SUIVI BIOLOGIQUE DU SITE DE RECHARGE DE PLAGE DE LA GRAVE

2023 — Année 2 après recharge

biome
Laboratoire d'écologie et de biodiversité aquatique
Université Laval

13 mars 2024

UNIVERSITÉ LAVAL

Équipe de terrain 2023 :
Gabrièle Deslongchamps
Louis Guyon
Sonia Pagé
Mario Deraspe, Ultratech

Conception des protocoles :
Cindy Grant

Traitement des échantillons et saisie de données :
Martin De Langy
Valérie Deshaies
Diane Gagnon
Sonia Pagé

Taxonomiste de référence :
Lisa Treau de Coeli

Mise en forme, validation des bases de données :
Vincent Bellavance
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 10
2.3.1 Caractérisation des sédiments 10
2.3.2 Caractérisation de la faune benthique 10
2.4 Approche statistique 10

3 RÉSULTATS 2023 – ANNÉE 2 APRÈS RECHARGE 12

3.1 Caractérisation des sédiments 12
3.2 Caractérisation des plantes 13
3.3 Caractérisation des assemblages benthiques 14
3.3.1 Analyses univariées 20
3.3.2 Analyses multivariées 26

4 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 2 APRÈS LES TRAVAUX DE RECHARGE 28

5 COMPILATION DES RÉSULTATS DU SUIVI BIOLOGIQUE POUR TOUTES LES ANNÉES 29

6 RÉFÉRENCES 32

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). 8

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 (■) et 2023 (■). 12

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). 13

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 (■) et 2023 (■). C'est 16016 ind./m^2 qui ont été dénombrés au site recharge (Re) en 2023 et ce, dans un seul échantillon. 15

Figure 5. Abondance relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et 2023 (■). Seuls les taxons ayant une abondance relative de 2% et plus sont présentés. 17
Figure 6. Biomasse relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et 2023 (■). Seuls les taxons ayant une biomasse relative de 1% et plus sont présentés. 18
Figure 7. Courbes d'accumulation d'espèces en fonction du nombre d'échantillons pour les travaux faits à La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et en 2021, 2022 et 2023 (■) combinés (gris). 19
Figure 8. Richesse spécifique (nombre de taxons/station, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 21
Figure 9. Abondance totale (nombre total d'individus/m^2, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 22
Figure 10. Biomasse totale (g/m^2, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 23
Figure 11. Indice d'équitabilité de Pielou (moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 24
Figure 12. Indice de diversité de Shannon-Wiener (moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, telles que révélées par le test de comparaisons multiples de Tukey. 25

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. 9

Tableau 3. Occurrence des espèces d'algues (nb. de stations par espèce) recensées à l'été 2023 à La Grave. 14
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'). 20
Tableau 5. Résultats des analyses de variance multivariées par permutation (PERMANOVA) testant l'effet de l'année, du site leur interaction sur les abondances des assemblages d'invertébrés benthiques de La Grave en 2021, 2022 et 2023. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes et sur des données transformées en présence/absence. 26
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. 26
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. 27
Tableau 8. Synthèse des principaux résultats pour chacune des années 2021 à 2023 du suivi biologique à La Grave. 30

Liste des annexes

Annexe A. Taxons inventoriés à La Grave en 2023 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %). 37
Annexe B. Pourcentages de recouvrement à chaque station où des algues ont été répertoriées à La Grave en 2023.. 41
Annexe C. Présence/absence de l'algue coraline *Corallina officinalis*. L'espèce a été observée à 47 stations. Chaque colonne représente les observations pour un même site. 42

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.

[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.

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).

- 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 deux 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 21 août au 10 septembre 2023. 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 3 niveaux (2021, 2022, 2023), 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 2023 – Année 2 après recharge

3.1 Caractérisation des sédiments

Le contenu en matière organique des sédiments est très faible atteignant un maximum de 8,70% (valeur moyenne de 0,88 ± 0,08%). Les résultats sont similaires aux années précédentes et montrent des contenus plus importants aux sites RfO et SiO.

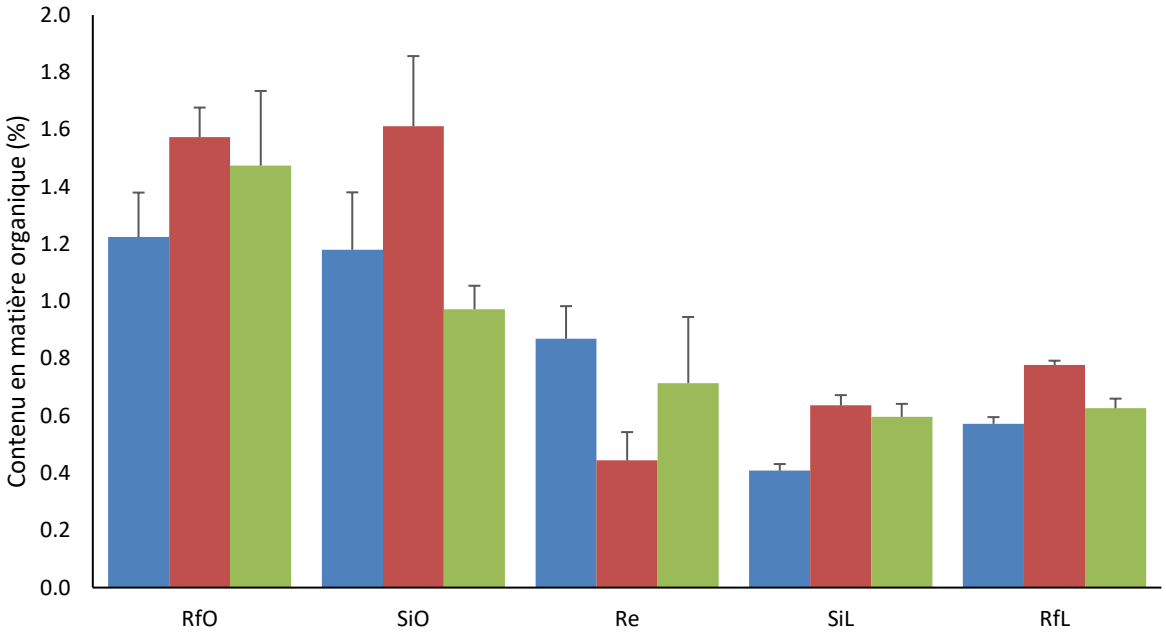


Figure 2. Contenu en matière organique des sédiments (%, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■), 2022 (■) et 2023 (■).

Les analyses granulométriques ont montré que les sédiments prélevés sont majoritairement du gravier (2000 – 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**).

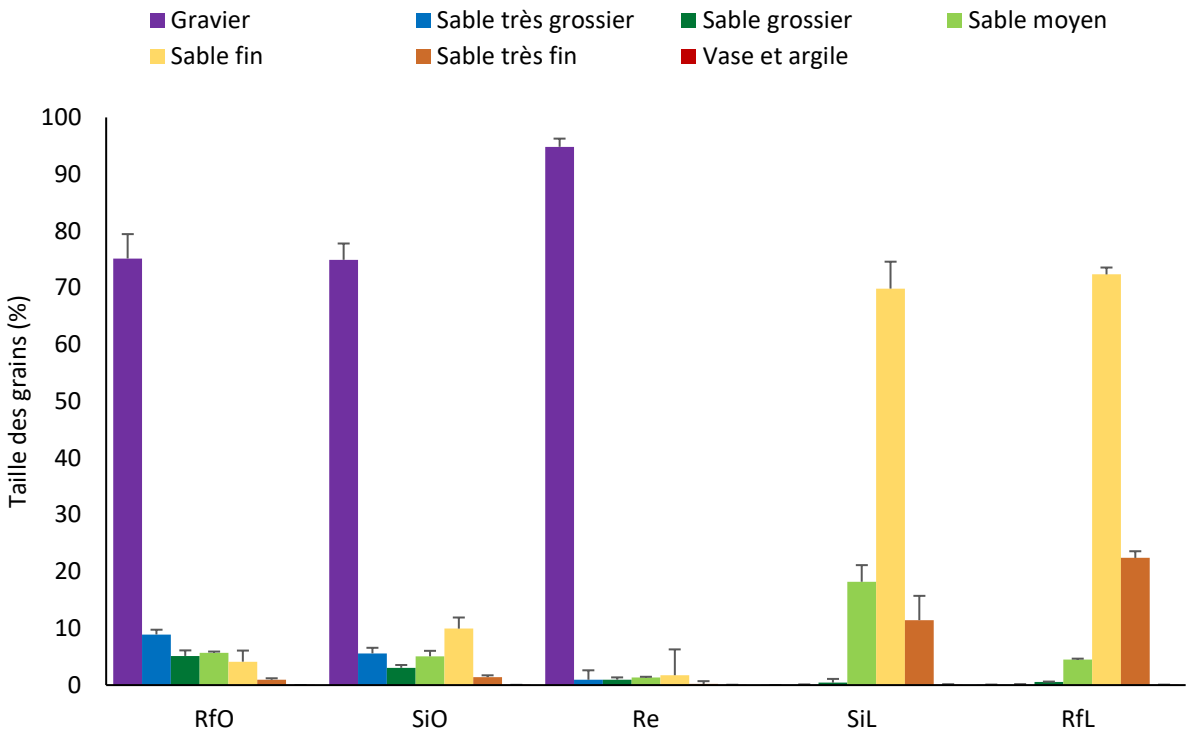


Figure 3. Proportion des différentes classes de taille des sédiments (%, moyenne ± erreur-type, n = 30/site) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL).

