SUIVI BIOLOGIQUE DU SITE DE RECHARGE DE PLAGE DE LA GRAVE

2024 — Année 3 après recharge

biome
Laboratoire d'écologie et de biodiversité aquatique
Université Laval

15 février 2025

Équipe de terrain 2024 :
Gabrièle Deslongchamps
Diane Gagnon
Sonia Pagé
Mario Deraspe, Ultratech Maritime

Conception des protocoles :
Cindy Grant

Traitement des échantillons et saisie de données :
Floriane Barot
Maude Couture
Diane Gagnon
Benjamin Monnier
Sonia Pagé
Rosalee Strassburg-Huot

Taxonomiste de référence :
Lisa Treau de Coeli

Mise en forme, validation des bases de données :
Gabrièle Deslongchamps
Cindy Grant

Statistiques :
Cindy Grant

Rédaction du rapport :
Gabrièle Deslongchamps
Cindy Grant

Projet réalisé sous la supervision de Philippe Archambault, professeur, Université Laval

Table des matières

1 INTRODUCTION 6

1.1 Mise en contexte 6
1.2 Objectifs et hypothèses 6

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE 7

2.1 Site d'étude 7
2.2 Prélèvements 8
2.3 Traitement en laboratoire 9
2.3.1 Caractérisation des sédiments 9
2.3.2 Caractérisation de la faune benthique 9
2.4 Approche statistique 9

3 RÉSULTATS 2024 – ANNÉE 3 APRÈS RECHARGE 11

3.1 Caractérisation des sédiments 11
3.2 Caractérisation des algues 12
3.3 Caractérisation des assemblages benthiques 13
3.3.1 Analyses univariées 17
3.3.2 Analyses multivariées 24

4 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 3 APRÈS LES TRAVAUX DE RECHARGE 27

5 COMPILATION DES RÉSULTATS DU SUIVI BIOLOGIQUE POUR TOUTES LES ANNÉES 27

6 RÉFÉRENCES 30

Liste des figures

Figure 1. Localisation des sites pour le suivi biologique à La Grave : site recharge (Re, violet), site sous influence large (SiL, vert), site sous influence ouest (SiO, jaune), site référence large (RfL, bleu) et site référence ouest (RfO, turquoise). 7

Figure 2. Contenu en matière organique des sédiments (%, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). 11

Figure 3. Proportion des différentes classes de taille des sédiments (%, moyenne ± erreur-type, n = 30/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL). 12

Figure 4. Abondance (nombre d'individus/m^2, moyenne ± erreur type) du polychète *Namanereis littoralis* gr. aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) de La Grave en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). C'est 16016 ind./m^2 qui ont été dénombrés au site recharge (Re) en 2023 et ce, dans un seul échantillon. 14

Figure 5. Abondance relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Seuls les taxons ayant une abondance relative de 2% et plus sont présentés. 15

Figure 6. Biomasse relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Seuls les taxons ayant une biomasse relative de 1% et plus sont présentés. 16
Figure 7. Courbes d'accumulation d'espèces en fonction du nombre d'échantillons pour les travaux faits à La Grave en 2021 (■), 2021 et 2022 (■), 2021 à 2023 (■) et 2021 à 2024 (■). 17
Figure 8. Richesse spécifique (nombre de taxons/station, moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey..... 19
Figure 9. Abondance totale (nombre total d'individus/m^2, moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey..... 20
Figure 10. Biomasse totale (g/m^2, moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 21
Figure 11. Indice d'équitabilité de Pielou (moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 22
Figure 12. Indice de diversité de Shannon-Wiener (moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey..... 23

Liste des tableaux

Tableau 1. Identifiants et descriptions des sites choisis pour le suivi environnement à la plage de La Grave..... 8
Tableau 2. Paramètres échantillonnés ainsi que l'unité et la méthode d'échantillonnage utilisée. 8
Tableau 3. Occurrence des espèces d'algues (nb. de stations par espèce) recensées à l'été 2024 à La Grave..... 13
Tableau 4. Résultats des analyses de variance (ANOVA) testant l'effet de l'année, du site et leur interaction sur les caractéristiques univariées des assemblages benthiques soit la richesse spécifique, l'abondance, la biomasse, l'indice d'équitabilité de Pielou (J') et l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H'). 18
Tableau 5. Résultats des analyses de variance multivariées par permutation (PERMANOVA) testant l'effet de l'année, du site et leur interaction sur les assemblages d'invertébrés benthiques de La Grave en 2021, 2022, 2023 et 2024. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes d'abondance et sur des données transformées en présence/absence. 24

Tableau 6. Résultats des tests *a posteriori* de l'interaction *An* × *Si*, pour le facteur année. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes. 25
Tableau 7. Résultats des tests *a posteriori* de l'interaction *An* × *Si*, pour le facteur site. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes. 26
Tableau 8. Synthèse des principaux résultats pour chacune des années 2021 à 2024 du suivi biologique à La Grave. 28

Liste des annexes

Annexe 1. Taxons inventoriés à La Grave en 2024 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %) 31
Annexe 2. Pourcentages de recouvrement à chaque station où des algues ont été répertoriées à La Grave en 2024. Un total de 11 espèces (excluant *C. officialis*) réparties dans stations a été observé. Des algues ont été observées à seulement deux sites (référence ouest – RfO et sous-influence ouest – SiO). 36
Annexe 3. Présence/absence de l'algue coraline *Corallina officinalis*. L'espèce a été observée à 48 stations en 2024. Chaque colonne représente les observations pour un même site. 37

Liste d'acronymes

ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
EGSL	Estuaire et golfe du Saint-Laurent
EMSL	Estuaire maritime du Saint-Laurent
LHE	Ligne des hautes eaux
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MES	Matière en suspension
MSP	Ministère de la Sécurité publique
MO	Matière organique
MPO	Pêches et Océans Canda
MNT	Modèle numérique de terrain
PMSGM	Pleine mer supérieure de grande marée

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

En lien avec le Cadre de prévention de sinistres, le MSP a financé deux projets majeurs de recharge de plage en 2021, dont celui de la plage de La Grave située aux Îles-de-la-Madeleine. Les berges de La Grave sont affectées par l'érosion, notamment causée par les tempêtes successives qui causent des dommages côtiers ainsi que par les processus de submersion reliés à la hausse des niveaux d'eau et à l'augmentation de la remontée des vagues.

Dans le but d'amoindrir les impacts négatifs de l'érosion et d'éviter que les dommages ne s'étendent aux bâtiments dont certains se retrouvaient submergés lors des événements de très haut niveau d'eau, une intervention de protection a été réalisée à l'été 2021.

Les travaux de recharge de la plage de La Grave ont débuté à l'automne 2021. Afin de compléter les travaux de recharge entamés à l'automne 2021, des sédiments additionnels ont été apportés sur la plage au printemps 2022, soit après la caractérisation du portrait pré-recharge. Au total, 35 000 m^3 de matériaux granulaires, constitués d'un mélange de sable, de gravier et de cailloux naturels arrondis (diamètre moyen (D_{50})[1] = 10 à 15 mm), ont été mis en place. La recharge de plage devrait offrir une protection d'une trentaine d'années au site dont l'intégralité était menacée par la submersion côtière.

1.2 Objectifs et hypothèses

L'objectif principal est de définir l'étendue spatiale et temporelle des travaux de recharge de plage sur les assemblages benthiques. Les objectifs spécifiques et leurs hypothèses sont :

Objectif 1 : Définir l'étendue spatiale des effets de la recharge sur les assemblages benthiques.

Hypothèse 1 : Compte tenu de la modélisation numérique réalisée par Lasalle|NHC (2020), il est prédit que les travaux de recharge auront un impact immédiat et important sur les assemblages benthiques du site de recharge, un impact immédiat modéré aux sites sous influence et aucun impact aux sites référence.

- Les assemblages benthiques (abondance, biomasse, diversité) seront complètement détruits suite aux travaux au site même de la recharge.
- L'abondance, la biomasse et la diversité des assemblages benthiques seront diminuées aux sites sous influence suite aux travaux de recharge.
- L'abondance, la biomasse et la diversité des assemblages benthiques demeureront intactes aux sites référence.

Objectif 2 : Définir l'étendue temporelle des effets de la recharge sur les assemblages benthiques.

Hypothèse 2 : Il est prédit qu'après un certain temps, les assemblages benthiques au site même de la recharge et ceux aux sites sous influence de la recharge retrouveront l'équilibre et seront alors plus ou moins similaires aux assemblages benthiques des sites référence (principe de bioéquivalence).

[1] Diamètre médian (ou D_{50}) représente la taille médiane (en mm) pour laquelle 50% des sédiments ont une granulométrie inférieure à la valeur indiquée.

- L’abondance, la biomasse et la diversité des assemblages benthiques augmenteront significativement dans le temps suite aux travaux au site même de la recharge.
- L’abondance, la biomasse et la diversité des assemblages benthiques augmenteront graduellement dans le temps aux sites sous influence.
- Les assemblages benthiques (abondance, biomasse, diversité) ne varieront pas dans le temps aux sites référence.

Ce rapport dresse le portrait des assemblages benthiques et des caractéristiques des sédiments dans le secteur de La Grave trois ans après les travaux de recharge de plage.

2 Matériel et méthode

2.1 Site d'étude

Le suivi biologique à la plage de La Grave est effectué aux cinq sites définis en 2021 (**Figure 1**). Les sites sont de dimensions variables pour respecter les limites d’influence définies par la modélisation :

- le site recharge est directement sur la zone de travaux (Re) et s’accote sur une pointe rocheuse à l’est
- les sites sous influence sont à l’intérieur de la zone d’influence prédite, soit est entre les lignes bas de la recharge construction et bas de la recharge à l’équilibre + 20 m (SiL) et 100 m à l’ouest de la limite ouest de la recharge (SiO)
- les sites référence sont au double de la zone d’influence prédite par rapport à zone de travaux du côté ouest (RfO) et au large (RfL)

Le **Tableau 1** rassemble les identifiants de chaque site et leur description.



Figure 1. Localisation des sites pour le suivi biologique à La Grave : site recharge (Re, violet), site sous influence large (SiL, vert), site sous influence ouest (SiO, jaune), site référence large (RfL, bleu) et site référence ouest (RfO, turquoise).

Tableau 1. Identifiants et descriptions des sites choisis pour le suivi environnement à la plage de La Grave.

Identifiant	Description du site
Re	Zone de recharge elle-même
SiL	Site adjacent à la recharge vers le large et considéré comme étant sous influence
SiO	Site adjacent à la recharge vers l'ouest et considéré comme étant sous influence
RfL	Site référence, au-delà du site sous influence vers le large
RfO	Site référence, au-delà du site sous influence vers l'ouest

2.2 Prélèvements

L'échantillonnage s'est déroulé 19 au 31 août 2024. Un total de 150 stations d'échantillonnage, réparties dans les sites et tirées aléatoirement, ont été visitées.

