minimum par station	Surface du prélèvement	Connaissances sur les espèces requises	Référence
AMBI et M-AMBI	indicateur de la qualité des eaux côtières	enrichissement en MO, hypoxie	Macrofaune < 1cm	benne Van Veen	2 à 3	0.1 m ²	taxinomie degré de sensibilité ou tolérance à un gradient de stress environnemental= tri en 5 groupes écologiques	Borja et al., 2000 Muxika et al., 2007
BENTIX	indicateur de la qualité des eaux côtières	enrichissement en MO, perturbation physique (déversements)	Macrofaune < 1cm	benne Van Veen	2 à 3	0.1 m ²	taxinomie degré de sensibilité ou tolérance à un gradient de stress environnemental = tri en 3 groupes écologiques	Simbura et Zenetos, 2002 Simbura et al., 2007

La formule du **BENTIX** est la suivante :

$$\text{BENTIX} = (6 \times \%GS + 2 \times \%GT)/100$$

BENTIX : % GS = pourcentage d'espèces sensibles (groupes I et II de l'AMBI) ; % GT = pourcentage d'espèces tolérantes (groupes III, IV et V de l'AMBI).

Les valeurs seuils de cet indice biotique diffèrent selon la nature du sédiment :

	Etat écologique					Références
	Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
BENTIX pour les sables	6 - 4.5	4.5 - 3.5	3.5 - 2.5	2.5 - 2	0	Simboura et Zenetos, 2002
BENTIX pour les vases	6 - 4	4 - 3	3.0 - 2.5	2.5 - 2	0	Simboura et Zenetos, 2002

Toutefois, il convient d'être prudent quant à l'interprétation de ces deux indices qui sont basés sur la proportion des différents groupes écologiques, eux-mêmes établis en fonction de la sensibilité des espèces à un enrichissement en matière organique. L'enrichissement en matière organique n'est pas un effet attendu des travaux du parc éolien. En conséquence, ces indices ne sont pas des indicateurs de la réponse des peuplements aux effets des travaux.

- **La biomasse** : pour chaque groupe taxinomique, des mesures de biomasse par station sont réalisées selon le protocole suivant (Crisp, 1984) : après un passage à l'étuve (48h à 80°C), le poids sec avec cendres (PS) est déterminé avec une balance de précision (à 0,1 mg). Chaque échantillon passe ensuite au four (6h à 520 °C), ce qui permet de mesurer le poids sec de cendres (PSC). La différence entre les deux mesures obtenues (poids sec avec cendres – poids sec de cendres) permet de calculer le poids sec libre de cendre (PSLC) :

$$\text{PSLC} = \text{PS} - \text{PSC (en g)}$$

L'analyse est portée sur les Annélides, les Crustacés, les Mollusques, les Echinodermes et Divers. L'ensemble des mesures de biomasse a été réalisé par l'université de Caen.

4.3. RESULTATS

Les résultats sont présentées de manière séparée entre les 3 stations profondes (M02, M04 et M05), localisées au Sud-Est du parc, échantillonnées à la benne (données quantitatives) et les 2 stations localisées au Nord (M01_bis et M03), échantillonnées à la drague (données semi-quantitatives). Par ailleurs, les analyses sédimentaires concernant la granulométrie laser, le taux de matière organique, la concentration en aluminium et en COT, n'ont été réalisées que sur les 3 stations échantillonnées à la benne. En effet, l'échantillonnage à la drague ne permet pas, soit de réaliser ces analyses (comme c'est le cas à la station M01_bis avec la présence exclusive de cailloux), soit d'obtenir un résultat fiable compte-tenu du lessivage des potentielles particules fines présentes.

4.3.1. Sédiments

➤ Analyse granulométrique par tamisage

Les résultats ci-dessous proviennent du traitement des données brutes exposées à l'Annexe 3. Les résultats des analyses granulométriques par tamisage sont présentés aux Figure 29 et Figure 30. **Il est important de préciser que les résultats de l'analyse granulométrique issus des prélèvements à la drague sont à prendre avec précaution, car la proportion de particules fines à ces stations peut être sous-évaluée car lessivée à la remontée à travers les mailles du filet de la drague.**

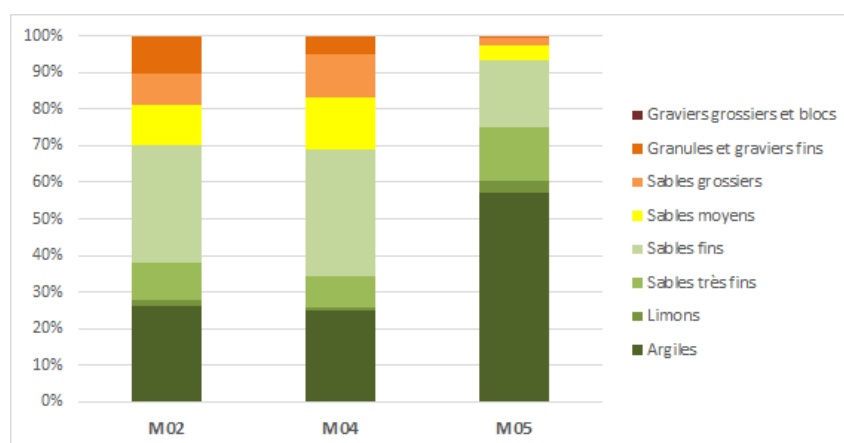


Figure 29. Synthèse des classes granulométriques composant le sédiment aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

L'analyse des résultats aux stations échantillonnées à la benne, permet de dégager les éléments suivants :

- La station M05 est caractérisée par une fraction importante de particules fines (>60%). Les sables fins et très fins sont également bien représentés avec près de 33% alors que les sables moyens à grossiers représentent seulement 6%. Cette station est caractérisée par des vases sableuses ;
- Les stations M02 et M04, stations profondes situées dans le Grand Trou et géographiquement proches l'une de l'autre, affichent des compositions granulométriques très similaires : ces deux stations sont ainsi dominées par des sédiments fins, allant des sables fins (33%) aux vases (environ 26%). Elles contiennent une faible proportion de sables moyens (environ 12%), de sables grossiers (environ 10%) et de graviers fins. Ces deux stations sont ainsi caractérisées par des sables vaseux ;

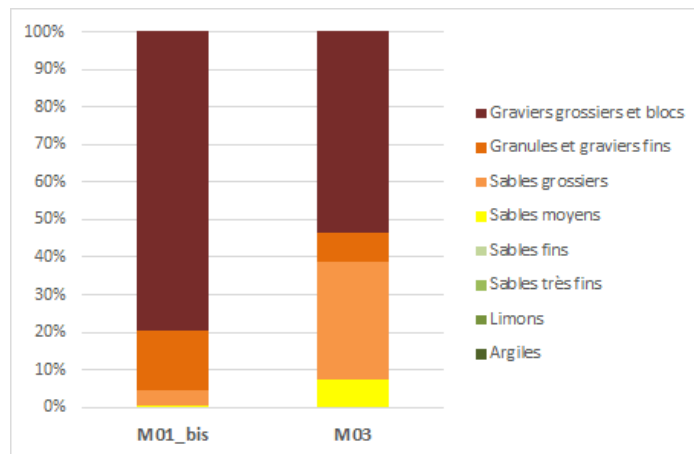


Figure 30. Synthèse des classes granulométriques composant le sédiment aux 2 stations échantillonnées à la drague

L'analyse des résultats aux stations échantillonnées à la drague, permet de dégager les éléments suivants :

- Les stations M01_bis et M03, sont caractérisées par des sédiments plus grossiers : la station M01_bis est ainsi représentée à près de 80% par les graviers grossiers et blocs. La station M03 apparaît quant à elle plus hétérométrique, avec 53% de galets, 8% de graviers fins, 31% de sables grossiers et 7% de sables moyens. Concernant les textures sédimentaires, la station M01 est représentée par des graviers et la station M03 par des graviers sableux.

Les textures sédimentaires sont présentées au Tableau 8.

Tableau 8. Textures sédimentaires selon Folk & Ward aux 5 stations

Stations	Photos des fonds	Textures sédimentaires
M01_bis		Graviers
M03		Graviers sableux

<p>M02</p>		<p>Sables vaseux</p>
<p>M04</p>		<p>Sables vaseux</p>
<p>M05</p>		<p>Vases sableuses</p>

➤ **Analyse granulométrique par voie laser**

Les résultats de synthèse des granulométries laser aux stations profondes de sédiments fins sont présentés à la Figure 31. Ils corroborent les résultats de la granulométrie par tamisage. Les stations du Grand Trou et la station M05 sont dominées par les argiles et les limons.

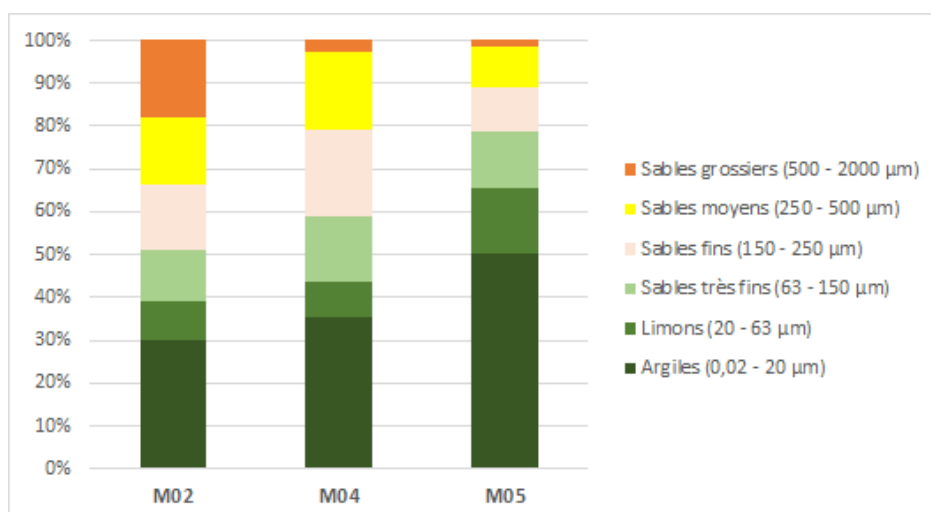


Figure 31. Synthèse des classes granulométriques par méthode laser aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

➤ **Taux de matière organique**

A l'instar de la granulométrie laser, les résultats de matière organique sont présentés uniquement pour les stations profondes, échantillonnées à la benne et caractérisées par des particules fines. Il sont présentés à la Figure 32.

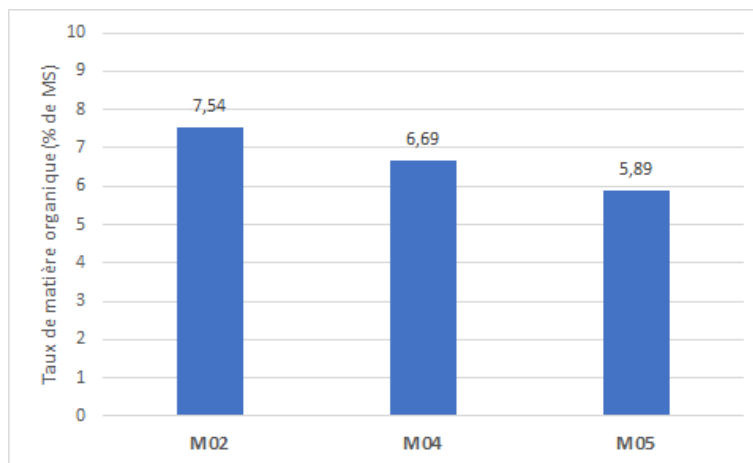


Figure 32. Taux de matière organique aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen (% de MS)

Les taux de matière organique sont proches et compris entre 5,9 et 7,54 % de matière sèche.

➤ **Carbone Organique Total (COT) et Aluminium (Al)**

Les résultats des concentrations en COT et Al sont présentés à la Figure 33. Les plus fortes concentrations en aluminium (Al) sont relevées à la station la plus vaseuse : un maximum de 20 300 mg/kg de MS pour l'aluminium est ainsi enregistrée à la station M05 et un maximum pour le COT de 12 500 mg/kg de MS est relevé à la station M02.

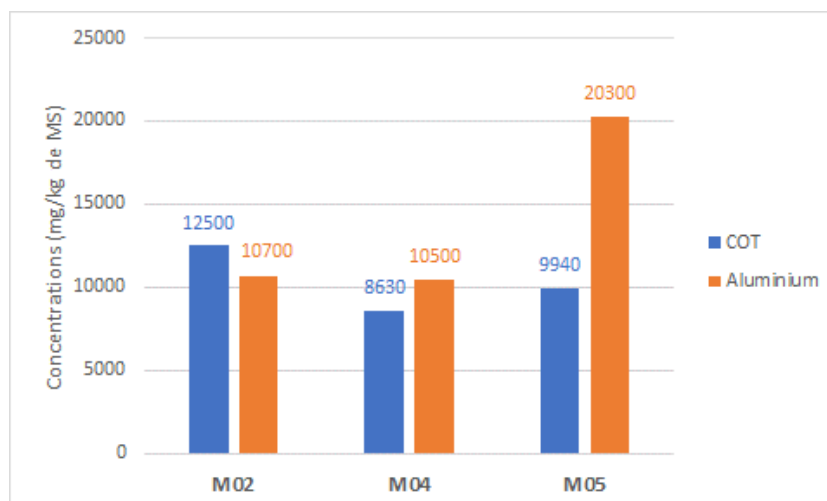


Figure 33. Concentrations en COT et Al aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen (% de MS)

4.3.2. Benthos

La liste brute d'espèces faunistiques inventoriées est présentée à l'Annexe 4.

➤ Richesse spécifique et densité

Les Figure 34 et Figure 36 présentent les richesses spécifiques totales et les densités /abondances respectivement pour les 3 stations échantillonnées à la benne Van Veen et pour les 2 stations échantillonnées à la drague.

Au total, sur les 5 stations confondues, ce sont 225 espèces/taxons qui ont été identifiés avec un total de 5 494 individus déterminés :

- Au sein des 3 stations échantillonnées à la benne, ce sont 101 espèces identifiées et 2 273 individus déterminés ;
- Au sein des 2 stations échantillonnées à la drague, ce sont 152 espèces identifiées et 3 221 individus déterminés

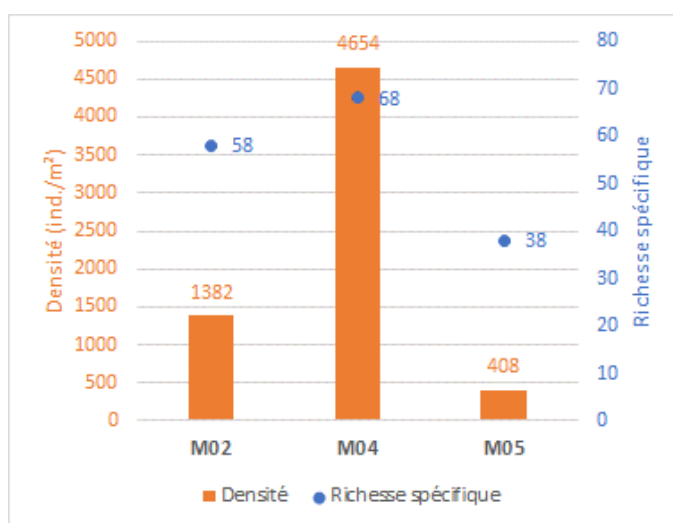


Figure 34. Richesse spécifique totale et densité aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

Au niveau du Grand Trou, les richesses spécifiques totales enregistrées aux stations M02 et M04 sont très proches avec environ 60 espèces chacune ; la station M05, moins profonde, affiche la plus faible richesse spécifique du secteur avec seulement 38 espèces. Les densités au sein du Grand Trou sont très hétérogènes avec plus de 4500 ind./m² à la station M04 contre seulement 1 382 ind./m² à la station M02. La station M05, affiche quant à elle une densité relativement faible avec moins de 500 ind./m².

Afin d'évaluer la variabilité intra-stationnelle des stations échantillonnées à la benne (5 réplicats), la richesse spécifique et la densité moyennes ainsi que les écart-type associés sont proposés pour chacune des 3 stations à la Figure 35. La tendance est identique avec les résultats de richesse spécifique totale et de densité présentés à la Figure 34. De plus, les écarts-types sont faibles, témoignant de la bonne homogénéité entre les 5 réplicats d'une même station.

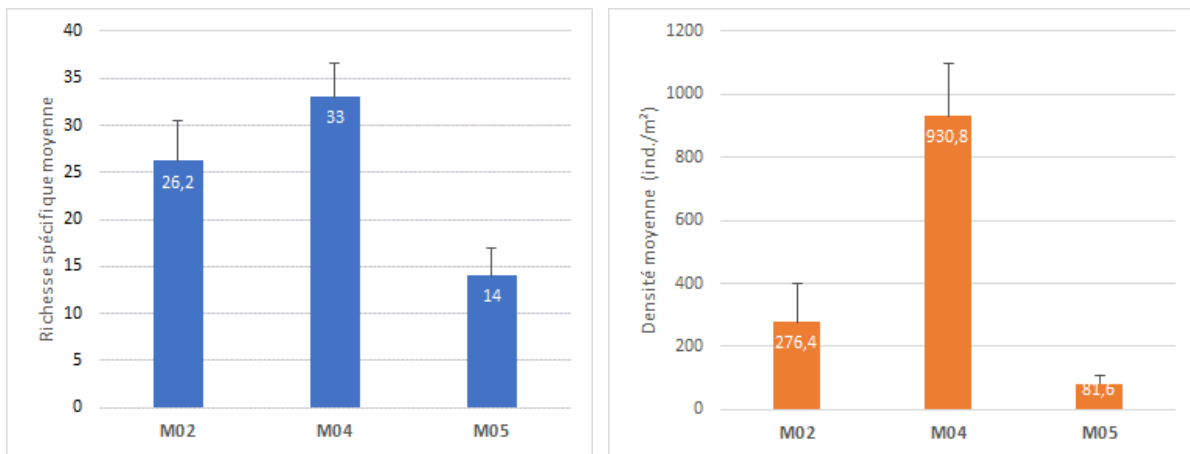


Figure 35. Richesses spécifiques moyennes (à gauche), densités moyennes (à droite) et écarts-type associés pour chacune des 3 stations échantillonnées à la benne Van Veen

Les 2 stations échantillonnées à la drague (M01_bis et M03) présentent des richesses spécifiques très proches et élevées avec plus de 100 espèces chacune ; les abondances sont en revanche deux fois plus importantes à la station M01_bis (2 248 ind./30L contre 972 ind./30L à la station M03).