3.2 Caractérisation des plantes

L'analyse du recouvrement des végétaux a permis de déceler la présence de 13 espèces parmi les stations caractérisées (**Tableau 3**). Un total de 14 espèces d'algues avait été observées en 2022 comparativement à seulement 3 espèces en 2021. Dans le cas de l'algue coralline érigée *C. officinalis*, la présence ou l'absence des débris d'algues a été noté lors de l'observation sous binoculaire puisqu'il était impossible d'évaluer un pourcentage de recouvrement. Cette espèce a été observée à 47 stations en 2023, par rapport à 80 en 2021.

Les espèces d'algues ont été observées à seulement deux sites, soit le site sous-influence ouest et référence ouest, à l'exception de l'algue coraline qui quant à elle été observée à tous les sites.

Pour toutes les espèces végétales observées, le nombre d'occurrence par espèce était maximal au site sous influence ouest. Pour chacune des stations, l'estimation du pourcentage de recouvrement (%) des espèces d'algues est détaillée en **Annexe E**, alors que la présence de *C. officinalis* est présentée en **Annexe F**.

Tableau 3. Occurrence des espèces d'algues (nb. de stations par espèce) recensées à l'été 2023 à La Grave.

Espèces	**Nb. de stations**
Algues filamenteuses	1
Blidingia sp.	1
Chaetomorpha sp.	1
Chlorophyta sp.	1
Chordariaceae sp.	7
Corallina officialis	47
Elachista fucicola	7
Elasmopus sp.	1
Fucus sp.	16
Hildenbrandia rubra	1
Porphyra sp.	3
Rhodophyta sp.	1
Ulva sp.	1

3.3 Caractérisation des assemblages benthiques

En 2023, 93 taxons ont été inventoriés lors de l'échantillonnage des 5 sites de La Grave : 38 taxons sont des annélides, 26 sont des arthropodes, il y a 1 bryozoaire, 2 cnidaires, 1 échinoderme et 23 mollusques. Des individus des phylum Nematoda et Nemertea ont aussi été inventoriés. De ces 93 taxons, 3 sont des organismes coloniaux.

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, n'ont pas 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 8 stations des 150 étudiées aux sites recharge (1 station), référence ouest (2 stations) et sous influence ouest (5 stations). La **Figure 4** présente les abondances de cette espèce à chaque année, pour chacun des sites.

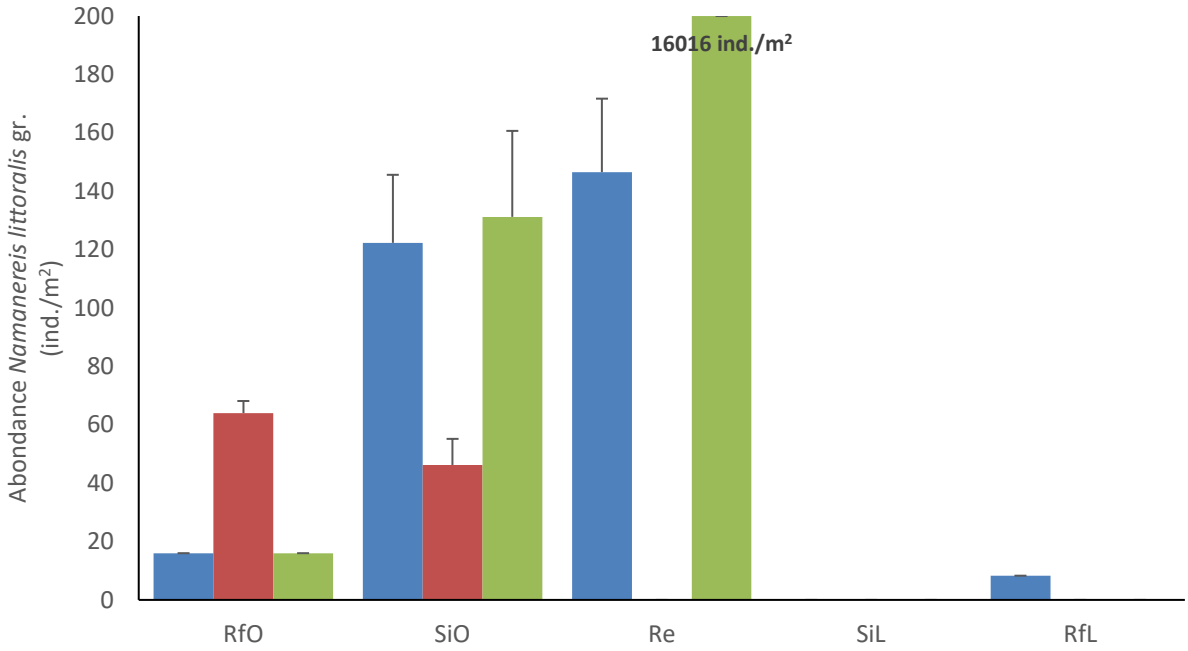


Figure 4. Abondance (nombre d'individus/m^2, moyenne ± erreur type) du polychète *Namanereis littoralis* gr. aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) de La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et 2023 (■). C'est 16016 ind./m^2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

En 2023, c'est la moule bleue qui domine en termes d'abondances relatives, suivie de près par les oligochètes et les bivalves *Spissula solidissima* et *Ameritella agilis* (**Figure 5**). En termes de biomasse relative, c'est le gastéropode *Littorina littorea* qui domine, ainsi que *Spisula solidissima* et *Littorina saxatilis* (**Figure 6**).

En 2023, trois taxons sont présents dans plus de 50% des stations (coefficient de fréquence ≥ 50, taxons dits fréquents, **Annexe A**) : Polychaeta*, Mytilus edulis* et *Mya arenaria*. Il est étonnant de voir que le taxon le plus retrouvé est aussi global en termes d'identification (Polychaeta, présent dans 64% des stations). Il s'agit en fait de morceau de vers impossible à identifier comme par exemple, des morceaux de *Scolelepis (Scolelepis) squamata*, une espèce très fragile dont les individus peuvent être brisés lors de l'échantillonnage et/ou du tamisage. Dix-neuf taxons sont dits communs et possèdent un coefficient de fréquence de 11 à 49 % : Nemertea*, Spisula*

solidissima, Ameritella agilis, Spiophanes bombyx, Calliopius laeviusculus, Nephtys bucera, Lacuna vincta, Nematoda, Oligochaeta*, Pygospio elegans, Littorina littorea, Paraonis fulgens, Gammarus oceanicus, Jassa falcata, Scolelepis (Scolelepis) squamata,* Mytilidae, Harpacticoida*, Monocorophium insidiosum et Littorina saxatilis.* Les 71 autres taxons inventoriés en 2023 étaient présents à $\leq$ 10 % des stations ; ces taxons sont dits rares (**Annexe A**).

Après 3 ans de prélèvement, nous remarquons que la courbe d'accumulation d'espèce se stabilise et ce, malgré un important nombre de taxons encore considérés comme étant rare dans cette étude (**Figure 7**).

En 2023, la richesse spécifique atteint 41 taxons/station, avec une moyenne de 8 ± 7 taxons/station. L'abondance d'organismes, toutes espèces confondues, atteint 19200 individus/m^2 (moyenne de 1206 ± 2459 individus/m^2), alors que la biomasse totale atteint 331 g/m^2 (moyenne de 12 ± 39 g/m^2). L'indice d'équitabilité de Pielou (J') moyen est de 0,72 ± 0,18 et l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') est de 1,19 ± 0,72.

Il est à noter qu'aucun organisme n'a été dénombré à 14 stations; 13 étaient dans le site recharge (Re) et une seule était dans le site sous influence ouest (SiO).