À chaque station d'échantillonnage, des mesures et des échantillons ont été prélevés de façon à quantifier les paramètres suivants (**Tableau 2**): classes de tailles des sédiments, contenu en matière organique des sédiments, surface de recouvrement des végétaux (% par espèce), abondance d'organismes benthiques (nombre d'individus/m^2 par espèce) et biomasse humide d'organismes benthiques (g/m^2 par espèce). Les sites recharge (Re), sous influence ouest (SiO) et référence ouest (RfO) ont été échantillonné de la rive, à marée basse, alors que les sites sous influence large (SiL) et référence large (RfL) ont été échantillonnés à partir d'une embarcation et les sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne Van Veen. Bien que les méthodologies d'échantillonnage soient différentes, elles demeurent comparables.

Tableau 2. Paramètres échantillonnés ainsi que l'unité et la méthode d'échantillonnage utilisée.

Paramètres mesurés	Unité	Méthode (rive)	Méthode (embarcation)
Classes de taille des sédiments	% par classe de taille de sédiments	Échantillonnage des sédiments de surface	Benne Van Veen
Contenu en matière organique des sédiments	% de matière organique	Échantillonnage des sédiments de surface	Benne Van Veen
Surface de recouvrement des végétaux	% par espèce	Quadrat de 50 x 50 cm	NA
Richesse spécifique du benthos Abondance Biomasse humide	Nombre de taxon/station Nombre d'individus/m^2 Grammes/m^2	Quadrat de 50 x 50 cm	Benne Van Veen

Pour la caractérisation des sédiments, deux échantillons ont été prélevés sur une profondeur de 5 cm. Ces échantillons ont été congelés jusqu'à leur traitement en laboratoire.

La caractérisation de la faune benthique a été réalisée en trois temps. Pour les stations situées sur la rive, l'utilisation d'un quadrat de 50 x 50 cm a permis de déterminer les pourcentages de recouvrement des végétaux. Ensuite, un échantillon de sédiments d'environ 10 cm de profondeur, recouvrant le quart de la surface du quadrat, a été prélevé pour la détermination ultérieure de l'assemblage benthique. Cet échantillon a été tamisé sur place sur une maille de 0,5 mm puis préservé dans une solution de formaldéhyde 4%. Enfin, les sédiments sous le quadrat ont été explorés pour en retirer tous les organismes de taille supérieure à 2 mm, notamment les bivalves. Pour les stations au large, une benne a été déployée puis la totalité de son contenu a été tamisée sur une maille de 0,5 mm. Les échantillons de benthos ont été préservés dans une solution de formaldéhyde 4% de la même façon que les échantillons prélevés de la rive.

2.3 Traitement en laboratoire

2.3.1 Caractérisation des sédiments

Pour la détermination du contenu en matière organique, les sédiments ont été séchés (70°C, minimum 48 heures ou jusqu'à l'obtention d'un poids constant), puis brûlés (550°C pendant 6 heures). La différence de poids avant et après le brûlage exprime la portion de matière organique contenue dans l'échantillon et les résultats sont exprimés en % de matière organique par échantillon.

Les analyses granulométriques ont été faites par colonne de tamis, sur des échantillons préalablement séchés à 70°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les résultats sont exprimés en % par classe de taille de sédiments par échantillon et la classification utilisée des sédiments est inspirée de celle de Wentworth (1922).

2.3.2 Caractérisation de la faune benthique

Au laboratoire, les échantillons de benthos ont été triés sous loupe binoculaire puis tous les organismes ont été identifiés au plus bas niveau taxonomique possible, dénombrés et pesés (biomasse humide par espèce).

Les taxons listés dans la base de données ont été validés à l'aide du World Register of Marine Species (WoRMS Editorial Board 2023). Les espèces pélagiques ont été retirées de la base de données (copépodes cyclopoides et calanoides) ainsi que les larves d'insectes. Les données issues des carottes (échantillonnage 10 cm de diamètre, tamisage entre 0,5 mm et 2 mm) et celles issues des quadrats (échantillonnage 50 $\times$ 50 cm, tamisage $\geq$ 2 mm) ont été ramenées par mètre carré puis additionnées.

2.4 Approche statistique

Le plan d'échantillonnage pour l'année 3 du projet compte 2 facteurs : le facteur *Année* compte 4 niveaux (2021, 2022, 2023, 2024), le facteur *Site* compte 5 niveaux (RfO, SiO, Re, SiL, RfL).

Pour dresser le portrait des assemblages benthiques, les données ont été analysées avec des approches univariée et multivariée. Les espèces benthiques ont d'abord été classées selon un coefficient de

fréquence afin de distinguer les taxons constants (coefficient de fréquence ≥ 50%), les taxons communs (11 à 49%) et les taxons rares (≤ 10%).

Les assemblages benthiques ont ensuite été décrits à l'aide d'indicateurs univariés :

- richesse spécifique (S) : nombre de taxons/station
- abondance : nombre total d'individus/m^2,
- biomasse : poids humide d'organismes, g/m^2,
- indice d'équitabilité de Pielou : J' = H'/Log(S)
- indice de diversité de Shannon-Wiener : H' = -SUM(Pi*Log_e(Pi))

Ces indicateurs écologiques ont été calculés à l'aide du logiciel de statistiques PRIMER v7 (Clarke & Warwick 2001, Clarke & Gorley 2006).

Des analyses de variance (ANOVAs à 2 facteurs) ont été réalisées pour évaluer la variation spatiale et temporelle des caractéristiques univariées des assemblages (richesse, abondance, biomasse, indice d'équitabilité et indice de diversité) selon l'année, le site et leur interaction. L'homogénéité des variances et la normalité des résidus préalables aux analyses ont été vérifiées visuellement, tel que suggéré par Quinn & Keough (2002) et des transformations ont été effectuées, lorsque nécessaires, pour satisfaire aux postulats du test. Des comparaisons *a posteriori* ont été faites avec le test de Tukey. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel JMP v16.

Des analyses de variance multivariées par permutation (PERMANOVA) ont été faites suivant le même plan statistique (9999 permutations, Anderson 2001) pour évaluer la variation spatiale et temporelle des assemblages benthiques. Les matrices de similarité ont été calculées à partir de l'indice de Bray-Curtis (avec une similarité de 100 entre les échantillons n'ayant aucun organisme répertorié).

Les analyses ont été faites sur les abondances et sur les biomasses d'organismes dans un premier temps, sur des données non transformées et ensuite, sur des données transformées en présence-absence ; cette transformation extrême permet de réduire complètement l'importance attribuée à la dominance des espèces donnant à chaque taxon, le même poids dans l'analyse (Clarke & Warwick 2001). Toutes les analyses multivariées ont été faites à l'aide du logiciel PRIMER v7 (Clarke & Warwick 2001, Clarke & Gorley 2006).

Un seuil de significativité de 0,05 a été fixé pour toutes les analyses statistiques.

3 Résultats 2024 – Année 3 après recharge

3.1 Caractérisation des sédiments

Le contenu en matière organique des sédiments est très faible, atteignant un maximum de 3,00 % (valeur moyenne ± erreur-type de 0,58 ± 0,10 %; **Figure 2**. Les résultats sont similaires aux années précédentes et montrent des contenus plus importants aux sites RfO et SiO.

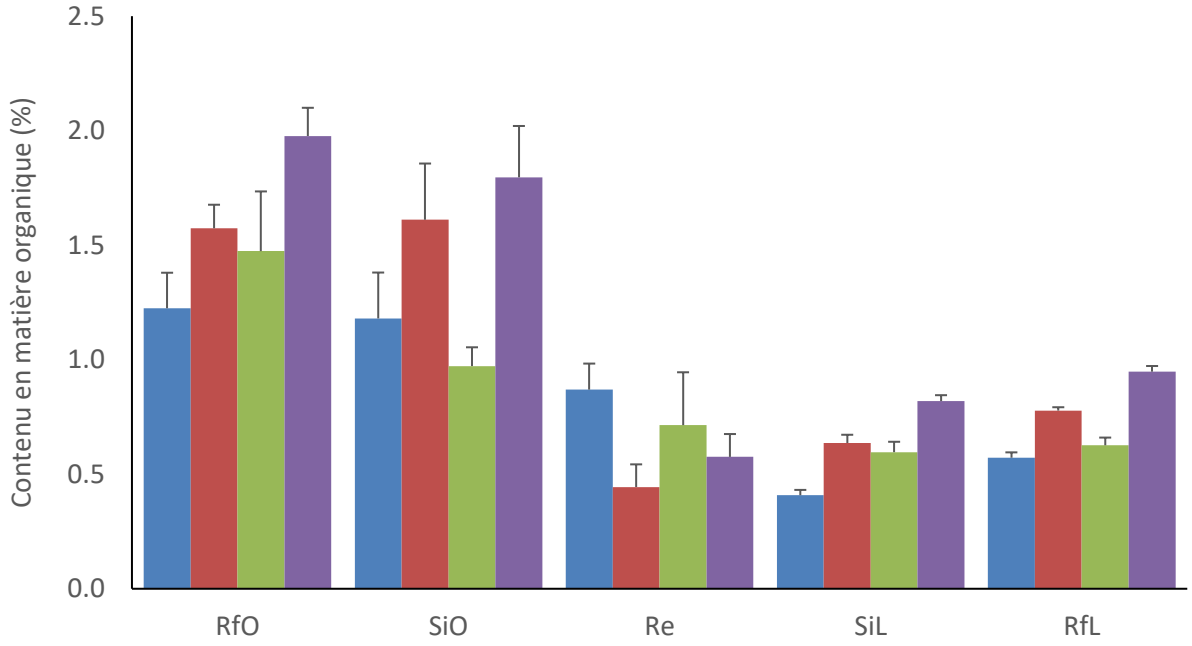


Figure 2. Contenu en matière organique des sédiments (%, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■).

Les analyses granulométriques ont montré que les sédiments prélevés sont majoritairement du gravier fin (> 4000 µm; Wentworth 1922) aux sites référence ouest, sous influence ouest et recharge et ils sont majoritairement du sable fin (125 – 250 µm; Wentworth 1922) aux sites sous influence large et référence large (**Figure 3**), ce qui est cohérent avec ce qui avait été observé dans les années antérieures.