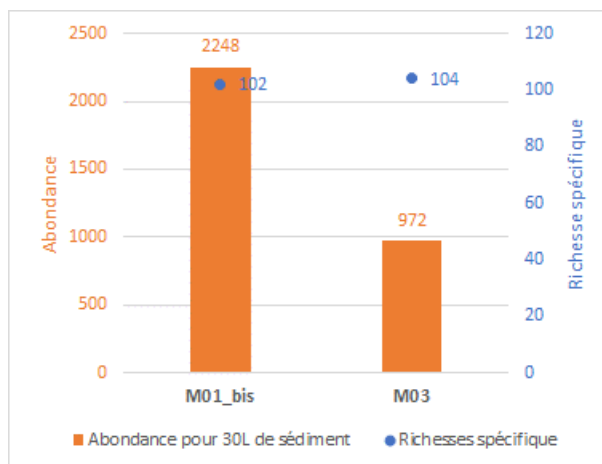


Figure 36. Richesse spécifique et densité aux 2 stations échantillonnées à la drague

➤ Indices de diversité et d'équitabilité

L'indice de diversité de Shannon relevé aux 3 stations échantillonnées à la benne est compris entre 3,54 (M05) et 4,01 (M02), désignant des diversités globalement homogènes et plutôt élevées d'après nos jeux de données (Figure 37). L'équitabilité apparaît légèrement plus faible à la station M04 (0,59) en raison de fortes abondances de l'ophiure *Amphiura filiformis* sur le peuplement.

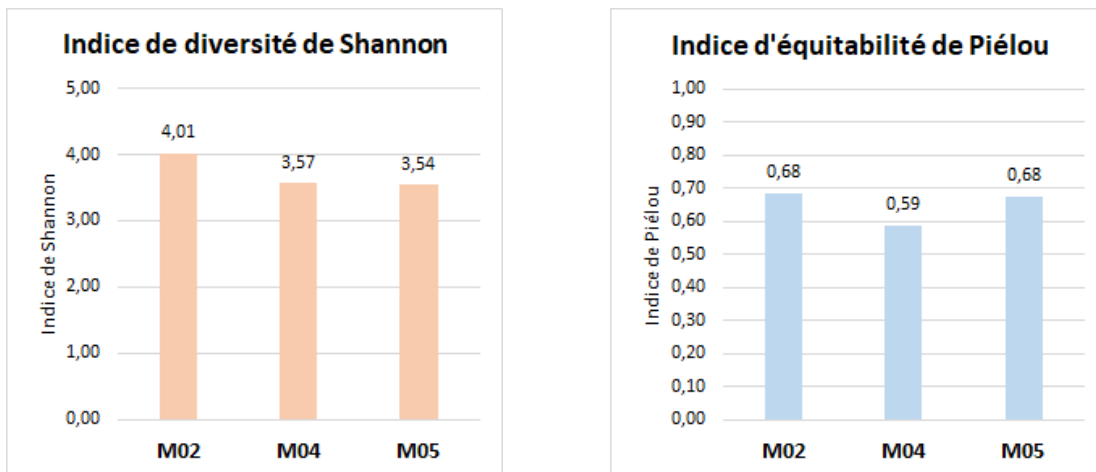


Figure 37. Indice de diversité (Shannon) et d'équitabilité (Piélou) aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

La station M01_bis, caractérisée par de fortes abondances de l'ophiure *Ophiothrix fragilis*, affiche la plus faible diversité (2,75) (Figure 38). Cela se traduit également au niveau de l'indice de Piélou qui reflète l'équilibre d'un peuplement, indépendamment de sa richesse spécifique. A la station M01_bis, celui-ci n'est que de 0,41 traduisant l'effet de dominance d'*Ophiothrix fragilis* sur le reste du peuplement. A la station M03, le peuplement apparaît mieux diversifié et mieux équilibré avec moins d'effets de dominance d'une ou deux espèces sur le reste du peuplement.

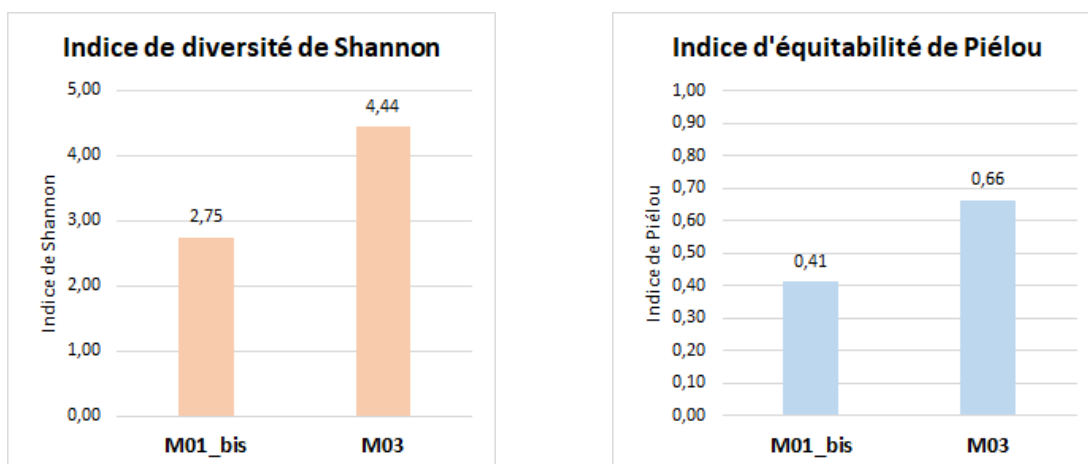


Figure 38. Indice de diversité (Shannon) et d'équitabilité (Piélou) aux 2 stations échantillonnées à la drague

➤ Groupes taxonomiques

La répartition des groupes taxonomiques aux 3 stations échantillonnées à la benne est proposée à la Figure 39. La station M05 est représentée majoritairement par les échinodermes avec principalement les ophiures *Ophiothrix fragilis* et *Amphiura filiformis*. La proportion des groupes taxonomiques apparaît plus équilibrée à la station M02 du Grand Trou, avec des proportions très similaires en annélides polychètes, échinodermes, amphipodes et autres crustacés (autour de 20%).

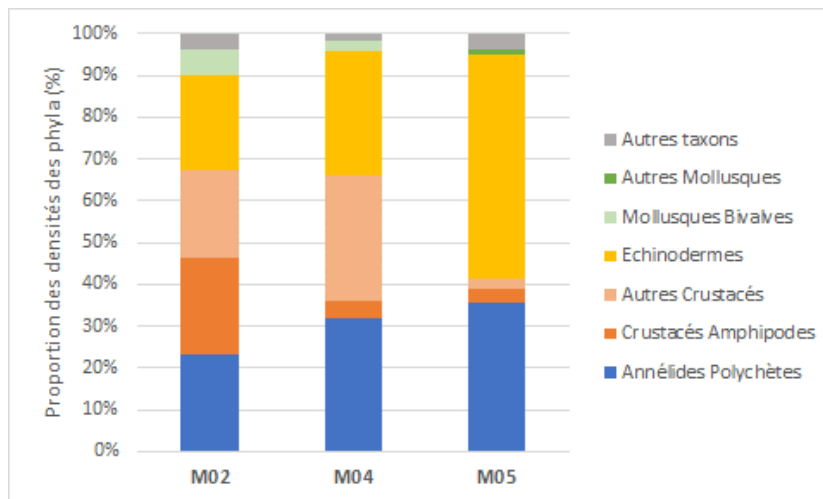


Figure 39. Proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

Les stations M01_bis et M03 sont représentées majoritairement par les échinodermes (Figure 40) avec principalement les ophiures *Ophiothrix fragilis* et *Ophiura albida*. Les annélides polychètes constituent le second groupe le mieux représenté à ces stations.

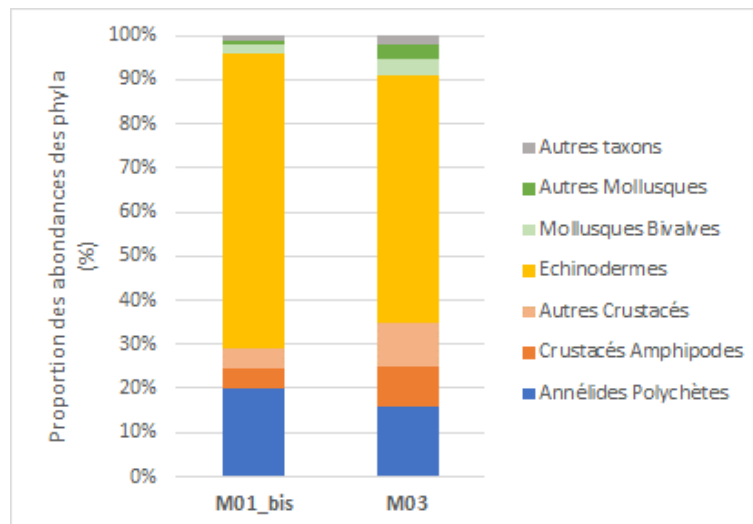


Figure 40. Proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance aux 2 stations échantillonnées à la drague

Le point commun aux 5 stations est la très faible proportion de mollusques au sein des peuplements, déjà observée lors de l'état de référence de 2019.

➤ **Biomasses**

Les biomasses totales enregistrées aux 3 stations échantillonnées à la benne apparaissent très homogènes, avec des valeurs oscillant autour de 4 g./m² à chaque station (Figure 41).

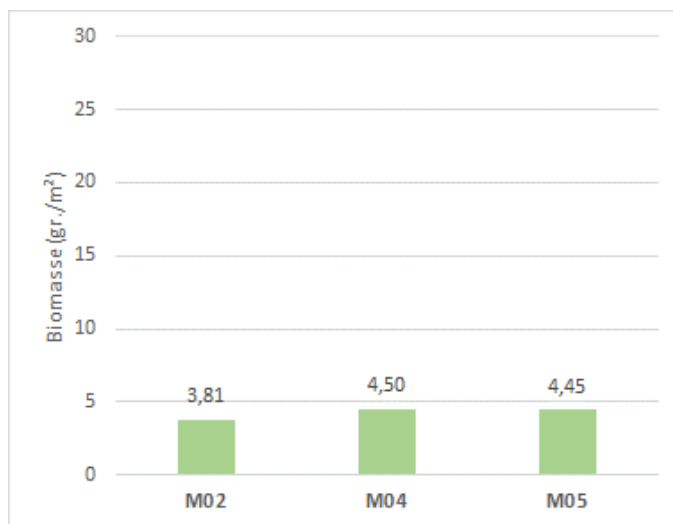


Figure 41. Biomasse totale aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

Les biomasses relevées aux stations grossières apparaissent plus hétérogènes avec un maximum de près de 25 g./m² à la station M01_bis (Figure 42).

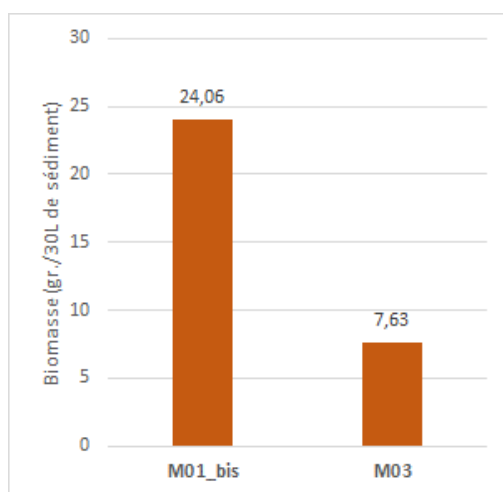


Figure 42. Biomasse totale aux 2 stations échantillonnées à la drague

Les annélides et les échinodermes contribuent le plus à la biomasse aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne (Figure 43).

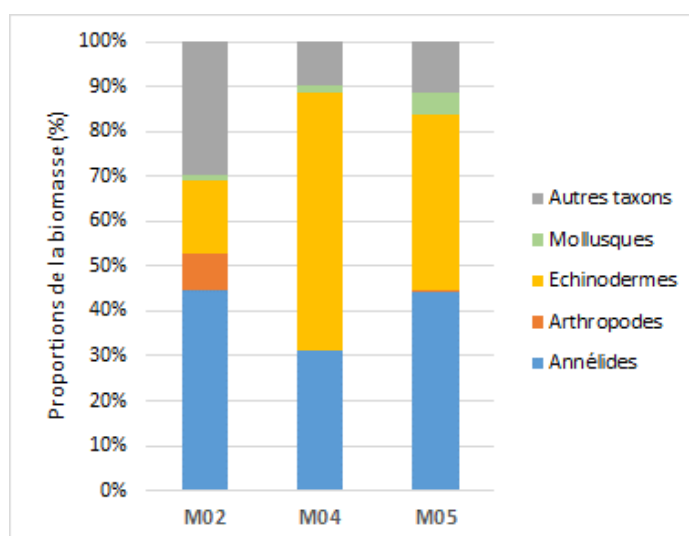


Figure 43. Proportion des biomasses par groupes taxonomiques aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

Les échinodermes sont responsables de la biomasse totale à la station M01_bis en raison des très fortes abondances de l'ophiure *Ophiothrix fragilis* à cette station (Figure 44). Les mollusques contribuent à hauteur de 30% de la biomasse totale à la station M03.

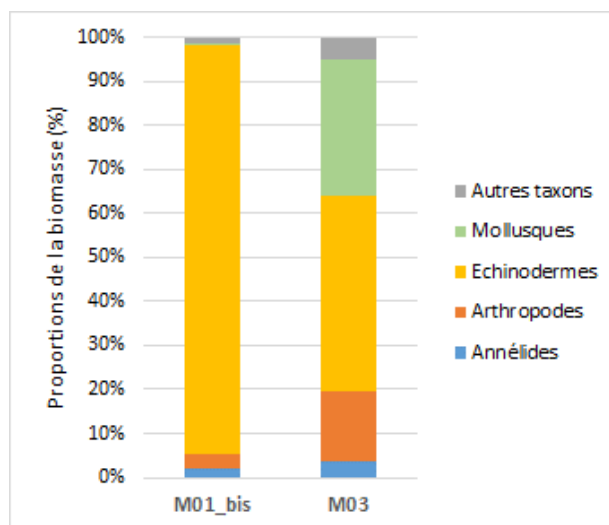


Figure 44. Proportion des biomasses par groupes taxonomiques aux 2 stations échantillonnées à la drague

➤ Groupes écologiques et indices associés

Aux stations plus profondes, localisées au niveau du Grand Trou (M02 et M04) et à proximité (M05), caractérisées par des sédiments plus fins, ce sont les espèces de groupe écologique II qui sont majoritaires (respectivement 49, 65 et 40%) représentées principalement par l'échinoderme *Amphiura filiformis* (Figure 45). Le groupe III est davantage représenté aux stations M02 et M04 avec principalement le crustacé amphipode *Haploops nirae* et l'annélide polychète *Paradoneis lyra*. Le groupe IV est présent à hauteur de 20% à la station M05, avec l'annélide polychète *Heteromastus filiformis*. Enfin, aucune espèce du groupe écologique V n'a été identifiée.

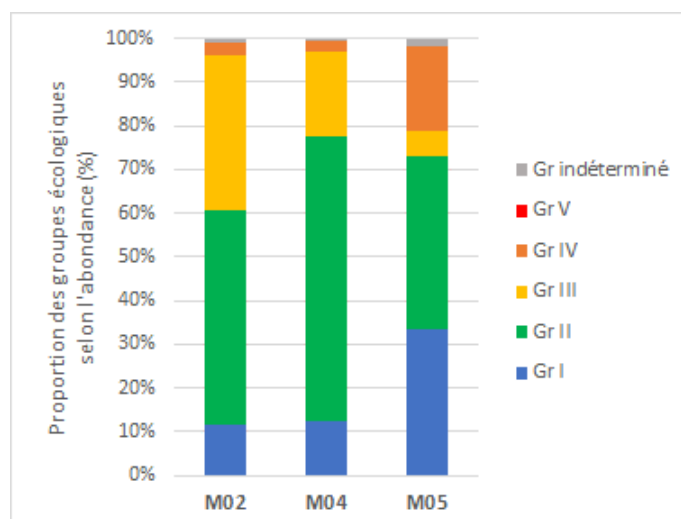


Figure 45. Proportion des groupes écologiques aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen

Aux stations de sédiments grossiers M01_bis et M03, le groupe écologique I prédomine avec respectivement 78 et 63% des densités d'espèces rattachées à ce groupe (Figure 46). Les groupes écologiques III, IV et V sont absents ou très peu représentés.

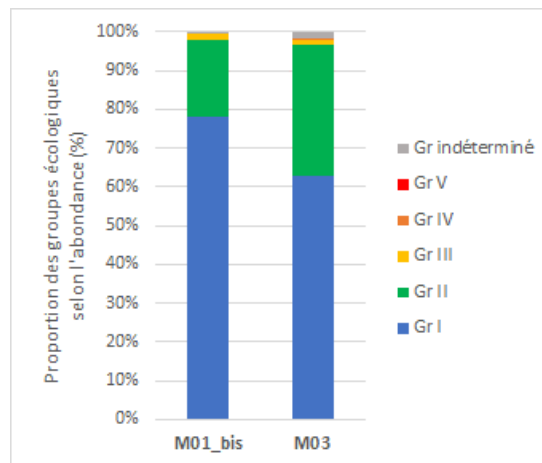


Figure 46. Proportion des groupes écologiques aux 2 stations échantillonnées à la drague

Ces résultats apparaissent cohérents avec les résultats de l'analyse granulométrique et de matière organique :

- les espèces de groupe écologique I, qualifiées de sensibles à une hypertrophisation du milieu, sont inventoriées aux stations où la granulométrie est la plus grossière avec peu de matière organique (stations M01_bis et M03) ;
- Les espèces de groupe écologiques II et III, sont indifférentes ou tolérantes à l'hypertrophisation, et naturellement présentes dans les sédiments plus fins, vaseux avec un taux de matière organique plus élevé (stations M02 et M04) ;
- Les espèces de groupe écologique IV prolifèrent dans des sédiments davantage vaseux et potentiellement réduits (cas de la station M05)

A partir de la proportion des groupes écologiques, il est possible de mettre en évidence l'état écologique des peuplements aux 5 stations par l'utilisation de l'AMBI. Une nouvelle fois, il convient de rappeler que l'indicateur AMBI reflète la qualité écologique d'un milieu par rapport à un possible enrichissement en matière organique. **Les résultats de cet indice sont donc à prendre avec précaution ici dans la mesure où l'effet attendu des travaux est davantage liée à une possible arrivée sur les fonds meubles périphériques de matériels grossiers calcaires issus des déblais de forage.**

Selon l'AMBI, les stations M01_bis et M03, les moins profondes, sont dans un « excellent » état écologique (Figure 48) et les stations plus profondes, M02, M04 et M05 sont en « bon » état écologique (Figure 47).