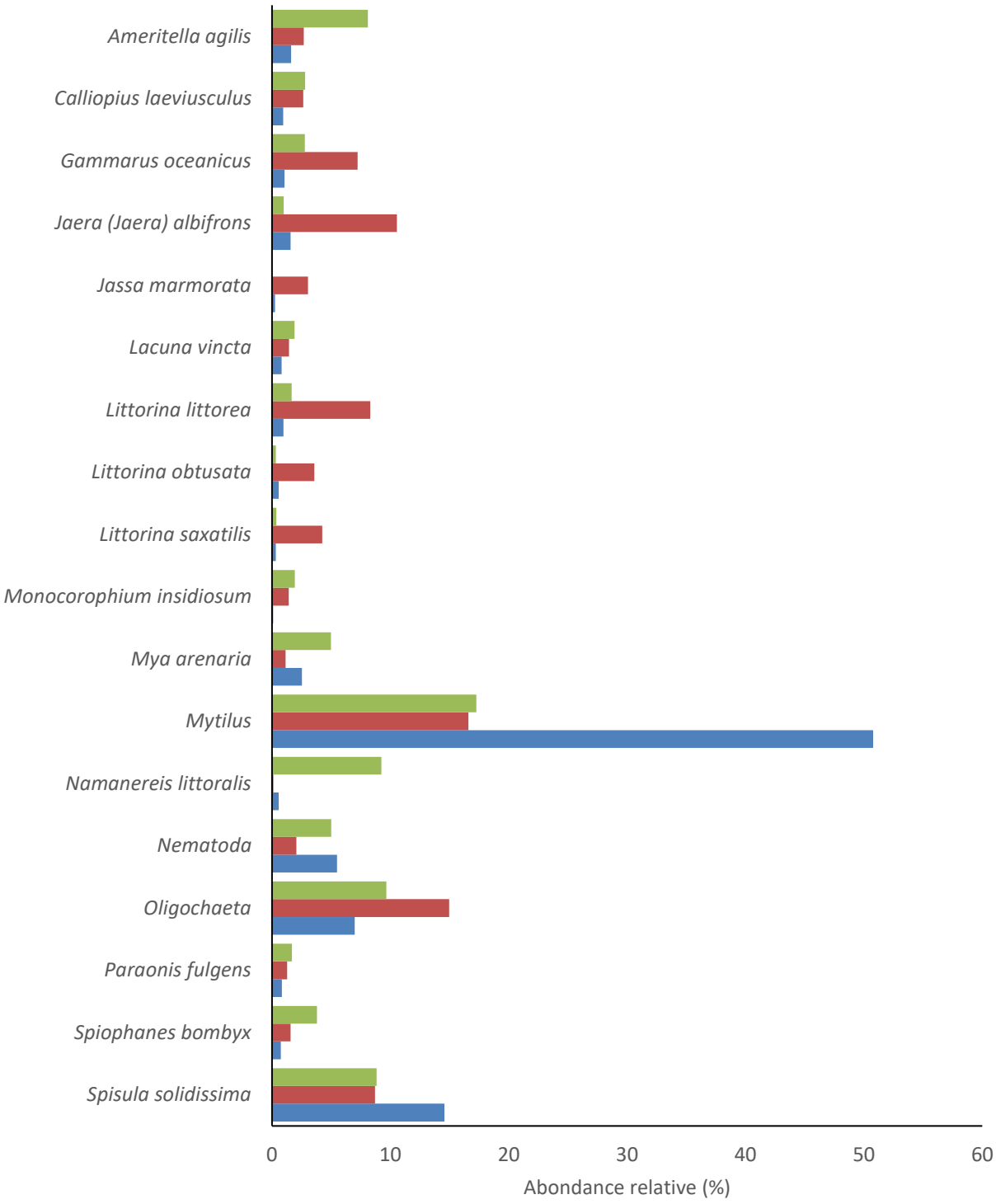


Figure 5. Abondance relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et 2023 (■). Seuls les taxons ayant une abondance relative de 2% et plus sont présentés.

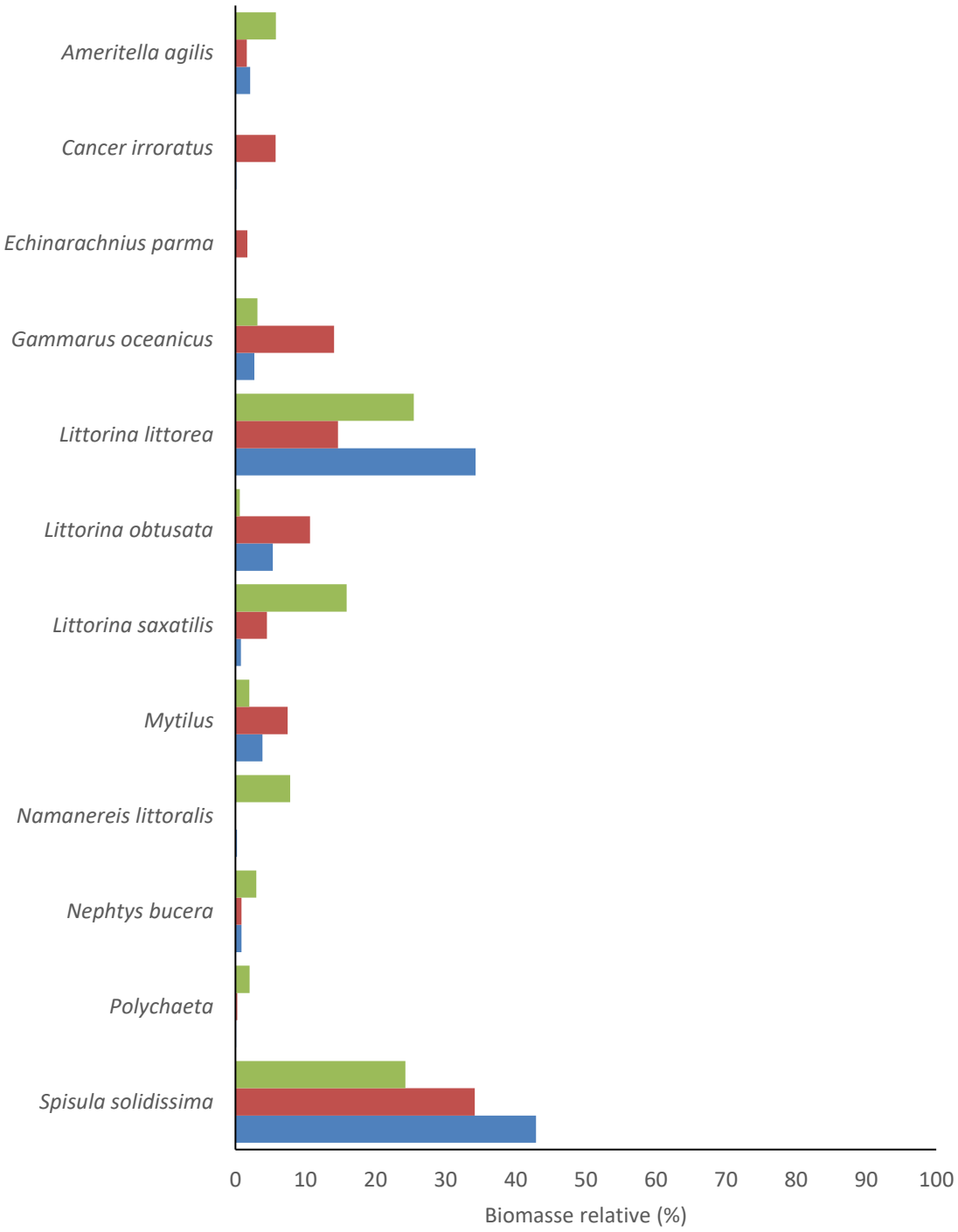


Figure 6. Biomasse relative (%) des invertébrés benthiques prélevés à La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et 2023 (■). Seuls les taxons ayant une biomasse relative de 1% et plus sont présentés.

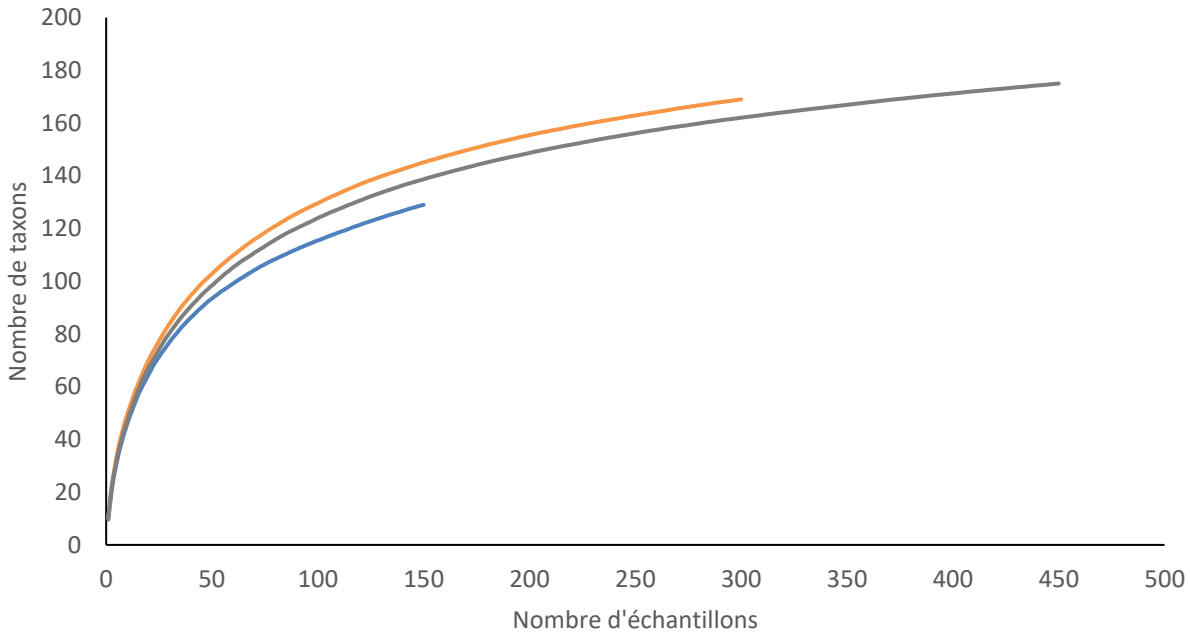


Figure 7. Courbes d'accumulation d'espèces en fonction du nombre d'échantillons pour les travaux faits à La Grave en 2021 (■), 2022 (■) et en 2021, 2022 et 2023 (■) combinés (gris).