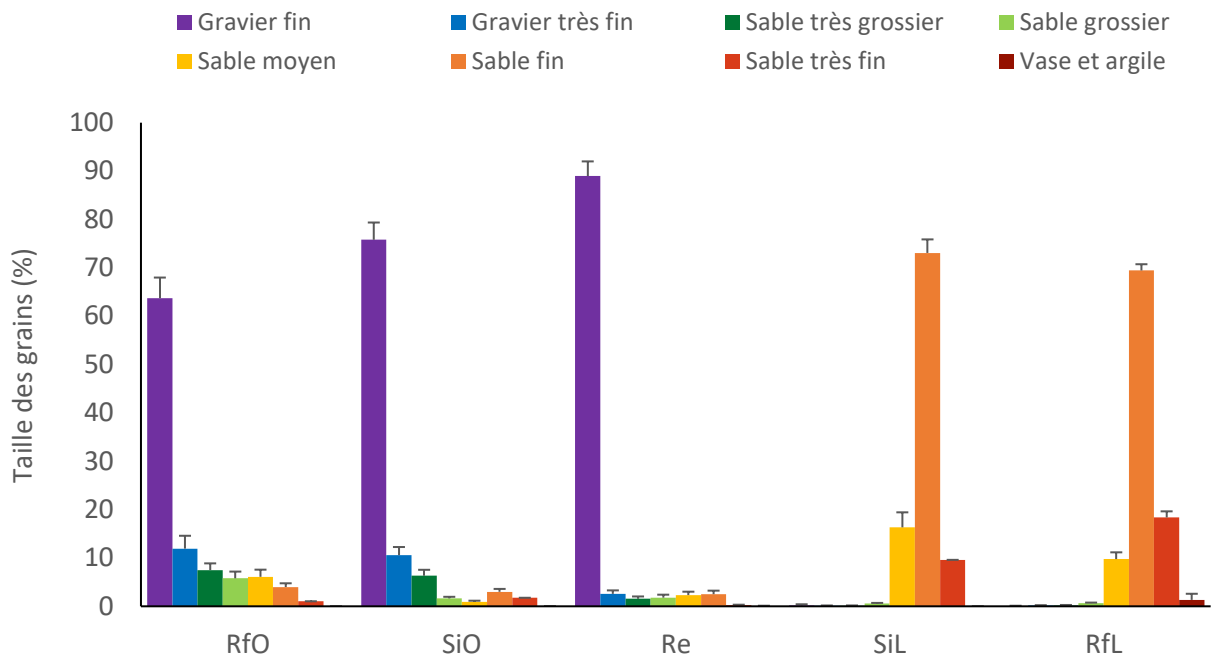


Figure 3. Proportion des différentes classes de taille des sédiments (%, moyenne ± erreur-type, n = 30/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL).

3.2 Caractérisation des algues

L'analyse du recouvrement des végétaux a permis de déceler la présence de 12 espèces parmi les stations caractérisées (**Tableau 3**). Pour toutes les espèces végétales observées, le nombre d'occurrences par espèce était maximal au site sous influence ouest (**Annexe 2** et **Annexe 3).**

Dans le cas de l'algue coralline érigée *Corallina officialis*, la présence ou l'absence des débris d'algues a été notée lors de l'observation sous binoculaire puisqu'il était impossible d'évaluer un pourcentage de recouvrement. En 2024, cette espèce a été observée à 48 stations réparties sur tous les sites, mais majoritairement retrouvées aux sites site sous-influence ouest et référence ouest (**Annexe 2**).

Les autres espèces d'algues ont été observées à 59 stations réparties sur deux sites, soit le site sous-influence ouest et référence ouest (**Tableau 3**; **Annexe 3**).

Tableau 3. Occurrence des espèces d'algues (nb. de stations par espèce) recensées à l'été 2024 à La Grave.

Nom scientifique	Nb. de stations
Algues filamenteuses	1
Chaetomorpha sp.	1
Chlorophyta sp.	14
Chordariaceae sp.	1
Corallina officialis	48
Elachista fucicola	1
Fucus sp.	19
Hildenbrandia rubra	5
Polysiphonia sp.	4
Porphyra sp.	8
Ulva sp.	1
Rhodophyta sp.	4

3.3 Caractérisation des assemblages benthiques

En 2024, 144 taxons ont été inventoriés lors de l'échantillonnage des 5 sites de La Grave : 56 taxons sont des annélides, 35 sont des arthropodes, il y a 5 bryozoaires, 1 ascidie, 4 cnidaires et 41 mollusques. Des individus des phylum Nematoda et Nemertea ont aussi été inventoriés.

Le niveau taxonomique d'identification peut être limité par :

- la décalcification des coquilles, lorsque les individus sont très petits ;
- des caractéristiques déterminantes impossibles à observer parce que les organismes sont incomplets et/ou abimés ;
- la préservation non adaptée à certains groupes spécifiques, notamment Nematoda et Nemertea.

Les bryozoaires *Membranipora membranacea* et *Juxtacribrilina mutabilis* ainsi que l'ascidie *Botryllus schlosseri*, trois espèces considérées comme envahissantes pour ce secteur, ont été répertorié dans la zone d'étude comme ce fût le cas en 2021 et en 2022.

Le polychète *Namanereis littoralis* gr, une potentielle nouvelle mention pour le Saint-Laurent, a encore cette année été relevée à 20 stations des 150 étudiées aux sites recharge (4 stations), référence ouest (4 stations) et sous influence ouest (12 stations). La **Figure 4** présente les abondances de cette espèce à chaque année, pour chacun des sites.

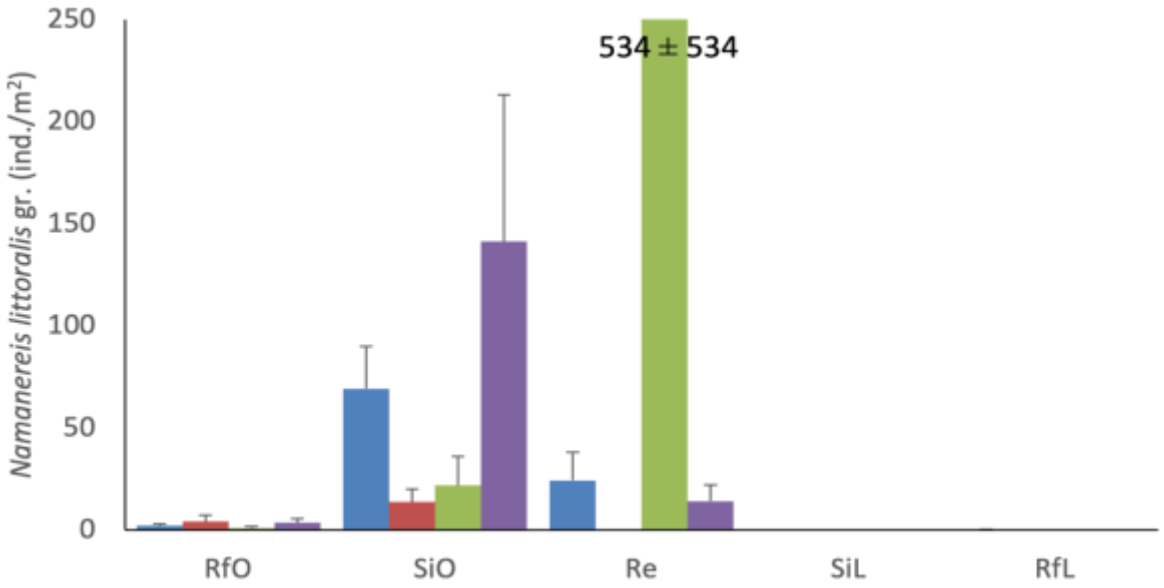


Figure 4. Abondance (nombre d'individus/m^2, moyenne ± erreur type) du polychète *Namanereis littoralis* gr. aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) de La Grave en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). C'est 16016 ind./m^2 qui ont été dénombrés au site recharge (Re) en 2023 et ce, dans un seul échantillon.

En 2024, les vers oligochètes dominent en termes d'abondance relative (53,7%), suivis par les moules (6,7%), les nématodes (6,2%), l'isopode *Jaera (Jaera) albifrons* (4,7%) et les myes (4,4%; **Figure 5**). En termes de biomasse relative, c'est le bivalve *Spisula solidissima* (41,1%) qui domine, ainsi que le gastéropode *Littorina littorea* (28,6%; **Figure 6**).

En 2024, un seul taxon est présent dans plus de 50% des stations (coefficient de fréquence ≥ 50, taxons dits fréquents); il s'agit de *Mya arenaria*. Trente-deux taxons sont dits communs et possèdent un coefficient de fréquence de 11 à 49 %, incluant le polychète *Namanereis littoralis* gr. Les 111 autres taxons inventoriés en 2024 étaient présents à ≤ 10 % des stations ; ces taxons sont dits rares (**Annexe 1**).

Après 4 ans de prélèvements, la courbe d'accumulation d'espèces se stabilise, bien qu'elle n'atteigne toujours pas un plateau (**Figure 7**).

En 2024, la richesse spécifique atteint 36 taxons/station, avec une moyenne de 11 ± 8 taxons/station. L'abondance d'organismes, toutes espèces confondues, atteint 39456 individus/m^2 (moyenne de 2970 ± 558 individus/m^2), alors que la biomasse totale atteint 1011 g/m^2 (moyenne de 18 ± 7 g/m^2). L'indice d'équitabilité de Pielou (J') moyen est de 0,68 ± 0,02 et l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') est de 1,36 ± 0,06.

Il est à noter qu'aucun organisme n'a été inventorié à 13 stations, toutes dans le site recharge (Re).

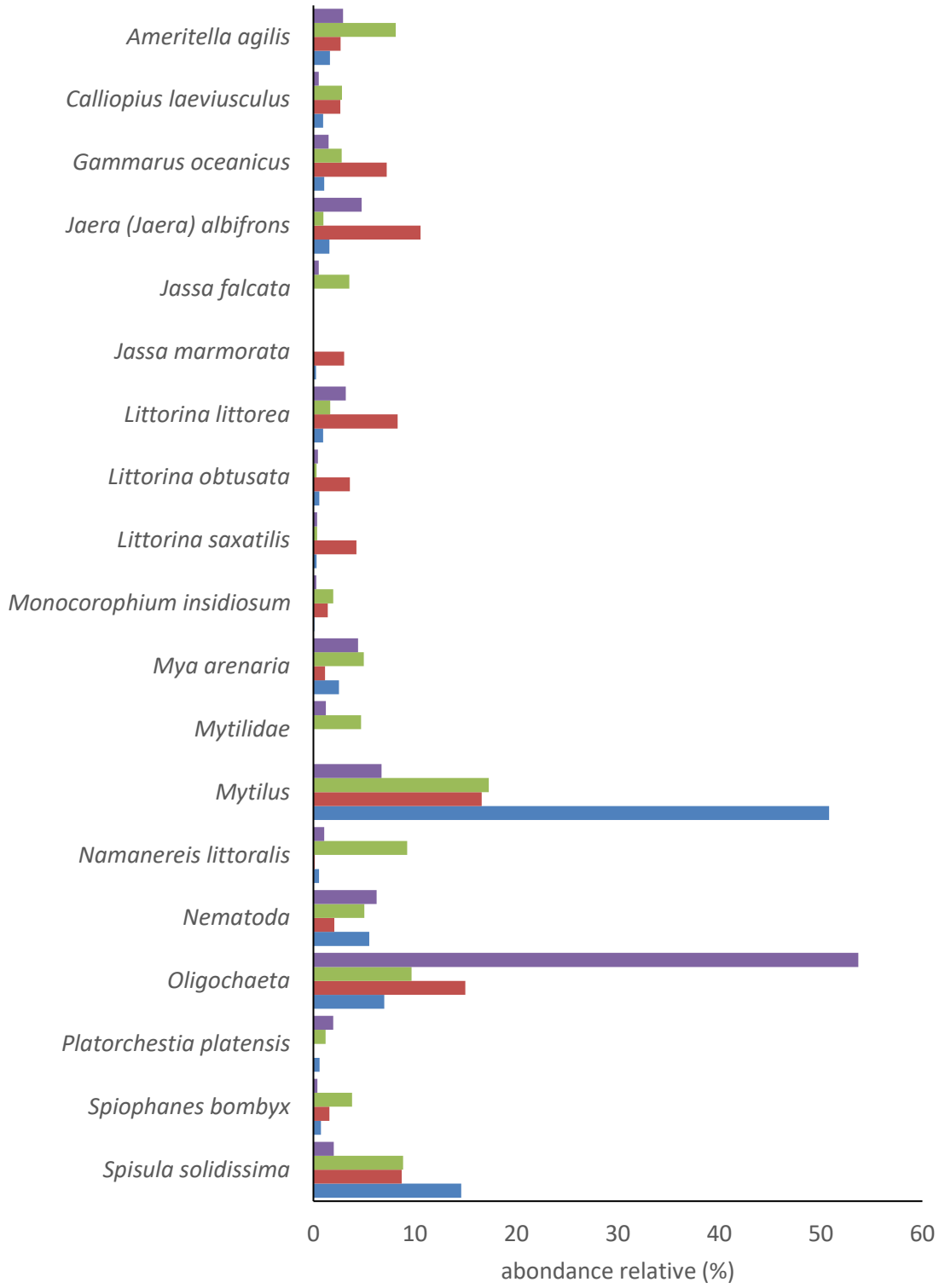


Figure 5. Abondance relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 ( ), 2022 ( ), 2023 ( ) et 2024 ( ). Seuls les taxons ayant une abondance relative de 2% et plus sont présentés.