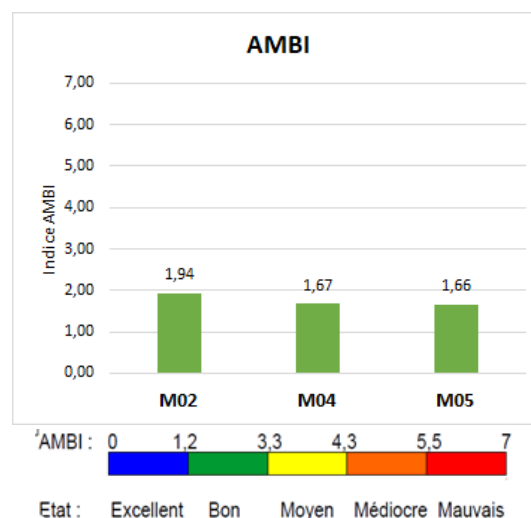


Figure 47. Valeurs de l'indice AMBI aux 3 stations profondes échantillonnées à la benne Van Veen et rappel de la grille de lecture

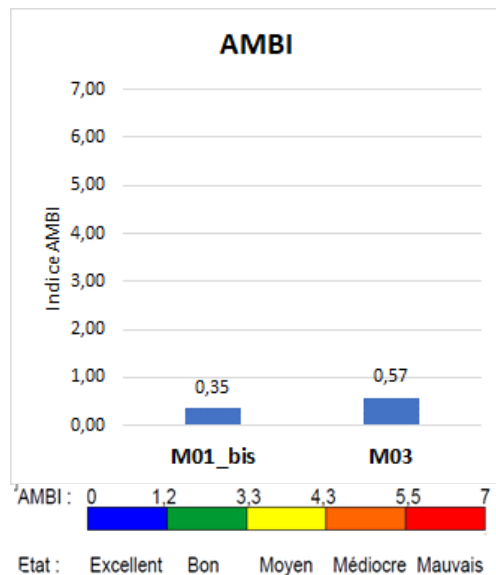
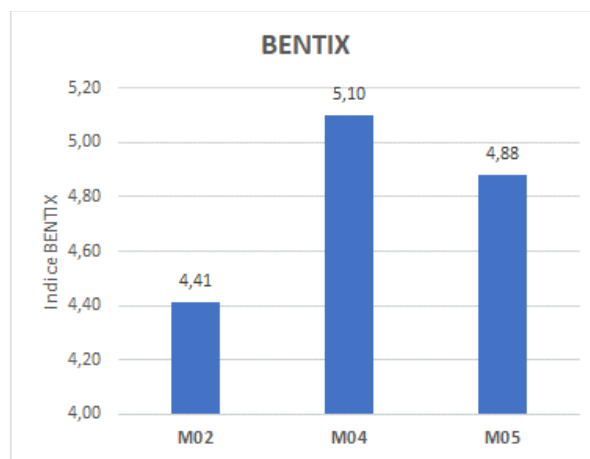


Figure 48. Valeurs de l'indice AMBI aux 2 stations échantillonnées à la drague et rappel de la grille de lecture

Selon le BENTIX, les 3 stations de sédiments vaseux échantillonnées à la benne, sont en « très bon » état écologique.



	Etat écologique					Références
	Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
BENTIX pour les vases	6 - 4	4 - 3	3.0 - 2.5	2.5 - 2	0	Simboura et Zenetos, 2002

Figure 49. Valeurs de l'indice BENTIX et grille de lecture pour les sédiments vaseux

➤ **Espèces principales**

La contribution spécifique des 10 espèces principales aux 5 stations est présentée aux Figure 50 à Figure 54.

- La station M01_bis est très largement dominée par l'échinoderme *Ophiothrix fragilis*. Les annélides polychètes du genre *Spirobranchus*, épifaune caractéristique des substrats durs, arrivent en seconde position avec moins de 10% de contribution. La station M03 est également dominée par les échinodermes : les ophiures *Ophiothrix fragilis*, *Ophiura albida* dominent le peuplement et l'oursin *Echinocyamus pusillus* arrive en 3^{ème} position avec 14% de contribution.

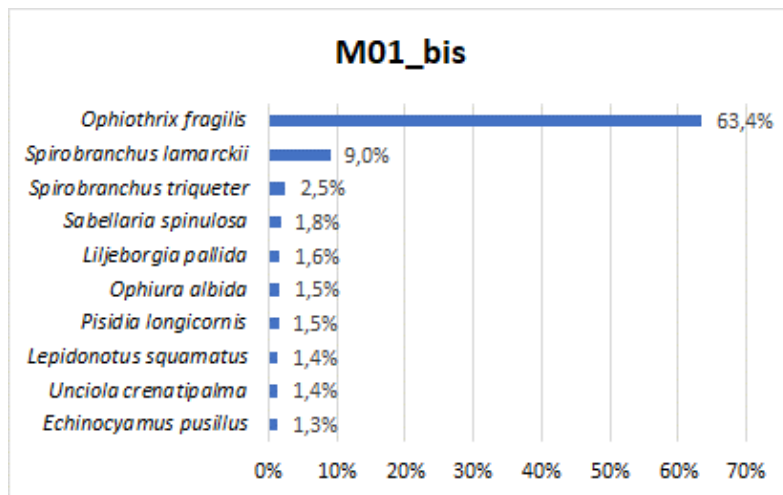


Figure 50. Contribution spécifique à la station M01_bis

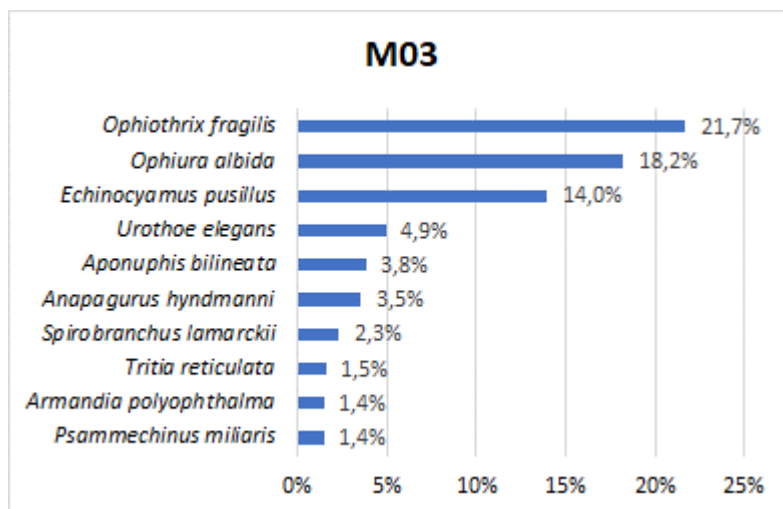


Figure 51. Contribution spécifique à la station M03

- Les stations du Grand Trou et la station M05 sont quant à elles dominées par l'échinoderme *Amphiura filiformis*. Le crustacé amphipode *Haploops nirae* est bien représenté à la station M02, de même que l'ophiure *Ophiothrix fragilis* à la station M05.

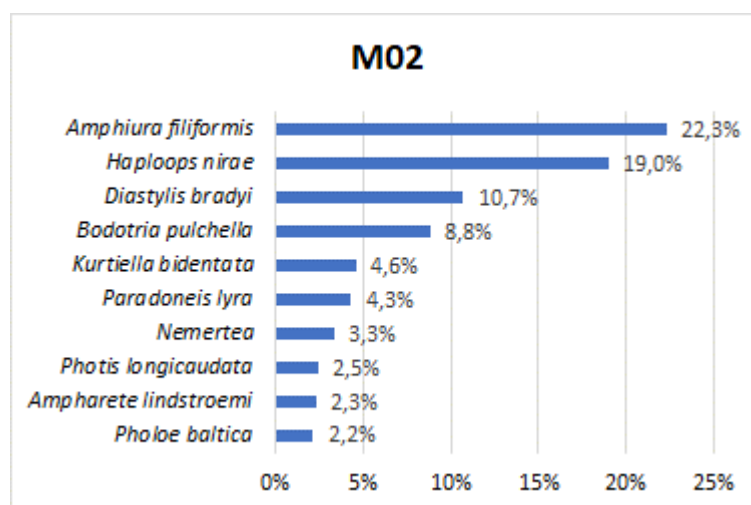


Figure 52. Contribution spécifique à la station M02

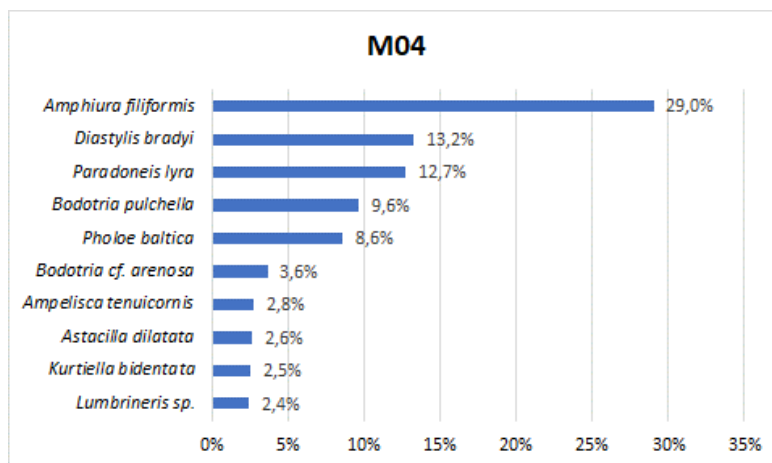


Figure 53. Contribution spécifique à la station M04

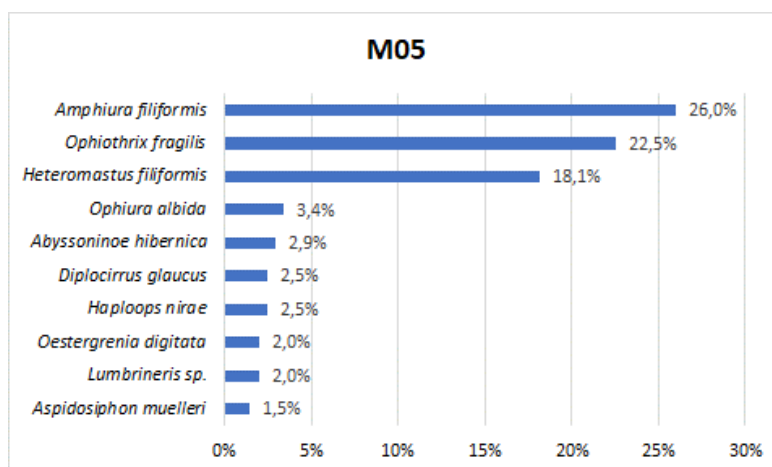


Figure 54. Contribution spécifique à la station M05

Par ailleurs, afin d'illustrer les principales espèces identifiées, une planche photographique est proposée à la Figure 55.

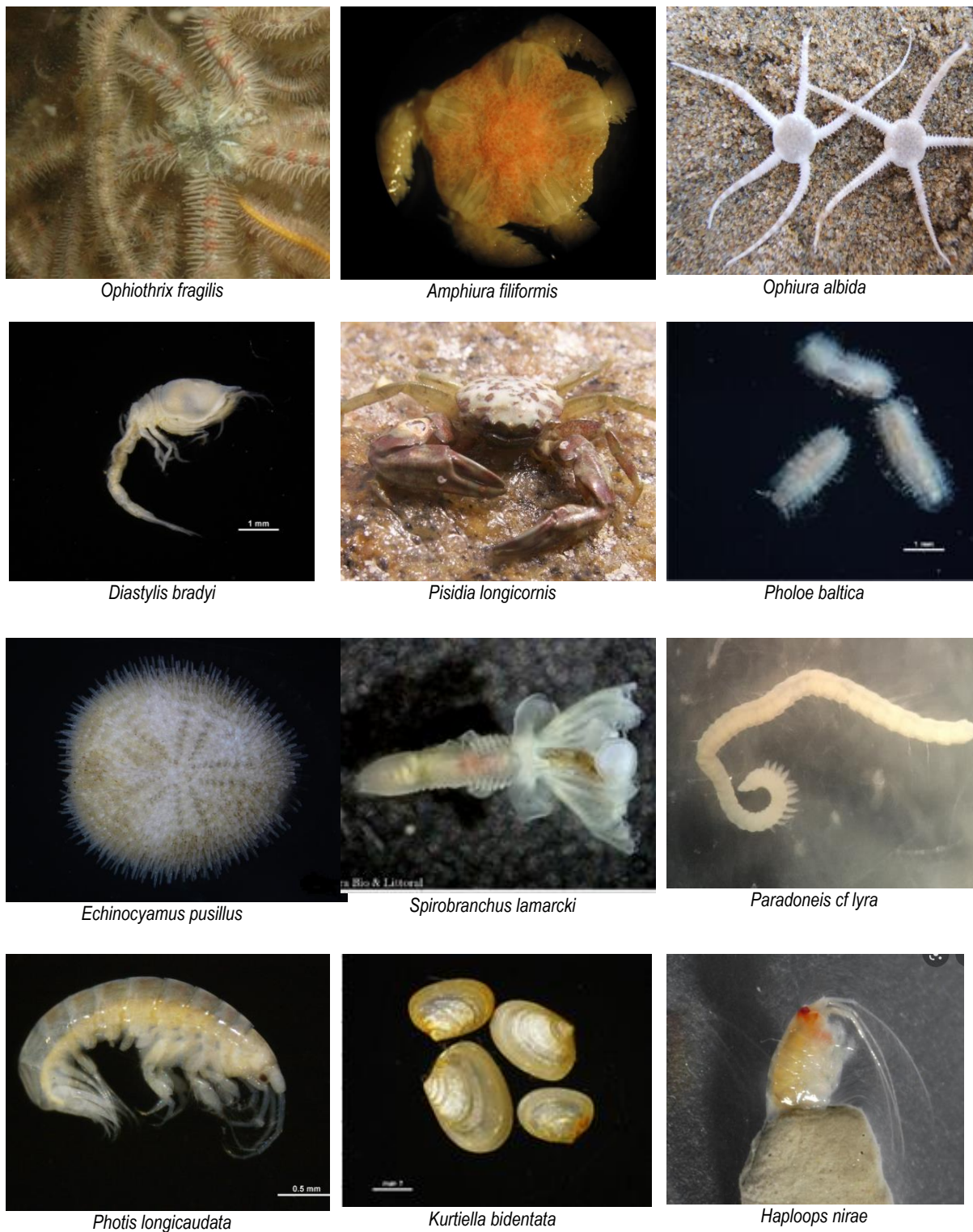


Figure 55. Planche photographique de quelques espèces bien représentées

➤ **Espèces non-indigènes**

Parmi les 158 espèces non indigènes recensées entre 2012 et 2017 au sein de la sous-région marine du Golfe de Gascogne dans le cadre de la DCSMM (Annexe 3 du rapport scientifique DCSMM de Massé C. et Guérin L., 2018), seul un individu du mollusque gastéropode *Crepidula fornicata* est recensé à la station M01.

➤ **Espèces ZNIEFF-mer :**

A partir du document établi par la DREAL Pays de la Loire (2014), les espèces déterminantes ZNIEFF Mer ont été recensées au Tableau 9.

Tableau 9. Liste des espèces déterminantes ZNIEFF sur les stations étudiées. Liste 1 = espèce en danger et/ou menacée / Liste 2 = espèce peu commune / Liste 5 = espèces autochtones rares / Liste 6 = espèces ingénieuses, rôle d'indicateur d'importance permettant un habitat diversifié

Espèces	Groupe taxonomique	Liste déterminante	M01	M03	M02	M04	M05	Occurrence
<i>Ampelisca spinimana</i>	Crustacés Amphipodes	6			X			1
<i>Ampelisca spinipes</i>	Crustacés Amphipodes	6	X					1
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	Crustacés Amphipodes	6	X			X		2
<i>Anomia ephippium</i>	Mollusques Bivalves	1,5	X					1
<i>Asthenognathus atlanticus</i>	Crustacés Décapodes	5			X		X	2
<i>Athanas nitescens</i>	Crustacés Décapodes	5	X					1
<i>Diodora graeca</i>	Mollusques Gastéropodes	5	X					1
<i>Gari tellinella</i>	Mollusques Bivalves	5		X				1
<i>Haploops nirae</i>	Crustacés Amphipodes	6		X				1
<i>Lanice conchilega</i>	Annélides Polychètes	6		X				1
<i>Mimachlamys varia</i>	Mollusques Bivalves	2	X					1
<i>Pagurus bernhardus</i>	Crustacés Décapodes	5		X				1
<i>Palliolium tigerinum</i>	Mollusques Bivalves	5		X				1
<i>Podarkeopsis capensis</i>	Annélides Polychètes	5			X	X		2
<i>Sabellaria spinulosa</i>	Annélides Polychètes	6	X	X				2
<i>Sphenia binghami</i>	Mollusques Bivalves	5	X					1
<i>Spisula elliptica</i>	Mollusques Bivalves	5	X			X		2
<i>Spisula solida</i>	Mollusques Bivalves					X		1
<i>Sternaspis scutata</i>	Annélides Polychètes	2					X	1
Nombre total d'espèces ZNIEFF : 19			9	6	3	4	2	

Sur l'ensemble des 5 stations, 19 espèces déterminantes ZNIEFF sont recensées, dont :

- 1 est en « danger » ;
- 2 sont « peu communes » (liste 2) ;
- 10 sont « autochtones rares » (liste 5) ;
- 6 sont « ingénieuses » (liste 6) ;

Les stations aux sédiments les plus grossiers, M01_bis et M03, hébergent le plus grand nombre d'espèces déterminantes ZNIEFF, avec un maximum de 9 espèces à la station M01_bis.

4.3.3. Habitats bio-sédimentaires

A partir des résultats de l'analyse granulométrique, de l'analyse des peuplements benthiques et des vidéos sous-marines, 2 habitats bio-sédimentaires ont été identifiés selon les typologies MNHN et EUNIS (Tableau 10 et Figure 56) :

- **C3-1.1.1 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile avec *Ophiothrix fragilis***

Cet habitat identifié au niveau des stations M01_bis et M03, est représenté par des graviers grossiers et des blocs colonisés par de l'épifaune. Les espèces d'annélides polychètes sessiles *Spirobranchus triqueter* et *Sabellaria spinulosa* sont caractéristiques. D'autres espèces d'épifaunes vagiles sont bien représentées comme l'ophiure *Ophiothrix fragilis* ou encore le crustacé *Pisidia longicornis*.

- **C6-1.3 Vases sableuses du circalittoral côtier à *Amphiura filiformis* et *Ennucula tenuis***

Cet habitat identifié au niveau des stations du Grand Trou et de la station M05 est représenté par des sédiments vaseux, localisées en eau plus profonde et caractérisées par des populations denses de l'ophiure *Amphiura filiformis*. L'ophiure *Ophiura albida* est également une espèce caractéristique de cet habitat.