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* (**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	2	546	7,2278	**0,0008**	0,8319	13,5639	**<0,0001**
Site	4	7140	47,2538	**<0,0001**	1,0201	8,3157	**<0,0001**
An × Si	8	2224	7,3605	**<0,0001**	0,8327	3,3942	**0,0009**
Résidus	435	16432			11,4083		
Total	449	26342			14,4730		

Sources de variation	dl	Log_{10} (Abondance + 1)			Indice de diversité (H')		
		SC	*F-ratio*	*p*	SC	*F-ratio*	*p*
Année	2	19	17,5099	**<0,0001**	5,1053	10,7057	**<0,0001**
Site	4	143	65,7680	**<0,0001**	57,9407	60,7506	**<0,0001**
An × Si	8	106	24,5186	**<0,0001**	35,5383	18,6309	**<0,0001**
Résidus	435	236			103,7200		
Total	449	504			202,3043		

Sources de variation	dl	Log_{10} (Biomasse + 1)		
		SC	*F-ratio*	*p*
Année	2	8	10,7278	**<0,0001**
Site	4	38	26,1936	**<0,0001**
An × Si	8	19	6,6749	**<0,0001**
Résidus	435	159		
Total	449	224		

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 varient pas significativement d'une année à l'autre.
- La richesse spécifique au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021 et 2023.
- La richesse spécifique au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022 qu'en 2023.
- En 2021, la richesse spécifique des sites recharge (Re) et sous influence large (SiL) était similaire.
- La richesse spécifique du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022; elle tend à remonter légèrement en 2023.

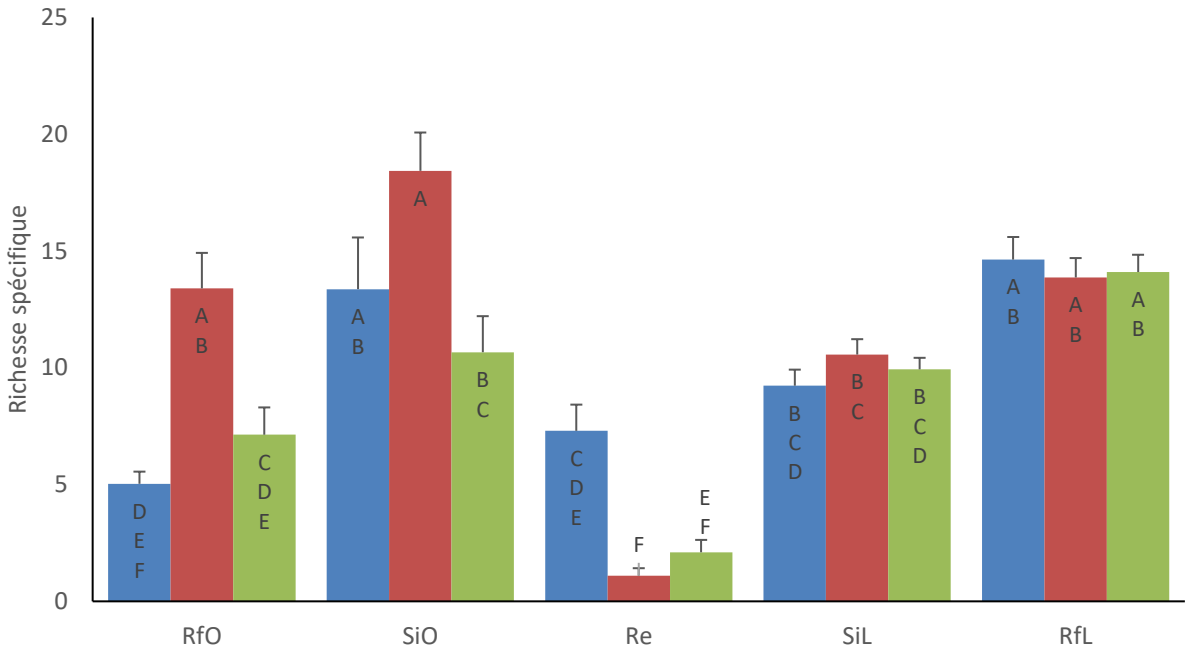


Figure 8. Richesse spécifique (nombre de taxons/station, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (, n = 30/année/site), 2022 (, n = 30/année/site) et 2023 (, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, 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 varient pas significativement d'une année à l'autre.
- L'abondance totale au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021 et 2023.
- 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 2021 et 2022.
- L'abondance totale du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022; elle n'a pas changé en 2023.

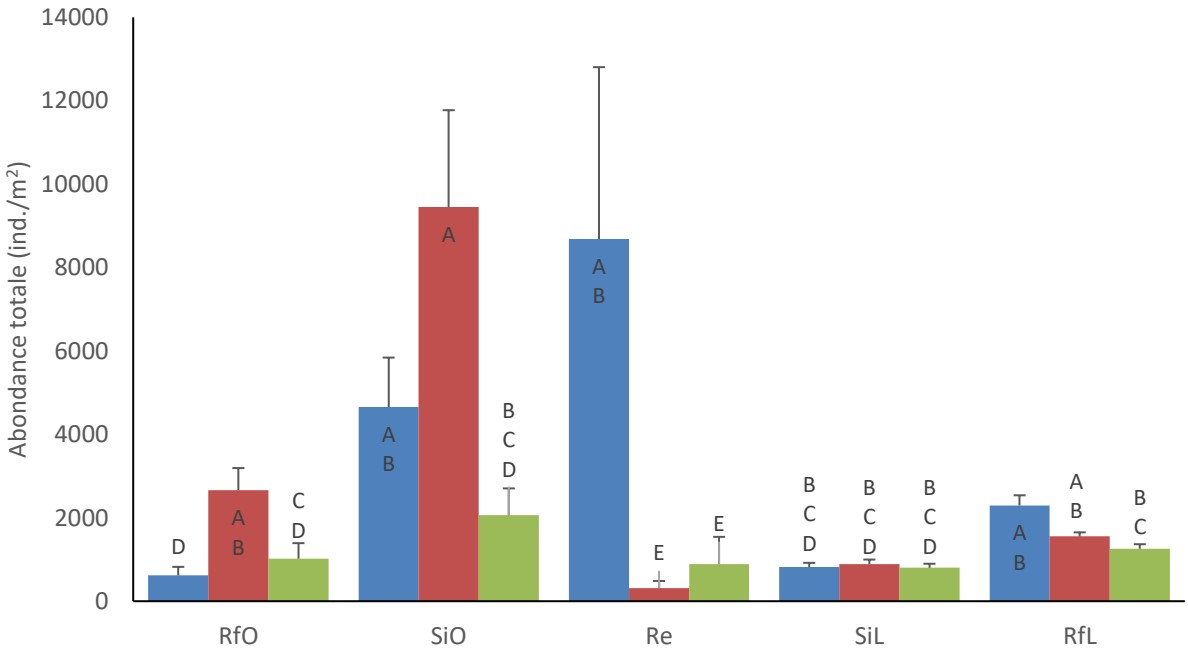


Figure 9. Abondance totale (nombre total d'individus/m^2, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■ , n = 30/année/site), 2022 (■ , n = 30/année/site) et 2023 (■ , n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, 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 varient pas significativement d'une année à l'autre.
- La biomasse totale au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021 et 2023.
- La biomasse totale au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021 et 2023.
- La biomasse totale du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022; elle n'a pas changé en 2023.