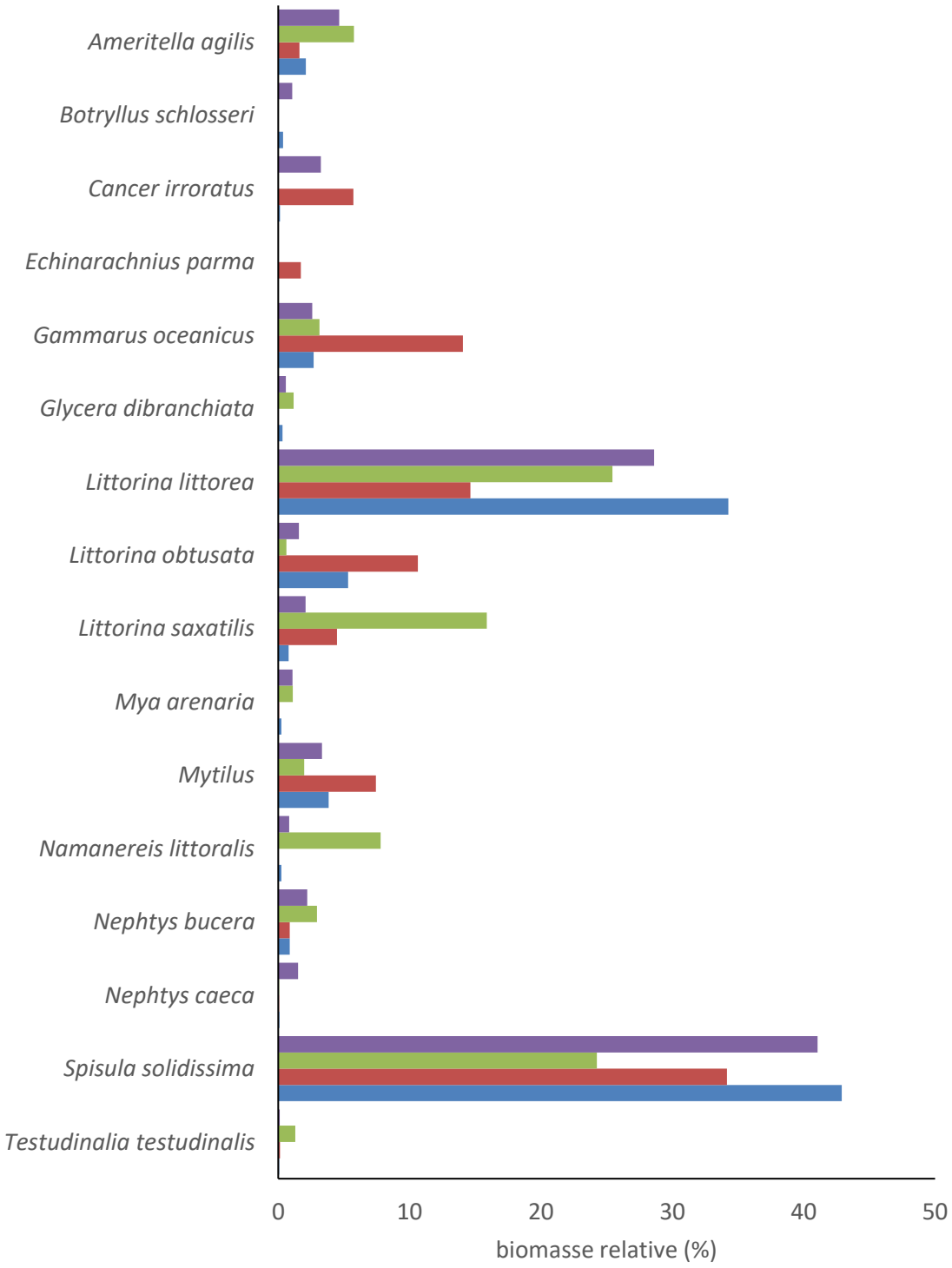


Figure 6. Biomasse relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 ( ), 2022 ( ), 2023 ( ) et 2024 ( ). Seuls les taxons ayant une biomasse relative de 1% et plus sont présentés.

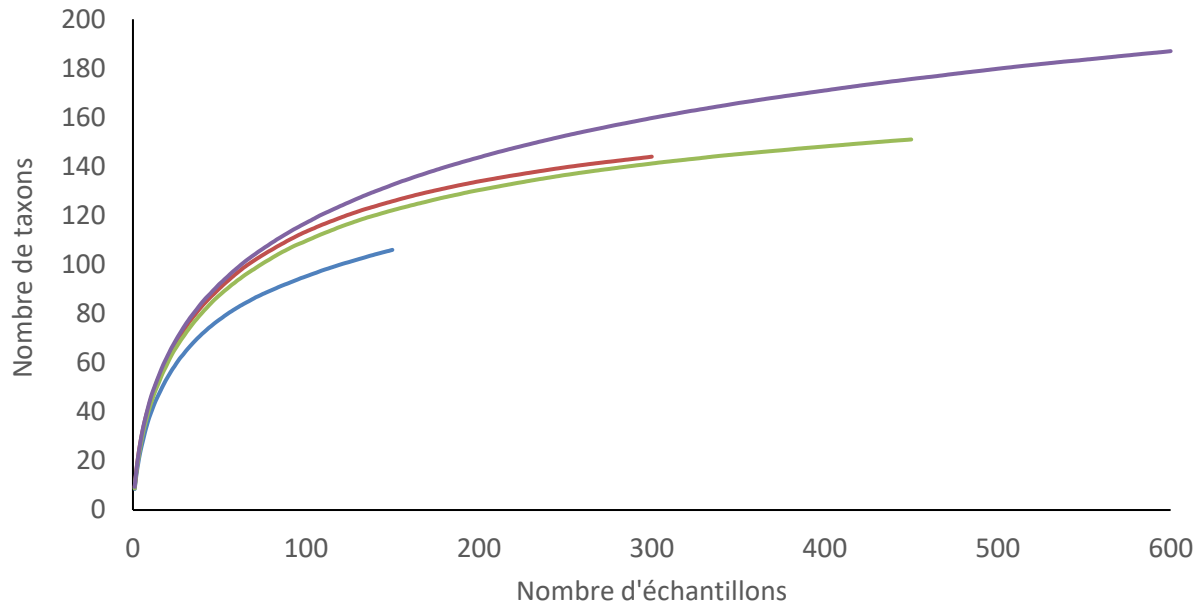


Figure 7. Courbes d'accumulation d'espèces en fonction du nombre d'échantillons pour les travaux faits à La Grave en 2021 (■), 2021 et 2022 (■), 2021 à 2023 (■) et 2021 à 2024 (■).

3.3.1 Analyses univariées

Des analyses univariées ont été réalisées sur les caractéristiques des communautés : richesse spécifique (nombre de taxons/station), abondance totale (nombre d'individus/m^2) biomasse totale (g/m^2), indice d'équitabilité de Pielou et indice de diversité de Shannon-Wiener. Les analyses de variance montrent une interaction significative entre les facteurs *année* et *site* pour tous les indicateurs (**Tableau 4**).

Tableau 4. Résultats des analyses de variance (ANOVA) testant l'effet de l'année, du site et leur interaction sur les caractéristiques univariées des assemblages benthiques soit la richesse spécifique, l'abondance, la biomasse, l'indice d'équitabilité de Pielou (J') et l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H').

Sources de variation	dl	Richesse spécifique			Indice d'équitabilité (J')		
		SC	*F-ratio*	*p*	SC	*F-ratio*	*p*
Année	3	654,5933	5,9212	**0,0006**	0,8302	9,9696	**<0,0001**
Site	4	9684,1267	65,6996	**<0,0001**	1,0547	9,4984	**<0,0001**
An × Si	12	3245,0733	7,3385	**<0,0001**	2,9974	8,9985	**<0,0001**
Résidus	580	21373,0000			13,8793		
Total	599	34956,7930			19,0125		

Sources de variation	dl	Log_{10} (Abondance + 1)			Indice de diversité (H')		
		SC	*F-ratio*	*p*	SC	*F-ratio*	*p*
Année	3	18,9864	10,4471	**<0,0001**	8,9853	13,9964	**<0,0001**
Site	4	182,1806	75,1820	**<0,0001**	98,5350	115,1161	**<0,0001**
An × Si	12	113,9661	15,6771	**<0,0001**	50,1222	19,5188	**<0,0001**
Résidus	580				124,1146		
Total	599				281,7570		

Sources de variation	dl	Log_{10} (Biomasse + 1)		
		SC	*F-ratio*	*p*
Année	3	7,1792	8,9328	**<0,0001**
Site	4	57,4425	53,6048	**<0,0001**
An × Si	12	18,8968	5,8781	**<0,0001**
Résidus	580	155,3811		
Total	599	238,8996		

dl = degré de liberté
SC = somme des carrés

La **richesse spécifique** varie significativement selon l'interaction entre les facteurs *année* et *site* (**Figure 8**) :

- La richesse spécifique des sites au large (SiL et RfL) ne varie pas significativement d'une année à l'autre.
- La richesse spécifique au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022 et 2024, comparativement à 2021 et 2023.
- La richesse spécifique au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022 et 2024 qu'en 2023.
- La richesse spécifique du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022; il n'y a plus de différence significative entre 2021 et 2023 ni 2024.
- En 2021, la richesse spécifique des sites recharge (Re) et sous influence large (SiL) était similaire; ce n'est plus le cas en 2022 et 2023.