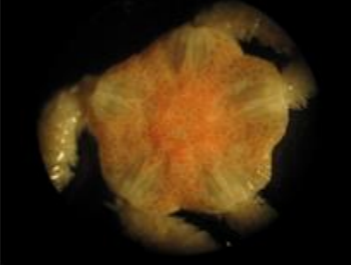


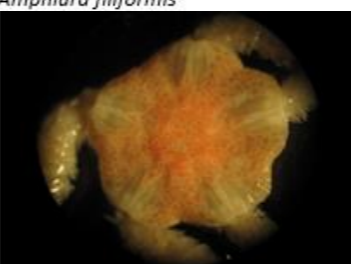


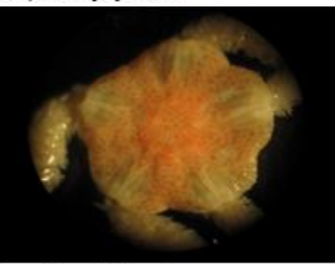

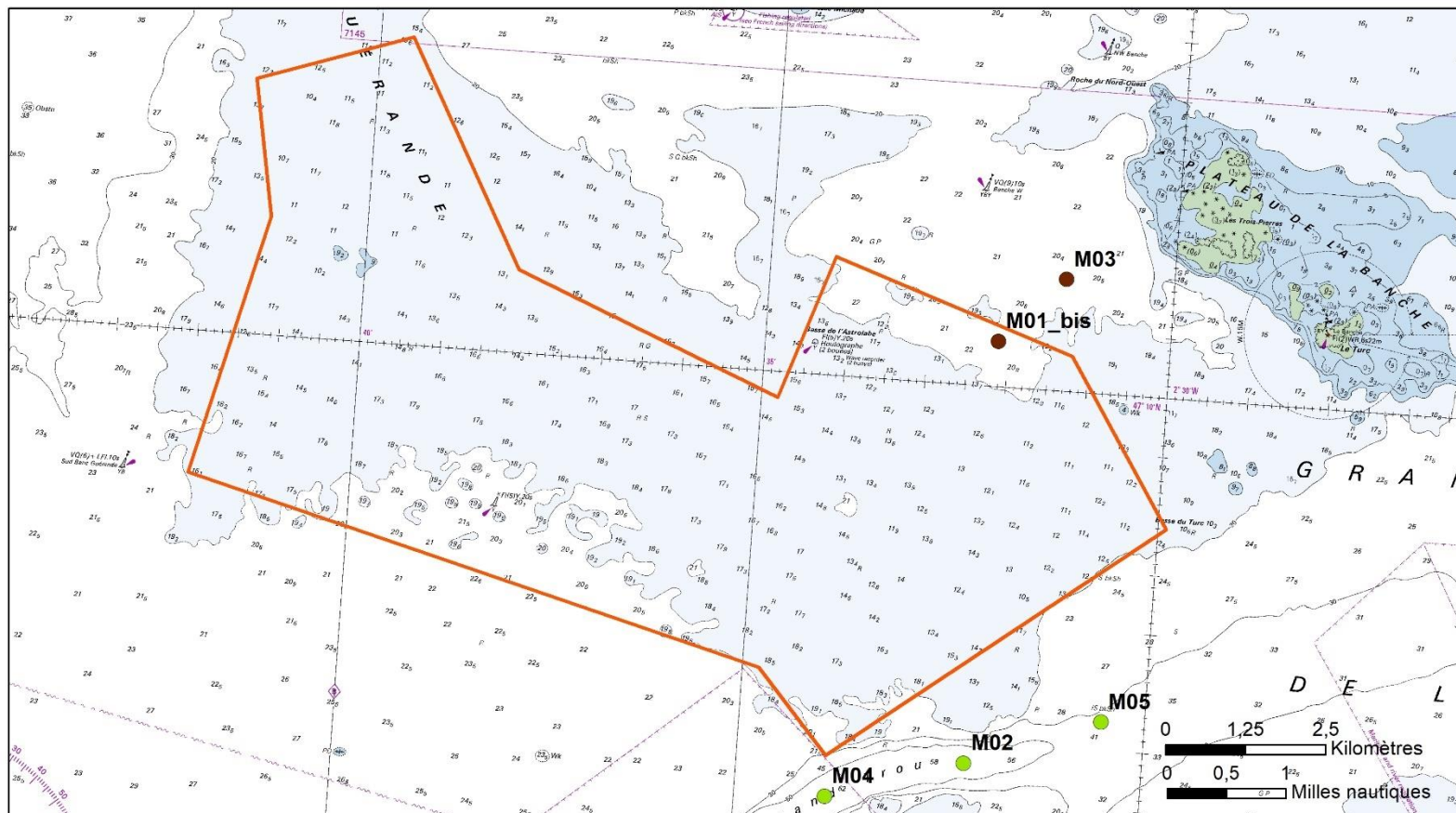
Stations	Prof (CM)	Photos des fonds	Textures sédimentaires	Espèces caractéristiques		Habitat (Typologie MNHN, V3, 2019)	Habitat (Typologie EUNIS)
M01_bis	25m		Graviers	 <i>Spirobranchus lamarcki</i>	 <i>Ophiothrix fragilis</i>	C3-1.1.1 - Cailloutis circalittoraux côtiers à épibiose sessile avec <i>Ophiothrix fragilis</i>	A5.14 Circalittoral coarse sediment
M03	26m		Graviers sableux	 <i>Pisidia longicomis</i>	 <i>Ophiothrix fragilis</i>		
M02	64m		Sables vaseux	 <i>Amphiura filiformis</i>	 <i>Diastylis bradyi</i>	C6-1.3 Vases sableuses du circalittoral côtier à <i>Amphiura filiformis</i> et <i>Ennucula tenuis</i>	A5.353 [<i>Amphiura filiformis</i>] and [<i>Nuculoma tenuis</i>] in circalittoral and offshore muddy sand
M04	64m		Sables vaseux	 <i>Amphiura filiformis</i>	 <i>Diastylis bradyi</i>		
M05	41m		Vases sableuses	 <i>Amphiura filiformis</i>	 <i>Ophiura albida</i>		

Tableau 10. Habitats de substrats meubles selon les typologies MNHN et EUNIS

Habitats bio-sédimentaires identifiés au printemps 2022 selon la typologie MNHN v3



Légende

Habitats bio-sédimentaires (typologie MNHN v3)

- C3-1.1.1 / Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile avec *Ophiothrix fragilis*
- C6-1.3 / Vases sableuses du circalittoral côtier à *Amphura filiformis* et *Ennucula tenuis*

Projection : RGF Lambert 93
Date : Aouf 2022
Réalisation : IDRA Bio & Littoral
Sources : SHOM Carte marine 7395

Figure 56. Habitats bio-sédimentaires identifiés au printemps 2022 selon la typologie MNHN

4.4. COMPARAISON ENTRE L'ETAT DE REFERENCE (AUTOMNE 2019) ET LE SUIVI EN PHASE TRAVAUX (PRINTEMPS 2022)

4.4.1. Généralités

Les données granulométriques et benthiques acquises au printemps 2022 en phase travaux sont comparées dans ce chapitre avec les données acquises lors de l'état de référence réalisé par IDRA Bio & Littoral à l'automne 2019. Seules les 2 stations du Grand Trou M02, M04 et la station M03 sont concernées. En effet, la station M05 n'avait pas été échantillonnée lors de l'état de référence et la station M01_bis a dû être décalée d'environ 800m au Nord-Ouest par rapport à sa coordonnée de 2019 (M01), en raison des travaux.

Les 2 stations du Grand Trou avait également fait l'objet d'une campagne d'échantillonnage supplémentaire au printemps 2020. Les données benthiques de cette campagne sont donc également intégrées dans ce chapitre.

Il est important de rappeler que les prélèvements de l'état de référence d'automne 2019 et ceux du printemps 2020 aux 2 stations du Grand Trou, ont été réalisés à hauteur de 3 réplicats de 0,1m² pour l'analyse de la macrofaune benthique contre 5 réplicats lors de la campagne en phase travaux du printemps 2022.

Les données de l'état initial mené par TBM en 2013, ne sont pas intégrées dans ce rapport car les stations échantillonnées diffèrent. Toutefois, les grandes tendances qui se dégagent (comme les habitats benthiques identifiés par exemple) viennent alimenter la réflexion. D'autres données (RTE) issues d'une campagne de prélèvement réalisée au printemps 2022 sur la zone du raccordement du parc, n'ont pu être intégrées à ce rapport, faute de mise à disposition à ce jour.

4.4.2. Granulométrie

L'évolution de la composition granulométrique aux 3 stations déjà échantillonnées lors de l'état de référence à l'automne 2019, est proposée à la Figure 57. De manière générale, une diminution de la proportion des particules fines au profit des sédiments plus grossiers est observée aux 3 stations :

- A la station M03, la proportion de graviers et blocs augmente de 30 à 53% au détriment des graviers fins et surtout des sables moyens. La proportion de sables grossiers est en revanche stable entre 2019 et 2022 (31%) ;
- Aux stations M02 et M04, les taux de particules fines (inférieures à 63µm) chutent de 51 à 26% au profit des sables moyens, des sables grossiers et des graviers fins.

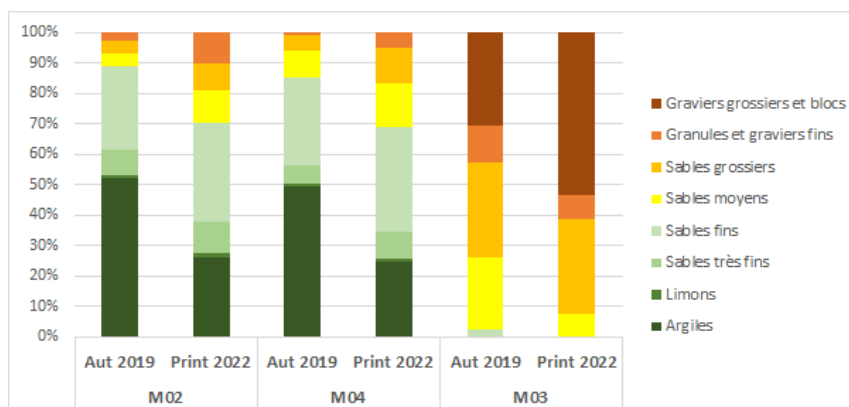


Figure 57. Comparaison de la composition granulométrique aux 3 stations échantillonnées lors de l'état de référence de 2019

L'évolution des textures sédimentaires aux 3 stations échantillonnées lors de l'état de référence est proposée au Tableau 11. A l'exception de la station M03, toujours qualifiée en graviers sableux, les 2 stations du Grand Trou voient leurs textures sédimentaires évoluer dans le sens d'une diminution en particules fines.







Tableau 11. Evolution des textures sédimentaires aux 3 stations de l'état de référence

	Automne 2019	Printemps 2022
M03	Graviers sableux	Graviers sableux
M02	Vases sableuses	Sables vaseux
M04	Vases sableuses	Sables vaseux

Même s'il est difficile d'affirmer quoi que ce soit à ce stade, l'hypothèse d'une dispersion de la portion la plus fine des déblais de forage (sables moyens à grossiers) au sein du Grand Trou n'est pas à exclure, comme le suggèrent les résultats de la modélisation de la dispersion des déblais de forage : dispersion sous l'effet du courant selon une orientation nord-est – sud-ouest, favorisée par les épisodes de fort hydrodynamisme en période hivernale, avec dépôt résiduel possible dans le Grand Trou.

Malgré tout, les extractions d'images issues des séquences vidéos ne montrent pas d'évolutions « visibles » en lien avec les déblais de forage, aux stations M02, M04 et M03 entre ce suivi en phase construction et l'état de référence de 2019 (Tableau 12).

Tableau 12. Comparaison des photos du sédiment in situ entre 2019 et 2022

	Etat de référence 2019	Construction 2022
M03		
M02		
M04		

A titre d'exemple, des images de déblais de forage, fournies par EDF RE, sont proposées à la Figure 58. Les dépôts apparaissent très denses, saillants et non colonisés par la faune ou flore encroûtante.



Figure 58. Déblais de forage aux stations F06 (à gauche) et A06 (à droite)

4.4.3. Benthos

➤ Richesse spécifique et densité

La Figure 59 présente l'évolution de la richesse spécifique totale et de la densité aux 2 stations du Grand Trou. A la station M02, la richesse spécifique et la densité sont maximales au printemps 2022 : la richesse spécifique est ainsi près de 3 fois supérieures et la densité plus de 6 fois supérieures à celles du printemps 2020. A la station M04, les valeurs enregistrées au printemps 2022 sont proches de celles relevées à l'automne 2019 et assez nettement supérieures à celles relevées au printemps 2020.

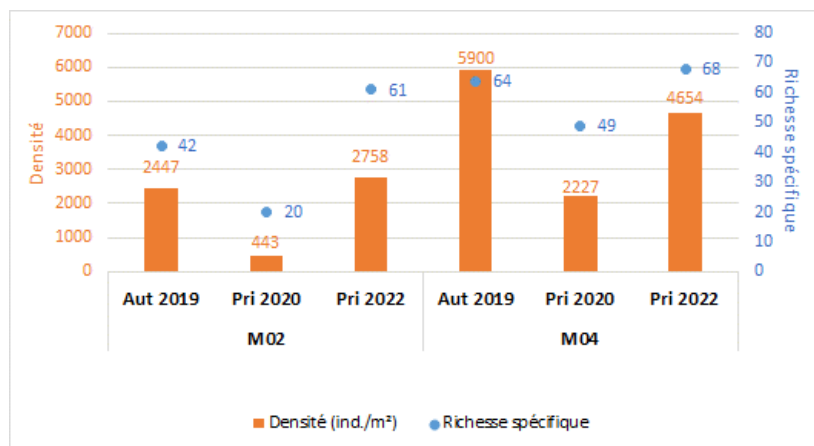


Figure 59. Evolution de la richesse spécifique et densité aux 2 stations du Grand Trou

La Figure 60 présente l'évolution de la richesse spécifique totale et de la densité à la station M03. La richesse spécifique apparaît assez nettement supérieure au printemps 2022 avec plus de 100 espèces identifiées contre seulement 80 au printemps 2020 ; les densités sont en revanche identiques.

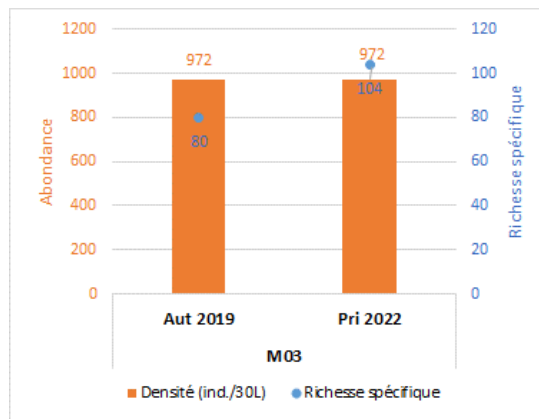


Figure 60. Evolution de la richesse spécifique et densité à la station M03

➤ **Indices de diversité et d'équitabilité**

La diversité et l'équitabilité enregistrées à la station M04 apparaissent très stables au cours des différentes campagnes (Figure 61). La diversité enregistrée à la station M02 est en revanche nettement meilleure au printemps 2022, en raison de la plus forte richesse spécifique.

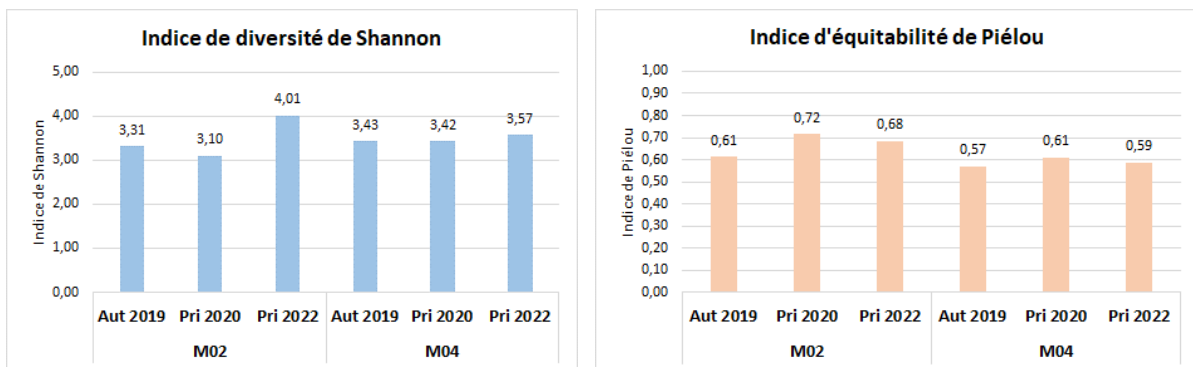


Figure 61. Evolution des indices de diversité (Shannon) et équitabilité (Piélou) aux 2 stations du Grand Trou

La diversité et l'équitabilité enregistrées à la station M03 apparaissent très stables au cours des deux campagnes (Figure 62).

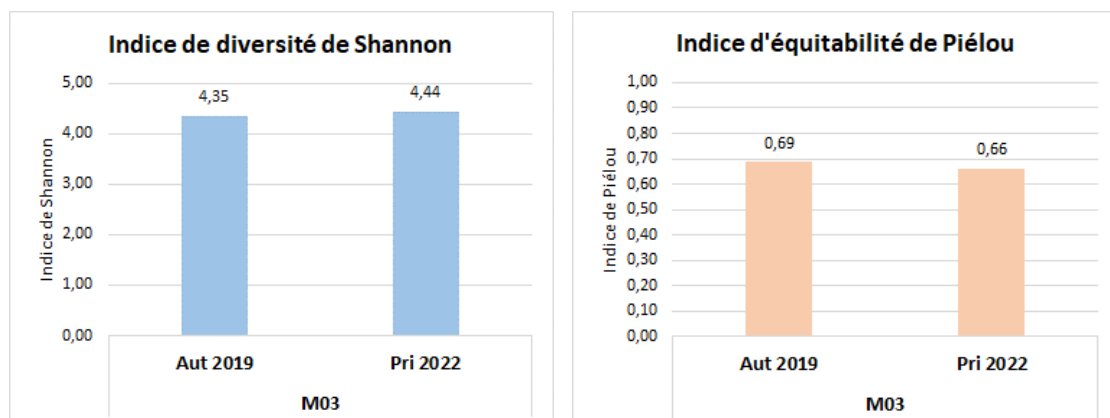


Figure 62. Evolution des indices de diversité (Shannon) et équitabilité (Piélou) à la station M03

➤ **Groupes taxonomiques**

Au printemps 2022, les proportions des groupes taxonomiques apparaissent plus équilibrées aux stations M02 et M04, avec des proportions presque identiques entre les annélides polychètes, les amphipodes, les cumacés (autres crustacés) et les échinodermes (Figure 63).

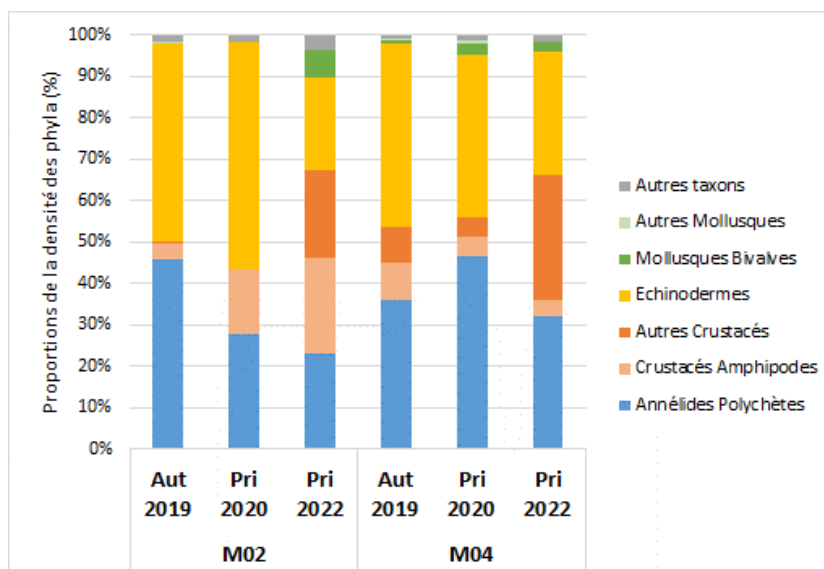


Figure 63. Evolution de la proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance aux 2 stations du Grand Trou

A la station M03, les échinodermes voient leur proportion augmenter fortement au printemps 2022, en raison des fortes abondances d'*Ophiothrix fragilis* et d'*Ophiura albida* (Figure 64).