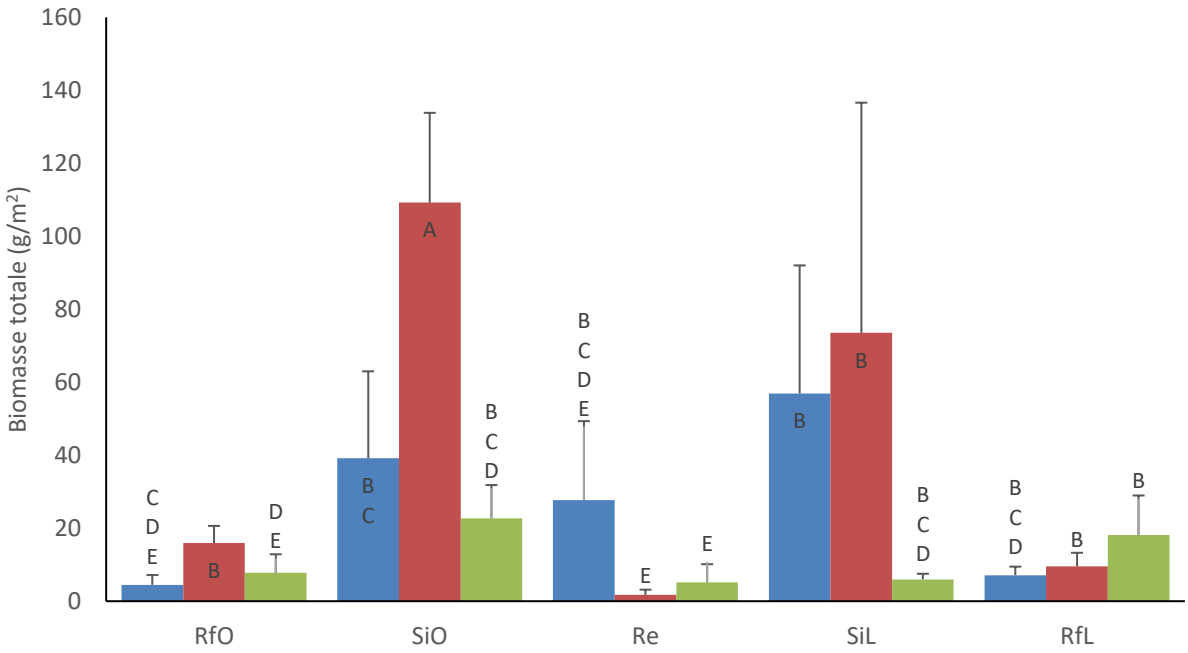


Figure 10. Biomasse totale (g/m^2, moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, 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), recharge (Re) 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, comparativement à 2021 et 2022.

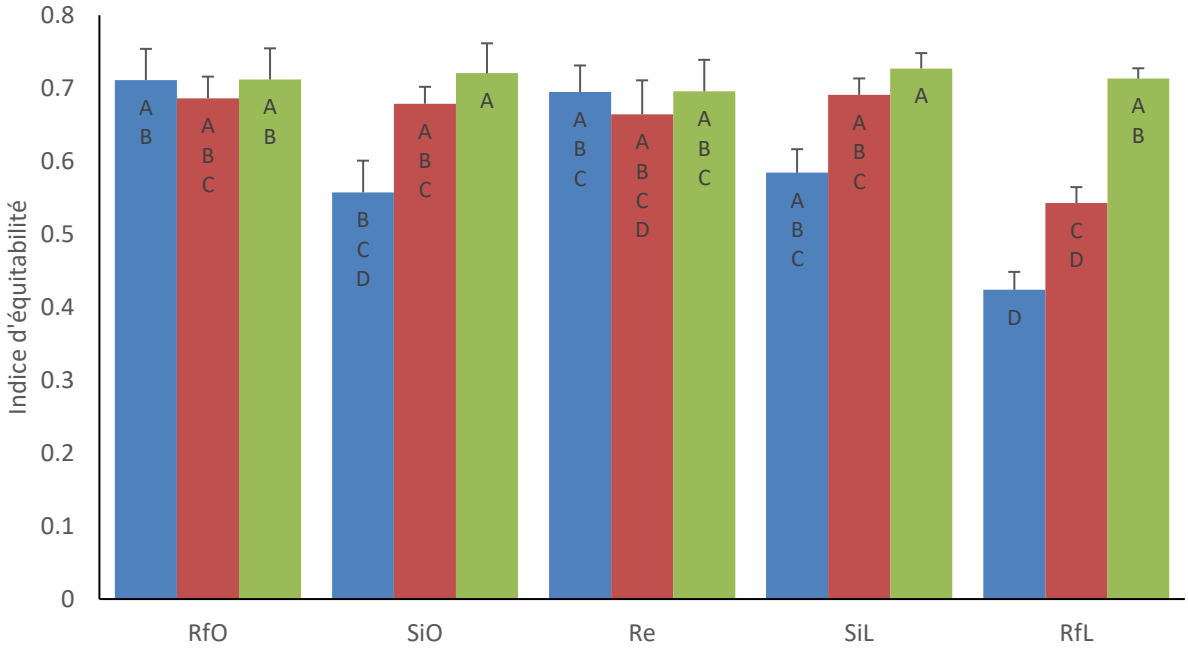


Figure 11. Indice d'équitabilité de Pielou (moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■, n = 30/année/site), 2022 (■, n = 30/année/site) et 2023 (■, n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, 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, comparativement à 2021.
- La diversité au site référence ouest (RfO) est plus grande en 2022, comparativement à 2021 et 2023.
- La diversité au site sous influence ouest (SiO) est plus grande en 2022 qu'en 2021 et en 2023.
- En 2021, la diversité de tous les sites était similaire.
- La diversité du site recharge (Re) a significativement diminuée en 2022; elle n'a pas changé en 2023.

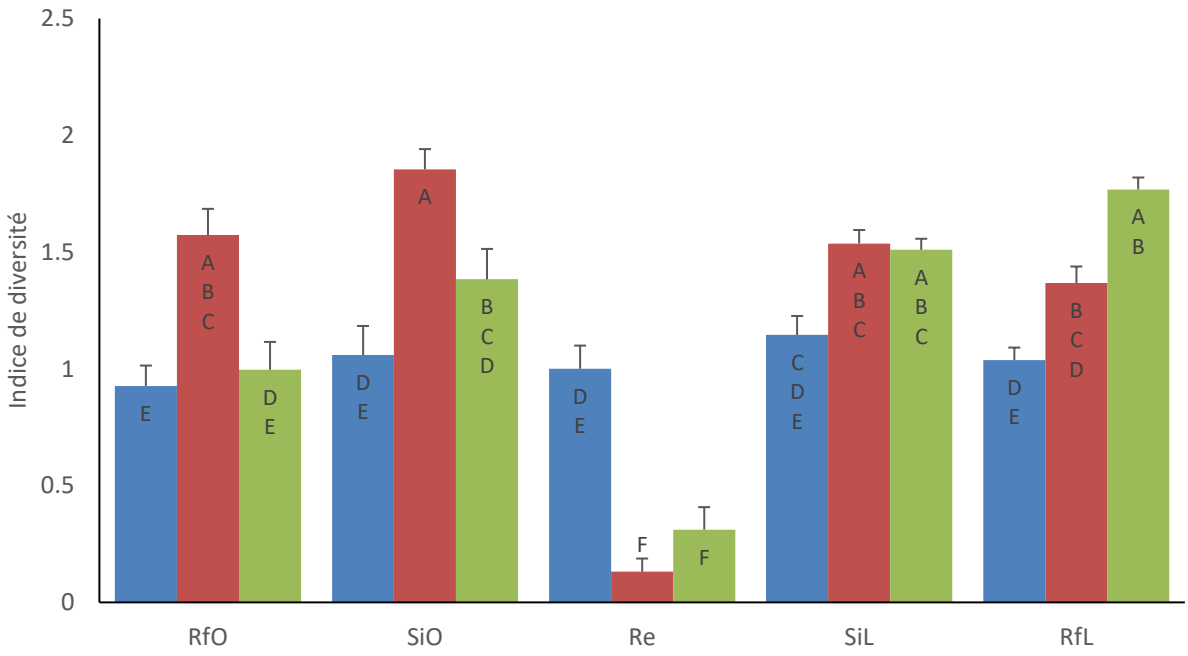


Figure 12. Indice de diversité de Shannon-Wiener (moyenne ± erreur-type) aux sites référence ouest (RfO), sous influence ouest (SiO), recharge (Re), sous influence large (SiL) et référence large (RfL) en 2021 (■ , n = 30/année/site), 2022 (■ , n = 30/année/site) et 2023 (■ , n = 30/année/site). Les différentes lettres représentent les différences significatives entre les facteurs, 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 d'une année à l'autre, sauf au site recharge (Re), où ils demeurent similaires en 2022 et 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 leur interaction sur les abondances des assemblages d'invertébrés benthiques de La Grave en 2021, 2022 et 2023. La distribution des assemblages a été calculée à partir de la matrice de similarité de Bray-Curtis, sur des données brutes 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	2	46798	8,9451	**0,0001**	62057	16,2660	**0,0001**
Site	4	505080	48,2720	**0,0001**	453110	59,3820	**0,0001**
An × Si	8	124700	5,9590	**0,0001**	88797	5,8187	**0,0001**
Résidus	435	1137900			829800		
Total	449	1814500			1433800		