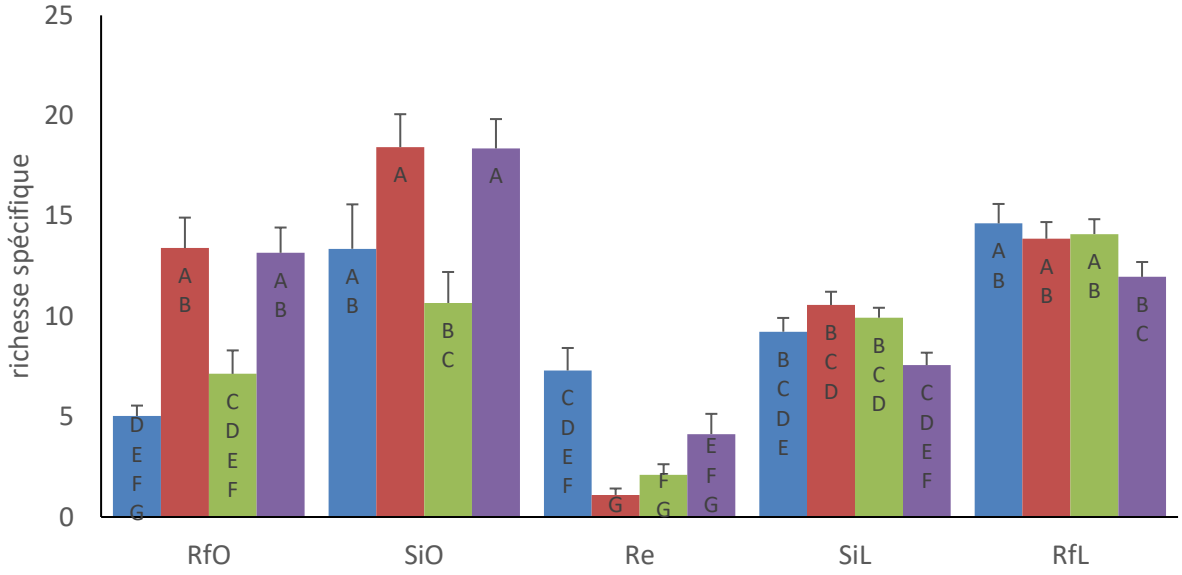


Figure 8. Richesse spécifique (nombre de taxons/station, moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'abondance totale varie significativement selon l'interaction entre les facteurs *année* et *site* (**Figure 9**) :

- L'abondance totale des sites au large (SiL et RfL) ne varie pas significativement d'une année à l'autre.
- L'abondance totale au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021.
- L'abondance totale au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022 qu'en 2023, mais il n'y a pas de différence entre les autres années.
- L'abondance totale du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022. Il n'y a pas de différence entre 2022 et 2023. L'abondance totale a augmenté en 2024; elle est significativement plus grande qu'en 2022 et 2023, mais demeure plus basse que 2021.
- En 2021, l'abondance totale des sites recharge (Re) et sous influence large (SiL) était similaire; ce n'est plus le cas en 2022, 2023 et 2024.

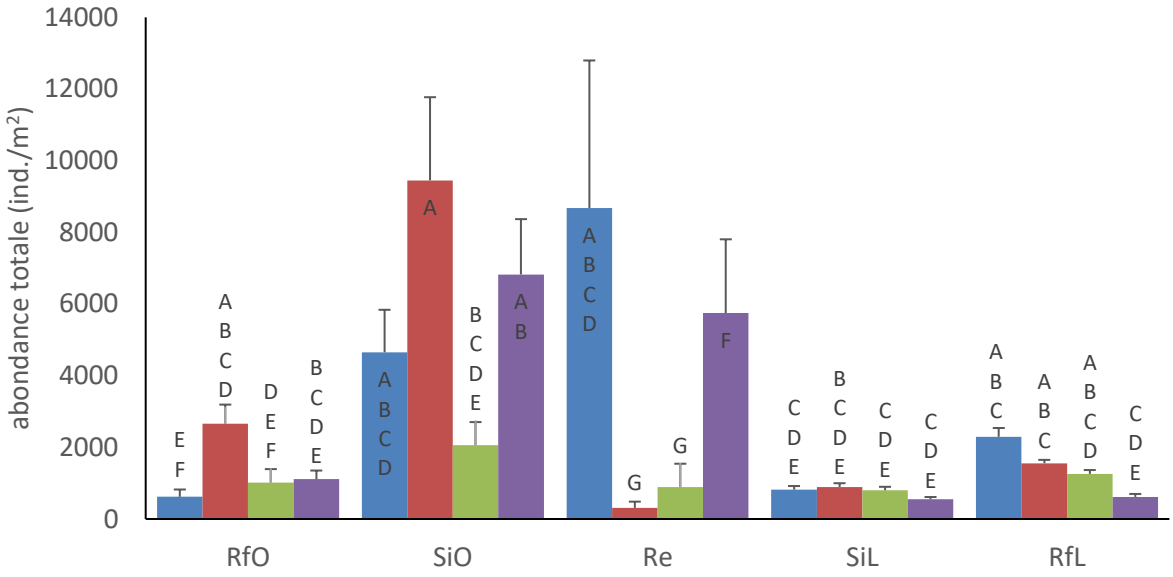


Figure 9. Abondance totale (nombre total d'individus/m^2, moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey.

La biomasse totale varie significativement selon l'interaction entre les facteurs *année* et *site* (**Figure 10**):

- La biomasse totale des sites au large (SiL et RfL) ne varie pas significativement d'une année à l'autre.
- La biomasse totale au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021, 2023 et 2024.
- La biomasse totale au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021 et 2023.
- Il n'y a pas de différence significative de la biomasse totale du site recharge (Re) entre les années.
- En 2021, la biomasse totale des sites recharge (Re) et sous influence large (SiL) était similaire; ce n'est plus le cas en 2022, 2023 et 2024.

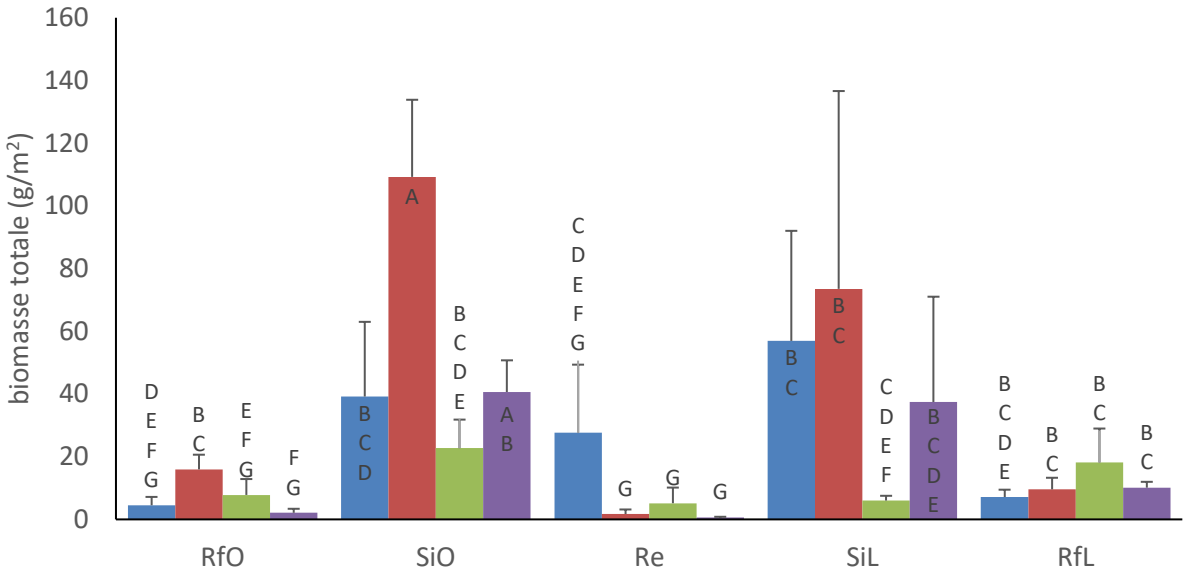


Figure 10. Biomasse totale (g/m^2, moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'indice d'**équitabilité** de Pielou varie significativement selon l'interaction entre les facteurs *année* et *site* (**Figure 11**):

- L'équitabilité des sites référence ouest (RfO) et sous influence large (SiL) ne varient pas significativement d'une année à l'autre.
- L'équitabilité au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2023, comparativement à 2021.
- L'équitabilité au site référence large (RfL) est plus grande en 2023 et 2024, comparativement à 2021 et 2022.
- Il n'y a pas de différence significative des indices d'équitabilité entre les années 2021, 2022 et 2023 au site recharge (Re). Par contre, l'équitabilité est significativement moindre en 2024.
- En 2021, 2022 et 2023, l'équitabilité des sites recharge (Re) et sous influence large (SiL) était similaire.

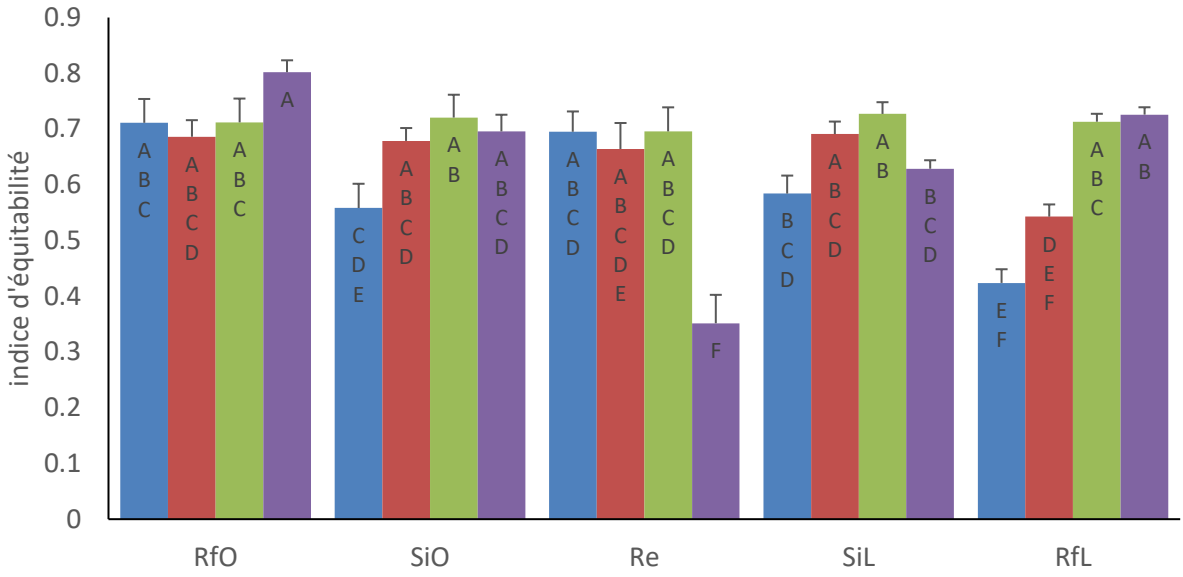


Figure 11. Indice d'équitabilité de Pielou (moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'indice de **diversité** de Shannon-Wiener varie significativement selon l'interaction entre les facteurs *année* et *site* (**Figure 12**):

- La diversité du site sous influence large (SiL) ne varie pas significativement d'une année à l'autre.
- La diversité du site référence large (RfL) est plus grande en 2023 et 2024, comparativement à 2021.
- La diversité au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022 et 2024, comparativement à 2021 et 2023.
- La diversité au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022 et 2024, comparativement à 2021 et 2023.
- La diversité du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022; elle n'a pas changé en 2023 ni en 2024.
- En 2021, la diversité de tous les sites était similaire.