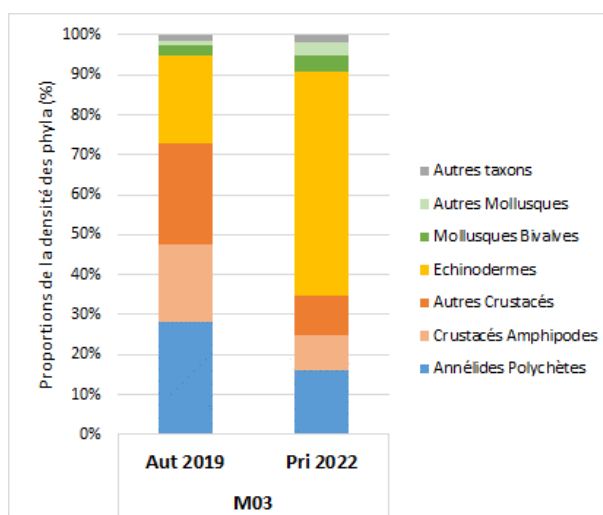


Figure 64. Evolution de la proportion des groupes taxonomiques selon l'abondance à la station M03

➤ Groupes écologiques et indices associés

Les proportions des groupes écologiques enregistrées aux 2 stations du Grand Trou présentent peu d'évolution au cours des différentes campagnes (Figure 65). Les stations M02 et M04 sont toujours dominées nettement par le groupe écologique II (minimum de 49% à la station M02 au printemps 2022).

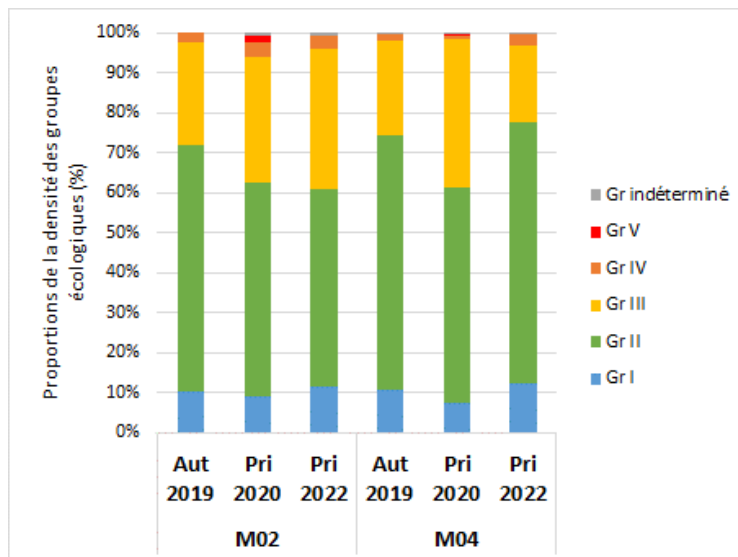


Figure 65. Evolution de la proportion des groupes écologiques selon l'abondance aux 2 stations du Grand Trou

Les proportions des groupes écologiques apparaissent très proches à la station M03 entre l'automne 2019 et le printemps 2022, le groupe écologique I étant toujours largement majoritaire (>60%) (Figure 66).

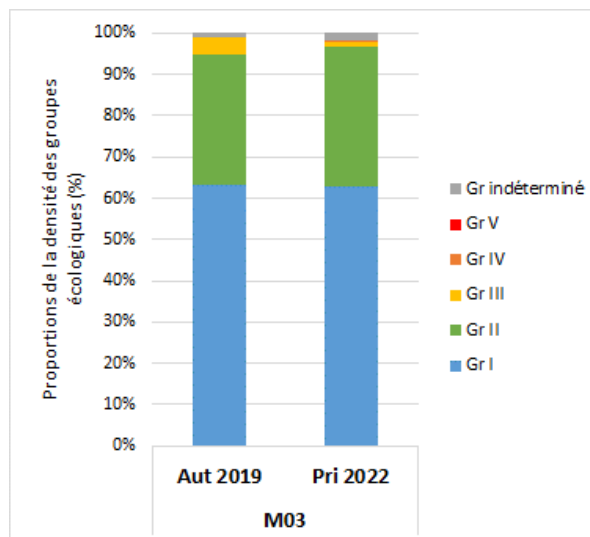


Figure 66. Evolution de la proportion des groupes écologiques selon l'abondance à la station M03

A partir de la proportion des groupes écologiques, il est possible de mettre en évidence l'état écologique des peuplements. Aux stations du Grand Trou, l'AMBI présente peu de variation au cours des campagnes et se maintient dans un « bon » état écologique (Figure 67) ; l'état écologique est également stable entre l'état de référence et la campagne en phase travaux et qualifié « d'excellent » à la station M03 (Figure 68).

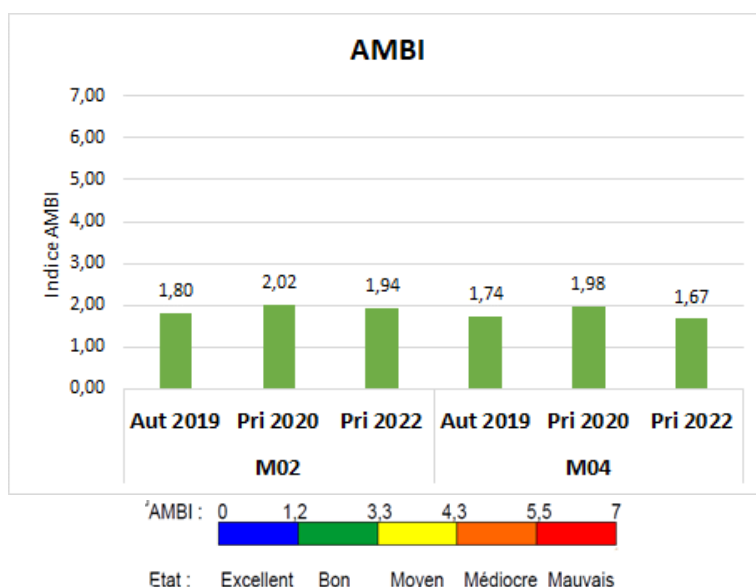


Figure 67. Valeurs de l'indice AMBI aux 2 stations du Grand Trou et rappel de la grille de lecture

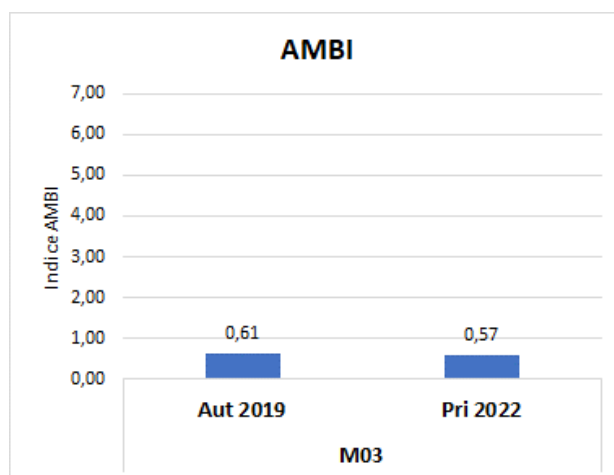


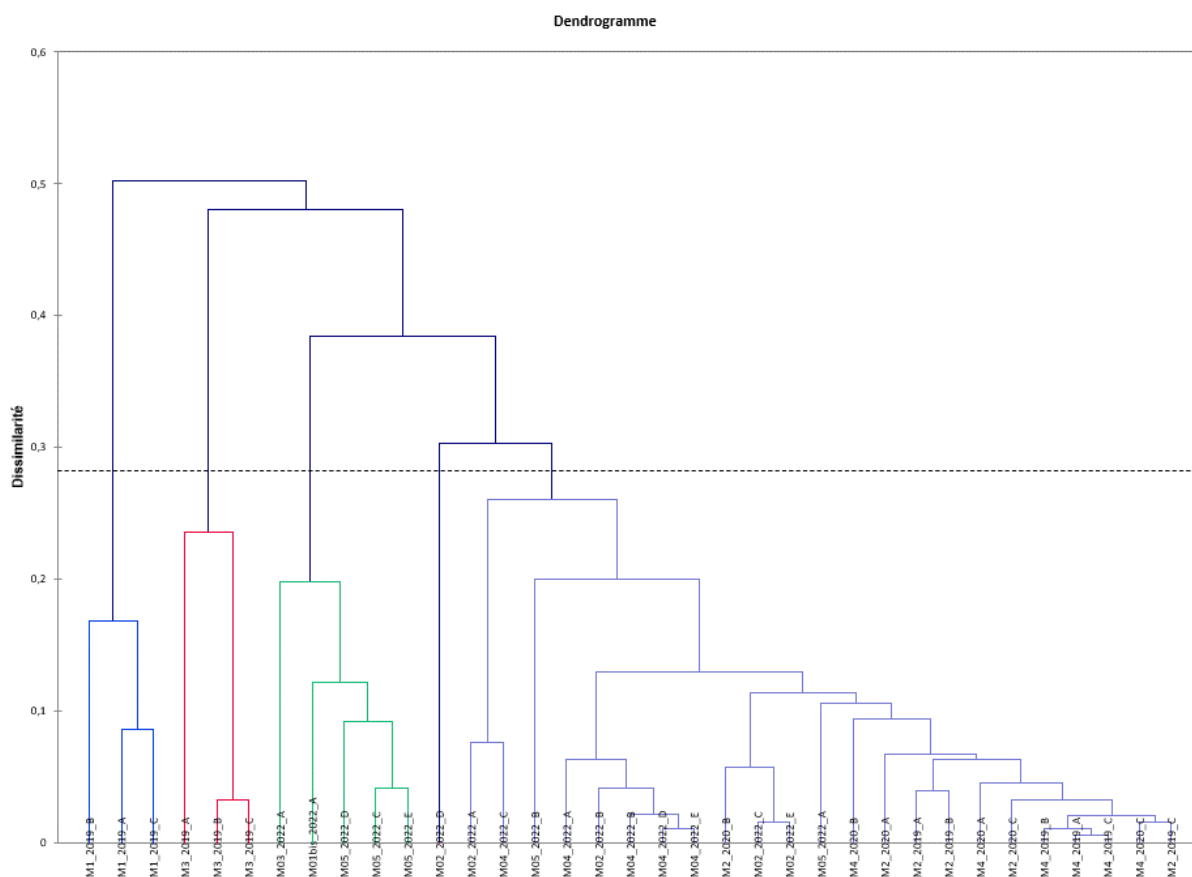
Figure 68. Valeurs de l'indice AMBI à la station M03

➤ **Evolution des peuplements**

Afin d'évaluer l'évolution des peuplements aux 5 stations entre l'automne 2019, le printemps 2020 et le printemps 2022, une CAH a été réalisée. Compte-tenu du faible nombre de stations échantillonnées, celle-ci consiste à regrouper les différents réplicats des stations sous la forme d'un dendrogramme dont la similarité entre les différents réplicats s'effectue selon la composition spécifique et l'abondance des espèces (données centrées et réduites). La méthode utilisée est la dissimilarité de Pearson selon le lien moyen.

La classification Ascendante Hiérarchique met en évidence 5 assemblages délimités par un seuil de dissimilarité de 28% (Figure 69) :

- Les 3 réplicats de la station M01 à l'automne 2019 ;
- Les 3 réplicats de la station M03 à l'automne 2019 ;
- Les 2 stations M01_bis et M03 du printemps 2022 avec 3 réplicats parmi les 5 de la station M05 du printemps 2022 ;
- Un réplicat isolé de la station M02 au printemps 2022 ;
- L'ensemble des réplicats des stations du Grand Trou aux 3 années de suivi (2019, 2020 et 2022) et 2 réplicats de la station M05 ;



Une seconde CAH est proposée à la Figure 70, en « sortant » du jeu de données les espèces mobiles/agrégatives telles que les 3 espèces d’ophiures localement abondantes (*Ophiothrix fragilis*, *Amphiura filiformis*, *Ophiura albida*) créant un potentiel biais dans l’analyse des peuplements.

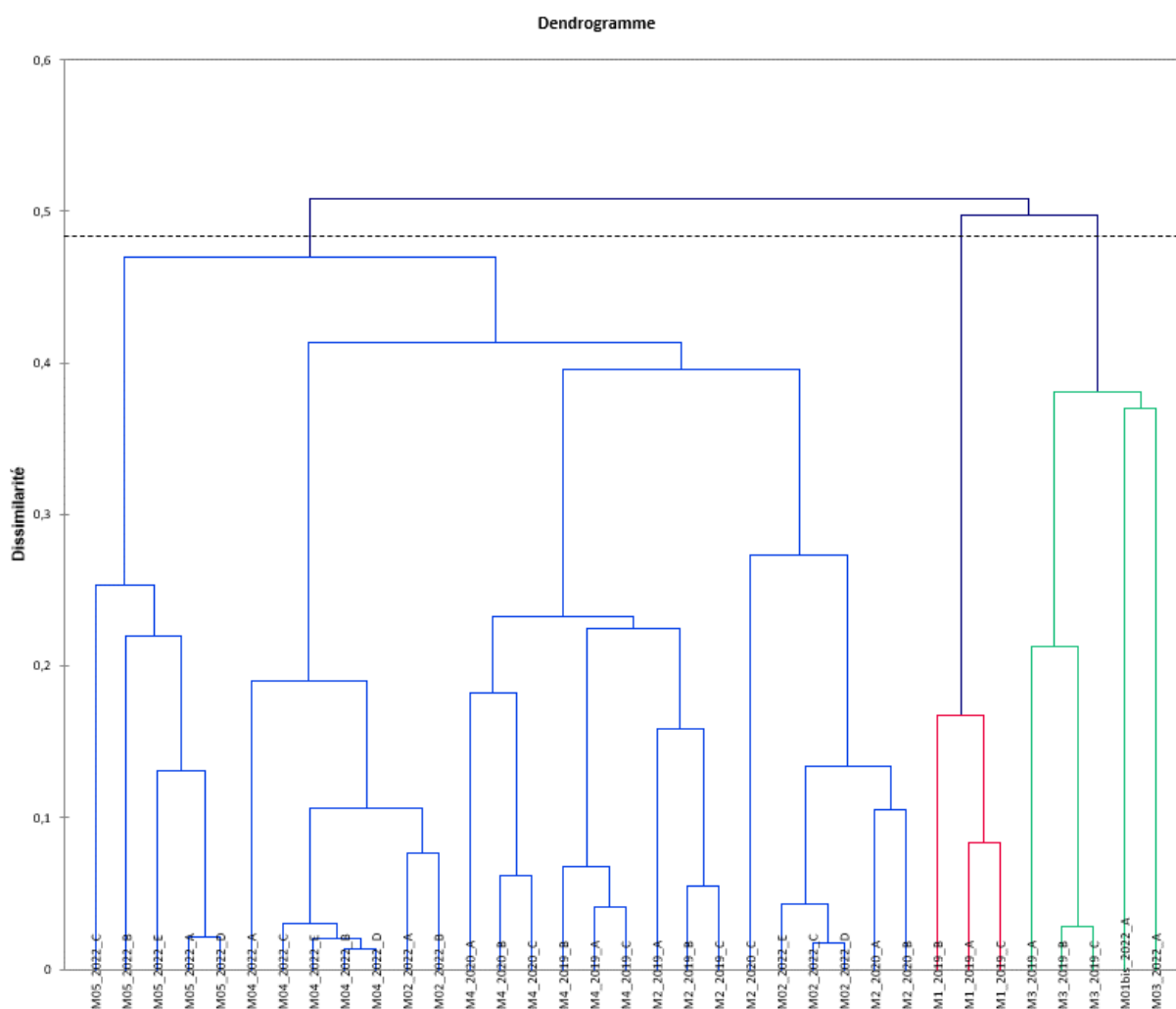


Figure 70. Classification Ascendante Hiérarchique obtenue à partir de la matrice espèces/stations sans les 3 espèces d'ophiures dominantes (dissimilarité de Pearson selon le lien moyen)

De cette nouvelle CAH, seuls 3 assemblages sont observés pour un seuil de dissimilarité de 48% :

- Les 3 réplicats de la station M01 à l'automne 2019 ;
- Les 3 réplicats de la station M03 à l'automne 2019 ainsi que les 2 stations drague M01_bis et M03 du printemps 2022 ;
- L'ensemble des réplicats des stations du Grand Trou aux 3 années de suivi ainsi que les 5 réplicats de la station M05 au printemps 2022.

Les peuplements identifiés à la station M01_bis diffèrent entre les 2 années de suivi, passant des sables grossiers et graviers circalittoraux côtiers en 2019 (M01) aux cailloutis circalittoraux à épibiose sessile avec *Ophiothrix fragilis* (M01_bis). Toutefois, cette évolution identifiée du peuplement est à mettre en lien avec le déplacement de la station d'environ 800m.

Les peuplements identifiés au niveau du Grand Trou apparaissent stables dans le temps.

A la station M03, les peuplements sont toujours caractérisés par des cailloutis circalittoraux à épibiose sessile ; toutefois en 2022, ceux-ci sont caractérisés par la présence d'*Ophiothrix fragilis* en abondance. Il convient toutefois de préciser que cette espèce vagile, forme des bancs très mobiles dans le temps, susceptibles de se déplacer de quelques mètres d'une année sur l'autre.

L'étude menée par TBM en 2013 avait permis de caractériser 3 habitats de substrat meuble sur la zone d'étude (la zone du Grand Trou n'avait alors pas fait l'objet de prélèvement) :

- Les sables grossiers et graviers du circalittoral côtier ;
- Les cailloutis circalittoraux à épibiose sessile ;
- Les cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et *Ophiothrix fragilis*

Les peuplements apparaissent donc stables dans le temps et ce malgré une légère augmentation de la proportion des sédiments plus grossiers.

5.SYNTHESE – SUIVI DES HABITATS BENTHIQUES

Dans le cadre de son autorisation environnementale, le parc éolien en mer de St Nazaire doit procéder au suivi des habitats benthiques à différents stades du projet. **La présente étude porte sur le suivi des habitats benthiques en phase de construction.** Elle fait suite à des campagnes réalisées hors période de travaux, notamment :

- Pour les besoins de la caractérisation de l'état initial au cours de la phase d'étude d'impact (2013) ;
- Lors de l'état de référence avant le démarrage effectif des travaux (2019 et 2020).

Le rapport dont est issue cette synthèse traite 2 thématiques :

- La qualité des masses d'eau : l'objectif est de mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau qui conditionnent la qualité des habitats et peuplements marins.
- Les habitats et peuplements benthiques : l'objectif est de dresser l'inventaire des biocénoses de fonds meubles environnant le banc de Guérande et dans le secteur du « Grand Trou ». Cela intègre également la caractérisation des sédiments.