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	**0,0002**
2022 - 2023	2,3130	**0,0001**
Site SiO		
2021 - 2022	2,4245	**0,0001**
2021 - 2023	2,5663	**0,0005**
2022 - 2023	2,2491	**0,0001**
Site Re		
2021 - 2022	3,6301	**0,0001**
2021 - 2023	3,1312	**0,0001**
2022 - 2023	1,1895	0,1670

	t	*p(perm)*
Site RfL		
2021 - 2022	2,6064	**0,0001**
2021 - 2023	5,1922	**0,0001**
2022 - 2023	3,8505	**0,0001**
Site SiL		
2021 - 2022	2,0304	**0,0008**
2021 - 2023	3,0104	**0,0001**
2022 - 2023	2,5447	**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	5,3039	**0,0001**
Re – RfO	1,9769	**0,0001**
Re – SiL	4,6518	**0,0001**
Re – SiO	1,0029	0,3940
RfL – RfO	5,3540	**0,0001**
RfL – SiL	3,9687	**0,0001**
RfL – SiO	5,9304	**0,0001**
RfO – SiL	4,4609	**0,0001**
RfO – SiO	1,9578	**0,0001**
SiL – SiO	5,1170	**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	6,4701	**0,0001**
Re – RfO	4,0406	**0,0001**
Re – SiL	5,8861	**0,0001**
Re – SiO	4,5978	**0,0001**
RfL – RfO	6,2425	**0,0001**
RfL – SiL	3,6289	**0,0001**
RfL – SiO	6,9493	**0,0001**
RfO – SiL	5,6571	**0,0001**
RfO – SiO	2,3768	**0,0001**
SiL – SiO	6,3402	**0,0001**

4 Synthèse des résultats de l'année 2 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).

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

- Sur les 150 échantillons prélevés, 93 taxons d'invertébrés benthiques ont été inventoriés.

- Les trois espèces considérées comme envahissantes pour ce secteur, n'ont pas 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 8 stations.

- La moule bleue *Mytilus edulis* est l'espèce dominante en termes d'abondance relative, alors qu'en termes de biomasse relative, c'est le gastéropode *Littorina littorea* qui domine.

- Trois taxons sont considérés comme fréquents (Polychaeta*, Mytilus edulis* et *Mya arenaria*), 19 sont dits communs et 71 sont dits rares.

- Après 3 ans de prélèvement, la courbe d'accumulation d'espèce se stabilise et ce, malgré un important nombre de taxons encore considérés comme étant rare dans cette étude.

- En termes d'abondances relatives, la moule bleue domine, suivie de près par les oligochètes et les bivalves *Spissula solidissima* et *Ameritella agilis*. En termes de biomasse relative, c'est le gastéropode *Littorina littorea* qui domine, ainsi que *Spisula solidissima* et *Littorina saxatilis*.

- Les biomasses relatives sont globalement mieux distribuées en 2023; en 2021, *Spisula solidissima* représentait 98% de l'a biomasse relative alors qu'en 2022, c'est *Gammarus oceanicus* qui représentait 99% de cette biomasse relative.

- 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 :
    - 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 ne sont pas significativement différents.

5 Compilation des résultats du suivi biologique pour toutes les années

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

Tableau 8. Synthèse des principaux résultats pour chacune des années 2021 à 2023 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)
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
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
Portrait des algues			
Espèces d'algues	3 espèces: *Fucus vesiculosus*, *Hildenbrandia rubra, Corallina officinalis*	présence de 14 espèces d'algues, principalement aux sites SiO et RfO	présence de 13 espèces d'algues, principalement au site SiO
Portrait des assemblages benthiques			
Nombre de taxons	129 taxons	124 taxons	93 taxons
Espèces envahissantes	*Membranipora membranacea* *Juxtacribrilina mutabilis* *Botryllus schlosseri*	*Botryllus schlosseri*	aucune
Nouvelles mentions	*Namanereis littoralis* gr.	*Namanereis littoralis* gr.	*Namanereis littoralis* gr.
Abondance relative **Biomasse relative**	AR*: Mytilus* sp. BR: *Spisula solidissima*	AR: *Mytilus* sp. BR: *Spisula solidissima*	AR: *Mytilus* sp. BR: *Littorina littorea*, *Spisula solidissima*
Espèces fréquentes (> 50%)	3 taxons : *Mya arenaria*, *Mytilus* sp. et *Spisula solidissima*	1 taxon : *Mytilus* sp.	3 taxons : Polychaeta*, Mytilus* sp. et *Mya arenaria*
Espèces communes (11%-49%)	19 taxons	29 taxons	19 taxons
Espèces rares (≤10%)	107 taxons	94 taxons	71 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 11,5 ± 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*
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 ind./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*
Biomasse	Max 998 g/m^2 Moy 27 ± 117 g/m^2	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

	SiL > RfO		Interaction significative *An* $\times$ *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* $\times$ *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* $\times$ *Si*
Analyses multivariées	Les assemblages de chacun des sites sont significativement différents l'un de l'autre sauf ceux de Re et de SiO.	Les assemblages sont significativement différents d'une année à l'autre pour tous les sites.	Différences significatives des assemblages benthiques entre les différentes années et les différents sites

6 Références

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

Archambault P, Banwell K, Underwood AJ (2001) Temporal variation in the structure of intertidal assemblages following the removal of sewage. Marine Ecology Progress Series 222: 51-62.

Baca BJ, Lankford TE (1988) Myrtle beach nourishment project: biological monitoring. Report to City of Myrtle Beach, South Carolina.

Baptist MJ, Tamis JE, Borsje BW, van der Werf JJ et Holzhauer H (2009) Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. Wageningen IMARES report C113/08, Deltares report Z4582.50: 68 p.

Bergquist DC, Crowe SE (2009) Using historical data and meta-analyses to improve monitoring and management of beach nourishment in South Carolina. Final report prepared by the South Carolina Department of Natural Resources, Marine Resources Research Institute. SC Department of Health and Environmental Control (SCDHEC), Charleston, SC. 99 pp.

Bernatchez P, Drejza S, Dugas S (2012) Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des îles de la Madeleine. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, juillet 2012, 71 p. + annexes.

Bernatchez P, Dubois JM (2004) Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. Géographie physique et Quaternaire, 58(1), 45-71.

Bernatchez P, Dugas S, Fraser C, Da Silva L (2015) Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis à Ouranos, mai 2015, 53 p. + annexes.

Bird E, Lewis N (2015) Beach Renourishment. Springer Briefs in Earth Sciences. 137 p.

Carley JT, Cox RJ (2017) Guidelines for Sand Nourishment Science and Synthesis for NSW. NSW Office of Environment and Heritage's Coastal Processes and Responses Node -Technical Report 263. 54 p.

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.

Corriveau M, Bernatchez P, Belzile M, Senneville S (2018) Influence de la réduction du couvert de glace sur l'érosion côtière en bordure des infrastructures routières de l'Est du Québec dans un contexte de changements climatiques (CC04.1) : Rapport final. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, avril 2019, 457 p. + annexes

Defeo O, McLachlan A, Schoeman DS, Schlacher TA and others (2009) Threats to sandy beach ecosystems: a review. Estuar Coast Shelf Sci 81: 1−12.

DesJarlais C, Allard M, Blondot A, Bourque A, Chaumont D, Gosselin P, Houle D, Larrivée C, Lease N, Roy R, Savard JP, Turcotte R, Villeneuve C (2010) Savoir s'adapter aux changements climatiques. (En ligne). Ouranos, Montréal, Québec. 128 p.

Downes BJ, Barmuta LA, Fairweather PG, Faith DP, Keough MJ, Lake PS, Mapstone BD, Quinn GP (2002) Monitoring ecological impacts: concepts and practices in flowing waters. Cambridge University Press, Cambridge, 434 pp.

DREAL Languedoc-Roussillon (2011) Document de cadrage préalable des études d'impact relatives aux opérations côtières de protection du littoral sableux du Languedoc-Roussillon. 209 p.

Drejza S, Friesinger S, Bernatchez P (2014) Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec, Volume I, Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2014, 226 p. + annexes.

Forbes DL, Parkes GS, Manson GK, Ketch LA (2004) Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence. Marine Geology, 210(1-4): 169-204.

Fraschetti S, Bianchi CN, Terlizzi A, Fanelli G, Morri C, Boer F (2001) Spatial variability and human disturbance in shallow subtidal hard substrate assemblages: a regional approach. Marine Ecology Progress Series 212: 1-12.

Glasby TM (1997) Analysing data from post-impact studies using asymmetrical analyses of variance: a case study of epibiota on marinas. Australian Journal of Ecology 22: 448-459.

Greene, K (2002) Beach nourishment a review of the biological and physical impacts. ASMFC, Habitat Management Series no. 7. Atlantic States Marine Fisheries Commission, Washington, DC. 179 p.