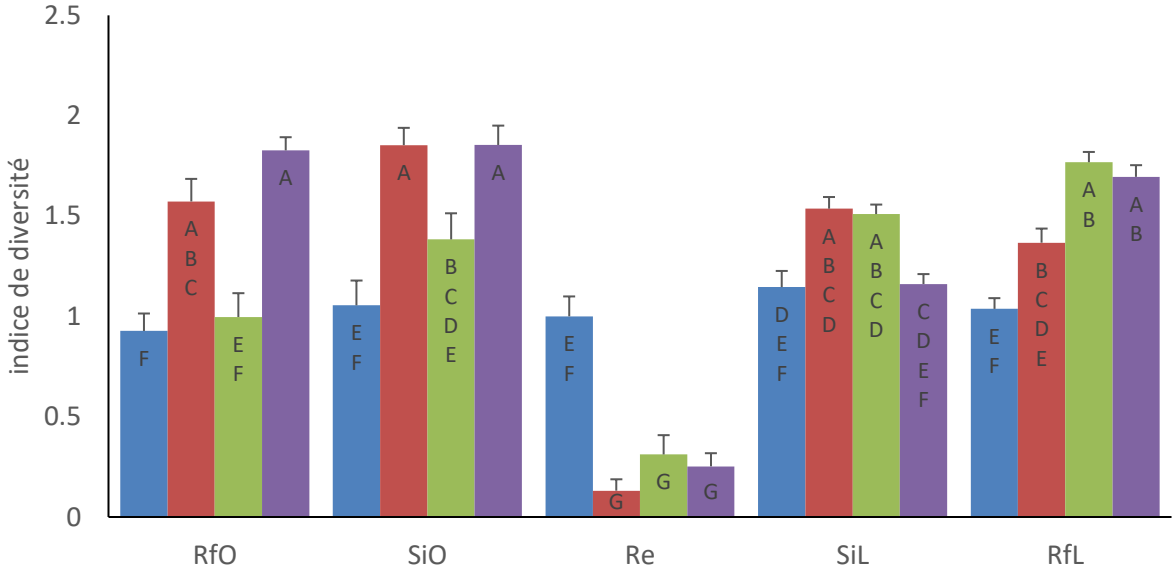


Figure 12. Indice de diversité de Shannon-Wiener (moyenne ± erreur-type, n = 30/année/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■), 2023 (■) et 2024 (■). Les différentes lettres représentent les différences significatives pour l'interaction entre les facteurs année et site, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey.

3.3.2 Analyses multivariées

Les analyses multivariées ont révélé des différences significatives des assemblages d'organismes benthiques pour toutes les sources de variation et leurs interactions, et ce, lorsque les analyses sont faites sur les données brutes d'abondance tout comme lorsqu'elles sont faites sur des données transformées en présence/absence (**Tableau 5**). Les analyses *a posteriori* indiquent que:

- Les assemblages benthiques de tous les sites varient significativement d'une année à l'autre, sauf au site recharge (Re), où il n'y a pas de différence entre les assemblages de 2022 et ceux de 2023 (**Tableau 6**).
- Les assemblages benthiques de tous les sites varient l'un par rapport à l'autre pour toutes les années, sauf en 2021, où les assemblages benthiques des sites recharge (Re) et sous influence ouest (SiO) ne sont pas significativement différents (**Tableau 7**).

Tableau 5. Résultats des analyses de variance multivariées par permutation (PERMANOVA) testant l'effet de l'année, du site et leur interaction sur les assemblages d'invertébrés benthiques de La Grave en 2021, 2022, 2023 et 2024. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes d'abondance et sur des données transformées en présence/absence.

Sources de variation	dl	Données brutes			Présence/absence		
		SC	*pseudo-F*	*p(perm)*	SC	*pseudo-F*	*p(perm)*
Année	3	82532	10,6250	**0,0001**	98289	17,1960	**0,0001**
Site	4	655300	63,2730	**0,0001**	611810	80,2790	**0,0001**
An × Si	12	186690	6,0088	**0,0001**	121430	5,3112	**0,0001**
Résidus	578	1496500			1101200		
Total	597	2421200			1933100		

Tableau 6. Résultats des tests *a posteriori* de l'interaction *An* × *Si*, pour le facteur année. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes.

	t	*p(perm)*
Site RfO		
2021 – 2022	2,0459	**0,0001**
2021 – 2023	1,5961	**0,0011**
2021 – 2024	1,9368	**0,0001**
2022 – 2023	2,3130	**0,0001**
2022 – 2024	2,5479	**0,0001**
2023 – 2024	2,3176	**0,0001**
Site SiO		
2021 – 2022	2,4248	**0,0001**
2021 – 2023	1,5651	**0,0056**
2021 – 2024	2,3282	**0,0001**
2022 – 2023	2,2494	**0,0001**
2022 – 2024	1,7079	**0,0024**
2023 – 2024	1,8772	**0,0001**
Site Re		
2021 – 2022	3,6302	**0,0001**
2021 – 2023	3,1312	**0,0001**
2021 – 2024	2,8459	**0,0001**
2022 – 2023	1,1895	0,1735
2022 – 2024	1,6262	**0,0296**
2023 – 2024	1,5126	**0,0416**

	t	*p(perm)*
Site RfL		
2021 – 2022	2,6069	**0,0002**
2021 – 2023	5,1924	**0,0001**
2021 – 2024	6,3567	**0,0001**
2022 – 2023	3,8507	**0,0001**
2022 – 2024	5,3434	**0,0001**
2023 – 2024	3,0887	**0,0001**
Site SiL		
2021 – 2022	2,0307	**0,0069**
2021 – 2023	3,0104	**0,0001**
2021 – 2024	3,9969	**0,0001**
2022 – 2023	2,5447	**0,0001**
2022 – 2024	3,2212	**0,0001**
2023 – 2024	2,3759	**0,0001**

Tableau 7. Résultats des tests *a posteriori* de l'interaction *An × Si*, pour le facteur site. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes.

	t	*p(perm)*
2021		
Re – RfL	5,3040	**0,0001**
Re – RfO	1,9770	**0,0002**
Re – SiL	4,6518	**0,0001**
Re – SiO	1,0018	0,3869
RfL – RfO	5,3541	**0,0001**
RfL – SiL	3,9688	**0,0001**
RfL – SiO	5,9313	**0,0001**
RfO – SiL	4,4609	**0,0001**
RfO – SiO	1,9572	**0,0001**
SiL – SiO	5,1175	**0,0001**
2023		
Re – RfL	5,6738	**0,0001**
Re – RfO	2,9406	**0,0001**
Re – SiL	5,3572	**0,0001**
Re – SiO	3,0423	**0,0001**
RfL – RfO	4,8095	**0,0001**
RfL – SiL	2,1978	**0,0001**
RfL – SiO	5,0232	**0,0001**
RfO – SiL	4,6805	**0,0001**
RfO – SiO	1,8685	**0,0001**
SiL – SiO	4,8178	**0,0001**

	t	*p(perm)*
2022		
Re – RfL	6,4705	**0,0001**
Re – RfO	4,0406	**0,0001**
Re – SiL	5,8863	**0,0001**
Re – SiO	4,5986	**0,0001**
RfL – RfO	6,2429	**0,0001**
RfL – SiL	3,6292	**0,0001**
RfL – SiO	6,9511	**0,0001**
RfO – SiL	5,6572	**0,0001**
RfO – SiO	2,3769	**0,0001**
SiL – SiO	6,3413	**0,0001**
2024		
Re – RfL	5,0914	**0,0001**
Re – RfO	3,3433	**0,0001**
Re – SiL	5,4044	**0,0001**
Re – SiO	3,0278	**0,0001**
RfL – RfO	5,2465	**0,0001**
RfL – SiL	2,0972	**0,0001**
RfL – SiO	5,7764	**0,0001**
RfO – SiL	5,8072	**0,0001**
RfO – SiO	2,6387	**0,0001**
SiL – SiO	6,2380	**0,0001**

4 Synthèse des résultats de l'année 3 après les travaux de recharge

- Le contenu en matière organique des sédiments est très faible, avec des contenus plus importants aux sites RfO et SiO.

- Les sédiments prélevés sont majoritairement du gravier aux sites à proximité de la plage (RfO, SiO et Re) et ils sont majoritairement du type sable fin aux sites plus au large (SiL et RfL).

- Douze espèces d'algues ont été répertoriées, toutes principalement observées au site sous influence ouest (SiO).

- 144 taxons d'invertébrés benthiques ont été inventoriés.

- Les trois espèces considérées comme envahissantes pour ce secteur ont été répertoriées dans la zone d'étude, comme ce fût le cas en 2021 et en 2022.

- Le polychète *Namanereis littoralis* gr, une nouvelle mention pour le Saint-Laurent, a encore été relevée cette année, cette fois-ci à 20 stations.

- En termes d'abondance relative, ce sont les vers oligochètes qui dominent, contrairement aux années antérieures où l'espèce *Mytilus* sp. dominait.

- En termes de biomasse relative, c'est le bivalve *Spisula solidissima* qui domine.

- Un seul taxon est dit fréquent (*Mya arenaria*), 32 sont dits communs et 111 sont dits rares.

- Après 4 ans de prélèvement, la courbe d'accumulation d'espèce se stabilise, mais n'atteint toujours pas de plateau.

- Aucun organisme n'a été dénombré à 14 stations, dont 13 étaient dans le site Re.

- Les analyses de variance ont montré des interactions significatives entre les facteurs *années* et *site* pour toutes les caractéristiques des communautés (richesse spécifique, abondance totale, biomasse totale, indice d'équitabilité de Pielou et indice de diversité de Shannon-Wiener).

- Les analyses multivariées ont révélé des différences significatives des assemblages d'organismes benthiques pour toutes les sources de variation et leurs interactions.
    - Variation pour tous les sites d'une année à l'autre, sauf au site Re, où les assemblages sont similaires en 2022 et 2023;
    - Variation pour tous les sites l'un par rapport à l'autre pour toutes les années, sauf en 2021, où les assemblages benthiques des sites Re et SiO sont similaires.

5 Compilation des résultats du suivi biologique pour toutes les années

Les principaux résultats pour les trois années d'étude (avant recharge, années 1, 2 et 3 après recharge) sont synthétisés au **Tableau 8**.