Les principaux constats issus des investigations menées en 2022 sont les suivants :

- Les résultats issus de l'analyse ponctuelle de la qualité de l'eau apparaissent en phase avec les résultats des suivis menés par Ifremer notamment ceux concernant la station de Basse Michaud (à 4 km au nord du parc éolien). Fin avril, la colonne d'eau apparaît ainsi peu turbide (<5 NTU) et peu chargée en MES (2 mg/L). Une légère stratification de la colonne d'eau est observée entre 10 et 15 m de profondeur, notamment pour certains paramètres comme la température et la salinité, à la faveur de conditions hydrologiques favorables (températures atmosphériques élevées et prolongées, mortes eaux, faibles vents, apport d'eau douce de La Loire...).
- Les résultats de l'analyse granulométrique montrent des sédiments grossiers caractérisés par des graviers et des graviers sableux respectivement aux stations M01_bis et M03 ; les sédiments du Grand Trou sont quant à eux caractérisés par des sédiments plus hétérogènes et plus fins, et sont qualifiés de sables vaseux. La station M05, nouvellement échantillonnée au printemps 2022, est représentée majoritairement par des particules fines et est ainsi caractérisée par des vases sableuses.
- L'échantillonnage des 5 stations de substrat meuble a permis d'identifier 225 espèces/taxons pour un total de 5 494 individus déterminés. La station M03 échantillonnée à la drague enregistre la plus forte richesse spécifique avec 104 espèces identifiées. Les densités sont maximales à la station profonde M04 (4654 ind./m²). Les peuplements apparaissent globalement bien diversifiés avec des effets de dominance d'espèces peu marqués, excepté à la station M01 où l'échinoderme *Ophiothrix fragilis* domine le peuplement à hauteur de 63%. Les échinodermes constituent le groupe taxonomique le mieux représenté en termes d'abondance aux stations les moins profondes (M01_bis, M03 et M05). La proportion des différents groupes taxonomiques apparaît plus équilibrée aux stations du Grand Trou.
- 2 habitats bio-sédimentaires ont été identifiés selon la typologie MNHN :

¹ IDRA Bio & littoral, 2022. *Suivi de la qualité de l'eau, des habitats et peuplements benthiques. Parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Phase construction 2022.*

- Les cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et *Ophiothrix fragilis* aux stations M01_bis et M03 ;
- Les vases sableuses du circalittoral côtier à *Amphiura filiformis* aux stations M02, M04 et M05.

Cette étude réalisée au printemps 2022 en phase travaux s'inscrit dans la continuité de l'état de référence mené sur les communautés benthiques de substrat meuble à l'automne 2019/printemps 2020, avant le démarrage des travaux du parc éolien en mer de St Nazaire. Au vu des résultats présentés dans ce rapport 2022, et par comparaison avec les observations faites avant travaux, on constate une légère augmentation de la proportion des sédiments les plus grossiers aux stations du Grand Trou, sans toutefois entraîner de modification de la structure de l'habitat et donc des communautés benthiques associées. Cette évolution granulométrique pourrait être liée à la dispersion d'une partie des déblais de forage issus des travaux, sans que cela puisse être confirmé à ce stade. Des variations saisonnières et interannuelles peuvent également affecter la distribution et la nature de la couverture sédimentaire de l'estuaire externe de la Loire, en particulier dans l'axe du fleuve au niveau du Grand Trou. Quoiqu'il en soit, les habitats benthiques caractéristiques de la périphérie Nord-Est et Est du banc de Guérande restent, en 2022, identiques à ceux identifiés par le passé, notamment avant les travaux d'installation du parc éolien en mer de St Nazaire.

Ainsi, dans les limites de l'exercice de comparaison explicitées ci-avant, il n'est pas mis en évidence en 2022 de modification significative des habitats sous l'influence des travaux d'installation des fondations du parc éolien en mer de St Nazaire. Il est prévu de poursuivre le suivi des habitats benthiques des fonds meubles au cours de la phase d'exploitation. Ce suivi permettra notamment d'étudier la réalité des effets potentiels des travaux tels qu'envisagés lors des études préalables, en particulier la possible dispersion des déblais de forage vers les fonds meubles périphériques à la faveur des épisodes de fort hydrodynamisme (tempêtes hivernales).

6. REFERENCES

GIP Loire Estuaire, 2020. Réseau SYVEL. Bulletin n°9 du 08 septembre 2021.

GRALL, J., COIC, N., 2005. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Ref. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT.

IDRA BIO & LITTORAL, 2020. Suivi de la qualité de l'eau, des habitats et peuplements benthiques sur le futur parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Etat de référence, 2019.

IFREMER, 2022. Suivi hydrologique et phytoplanctonique environnemental et sanitaire dans la masse d'eau Loire Large (GC46). Recommandations dans le cadre du suivi DCE Loire-Bretagne et du RePHY-sanitaire. ODE/LITTORAL/LER/MPL/22.07. Mars 2022

MASSE C. et GUERIN L. (2018). Évaluation du descripteur 2 « espèces non indigènes » en France Métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM. Muséum National d'Histoire Naturelle (UMS 2006 Patrimoine Naturel), stations marines de Dinard et d'Arcachon. 141 p.

MICHEZ N., Thiébaud E., Dubois S., Le Gall L., Dauvin J.C., Andersen A. C., Baffreau A., Bajjouk T., Blanchet H., de Bettignies T., de Casamajor M.-N., Derrien-Courtel S., Houbin C., Janson A.L., La Rivière M., Lévêque L., Menot L., Sauriau P.G., Simon N., Viard F., 2019. Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique. Version 3. UMS PatriNat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 52 p.

SIMBOURA, ZENETOS (2002) Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterr Mar Sci* 3 (2):77-111

TBM, 2014. Projet de parc éolien en mer de Saint-Nazaire – Banc de Guérande. Etat initial, effets, impacts et mesures.

ANNEXE 1: RESULTATS EUROFINS POUR L'EAU

ANNEXE 2 : RESULTATS EUROFINIS POUR LES SEDIMENTS

ANNEXE 3 : SUBSTRATS MEUBLES : FICHE STATION & GRANULOMETRIE

Drague Rallier du Baty : Mission parc éolien en mer de Saint-Nazaire			
N° station M 01_bis	Date : 29/04/2022	Heure : 10h40	Profondeur sondeur : 25 m
Port de référence : Le Croisic		Lat N : 47°10,384'	
Navire :	Le REBORN	Long W : 2°32,122'	
Opérateurs	Rédaction fiche : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
	Tamisage/flaconnage/étiquetage : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
Qualité du prélèvement (nature, volume estimé...)	Drague Rallier du Baty (1 réplikat de 30L) Cailloutis uniquement		



M1

PHOTO DE L'ECHANTILLON BRUT

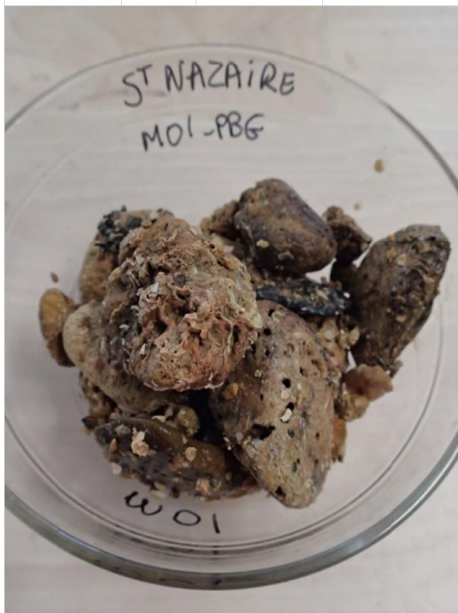
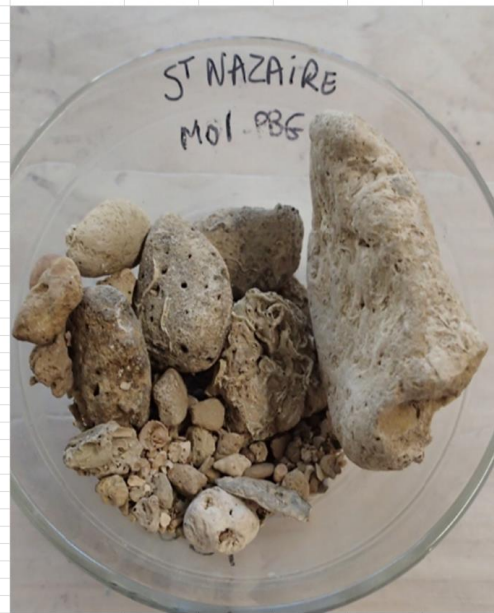


PHOTO DE L'ECHANTILLON APRES TAMISAGE



DONNEES GRANULOMETRIQUES EN EQUIVALENCE TAMIS

Echantillon			
M1			
Taille Tamis (µm)	Masse par tamis (g)	Refus de tamis (%)	Pourcentage cumulé
20000	283,57	79,76	79,76
16000	8,90	2,50	82,27
8000	29,59	8,32	90,59
4000	8,14	2,29	92,88
2000	8,58	2,41	95,29
1000	14,46	4,07	99,36
500	0,92	0,26	99,62
250	0,86	0,24	99,86
125	0,37	0,10	99,97
63	0,12	0,03	100,00
40	0,00	0,00	100,00
<40	0,00	0,00	100,00
Total	355,51	100,00	

PARAMETRES GRANULOMETRIQUES

	µm	σ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION				
MODE 1	12000.0	-3.500	GRAVEL: 95.3%	COARSE SAND: 0.3%			
MODE 2	1500.0	-0.500	SAND: 4.7%	MEDIUM SAND: 0.2%			
MODE 3			MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.1%			
D ₁₀	8403.6	-16.672	V FINE SAND: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%			
MEDIAN or D ₅₀	6539.5	-2.709	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%			
D ₉₀	104414775.8	-3.071	COARSE GRAVEL: 82.3%	COARSE SILT: 0.0%			
(D ₉₀ / D ₁₀)	12425.0	0.184	MEDIUM GRAVEL: 8.3%	MEDIUM SILT: 0.0%			
(D ₉₀ - D ₁₀)	104406372.2	13.60	FINE GRAVEL: 2.3%	FINE SILT: 0.0%			
(D ₇₅ / D ₂₅)	0.153	3.000	V FINE GRAVEL: 2.4%	V FINE SILT: 0.0%			
(D ₇₅ - D ₂₅)	-14165.976	-2.709	V COARSE SAND: 4.1%	CLAY: 0.0%			
			METHOD OF MOMENTS				
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	FOLK & WARD METHOD			
	µm	µm	σ	Geometric	Logarithmic	Description	
(x̄)	MEAN	1723.3	5.725	-0.501	5486.9	-2.456	Fine Gravel
	SORTING (σ)	4273.4	32.93	1.194	0.551	-0.860	Very Well Sorted
	SKEWNESS (sk)	2.512	1.541	-2.059	2.495	-2.495	Very Coarse Skewed
	KURTOSIS (k)	8.097	3.458	5.837	0.129	0.129	Very Platykurtic

REMARQUES (éléments figuratifs...)

DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE (%)

M1			
Galets	≥20 mm	Graviers grossiers et blocs	79,764
Graviers	2-20 mm	Granules et graviers fins	15,530
Sables	63-2000 µm	Sables grossiers	4,326
		Sables moyens	0,242
		Sables fins	0,104
		Sables très fins	0,034
Limons-Argiles	<63 µm	Limons	0,000
		Argiles	0,000

contrôle
100,00

TEXTURE SEDIMENTAIRE GLOBALE

Le sédiment est : **Gravier** Folk&Ward

Benne Van-Veen : Mission parc éolien en mer de Saint-Nazaire			
N° station M 02	Date : 29/04/2022	Heure du 1^{er} réplikat : 13h00	Profondeur sondeur : 61 m
Port de référence : Le Croisic		Lat N : 47°06,817'	
Navire :	Le REBORN	Long W : 2°32,189'	
Opérateurs	Rédaction fiche : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
	Tamisage/flaconnage/étiquetage : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
Qualité du prélèvement (nature, volume estimé...)	Benne Van Veen de 0,1m² (5+1 réplikats) Sédiment vaseux		

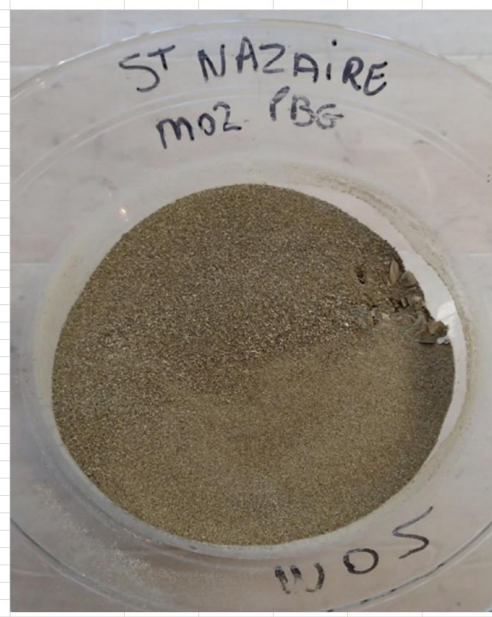


M2

PHOTO DE L'ECHANTILLON BRUT



PHOTO DE L'ECHANTILLON APRES TAMISAGE



DONNEES GRANULOMETRIQUES EN EQUIVALENCE TAMIS

Taille Tamis (µm)	Echantillon		
	M2		
	Masse par tamis (g)	Refus de tamis (%)	Pourcentage cumulé
20000	0,00	0,00	0,00
16000	0,00	0,00	0,00
8000	2,50	2,22	2,22
4000	6,46	5,75	7,97
2000	2,47	2,20	10,17
1000	5,01	4,46	14,62
500	4,78	4,25	18,87
250	12,26	10,90	29,78
125	36,40	32,37	62,15
63	11,35	10,09	72,24
40	1,87	1,66	73,91
<40	29,34	26,09	100,00
Total	112,44	100,00	

PARAMETRES GRANULOMETRIQUES

	µm			↓	GRAIN SIZE DISTRIBUTION												
	MODE 1	MODE 2	MODE 3		GRAVEL	SAND	MUD	COARSE SAND	MEDIUM SAND	FINE SAND	V FINE SAND	V COARSE SILT	COARSE SILT	MEDIUM SILT	FINE SILT	V FINE SILT	CLAY
MODE 1	187.5	2.500			10.2%	62.1%	27.7%	4.3%	10.9%	32.4%							
MODE 2	6000.0	-2.500															
MODE 3																	
D ₁₀	9.527	-1.075															
MEDIAN or D ₅₀	162.1	2.625															
D ₉₀	2107.2	6.714															
(D ₉₀ / D ₁₀)	221.2	-6.244															
(D ₉₀ - D ₁₀)	2097.6	7.789															
(D ₇₅ / D ₂₅)	9.334	3.063															
(D ₇₅ - D ₂₅)	302.4	3.223															
					METHOD OF MOMENTS				FOLK & WARD METHOD								
					Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description							
(x̄)	MEAN	893.4	120.5	3.053	µm	µm	µm	µm	µm								
	SORTING (σ)	2195.8	8.172	3.031						Fine Sand							
	SKEWNESS (S _k)	3.586	0.035	-0.035						Very Poorly Sorted							
	KURTOSIS (K _k)	16.27	2.387	2.387						Symmetrical							
										Leptokurtic							

REMARQUES (éléments figuratifs...)

DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE (%)

M2			
Galets	≥20 mm	Graviers grossiers et blocs	0,000
Graviers	2-20 mm	Granules et graviers fins	10,165
Sables	63-2000 µm	Sables grossiers	8,707
		Sables moyens	10,904
		Sables fins	32,373
		Sables très fins	10,094
Limons-Argiles	<63 µm	Limons	1,663
		Argiles	26,094

contrôle
100,00

TEXTURE SEDIMENTAIRE GLOBALE

Le sédiment est : **Sable vaseux graveleux** Folk&Ward

Drague Rallier du Baty : Mission parc éolien en mer de Saint-Nazaire			
N° station M 03	Date : 29/04/2022	Heure : 09h15	Profondeur sondeur : 25 m
Port de référence : Le Croisic		Lat N : 47°10,945'	
Navire :	Le REBORN	Long W : 2°31,337'	
Opérateurs	Rédaction fiche : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
	Tamisage/flaconnage/étiquetage : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
Qualité du prélèvement (nature, volume estimé...)	Drague Rallier du Baty (1 réplicat de 30L) Cailloutis + sables grossiers		



M3

PHOTO DE L'ECHANTILLON BRUT

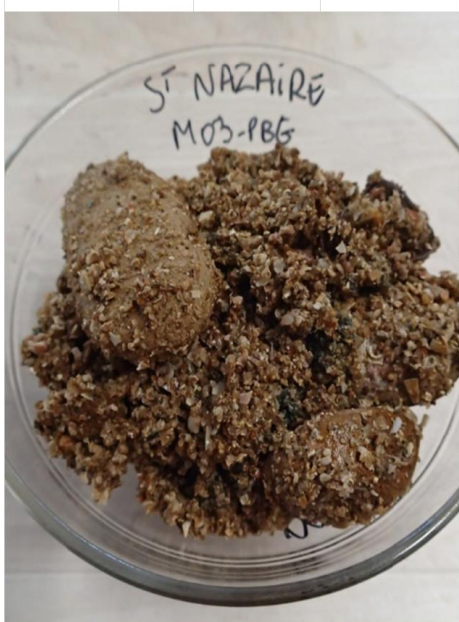
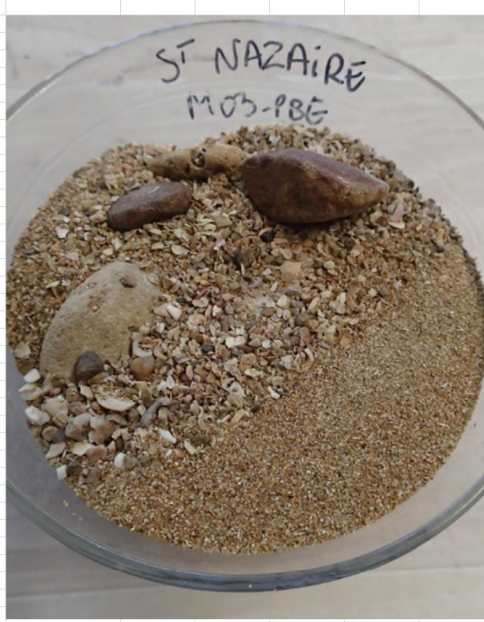


PHOTO DE L'ECHANTILLON APRES TAMISAGE



DONNEES GRANULOMETRIQUES EN EQUIVALENCE TAMIS

Echantillon			
M3			
Taille Tamis (µm)	Masse par tamis (g)	Refus de tamis (%)	Pourcentage cumulé
20000	282,52	53,52	53,52
16000	3,45	0,65	54,17
8000	9,92	1,88	56,05
4000	11,30	2,14	58,19
2000	16,06	3,04	61,24
1000	79,47	15,05	76,29
500	86,37	16,36	92,65
250	37,69	7,14	99,79
125	0,98	0,19	99,98
63	0,09	0,02	100,00
40	0,02	0,00	100,00
<40	0,00	0,00	100,00
Total	527,87	100,00	

PARAMETRES GRANULOMETRIQUES

	µm	φ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 61.2%	COARSE SAND: 16.4%		
MODE 2:			SAND: 38.8%	MEDIUM SAND: 7.1%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.2%		
D ₁₀ :	559.5	-10.241		V FINE SAND: 0.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	16422.7	-4.038	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	1209849.5	0.838	COARSE GRAVEL: 54.2%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2162.4	-0.082	MEDIUM GRAVEL: 1.9%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1209290.0	11.08	FINE GRAVEL: 2.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.819	0.042	V FINE GRAVEL: 3.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	2991.2	1.933	V COARSE SAND: 15.1%	CLAY: 0.0%		
METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
(x̄) MEAN	µm	µm	φ	µm	φ	
	938.5	26.08	-0.073	3072.7	-1.620	Very Fine Gravel
SORTING (σ)	2329.8	34.93	0.891	1.628	0.703	Moderately Sorted
SKEWNESS (sk)	4.784	0.238	-1.778	-4.655	4.655	Very Fine Skewed
KURTOSIS (k)	28.85	1.202	9.312	0.367	0.367	Very Platykurtic

REMARQUES (éléments figuratifs...)

DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE (%)

M3			
Galets	≥20 mm	Graviers grossiers et blocs	53,521
Graviers	2-20 mm	Granules et graviers fins	7,716
Sables	63-2000 µm	Sables grossiers	31,417
		Sables moyens	7,140
		Sables fins	0,186
		Sables très fins	0,017
Limons-Argiles	<63 µm	Limons	0,004
		Argiles	0,000

contrôle
100,00

TEXTURE SEDIMENTAIRE GLOBALE

Le sédiment est : **Gravier sableux** Folk&Ward

Benne Van-Veen : Mission parc éolien en mer de Saint-Nazaire			
N° station M 04	Date : 29/04/2022	Heure du 1^{er} réplikat : 14h15	Profondeur sondeur : 65 m
Port de référence : Le Croisic		Lat N : 47°06,457'	
Navire :	Le REBORN	Long W : 2°33,875'	
Opérateurs	Rédaction fiche : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
	Tamisage/flaconnage/étiquetage : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
Qualité du prélèvement (nature, volume estimé...)	Benne Van Veen de 0,1m² (5+1 réplikats) Vase		

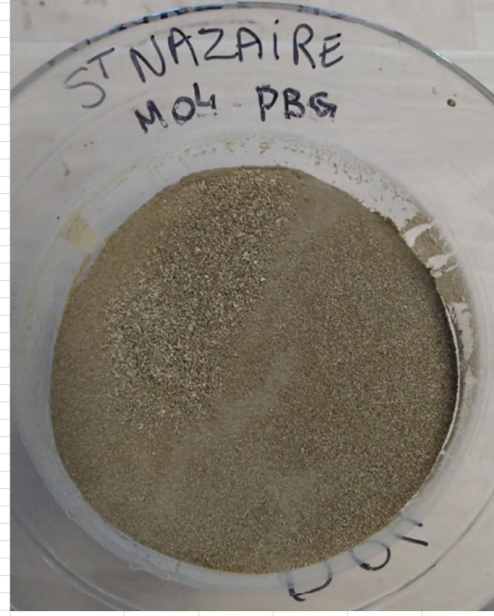


M4

PHOTO DE L'ECHANTILLON BRUT



PHOTO DE L'ECHANTILLON APRES TAMISAGE



DONNEES GRANULOMETRIQUES EN EQUIVALENCE TAMIS

Echantillon			
M4			
Taille Tamis (µm)	Masse par tamis (g)	Refus de tamis (%)	Pourcentage cumulé
20000	0,00	0,00	0,00
16000	0,00	0,00	0,00
8000	1,66	1,03	1,03
4000	3,21	1,99	3,02
2000	3,07	1,90	4,92
1000	9,32	5,77	10,69
500	9,82	6,08	16,78
250	23,15	14,34	31,12
125	55,75	34,54	65,66
63	13,78	8,54	74,20
40	1,43	0,89	75,08
<40	40,22	24,92	100,00
Total	161,41	100,00	

PARAMETRES GRANULOMETRIQUES

	µm			φ			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	µm	φ	Description	
MODE 1:	187.5			2.500			GRAVEL: 4.9%		COARSE SAND: 6.1%	
MODE 2:							SAND: 69.3%		MEDIUM SAND: 14.3%	
MODE 3:							MUD: 25.8%		FINE SAND: 34.5%	
D ₁₀ :	9.936			-0.120					V FINE SAND: 8.6%	
MEDIAN or D ₅₀ :	171.2			2.547			V COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 2.5%	
D ₉₀ :	1086.8			6.653			COARSE GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 4.7%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	109.4			-55.413			MEDIUM GRAVEL: 1.0%		MEDIUM SILT: 4.7%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	1076.8			6.773			FINE GRAVEL: 2.0%		FINE SILT: 4.7%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	8.055			2.913			V FINE GRAVEL: 1.9%		V FINE SILT: 4.7%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	294.3			3.010			V COARSE SAND: 5.8%		CLAY: 4.7%	
METHOD OF MOMENTS										
(x̄)	MEAN	564.2	114.5	3.127	117.6	3.088			Very Fine Sand	
	SORTING (σ)	1499.0	6.753	2.755	5.667	2.503			Very Poorly Sorted	
	SKEWNESS (Sk)	5.589	-0.260	0.260	-0.238	0.238			Fine Skewed	
	KURTOSIS (K)	38.42	2.422	2.422	1.132	1.132			Leptokurtic	

REMARQUES (éléments figuratifs...)

DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE (%)

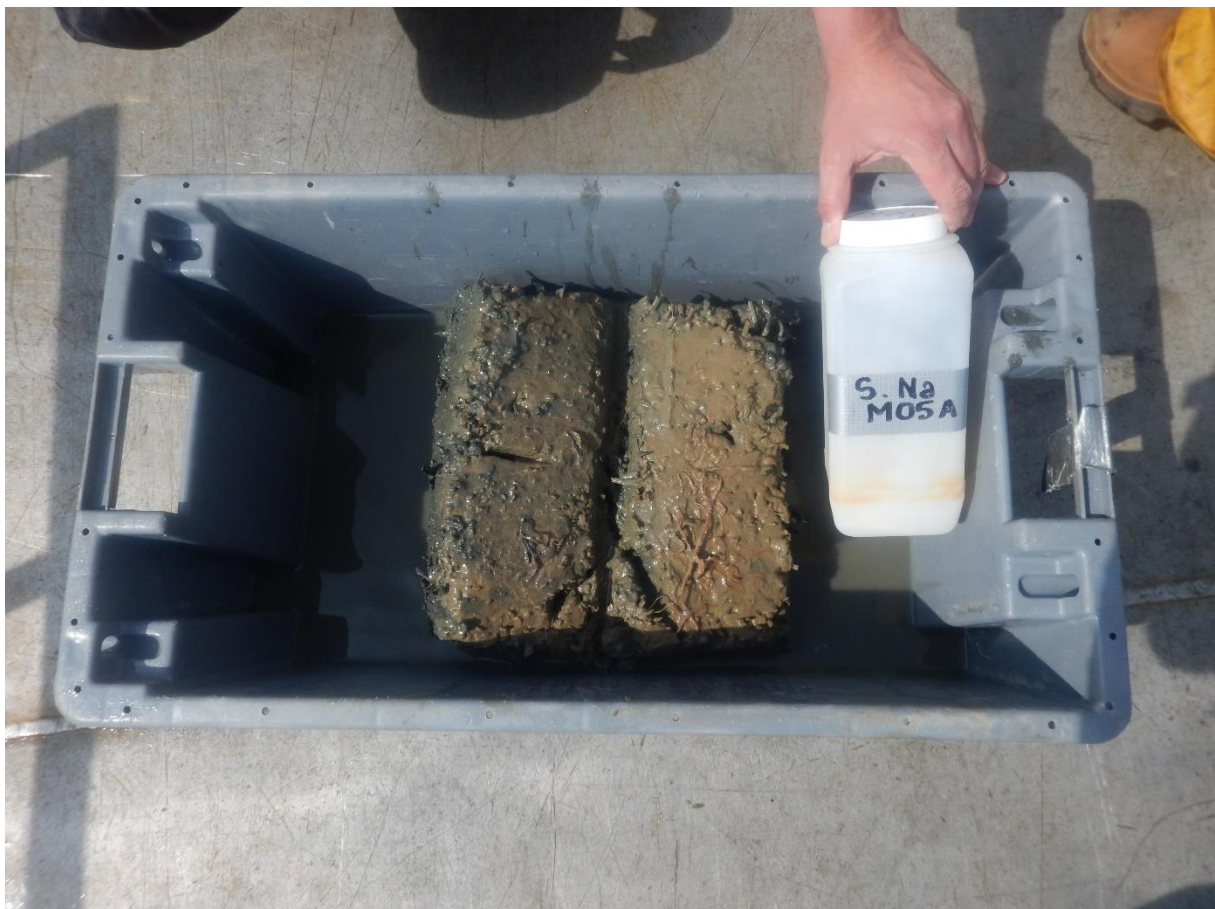
M4			
Galets	≥20 mm	Graviers grossiers et blocs	0,000
Graviers	2-20 mm	Granules et graviers fins	4,919
Sables	63-2000 µm	Sables grossiers	11,858
		Sables moyens	14,342
		Sables fins	34,539
		Sables très fins	6,537
Limons-Argiles	<63 µm	Limons	0,886
		Argiles	24,918

contrôle
100,00

TEXTURE SEDIMENTAIRE GLOBALE

Le sédiment est : **Sable vaseux légèrement graveleux** Folk&Ward

Benne Van-Veen : Mission parc éolien en mer de Saint-Nazaire			
N° station M 05	Date : 29/04/2022	Heure du 1^{er} réplikat : 12h05	Profondeur sondeur : 42 m
Port de référence : Le Croisic		Lat N : 47°07,244'	
Navire :	Le REBORN	Long W : 2°30,533'	
Opérateurs	Rédaction fiche : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
	Tamisage/flaconnage/étiquetage : Julien GERBER / Charlotte SERAFINI		
Qualité du prélèvement (nature, volume estimé...)	Vase		



M5

PHOTO DE L'ECHANTILLON BRUT

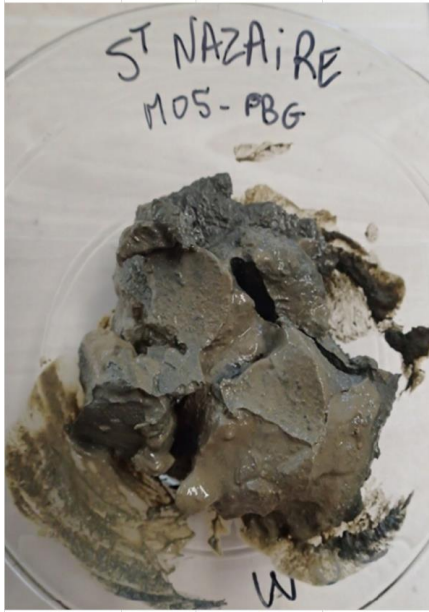
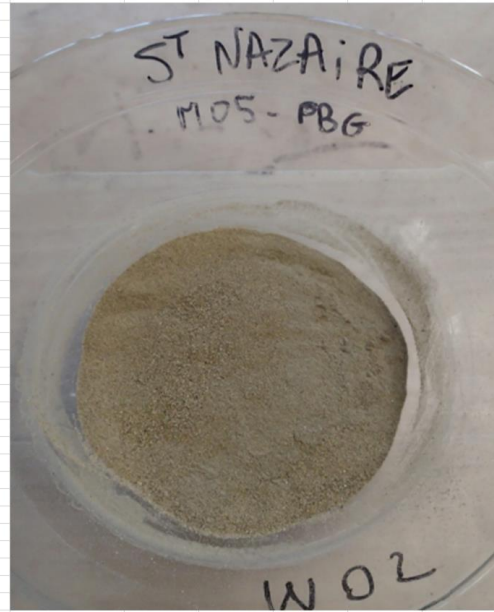


PHOTO DE L'ECHANTILLON APRES TAMISAGE



DONNEES GRANULOMETRIQUES EN EQUIVALENCE TAMIS

Echantillon			
M5			
Taille Tamis (µm)	Masse par tamis (g)	Refus de tamis (%)	Pourcentage cumulé
20000	0,00	0,00	0,00
16000	0,00	0,00	0,00
8000	0,00	0,00	0,00
4000	0,26	0,26	0,26
2000	0,29	0,29	0,56
1000	0,83	0,84	1,40
500	1,21	1,23	2,63
250	3,96	4,02	6,64
125	17,95	18,20	24,85
63	14,43	14,63	39,48
40	3,14	3,18	42,67
<40	56,53	57,33	100,00
Total	98,60	100,00	

PARAMETRES GRANULOMETRIQUES

	µm		GRAIN SIZE DISTRIBUTION				
	MODE 1	MODE 2	GRAVEL: 0.6%	COARSE SAND: 1.2%	SAND: 39.0%	MEDIUM SAND: 4.0%	
MODE 1:	187.5	2.500	MUD: 60.5%	FINE SAND: 18.2%	V FINE SAND: 14.7%		
MODE 2:			V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 6.9%			
MODE 3:			COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 10.7%			
D ₁₀ :	5.861	2.184	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 10.7%			
MEDIAN or D ₅₀ :	29.71	5.073	FINE GRAVEL: 0.3%	FINE SILT: 10.7%			
D ₉₀ :	220.0	7.415	V FINE GRAVEL: 0.3%	V FINE SILT: 10.7%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	37.54	3.394	V COARSE SAND: 0.8%	CLAY: 10.7%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	214.1	5.230					
(D ₇₅ / D ₂₅):	11.52	2.171					
(D ₇₅ - D ₂₅):	113.3	3.526					
METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD			Description	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic		
(\bar{x})	MEAN	122.8	24.47	5.353	33.88	4.883	Very Coarse Silt
	SORTING (σ)	381.9	5.247	2.391	4.182	2.064	Very Poorly Sorted
	SKEWNESS (Sk)	11.32	0.617	-0.617	0.132	-0.132	Coarse Skewed
	KURTOSIS (K _t)	158.9	1.973	1.973	0.711	0.711	Platykurtic

REMARQUES (éléments figuratifs...)

DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE (%)

M5			
Galets	≥20 mm	Graviers grossiers et blocs	0,000
Graviers	2-20 mm	Granules et graviers fins	0,558
Sables	63-2000 µm	Sables grossiers	2,069
		Sables moyens	4,016
		Sables fins	18,205
		Sables très fins	14,635
Limons-Argiles	<63 µm	Limons	3,185
		Argiles	57,333

contrôle
100,00

TEXTURE SEDIMENTAIRE GLOBALE

Le sédiment est :	Vase sableuse légèrement graveleuse	Folk&Ward
-------------------	-------------------------------------	-----------

ANNEXE 4 : LISTE D'ESPECES DE SUBSTRAT MEUBLE (DRAGUE)

Saint-Nazaire			M01_bis		M03	
Espèces	Groupe taxonomique	Groupe écologique		Total		Total
Actinopterygii	Chordés Actinoptériens	indéterminé		0	1	1
<i>Asbjornsenia pygmaea</i>	Mollusques Bivalves	I	3	3	6	6
<i>Alentia gelatinosa</i>	Annélides Polychètes	indéterminé	4	4		0
<i>Ampelisca spinipes</i>	Crustacés Amphipodes	I	3	3		0
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	Crustacés Amphipodes	I	2	2		0
<i>Ampelisca cf. anomala</i>	Crustacés Amphipodes	I		0	1	1
<i>Amphipholis squamata</i>	Echinodermes Ophiurides	I		0	1	1
<i>Amphiura filliformis</i>	Echinodermes Ophiurides	II	2	2	1	1
<i>Antalis vulgaris</i>	Mollusques Scaphopodes	I		0	4	4
<i>Anapagurus sp.</i>	Crustacés Décapodes	I	1	1		0
<i>Anapagurus hyndmanni</i>	Crustacés Décapodes	I	13	13	34	34
<i>Anomia ehippium</i>	Mollusques Bivalves	I	17	17		0
Anthozoa	Cnidaires Anthozoaires	II	1	1	6	6
<i>Anthura gracilis</i>	Crustacés Isopodes	I	6	6		0
<i>Aponuphis bilineata</i>	Annélides Polychètes	I		0	37	37
<i>Apseudes talpa</i>	Crustacés Tanaïdacs	II	4	4		0
<i>Armandia polyophtalma</i>	Annélides Polychètes	I	7	7	14	14
<i>Asterias rubens</i>	Echinodermes Astérides	III	1	1	1	1
<i>Asclerocheilus intermedius</i>	Annélides Polychètes	III	2	2	1	1
Ascidacea	Ascidies	III	1	1		0
<i>Athanas nitescens</i>	Crustacés Décapodes	I	4	4		0
Bivalvia	Mollusques Bivalves	indéterminé	1	1		0
<i>Bodotria scorpioides</i>	Crustacés Cumacés	I		0	1	1
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	Céphalocordés	I		0	2	2
<i>Caulerliella bioculata</i>	Annélides Polychètes	IV		0	1	1
Caridae	Crustacés Décapodes	indéterminé	1	1		0
Cephalopoda	Mollusques Céphalopodes	indéterminé	1	1		0
<i>Cirriiformia sp.</i>	Annélides Polychètes	IV	1	1		0
<i>Chamelea striatula</i>	Mollusques Bivalves	I	1	1		0
<i>Cheirocratus sp.</i>	Crustacés Amphipodes	I	1	1		0
<i>Clausinella fasciata</i>	Mollusques Bivalves	I		0	9	9
<i>Clymenura sp.</i>	Annélides Polychètes	III	1	1	2	2
Crangonidae	Crustacés Décapodes	I	1	1		0
<i>Crepidula fornicata</i>	Mollusques Gastéropodes	III	1	1		0
Copepoda	Crustacés Copépodes	indéterminé		0	1	1
<i>Conilera cylindracea</i>	Crustacés Isopodes	indéterminé		0	1	1
<i>Varicorbula gibba</i>	Mollusques Bivalves	IV		0	1	1
<i>Dorvillea erucaeformis</i>	Annélides Polychètes	II	2	2		0
Doridoidea	Mollusques Gastéropodes	indéterminé	1	1	2	2
<i>Diodora graeca</i>	Mollusques Gastéropodes	I	1	1		0
<i>Echinocyamus pusillus</i>	Echinodermes Echinides	I	29	29	136	136
<i>Eualus cranchii</i>	Crustacés Décapodes	I	9	9	2	2
<i>Eulalia sp.</i>	Annélides Polychètes	II	2	2		0
<i>Eulalia aurea</i>	Annélides Polychètes	II	3	3		0
<i>Eumida cplx sanguinea</i>	Annélides Polychètes	II		0	4	4
<i>Eumida sp.</i>	Annélides Polychètes	II	15	15	7	7
<i>Eunereis longissima</i>	Annélides Polychètes	III	1	1		0
<i>Euphosine foliosa</i>	Annélides Polychètes	I	1	1		0
<i>Emarginula fissura</i>	Mollusques Gastéropodes	I	2	2		0
<i>Eurydice affinis</i>	Crustacés Isopodes	I	5	5	1	1
<i>Eurydice pulchra</i>	Crustacés Isopodes	I		0	2	2
<i>Euspira nitida</i>	Mollusques Gastéropodes	II		0	1	1
<i>Euspira catena</i>	Mollusques Gastéropodes	II		0	1	1
<i>Epitonium clathratulum</i>	Mollusques Gastéropodes	I	1	1		0
<i>Galathea intermedia</i>	Crustacés Décapodes	I	2	2	1	1
<i>Gari tellinella</i>	Mollusques Bivalves	I		0	2	2
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Crustacés Mysidacs	II	3	3	10	10
<i>Glycera lapidum</i>	Annélides Polychètes	II	3	3	5	5
<i>Glycera oxycephala</i>	Annélides Polychètes	II	1	1		0
<i>Glycinde nordmanni</i>	Annélides Polychètes	II	1	1		0
<i>Gnathia sp. (pranizes)</i>	Crustacés Isopodes	I	1	1		0
<i>Gymnammodytes semisquamatus</i>	Chordés Actinoptériens	indéterminé		0	1	1
<i>Haplostylus normani</i>	Crustacés Mysidacs	II	1	1	12	12
<i>Haplostylus lobatus</i>	Crustacés Mysidacs	II	4	4	2	2
<i>Harmothoe sp.</i>	Annélides Polychètes	II	10	10	2	2
<i>Hiatella arctica</i>	Mollusques Bivalves	I	1	1	1	1
<i>Hydroides norvegica</i>	Annélides Polychètes	III	5	5		0
<i>Jasmineira elegans</i>	Annélides Polychètes	II	9	9	4	4
<i>Laonice cirrata</i>	Annélides Polychètes	II		0	1	1
<i>Lepadogaster sp.</i>	Chordés Actinoptériens	indéterminé	2	2		0
<i>Lepidonotus squamatus</i>	Annélides Polychètes	II	32	32		0
<i>Leptochiton asellus</i>	Mollusques Polyplacophores	I		0	4	4
<i>Leptochiton cancellatus</i>	Mollusques Polyplacophores	I	1	1	3	3
<i>Leptocheirus hirsutimanus</i>	Crustacés Amphipodes	III	1	1	1	1
<i>Liljeborgia pallida</i>	Crustacés Amphipodes	I	35	35	3	3