Hackney CT, Posey MH, Ross SW, Norris AR (1996) A Review and Synthesis Of Data: Surf Zone Fishes and Invertebrates in the South Atlantic Bight and the Potential Impacts from Beach Nourishment. Prepared for the U.S. Army Corps of Engineers, Wilmington District, Wilmington, NC.

Hébert S (2005) Le Saint-Laurent - La qualité des eaux du fleuve 1990-2003, Québec, Ministère de l'Environnement, 25 p.

Jutte PC, Van Dolah FR, Gayes TP (2002) Recovery of benthic communities following offshore dredging, Myrtle Beach, South Carolina. Shore and Beach, 70: 25-30.

Ministère de la Sécurité Publique (MSP) (2012) S'adapter au littoral maritime - Ouvrages de protection. Gouvernement du Québec. [https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/publications/erosion/erosion-ouvrage_protection.pdf]

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2017) Direction de l'évaluation environnementale des projets hydriques et industriels. Rapport d'analyse environnementale de la demande de soustraction à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement du projet de protection et de réhabilitation du littoral de l'Anse du Sud sur le territoire de la Ville de Percé. Dossier 3216-02-052. 43 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015) Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, Direction des politiques de l'eau, 131 p.

Naqvi SM, Pullen EJ (1982) Effects of Beach Nourishment and Borrowing on Marine Organisms. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg MS. Miscellaneous rept. no. 82-14.

Nelson WG (1985) Physical and Biological Guidelines for Beach Restoration Projects. Part I. Biological Guidelines. Report No. 76. Florida Sea Grant College, Gainesville.

Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and Marine Biology. An Annual Review 16: 229-311.

Pêches et Océans Canada (2009) Les envahisseurs aquatiques-carnet d'identification. Pêches et Océans Canada, Canada, 24 p.

Pêches et Océans Canada, Page consultée le 27 avril 2022. Botrylle étoilé (En ligne) [https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/profiles-profils/goldenstartunicate-botrylleetoile-fra.html]

Peterson CH, Bishop MJ (2005) Assessing the environmental impacts of beach nourishment. BioScience, 55(10): 887-896.

Peterson CH, Bishop MJ, D'Anna LM, Johnson GA (2014) Multi-year persistence of beach habitat degradation from nourishment using coarse shelly sediments. Sci. Total Environ. 487: 481-492.

Plan d'action Saint-Laurent (2014) Données générales sur le Saint-Laurent. Milieu marin (En ligne)
[http://planstlaurent.qc.ca/fr/gestion_integree/forum_saint_laurent/octobre_2014/documentation/donnees_generales_sur_le_saint_laurent_milieu_marin.html]

Plan d'action Saint-Laurent (2019) Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019. Environnement et Changement climatique Canada, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Parcs Canada, Pêches et Océans Canada, Stratégie Saint-Laurent. 60 pages.

Quinn GP, Keough MJ (2002) Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, Cambridge, 560 p.
Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson HC, Cederwall H, Dimming A (2004) Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union water framework directive. Marine Pollution Bulletin 49: 728-739.

Rosov B, Bush S, Briggs TR, Elko N (2016) The state of understanding the impacts of beach nourishment activities on infaunal communities. Shore & Beach. Vol. 84, No. 3: 51-55.

Speybroeck J, Bonte D, Courtens W, Gheskiere T, Grootaert P, Maelfait JP, Mathys M, Provoost S, Sabbe K, Stienen E, Van Lancker V, Vincx M, Degraer S (2006) Beach nourishment: An ecologically sound coastal defence alternative? A review. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 16: 419 - 435.
Underwood AJ (1993a) How not to design an environmental monitoring program: a case study from the FAC (up in Botany Bay). Australian Biologist 6:194-197.

Trott TJ, Enterline C (2019) First record of the encrusting bryozoan Cribrilina (Juxtacribrilina) mutabilis (Ito, Onishi and Dick, 2015) in the Northwest Atlantic Ocean. BioInvasions Records, 8(3): 598-607.

Underwood AJ (1993b) The mechanics of spatially replicated sampling programs to detect environmental impacts in a variable world. Australian Journal of Ecology 18: 99-116.

Underwood AJ (1994) Things environmental scientists (and statisticians) need to know to receive (and give) better statistical advice. In: Fletcher DJ, Manly BFJ (eds) Statistics in ecology and environmental monitoring. University of Otago Press, Dunedin, pp. 33-61.

Underwood AJ (2000a) Importance of experimental design in detecting and measuring stresses in marine populations. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery 7: 3-24.

Underwood AJ (2000b) Trying to detect impacts in marine habitats: comparisons with suitable reference areas. In: Sparks T (ed) Statistics in Ecotoxicology. John Wiley & Sons, LTD, Toronto, pp. 279-308.

Underwood AJ, Chapman MG (2003) Power, precaution, Type II error and sampling design in assessment of environmental impacts. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 296: 49-70.

US Army Corps of Engineers (USACE) (2014) Final integrated feasability report and environmental impact statement; coastal storm damage reduction. Appendix I cumulative impacts. Bogue Banks, Carteret County, North Carolina. 28 p.

Yorke AF, Metaxas A (2011) Interactions between an invasive and a native bryozoan (Membranipora membranacea and Electra pilosa) specieson kelp and Fucus substrates in Nova Scotia, Canada. Marine Biology, 158: 2299-2311.

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

Wooldridge T, Henter HJ, Kohn JR (2016) Effects of beach replenishment on intertidal invertebrates: a 15 month, eight beach study. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Volume 175: 24-33.

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

Annexe A. Taxons inventoriés à La Grave en 2023 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom	Ab rel	Bio rel	CF
878476	Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Tellinidae	*Ameritella agilis*	8.11	5.76	40.00
1135	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda		Amphipoda	0.03	0.05	10.00
102002	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampithoidae	*Ampithoe rubricata*	0.39	0.11	2.00
160102	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Columbellidae	*Astyris lunata*	0.05	<0.01	2.00
105	Mollusca	Bivalvia			Bivalvia	0.92	0.06	3.33
397024	Mollusca	Gastropoda		Pyramidellidae	*Boonea bisuturalis*	0.04	<0.01	2.00
102178	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Calliopiidae	*Calliopius laeviusculus*	2.80	0.60	37.33
129211	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Capitella*	0.01	<0.01	0.67
129876	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Capitella capitata*	0.18	0.03	2.67
712176	Annelida	Polychaeta		Capitellidae	*Capitella jonesi*	0.05	<0.01	4.00
101839	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	*Caprella linearis*	0.08	0.11	2.00
101846	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	*Caprella penantis*	0.12	<0.01	3.33
130279	Annelida	Polychaeta		Maldanidae	*Clymenella torquata*	0.06	0.01	5.33
101489	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Corophium*	0.03	<0.01	0.67
158355	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Crangonidae	*Crangon septemspinosa*	0.00	0.05	0.67
237004	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Crassicorophium bonellii*	0.01	<0.01	0.67
138963	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Calyptraeidae	*Crepidula fornicata*	0.08	0.02	1.33
102136	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Dexaminidae	*Dexamine thea*	0.55	0.01	4.67
111355	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Electridae	*Electra pilosa*	présence	présence	8.67
876640	Mollusca	Bivalvia	Adapedonta	Pharidae	*Ensis leei*	0.03	0.02	2.67
130616	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Eteone longa*	0.03	<0.01	2.00
138239	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Naticidae	*Euspira*	0.00	<0.01	0.67
102285	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus oceanicus*	2.77	3.14	18.00
101	Mollusca	Gastropoda			Gastropoda	0.28	0.01	9.33
130118	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	*Glycera capitata*	0.01	<0.01	1.33
157392	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	*Glycera dibranchiata*	0.02	1.17	2.67
1484	Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Halacaridae	Halacaridae	0.08	<0.01	4.00
130762	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Harmothoe extenuata*	0.04	0.03	2.67
130769	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Harmothoe imbricata*	0.04	0.08	2.67
1102	Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida		Harpacticoida	0.59	0.04	12.67
152302	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	*Hediste diversicolor*	0.16	0.38	6.00