Tableau 8. Synthèse des principaux résultats pour chacune des années 2021 à 2024 du suivi biologique à La Grave.
AR = Abondance relative ; BR = Biomasse relative

	Avant recharge (2021)	**Année 1 après recharge (2022)**	**Année 2 après recharge (2023)**	**Année 3 après recharge (2024)**
Portrait des sédiments				
Contenu en MO	Très faible Max observé aux sites RfO et SiO	Très faible Max observé aux sites RfO et SiO	Très faible Max observé aux sites RfO et SiO	Très faible Max observé aux sites RfO et SiO
Type de sédiments	Gravier aux sites RfO, SiO et Re Sable fin aux sites SiL et RfL	Gravier aux sites RfO, SiO et Re Sable fin aux sites SiL et RfL	Gravier aux sites RfO, SiO et Re Sable fin aux sites SiL et RfL	Gravier aux sites RfO, SiO et Re Sable fin aux sites SiL et RfL
Portrait des algues				
Espèces d'algues	Présence de 3 espèces d'algues principalement au site SiO	Présence de 14 espèces d'algues, principalement au site SiO	Présence de 13 espèces d'algues, principalement au site SiO	Présence de 12 espèces d'algues, principalement au site SiO
Portrait des assemblages benthiques				
Nombre de taxons	129 taxons	133 taxons	93 taxons	144 taxons
Espèces envahissantes	*Membranipora membranacea* *Juxtacribrilina mutabilis* *Botryllus schlosseri*	*Membranipora membranacea* *Juxtacribrilina mutabilis* *Botryllus schlosseri*	Aucune	*Membranipora membranacea* *Juxtacribrilina mutabilis* *Botryllus schlosseri*
Nouvelles mentions	*Namanereis littoralis* gr.	*Namanereis littoralis* gr.	*Namanereis littoralis* gr.	*Namanereis littoralis* gr.
Abondance relative **Biomasse relative**	AR*: Mytilus* sp. BR: *Spisula solidissima*	AR: *Mytilus* sp., Oligochètes BR: *Gammarus oceanicus*	AR: *Mytilus* sp. BR: *Littorina littorea*, *Spisula solidissima*	AR: Oligochètes BR: *Spisula solidissima*
Espèces fréquentes (> 50% des stations)	3 taxons : *Mya arenaria*, *Mytilus* sp. et *Spisula solidissima*	1 taxon : *Mytilus* sp.	3 taxons : Polychaeta*, Mytilus* sp. et *Mya arenaria*	1 taxon : *Mya arenaria*
Espèces communes (11%-49% des stations)	19 taxons	27 taxons	19 taxons	32 taxons
Espèces rares (≤10% des stations)	107 taxons	105 taxons	71 taxons	111 taxons
Richesse spécifique	Max 44 taxons/station Moy 9,9 ± 0,6 taxons/station SiO et RfL > Re et RfO	Max 38 taxons/station Moy 11,4 ± 8,4 taxons/station Interaction significative *An × Si* SiO et RfL≠ SiL et RfO ≠ Re	Max 41 taxons/station Moy 8 ± 7 taxons/station Interaction significative *An × Si*	Max 36 taxons/station Moy 11 ± 8 taxons/station Interaction significative *An × Si*

Tableau 9 (suite). Synthèse des principaux résultats pour chacune des années 2021 à 2024 du suivi biologique à La Grave.
AR = Abondance relative ; BR = Biomasse relative

	Avant recharge (2021)	**Année 1 après recharge (2022)**	**Année 2 après recharge (2023)**	**Année 3 après recharge (2024)**
Portrait des assemblages benthiques				
Abondance	Max 122 358 individus/m^2 Moy 3420 ± 883 individus/m^2 Re, SiO et RfL > RfO	Max 63 520 individus/m^2 Moy 2975 ± 6676 individus/m^2 Interaction significative *An × Si* SiO≠ RfO, RfL et SiL	Max 19 200 individus/m^2 Moy 1206 ± 2459 individus/m^2 Interaction significative *An × Si*	Max 39456individus/m^2 Moy 2970 ± 558 individus/m^2 Interaction significative *An × Si*
Biomasse	Max 998 g/m^2 Moy 27 ± 117 g/m^2 SiL > RfO	Max 1897 g/m^2 Moy 42 ± 170 g/m^2 Pas de différence significative	Max 331 g/m^2 Moy 12 ± 39 g/m^2 Interaction significative *An × Si*	Max 1011 g/m^2 Moy 18 ± 7g/m^2 Interaction significative *An × Si*
Indice d'équitabilité de Pielou	Indice moyen de 0,59 ± 0,02 RfO > SiO et RfL	Indice moyen de 0,65 ± 0,15 Re, RfO, SiL, SiO ≠ RfL	Indice moyen de 0,72 ± 0,18 Interaction significative *An × Si*	Indice moyen de 0,68 ± 0,02 Interaction significative *An × Si*
Indice de diversité de Shannon-Wiener	Indice moyen de 1,06 ± 0,04 Pas de différence significative entre les sites	Indice moyen de 1,29 ± 0,74 SiO ≠ RfL ≠ Re	Indice moyen de 1,19 ± 0,72 Interaction significative *An × Si*	Indice moyen de 1,36 ± 0,06 Interaction significative *An × Si*
Analyses multivarées	Différences significatives des assemblages benthiques pour tous les sites, sauf aux sites Re et de SiO où les assemblages sont similaires.	Différences significatives des assemblages benthiques d'une année à l'autre pour tous les sites, sauf au site Re où les assemblages sont similaires.	Différences significatives des assemblages benthiques d'une année à l'autre pour tous les sites, sauf au site Re où les assemblages sont similaires.	Différences significatives des assemblages benthiques d'une année à l'autre pour tous les sites.

6 Références

Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecology 26: 32-46.

Clarke DG, Wilber DH (2000) Assessment of potential impacts of dredging operations due to sediment resuspension. DOER Technical Note Collection (ERDCTN-DOER-E9), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg.

Clarke KR, Gorley RN (2006) PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK, 190 p.

Clarke KR, Warwick RM (1994) Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth, UK, 141 pp.

Clarke KR, Warwick RM (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth, UK.

Quinn GP, Keough MJ (2002) Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, Cambridge, 560 p.

Wentworth CK (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediments. J. Geol. 30: 377-392.

WoRMS Editorial Board (2021) World Register of Marine Species. [http://www.marinespecies.org] doi:10.14284/170.

Annexe 1. Taxons inventoriés à La Grave en 2024 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom scientifique	Ab rel	Bio rel	CF
292684	Arthropoda	Arachnida			Acari	0.20	0.01	8.67
160065	Mollusca	Gastropoda	Cephalaspidea	Tornatinidae	*Acteocina canaliculata*	0.01	<0.01	2.67
136340	Arthropoda	Malacostraca	Tanaidacea	Akanthophoreidae	*Akanthophoreus gracilis*	<0.01	<0.01	0.67
878476	Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Tellinidae	*Ameritella agilis*	2.91	4.64	43.33
1135	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda		Amphipoda	présence	<0.01	3.33
102002	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampithoidae	*Ampithoe rubricata*	0.04	0.13	5.33
156737	Mollusca	Bivalvia	Pectinida	Anomiidae	*Anomia simplex*	<0.01	0.01	0.67
129868	Annelida	Polychaeta		Arenicolidae	*Arenicola marina*	0.01	<0.01	1.33
129430	Annelida	Polychaeta		Paraonidae	*Aricidea* sp.	0.01	<0.01	1.33
160102	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Columbellidae	*Astyris lunata*	0.01	<0.01	1.33
106215	Arthropoda	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	*Balanus crenatus*	0.09	0.08	2.00
160172	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda *incertae sedis*	Cerithiidae	*Bittiolum alternatum*	0.01	<0.01	1.33
105	Mollusca	Bivalvia			Bivalvia	0.26	<0.01	12.00
397024	Mollusca	Gastropoda		Pyramidellidae	*Boonea bisuturalis*	0.02	<0.01	2.67
141265	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Rissoidae	*Boreocingula castanea*	<0.01	<0.01	0.67
103862	Chordata	Ascidiacea	Stolidobranchia	Styelidae	*Botryllus schlosseri*	présence	1.08	14.67
382214	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda		Buccinoidea	<0.01	<0.01	0.67
102178	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Calliopiidae	*Calliopius laeviusculus*	0.53	0.10	22.67
1606	Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Campanulariidae	Campanulariidae	présence	NA	0.67
158057	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Cancridae	*Cancer irroratus*	<0.01	3.24	0.67
129211	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Capitella* sp.	0.01	<0.01	2.00
129876	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Capitella capitata*	0.11	0.01	4.67
712176	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Capitella jonesi*	0.21	0.02	16.00
921	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	Capitellidae	0.03	<0.01	2.67
101430	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	*Caprella* sp.	0.01	<0.01	1.33
101839	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	*Caprella linearis*	<0.01	<0.01	0.67
101846	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	*Caprella penantis*	0.01	<0.01	2.00
101361	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	Caprellidae	<0.01	<0.01	0.67
229	Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Cardiidae	Cardiidae	<0.01	<0.01	0.67
129241	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	*Caulleriella* sp.	0.03	<0.01	3.33

Annexe 1 (suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2024 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom scientifique	Ab rel	Bio rel	CF
111397	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Hippothoidae	*Celleporella hyalina*	présence	<0.01	8.67
157793	Arthropoda	Thecostraca	Balanomorpha	Chthamalidae	*Chthamalus fragilis*	<0.01	<0.01	0.67
919	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	Cirratulidae	<0.01	<0.01	0.67
238377	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Pectinariidae	*Cistenides granulata*	<0.01	<0.01	0.67
156818	Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Cardiidae	*Clinocardium* sp.	<0.01	<0.01	0.67
130279	Annelida	Polychaeta		Maldanidae	*Clymenella torquata*	0.05	0.01	8.00
101376	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	Corophiidae	0.01	<0.01	2.67
158355	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Crangonidae	*Crangon septemspinosa*	<0.01	0.01	1.33
237004	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Crassicorophium bonellii*	0.06	<0.01	6.00
138963	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Calyptraeidae	*Crepidula fornicata*	0.19	0.02	16.67
111314	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Cribrilinidae	*Cribrilina punctata*	présence	<0.01	4.00
102136	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Dexaminidae	*Dexamine thea*	0.01	<0.01	1.33
131121	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Dipolydora quadrilobata*	0.01	<0.01	1.33
1789435	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Electridae	*Electra pilosa*	présence	0.01	22.00
876640	Mollusca	Bivalvia	Adapedonta	Pharidae	*Ensis leei*	0.01	0.04	2.67
130613	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Eteone flava*	<0.01	<0.01	0.67
130616	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Eteone longa*	0.01	<0.01	2.00
130639	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Eulalia viridis*	<0.01	<0.01	0.67
130644	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Eumida sanguinea*	0.01	<0.01	1.33
140536	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Naticidae	*Euspira pallida*	<0.01	<0.01	0.67
130913	Annelida	Polychaeta	Sabellida	Fabriciidae	*Fabricia stellaris*	<0.01	<0.01	0.67
117690	Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Lafoeidae	*Filellum serpens*	présence	<0.01	2.00
158093	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus lawrencianus*	<0.01	<0.01	0.67
102285	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus oceanicus*	1.49	2.58	11.33
101	Mollusca	Gastropoda			Gastropoda	0.87	0.06	24.67
157392	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	*Glycera dibranchiata*	0.01	0.58	4.67
1484	Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Halacaridae	Halacaridae	0.14	<0.01	9.33
1342053	Mollusca	Gastropoda	Cephalaspidea	Haminoeidae	*Haminella solitaria*	<0.01	<0.01	0.67
130762	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Harmothoe extenuata*	0.04	0.02	4.67
130769	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Harmothoe imbricata*	0.06	0.10	6.67
1102	Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida		Harpacticoida	0.99	<0.01	24.00