Saint-Nazaire			M01_bis		M03	
Espèces	Groupe taxonomique	Groupe écologique		Total		Total
<i>Liocarcinus pusillus</i>	Crustacés Décapodes	I	1	1	3	3
<i>Lumbrineris sp.</i>	Annélides Polychètes	II	1	1	2	2
<i>Lumbrineris latreilli</i>	Annélides Polychètes	II	1	1		0
<i>Lysianassa insperata</i>	Crustacés Amphipodes	I		0	1	1
<i>Lysidice unicornis</i>	Annélides Polychètes	II	1	1		0
<i>Lysilla loveni</i>	Annélides Polychètes	II	1	1	2	2
<i>Macropodia sp.</i>	Crustacés Décapodes	I	1	1		0
<i>Malmgrenia arenicolae</i>	Annélides Polychètes	II		0	2	2
<i>Malmgrenia sp.</i>	Annélides Polychètes	II		0	1	1
<i>Mediomastus fragilis</i>	Annélides Polychètes	III		0	1	1
<i>Megaluropus agilis</i>	Crustacés Amphipodes	I		0	1	1
<i>Megamphopus cornutus</i>	Crustacés Amphipodes	I		0	1	1
<i>Microdeutopus armatus</i>	Crustacés Amphipodes	I	13	13	3	3
<i>Microdeutopus sp.</i>	Crustacés Amphipodes	I	4	4	13	13
<i>Mimachlamys varia</i>	Mollusques Bivalves	I	1	1		0
<i>Musculus subpictus</i>	Mollusques Bivalves	I	2	2		0
Mysidacea	Crustacés Mysidacés	indéterminé		0	7	7
<i>Notophyllum foliosum</i>	Annélides Polychètes	II	2	2		0
<i>Nereimyra punctata</i>	Annélides Polychètes	III	5	5		0
<i>Nereiphylla rubiginosa</i>	Annélides Polychètes	II		0	1	1
Nemertea	Némertes	III	18	18	2	2
<i>Nephtys cirrosa</i>	Annélides Polychètes	II	2	2	7	7
<i>Notomastus latericeus</i>	Annélides Polychètes	III		0	1	1
<i>Nototropis swammerdamei</i>	Crustacés Amphipodes	I		0	1	1
<i>Nototropis vedlomensis</i>	Crustacés Amphipodes	I		0	1	1
<i>Ocenebra erinaceus</i>	Mollusques Gastéropodes	II	1	1	1	1
<i>Ophiothrix fragilis</i>	Echinodermes Ophiurides	I	1426	1426	211	211
Ophiuridae	Echinodermes Ophiurides	II		0	3	3
<i>Ophiura albida</i>	Echinodermes Ophiurides	II	34	34	177	177
<i>Othomaera othonis</i>	Crustacés Amphipodes	I	3	3	1	1
<i>Palliolium tigrinum</i>	Mollusques Bivalves	I		0	1	1
Paguridae	Crustacés Décapodes	II		0	2	2
<i>Pagurus bernhardus</i>	Crustacés Décapodes	II		0	4	4
<i>Pandalina brevis</i>	Crustacés Décapodes	II	3	3	5	5
<i>Parvicardium scabrum</i>	Mollusques Bivalves	I	17	17	7	7
<i>Pericardium longimanus</i>	Crustacés Amphipodes	II		0	2	2
<i>Petaloproctus terricolus</i>	Annélides Polychètes	II	2	2	3	3
<i>Pholoe inornata</i>	Annélides Polychètes	II	24	24	8	8
<i>Pista sp.</i>	Annélides Polychètes	indéterminé		0	1	1
<i>Pisidia longicornis</i>	Crustacés Décapodes	I	33	33	4	4
<i>Pisione remota</i>	Annélides Polychètes	I		0	7	7
<i>Platyhelminthes</i>	Plathelminthes	II		0	1	1
<i>Polygordius sp.</i>	Annélides Polychètes	I		0	1	1
Polynoïdæ	Annélides Polychètes	indéterminé		0	2	2
<i>Poecilochaetus serpens</i>	Annélides Polychètes	I	1	1		0
<i>Pontocrates arenarius</i>	Crustacés Amphipodes	II	1	1	6	6
<i>Psamathe fusca</i>	Annélides Polychètes	II	3	3		0
<i>Psammechinus miliaris</i>	Echinodermes Echinides	I	10	10	14	14
<i>Sabellaria spinulosa</i>	Annélides Polychètes	I	40	40	6	6
<i>Sepioloa cf. atlantica</i>	Mollusques Céphalopodes	indéterminé		0	1	1
Sipuncula	Siponcles	indéterminé	1	1		0
<i>Sphenia binghami</i>	Annélides Polychètes	I	2	2		0
<i>Sphaerodorium gracilis</i>	Annélides Polychètes	II	4	4		0
<i>Spio sp.</i>	Annélides Polychètes	III		0	2	2
<i>Spiophanes bombyx</i>	Annélides Polychètes	III		0	1	1
<i>Spirobranchus triqueter</i>	Annélides Polychètes	II	56	56	3	3
<i>Spirobranchus lamarckii</i>	Annélides Polychètes	II	203	203	22	22
<i>Spisula elliptica</i>	Mollusques Bivalves	I	5	5	7	7
<i>Spisula solida</i>	Mollusques Bivalves	I		0	1	1
<i>Stenothoe marina</i>	Crustacés Amphipodes	II	1	1		0
<i>Striarca lactea</i>	Mollusques Bivalves	I		0	1	1
Syllidae	Annélides Polychètes	II	3	3	3	3
<i>Syllidia armata</i>	Annélides Polychètes	II		0	1	1
Thelepodidae	Annélides Polychètes	II	1	1		0
Terrebelidae	Annélides Polychètes	indéterminé	1	1	1	1
<i>Tritia incrassata</i>	Mollusques Gastéropodes	II	8	8	2	2
<i>Tritia reticulata</i>	Mollusques Gastéropodes	II		0	15	15
<i>Thalassema thalassema</i>	Echiuridés	I	3	3	4	4
<i>Thracia distorta</i>	Mollusques Bivalves	I	2	2	1	1
<i>Thyone fusus</i>	Echinodermes Holothurides	I		0	1	1
<i>Thyone roscovita</i>	Echinodermes Holothurides	I	1	1		0
<i>Tryphosella sarsi</i>	Crustacés Amphipodes	I	3	3		0
<i>Tryphosa nana</i>	Crustacés Amphipodes	II	1	1		0
<i>Tubulanus polymorphus</i>	Némertes	II		0	1	1
<i>Unciola crenatipalma</i>	Crustacés Amphipodes	I	31	31	4	4
<i>Urothoe elegans</i>	Crustacés Amphipodes	I	2	2	48	48
<i>Xantho pilipes</i>	Crustacés Décapodes	I	5	5	3	3

ANNEXE 5 : LISTE D'ESPECES DE SUBSTRAT MEUBLE (BENNE)

Saint-Nazaire			M02						M04						M05						
Espèces	Groupe taxonomique	Groupe écologique	A	B	C	D	E	Total	A	B	C	D	E	Total	A	B	C	D	E	Total	
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	Annélides Polychètes	I						0		1				1	1	2	2			1	6
<i>Abra alba</i>	Mollusques Bivalves	III						0		1		3		4							0
Actinopterygii	Chordés Actinoptériens	indéterminé						0			1			1							0
<i>Alitta succinea</i>	Annélides Polychètes	III			1			1						0							0
<i>Ampelisca spinimana</i>	Crustacés Amphipodes	I	1					1						0							0
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	Crustacés Amphipodes	I						0	26	4	8	4	5	47							0
<i>Ampelisca toulemoniti</i>	Crustacés Amphipodes	I	1					1						0							0
<i>Ampharete lindstroemi</i>	Annélides Polychètes	I	3	1	2	6	4	16						0							0
<i>Ampharete cf. santillani</i>	Annélides Polychètes	I				1		1			1			1							0
Ampharetidae	Annélides Polychètes	indéterminé				1		1						0							0
<i>Amphictene auricoma</i>	Annélides Polychètes	I					3	3	1					1							0
<i>Amphiura filiformis</i>	Echinodermes Ophiurides	II	11	29	40	22	52	154	101	196	103	130	159	689	24	5	8	10	6		53
Anthozoa	Cnidaires Anthozoaires	II						0						0		1					1
<i>Aonides oxycephala</i>	Annélides Polychètes	III						0						0	1						1
<i>Aphelochaeta sp.</i>	Annélides Polychètes	IV						0		1				1	1						1
<i>Apherusa sp.</i>	Crustacés Amphipodes	I						0		1				1							0
<i>Aphrodita aculeata</i>	Annélides Polychètes	I				1		1						0							0
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	Siponcles	I						0			2		2	4		2		1			3
<i>Astacilla dilatata</i>	Crustacés Isopodes	II						0	13		23	13	14	63							0
<i>Asthenognathus atlanticus</i>	Crustacés Décapodes	II			1			1						0			1				1
<i>Bodotria pulchella</i>	Crustacés Cumacés	II	23	8	5	15	10	61	2	44	87	60	36	229							0
<i>Bodotria cf. arenosa</i>	Crustacés Cumacés	II			2	4		6	1	11	38	17	17	84							0
<i>Caulerella alata</i>	Annélides Polychètes	IV						0	1	2	2	2	1	8							0
<i>Cerianthus lloydii</i>	Cnidaires Anthozoaires	I			1			1		1				1							0
<i>Centraloecetes sp.</i>	Crustacés Amphipodes	I						0			1			1							0
<i>Conilera cylindracea</i>	Crustacés Isopodes	indéterminé						0						0		1	1				2
<i>Diplocirrus glaucus</i>	Annélides Polychètes	I						0						0	1		2	1	1		5
<i>Diastylis bradyi</i>	Crustacés Cumacés	II	23	10	8	24	9	74	23	54	105	68	72	322			1				1
<i>Drilonereis filum</i>	Annélides Polychètes	II						0			1			1			1				1
<i>Euclymene lombricoides</i>	Annélides Polychètes	I		1	1			2		1		1		2							0
<i>Eulima glabra</i>	Mollusques Gastéropodes	I						0			1			1							0
<i>Eurydice affinis</i>	Crustacés Isopodes	I						0				1		1							0
<i>Eurydice pulchra</i>	Crustacés Isopodes	I						0		1				1							0
<i>Euspira nitida</i>	Mollusques Gastéropodes	II						0	1					1							0
<i>Euspira catena</i>	Mollusques Gastéropodes	II						0						0					1		1
<i>Eteone longa</i>	Annélides Polychètes	III						0			1	2		3							0
<i>Fimbriosthenelais minor</i>	Annélides Polychètes	II			1			1						0							0
<i>Gallardoneris iberica</i>	Annélides Polychètes	indéterminé	1		2		2	5	1	2	2		2	7	1						1
<i>Galathowenia oculata</i>	Annélides Polychètes	III						0			2		2	4							0
<i>Glycera alba</i>	Annélides Polychètes	IV	2			2		4	1		1	6		8		1					1
<i>Glycera unicornis</i>	Annélides Polychètes	II	1			1		2	1					1			1	1			2
<i>Glycinde nordmanni</i>	Annélides Polychètes	II			1			1						0							0
<i>Goniada maculata</i>	Annélides Polychètes	II						0						0		1					1
<i>Haploops nirae</i>	Crustacés Amphipodes	III		4	27	72	28	131						0		3	1			1	5
<i>Harmothoe sp.</i>	Annélides Polychètes	II				1	1	2			1			1							0
<i>Harpinia pectinata</i>	Crustacés Amphipodes	I	3			1		4		2	8	3	4	17							0
<i>Heteromastus filiformis</i>	Annélides Polychètes	IV	2	1		3		6	3	4	4	7	3	21	12	3	2	17	3		37
<i>Jasmineira elegans</i>	Annélides Polychètes	II				2	1	3						0							0
<i>Kurtiella bidentata</i>	Mollusques Bivalves	III	4	6	7	8	7	32	11	11	12	7	5	46							0
<i>Labioleanira yhleni</i>	Annélides Polychètes	I		1	1	3	2	7				1	1	2					1		1
<i>Laonice cirrata</i>	Annélides Polychètes	II						0						0		1					1
<i>Lagis koreni</i>	Annélides Polychètes	IV		1	2	4	5	12	3	10	3	3	3	22							0
<i>Lanice conchilega</i>	Annélides Polychètes	II			1			1						0							0
<i>Leptocheirus pilosus</i>	Crustacés Amphipodes	III				1		1						0							0
<i>Leptosynapta inhaerens</i>	Echinodermes Holothurides	I			1			1	2				3	5							0
<i>Liocarcinus pusillus</i>	Crustacés Décapodes	I			1			1						0			1				1
<i>Lumbrineris sp.</i>	Annélides Polychètes	II						0	13	12	8	6	3	42	1	2		1			4
<i>Lysidice unicornis</i>	Annélides Polychètes	II	1			1	1	3	2		3	1	1	7							0
<i>Maerella tenuimana</i>	Crustacés Amphipodes	indéterminé						0		1				1							0
<i>Malmgrenia arenicolae</i>	Annélides Polychètes	II	3					3						0							0
<i>Malmgrenia sp.</i>	Annélides Polychètes	II	1					1						0							0
<i>Malmgrenia andreapolis</i>	Annélides Polychètes	II		2				2						0							0
<i>Malmgrenia jungmani</i>	Annélides Polychètes	II						0					2	2							0
<i>Malmgrenia lilianae</i>	Annélides Polychètes	II		3		5	4	12	9	7	9	9	11	45							0

Saint-Nazaire			M02						M04						M05					
Espèces	Groupe taxonomique	Groupe écologique	A	B	C	D	E	Total	A	B	C	D	E	Total	A	B	C	D	E	Total
<i>Mediomastus fragilis</i>	Annélides Polychètes	III					4	4	11	1	13	13	8	46						0
<i>Melinna palmata</i>	Annélides Polychètes	III	1	3	1	1	3	9	1					1						0
<i>Metaphoxus pectinatus</i>	Crustacés Amphipodes	I						0	1		1	1		3						0
<i>Microdeutopus sp.</i>	Crustacés Amphipodes	I					1	1						0						0
<i>Natatolana borealis</i>	Crustacés Isopodes	II				1	2	3	1		1		2	4						0
Nemertea	Némertes	III	1	1	2	7	12	23	2	6		3	6	17	1		1	1		3
<i>Nephtys sp.</i>	Annélides Polychètes	II						0						0				1		1
<i>Nephtys hombergii</i>	Annélides Polychètes	II						0	1					1				1		1
<i>Nephtys kersivalensis</i>	Annélides Polychètes	III	1					1		1	1			2						0
<i>Notomastus latericeus</i>	Annélides Polychètes	III						0						0			1			1
<i>Nototropis vedlomensis</i>	Crustacés Amphipodes	I						0			2			2						0
<i>Nothria britannica</i>	Annélides Polychètes	II						0			1			1						0
<i>Nucula nitidosa</i>	Mollusques Bivalves	I	3	2		1		6					1	1						0
<i>Oestergrenia digitata</i>	Echinodermes Holothurides	I						0	1				1	2		1	1	1	1	4
<i>Ophiothrix fragilis</i>	Echinodermes Ophiurides	I						0						0	2		15	18	11	46
<i>Ophiura albida</i>	Echinodermes Ophiurides	II						0						0	1		1		5	7
<i>Orbinia sertulata</i>	Annélides Polychètes	I	1					1						0			1	1		2
<i>Owenia fusiformis</i>	Annélides Polychètes	II						0					2	2						0
Paguridae	Crustacés Décapodes	II	1					1						0						0
<i>Paradoneis lyra</i>	Annélides Polychètes	III	7	3	2	14	4	30	64	52	59	73	69	317						0
<i>Paranaitis kosteriensis</i>	Annélides Polychètes	II						0		1				1					1	1
<i>Pholoe baltica</i>	Annélides Polychètes	I		2	1	10	2	15	40	20	58	25	38	181						0
<i>Pholoe inornata</i>	Annélides Polychètes	II						0			1			1						0
<i>Photis longicaudata</i>	Crustacés Amphipodes	I	1	1	3	11	1	17		7			4	11						0
<i>Phyllodoce maculata</i>	Annélides Polychètes	II		1				1						0						0
<i>Podarkeopsis capensis</i>	Annélides Polychètes	II					1	1	1			1		2						0
Polynoidae	Annélides Polychètes	indéterminé						0		1				1				1		1
<i>Prionospio cf. pulchra</i>	Annélides Polychètes	IV						0					1	1						0
<i>Prionospio sp.</i>	Annélides Polychètes	indéterminé						0					1	1						0
<i>Sabella pavonina</i>	Annélides Polychètes	I				1		1						0						0
<i>Sphaerodorum gracilis</i>	Annélides Polychètes	II			1			1						0	2					2
<i>Spiophanes kroyeri</i>	Annélides Polychètes	III	1			3	1	5			1	1		2			1			1
<i>Spirobranchus lamarckii</i>	Annélides Polychètes	II	1					1						0						0
<i>Sthenelais limicola</i>	Annélides Polychètes	II						0		2	1		1	4						0
<i>Sthenelais boa</i>	Annélides Polychètes	II						0			1			1						0
<i>Stenothoe marina</i>	Crustacés Amphipodes	II				3		3						0	1					1
<i>Sternaspis scutata</i>	Annélides Polychètes	III						0						0					1	1
<i>Synchelidium maculatum</i>	Crustacés Amphipodes	I						0		1	1			2						0
<i>Tritia reticulata</i>	Mollusques Gastéropodes	II						0						0			1			1
<i>Thyasira flexuosa</i>	Mollusques Bivalves	III	1	1	1	2	1	6	2			1		3						0
<i>Tubulanus polymorphus</i>	Némertes	II		1		1		2		4	6	4	1	15	1					1
<i>Westwoodilla caecula</i>	Crustacés Amphipodes	II						0		2				2						0