Annexe B(suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2023 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom	Ab rel	Bio rel	CF
140103	Mollusca	Bivalvia	Adapedonta	Hiatellidae	*Hiatella arctica*	0.03	<0.01	2.67
119039	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Idoteidae	*Idotea balthica*	0.00	<0.01	0.67
119050	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Idoteidae	*Idotea pelagica*	0.02	<0.01	1.33
157891	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Idoteidae	*Idotea phosphorea*	0.04	0.01	3.33
467492	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassariidae	*Ilyanassa trivittata*	0.06	0.70	6.00
102412	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ischyroceridae	*Ischyrocerus anguipes*	0.06	<0.01	0.67
1131	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda		Isopoda	0.01	<0.01	0.67
264171	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Janiridae	*Jaera (Jaera) albifrons*	0.98	0.03	8.67
102431	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ischyroceridae	*Jassa falcata*	3.53	0.14	18.00
140170	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Lacuna vincta*	1.91	0.52	28.00
117382	Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Campanulariidae	*Laomedea flexuosa*	présence	<0.01	0.67
421019	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Leitoscoloplos robustus*	0.11	0.41	6.67
130801	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	*Lepidonotus squamatus*	0.13	0.06	4.67
140262	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina littorea*	1.67	25.43	20.00
140263	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina obtusata*	0.32	0.63	9.33
140264	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Littorinidae	*Littorina saxatilis*	0.36	15.87	10.67
148592	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Monocorophium insidiosum*	1.94	0.08	11.33
421579	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	*Monocorophium tuberculatum*	0.01	<0.01	0.67
140430	Mollusca	Bivalvia	Myida	Myidae	*Mya arenaria*	4.97	1.12	54.67
211	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Mytilidae	4.70	0.10	14.67
138228	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	*Mytilus*	17.27	1.98	57.33
334078	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	*Namanereis littoralis*	9.23	7.80	5.33
799	Nematoda				Nematoda	5.01	0.08	26.00
152391	Nemertea				Nemertea	0.68	0.37	42.00
157499	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	*Nephtys bucera*	0.76	2.96	36.67
130355	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	*Nephtys caeca*	0.11	0.07	8.00
22496	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	Nereididae	0.02	<0.01	0.67
130311	Annelida	Polychaeta		Maldanidae	*Nicomache lumbricalis*	0.00	<0.01	0.67
2036	Annelida	Clitellata			Oligochaeta	9.67	0.22	25.33
141308	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Rissoidae	*Onoba aculeus*	0.51	0.06	0.67

Annexe C (suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2023 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom	Ab rel	Bio rel	CF
123207	Echinodermata	Ophiuroidea	Amphilepidida	Ophiactidae	Ophiactidae	0.01	<0.01	0.67
1078	Arthropoda	Ostracoda			Ostracoda	0.01	<0.01	0.67
157834	Arthropoda	Malacostraca	Cumacea	Diastylidae	*Oxyurostylis smithi*	0.01	<0.01	1.33
146932	Annelida	Polychaeta		Paraonidae	*Paraonis fulgens*	1.69	0.07	18.67
757970	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Syllidae	*Parexogone hebes*	0.03	<0.01	2.67
130036	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Dorvilleidae	*Parougia caeca*	0.01	<0.01	1.33
334421	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Pectinariidae	*Pectinaria gouldii*	0.07	0.08	6.67
156961	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneridae	*Petricolaria pholadiformis*	0.03	<0.01	0.67
130603	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	*Pholoe minuta*	0.05	<0.01	3.33
334510	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	*Phyllodoce maculata*	0.27	0.02	8.67
103217	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Talitridae	*Platorchestia platensis*	1.19	0.71	8.67
883	Annelida	Polychaeta			Polychaeta	présence	2.00	64.00
131143	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Polydora cornuta*	0.02	<0.01	1.33
129472	Annelida	Polychaeta		Polygordiidae	*Polygordius*	0.02	<0.01	2.67
157836	Arthropoda	Malacostraca	Cumacea	Bodotriidae	*Pseudoleptocuma minus*	0.01	<0.01	1.33
131170	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Pygospio elegans*	0.82	0.03	24.67
162	Mollusca	Gastropoda		Pyramidellidae	*Pyramidellidae*	0.05	0.00	0.67
157566	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Scolelepis (Scolelepis) squamata*	0.18	0.02	16.00
130261	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	*Scoletoma fragilis*	0.00	0.01	0.67
129425	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Scoloplos*	0.02	0.01	1.33
130537	Annelida	Polychaeta		Orbiniidae	*Scoloplos armiger*	0.04	0.01	3.33
1614	Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Sertulariidae	Sertulariidae	présence	<0.01	0.67
155127	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sphaerodoridae	*Sphaerodoridium minutum*	0.01	0.22	0.67
157573	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Spio setosa*	0.05	0.03	5.33
913	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	Spionidae	0.07	<0.01	4.67
131187	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	*Spiophanes bombyx*	3.80	0.75	40.00
156996	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Mactridae	*Spisula solidissima*	8.84	24.25	40.67
131077	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	*Sthenelais limicola*	0.00	<0.01	0.67
982	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Terebellidae	Terebellidae	0.01	<0.01	0.67

Annexe D (suite). Taxons inventoriés à La Grave en 2023 avec leur abondance relative (Ab rel, %), leur biomasse relative (Bio rel, %) et leur coefficient de fréquence (CF, %).

aphia	phylum	classe	ordre	famille	nom	Ab rel	Bio rel	CF
234208	Mollusca	Gastropoda		Lottiidae	*Testudinalia testudinalis*	0.48	1.31	5.33
138549	Mollusca	Bivalvia		Thraciidae	*Thracia*	0.46	0.02	4.00
1255501	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Tryphosidae	*Wecomedon nobilis*	0.04	0.09	4.67

Annexe E. Pourcentages de recouvrement à chaque station où des algues ont été répertoriées à La Grave en 2023. Des algues ont été observées à seulement deux sites (sous-influence ouest – SiO – et référence ouest – RfO). Le recouvrement total pour la station, ainsi que les recouvrements par espèces (lorsque plusieurs) sont présentés sur chaque ligne.

Station	**Recouvrement total (%)**	**Espèce 1**	**Recouvrement par espèce (%)**	**Espèce 2**	**Recouvrement par espèce (%)**	**Espèce 3**	**Recouvrement par espèce (%)**
RfO-03	50 à 75	*Chordariaceae* sp.	15 à 25	*Elachista fucicola*	15 à 25	*Porphyra* sp.	15 à 25
RfO-15	25 à 50	*Chordariaceae* sp.	5 à 15	*Elachista fucicola*	25 à 50		
RfO-17	5 à 15	*Chordariaceae* sp.	1 à 5	*Elachista fucicola*	1 à 5		
RfO-22	50 à 75	*Chordariaceae* sp.	15 à 25	*Elachista fucicola*	15 à 25	*Porphyra* sp.	15 à 25
RfO-25	< 1	Identification impossible	< 1	*Blidingia* sp.	< 1		
RfO-27	25 à 50	*Chordariaceae* sp.	5 à 15	*Elachista fucicola*	5 à 15		
RfO-29	1 à 5	*Elachista fucicola*	1 à 5	Algues filamenteuses	< 1		
RfO-30	< 1	*Elasmopus* sp.	< 1				
SiO-02	1 à 5	*Fucus* sp.	1 à 5				
SiO-03	< 1	*Fucus* sp.	< 1	*Hildenbrandia rubra*			
SiO-05	75 à 100	*Fucus* sp.	75 à 100	*Chordariaceae sp.*	1 à 5		
SiO-06	1 à 5	*Fucus* sp.	1 à 5				
SiO-08	50 à 75	*Fucus* sp.	50 à 75	*Rhodophyta sp.*	1 à 5	*Elachista fucicola*	1 à 5
SiO-10	< 1	*Fucus* sp.	< 1				
SiO-11	5 à 15	*Fucus* sp.	5 à 15				
SiO-12	5 à 15	*Fucus* sp.	5 à 15				
SiO-14	5 à 15	*Fucus* sp.	5 à 15	Identification impossible	< 1		
SiO-15	1 à 5	*Fucus* sp.	1 à 5	*Chlorophyta* sp.	1 à 5		
SiO-21	5 à 15	*Fucus* sp.	5 à 15				
SiO-23	1 à 5	*Fucus* sp.	1 à 5	*Chordariaceae* sp.	5 à 15		
SiO-24	25 à 50	*Fucus* sp.	25 à 50	*Chaetomorpha* sp.	1 à 5		
SiO-28	1 à 5	*Fucus* sp.	1 à 5	*Porphyra sp.*	< 1		
SiO-29	25 à 50	*Fucus* sp.	25 à 50				
SiO-32	1 à 5	*Fucus* sp.	1 à 5				
SiO-36	< 1	*Ulva* sp.	< 1				

Annexe F. Présence/absence de l'algue coraline *Corallina officinalis*. L'espèce a été observée à 47 stations. Chaque colonne représente les observations pour un même site.

RfO (n = 12)	SiO (n = 21)	Re (n = 7)	SiL (n = 2)	RfL (n = 7)
RfO-06	SiO-01	Re-03	SiL-16	RfL-01
RfO-07	SiO-03	Re-04	SiL-26	RfL-05
RfO-09	SiO-05	Re-07		RfL-06
RfO-12	SiO-06	Re-09		RfL-20
RfO-22	SiO-09	Re-14		RfL-23
RfO-26	SiO-10	Re-22		RfL-25
RfO-27	SiO-12	Re-26		RfL-29
RfO-29	SiO-13			
RfO-32	SiO-17			
RfO-37	SiO-18			
RfO-43	SiO-20			
RfO-46	SiO-21			
	SiO-24			
	SiO-25			
	SiO-26			
	SiO-27			
	SiO-28			
	SiO-29			
	SiO-30			
	SiO-36			
	SiO-40			