Annexe 1 (suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2024 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom scientifique	Ab rel	Bio rel	CF
152302	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	*Hediste diversicolor*	0.11	0.47	11.33
129884	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Heteromastus filiformis*	<0.01	<0.01	0.67
140103	Mollusca	Bivalvia	Adapedonta	Hiatellidae	*Hiatella arctica*	0.03	<0.01	4.67
119039	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Idoteidae	*Idotea balthica*	0.01	<0.01	1.33
119050	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Idoteidae	*Idotea pelagica*	0.03	<0.01	4.00
467492	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassariidae	*Ilyanassa trivittata*	0.04	0.41	8.00
102412	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ischyroceridae	*Ischyrocerus anguipes*	<0.01	<0.01	0.67
264171	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Janiridae	*Jaera (Jaera) albifrons*	4.74	0.22	22.00
102431	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ischyroceridae	*Jassa falcata*	0.52	0.03	19.33
1059484	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Cribrilinidae	*Juxtacribrilina mutabilis*	présence	<0.01	7.33
140170	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Lacuna vincta*	0.57	0.16	24.00
1609	Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Lafoeidae	Lafoeidae	présence	<0.01	0.67
222	Mollusca	Bivalvia	Galeommatida	Lasaeidae	Lasaeidae	<0.01	<0.01	0.67
421019	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Leitoscoloplos robustus*	0.05	0.36	10.67
236706	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Lepidametria commensalis*	0.01	0.01	1.33
130801	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Lepidonotus squamatus*	0.04	<0.01	4.67
138135	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina* sp.	0.07	0.02	4.00
140262	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina littorea*	3.20	28.61	26.00
140263	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina obtusata*	0.44	1.57	15.33
140264	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina saxatilis*	0.37	2.08	10.00
382213	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha		Littorinimorpha	0.05	<0.01	2.67
391063	Mollusca	Gastropoda			Lottioidea	<0.01	<0.01	0.67
111411	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Membraniporidae	*Membranipora membranacea*	présence	NA	3.33
156804	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Mesodesmatidae	*Mesodesma* sp.	0.01	<0.01	0.67
130349	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	*Micronephthys neotena*	<0.01	<0.01	0.67
225814	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Monocorophium acherusicum*	0.01	<0.01	0.67
148592	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Monocorophium insidiosum*	0.28	0.01	12.67
421579	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Monocorophium tuberculatum*	0.25	0.01	12.00
140430	Mollusca	Bivalvia	Myida	Myidae	*Mya arenaria*	4.40	1.09	77.33
1277	Arthropoda				Myriapoda	<0.01	<0.01	0.67
423546	Mollusca	Bivalvia	Galeommatida	Lasaeidae	*Mysella planata*	0.05	0.01	4.00
211	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Mytilidae	1.21	0.15	10.00

Annexe 1 (suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2024 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom scientifique	Ab rel	Bio rel	CF
138228	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	*Mytilus* sp.	6.71	3.33	48.67
334078	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	*Namanereis littoralis*	1.07	0.84	13.33
799	Nematoda				Nematoda	6.22	0.05	49.33
152391	Nemertea				Nemertea	0.86	0.36	42.00
956	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	Nephtyidae	<0.01	0.04	2.67
157499	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	*Nephtys bucera*	0.18	2.20	25.33
130355	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	*Nephtys caeca*	0.20	1.51	20.00
22496	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	Nereididae	0.19	0.03	8.00
130404	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	*Nereis pelagica*	<0.01	0.01	0.67
140403	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Muricidae	*Nucella lapillus*	<0.01	<0.01	0.67
2036	Annelida	Clitellata			Oligochaeta	53.70	0.68	44.67
141308	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Rissoidae	*Onoba aculeus*	0.10	0.01	8.67
157516	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Orbinia swani*	0.01	<0.01	2.00
902	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	Orbiniidae	0.01	0.03	2.00
1078	Arthropoda	Ostracoda			Ostracoda	<0.01	<0.01	0.67
157834	Arthropoda	Malacostraca	Cumacea	Diastylidae	*Oxyurostylis smithi*	0.05	<0.01	10.67
903	Annelida	Polychaeta		Paraonidae	Paraonidae	0.01	<0.01	0.67
146932	Annelida	Polychaeta		Paraonidae	*Paraonis fulgens*	0.22	0.01	6.67
130036	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Dorvilleidae	*Parougia caeca*	<0.01	<0.01	1.33
382158	Mollusca	Gastropoda			Patellogastropoda	0.03	<0.01	4.00
334421	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Pectinariidae	*Pectinaria gouldii*	0.08	0.08	15.33
980	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Pectinariidae	Pectinariidae	<0.01	<0.01	0.67
156961	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneridae	*Petricolaria pholadiformis*	0.20	0.12	8.67
130603	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	*Pholoe minuta*	0.01	<0.01	2.00
334506	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Phyllodoce groenlandica*	0.01	<0.01	1.33
334510	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Phyllodoce maculata*	0.13	0.03	10.67
931	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	Phyllodocidae	0.01	<0.01	2.00
103217	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Talitridae	*Platorchestia platensis*	1.96	0.74	7.33
1091	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida		Podocopida	0.01	<0.01	2.00
883	Annelida	Polychaeta			Polychaeta	présence	0.13	15.33
129710	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Terebellidae	*Polycirrus* sp.	<0.01	<0.01	0.67

Annexe 1 (suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2024 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom scientifique	Ab rel	Bio rel	CF
131143	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Polydora cornuta*	0.03	0.01	4.00
939	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	Polynoidae	<0.01	<0.01	0.67
131170	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Pygospio elegans*	0.21	0.01	8.00
162	Mollusca	Gastropoda		Pyramidellidae	Pyramidellidae	<0.01	<0.01	0.67
123	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Rissoidae	Rissoidae	0.01	<0.01	1.33
157566	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Scolelepis (Scolelepis) squamata*	0.01	<0.01	2.67
129425	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Scoloplos* sp.	0.01	0.03	3.33
130537	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Scoloplos armiger*	0.01	0.01	2.67
1614	Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Sertulariidae	Sertulariidae	présence	<0.01	4.00
157573	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Spio setosa*	0.09	<0.01	3.33
913	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	Spionidae	0.01	0.03	4.00
131187	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Spiophanes bombyx*	0.39	0.54	26.67
989	Annelida	Polychaeta	Sabellida	Serpulidae	Spirorbinae	0.01	<0.01	1.33
156996	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Mactridae	*Spisula solidissima*	2.01	41.06	40.00
101411	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Talitridae	Talitridae	<0.01	<0.01	0.67
982	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Terebellidae	Terebellidae	0.02	<0.01	1.33
234208	Mollusca	Gastropoda		Lottiidae	*Testudinalia testudinalis*	0.13	0.11	4.00
160082	Mollusca	Gastropoda		Pyramidellidae	*Turbonilla interrupta*	<0.01	<0.01	0.67
387339	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha		Velutinoidea	<0.01	<0.01	0.67
1255501	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Tryphosidae	*Wecomedon nobilis*	0.01	0.01	1.33

Annexe 2. Pourcentages de recouvrement à chaque station où des algues ont été répertoriées à La Grave en 2024. Un total de 11 espèces (excluant *C. officialis*) réparties dans stations a été observé. Des algues ont été observées à seulement deux sites (référence ouest – RfO et sous-influence ouest – SiO).

station	nom scientifique	recouvrement (%)
RfO-02	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-04	*Chlorophyta* sp.	10 à 15
RfO-05	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-10	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-11	*Ulva* sp.	< 1
RfO-18	*Chlorophyta* sp.	5 à 10
RfO-18	*Ulva* sp.	< 1
RfO-18	*Porphyra* sp.	< 1
RfO-19	*Chlorophyta* sp.	< 1
RfO-21	*Porphyra* sp.	< 1
RfO-21	*Ulva* sp.	< 1
RfO-21	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-21	*Elachista fucicola*	< 1
RfO-26	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-27	*Chlorophyta* sp.	< 1
RfO-28	*Chlorophyta* sp.	< 1
RfO-33	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-47	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-49	*Chlorophyta* sp.	1 à 5
RfO-50	*Chlorophyta* sp.	1 à 5

station	nom scientifique	recouvrement (%)
SiO-02	*Fucus* sp.	1 à 5
SiO-02	*Hildenbrandia rubra*	1 à 5
SiO-02	*Polysiphonia* sp.	1 à 5
SiO-02	*Chordariaceae* sp.	1 à 5
SiO-02	*Polysiphonia* sp.	1 à 5
SiO-03	*Fucus* sp.	10 à 15
SiO-03	*Hildenbrandia rubra*	1 à 5
SiO-06	*Fucus* sp.	5 à 10
SiO-06	*Hildenbrandia rubra*	1 à 5
SiO-06	*Chaetomorpha* sp.	< 1
SiO-12	*Porphyra* sp.	1 à 5
SiO-12	*Fucus* sp.	< 1
SiO-12	*Polysiphonia* sp.	< 1
SiO-15	*Fucus* sp.	75 à 100
SiO-15	*Polysiphonia* sp.	1 à 5
SiO-16	*Fucus* sp.	1 à 5
SiO-16	*Porphyra* sp.	5 à 10
SiO-16	*Hildenbrandia rubra*	1 à 5
SiO-18	*Fucus* sp.	1 à 5
SiO-18	*Porphyra* sp.	1 à 5
SiO-19	*Fucus* sp.	10 à 15
SiO-20	*Fucus* sp.	< 1
SiO-20	*Porphyra* sp.	5 à 10
SiO-20	*Ulva* sp.	< 1
SiO-21	*Fucus* sp.	15 à 25
SiO-22	*Fucus* sp.	10 à 15
SiO-23	*Fucus* sp.	50 à 75
SiO-23	Algue filamenteuse	1 à 5
SiO-23	*Hildenbrandia rubra*	1 à 5
SiO-25	*Fucus* sp.	1 à 5
SiO-25	*Porphyra* sp.	5 à 10
SiO-26	*Fucus* sp.	10
SiO-26	*Rhodophyta* sp.	< 1
SiO-30	*Fucus* sp.	10 à 15
SiO-41	*Fucus* sp.	1 à 5
SiO-41	*Porphyra* sp.	1 à 5
SiO-42	*Fucus* sp.	50 à 75
SiO-46	*Fucus* sp.	< 1
SiO-49	*Fucus* sp.	1 à 5

Annexe 3. Présence/absence de l'algue coraline *Corallina officinalis*. L'espèce a été observée à 48 stations en 2024. Chaque colonne représente les observations pour un même site.

RfO (n = 18)	SiO (n = 24)	Re (n = 4)	SiL (n = 1)	RfL (n = 1)
RfO-01	SiO-01	Re-07	SiL-22	RfL-45
RfO-02	SiO-02	Re-06		
RfO-03	SiO-03	Re-20		
RfO-04	SiO-06	Re-30		
RfO-05	SiO-07			
RfO-06	SiO-14			
RfO-08	SiO-16			
RfO-10	SiO-18			
RfO-16	SiO-19			
RfO-19	SiO-20			
RfO-21	SiO-22			
RfO-23	SiO-23			
RfO-28	SiO-25			
RfO-34	SiO-26			
RfO-37	SiO-29			
RfO-42	SiO-30			
RfO-47	SiO-32			
RfO-48	SiO-33			
	SiO-40			
	SiO-41			
	SiO-42			
	SiO-44			
	SiO-49			
	SiO-50			