

RIO TINTO

PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2018-2027

**SUIVI DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES AU
LAC SAINT-JEAN / RECHARGEMENT DE PLAGE EN RIVIÈRE À
SAINT-PRIME AU SITE 94.08.03 (2019-2020)**

RÉF. WSP : 201-08448-00

DATE : MAI 2021





RIO TINTO

**PROGRAMME DE
STABILISATION DES BERGES
DU LAC SAINT-JEAN 2018-2027**

**SUIVI DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS
BENTHIQUES AU LAC SAINT-JEAN /
RECHARGEMENT DE PLAGE EN RIVIÈRE À
SAINT-PRIME AU SITE 94.08.03 (2019-2020)**

RÉF. WSP : 201-08448-00
DATE : MAI 2021

VERSION FINALE

WSP CANADA INC.
1125, BOUL. SACRÉ-CŒUR, BUREAU 202
SAINT-FÉLICIEN (QUÉBEC) G8K 1P6

TÉLÉPHONE : +1 418-679-2151
TÉLÉCOPIEUR : +1 418-679-9245

WSP.COM

SOMMAIRE EXÉCUTIF

À la suite des différentes rencontres de discussions tenues avec le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) dans le cadre du renouvellement du décret du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ), Rio Tinto s'est engagée à mettre en œuvre dès 2018, selon le calendrier des travaux, un programme de suivi visant à caractériser les communautés d'invertébrés benthiques. Les objectifs généraux de l'étude sont de :

- caractériser la communauté d'invertébrés benthiques avant et après trois types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean, et ce, dans deux types de milieux, soit à l'embouchure de rivière et en lac;
- documenter l'impact de différents types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean sur l'abondance des invertébrés benthiques.

L'objectif spécifique de cette étude vise à documenter les changements dans les communautés benthiques avant et après les travaux, et ce, à trois profondeurs différentes, soit la zone de marnage supérieure, la zone de marnage inférieure et la zone profonde dans le but de déterminer si les travaux de rechargement de plage ont un effet sur le benthos. Le suivi ne vise pas à comparer les sites entre eux, mais à utiliser les résultats obtenus pour les sites témoins afin de documenter la variabilité naturelle interannuelle hors de la zone d'influence des travaux. Ainsi, il sera possible de déterminer si d'éventuels changements observés dans les communautés benthiques au site « exposé » sont du même ordre que ceux observés chez les témoins.

Le suivi spécifique doit être réalisé avant les travaux pour un site préalablement choisi (an 0/état de référence) et approuvé par les autorités. Par la suite, le suivi se poursuit chaque année suivant les travaux, et ce, pendant 3 ans (an 1, an 2 et an 3). Le protocole d'échantillonnage a été établi en collaboration avec le MFFP et le MELCC. Une planification de suivi doit être déposée l'été précédant chaque campagne d'inventaire.

Le programme de suivi a débuté en 2018 avec le volet **rechargement de plage en lac** à Saint-Henri-de-Taillon. Pour la poursuite du programme de suivi, une proposition de choix de sites à suivre a été déposée le 30 août 2019 aux MELCC et MFFP pour approbation. Il a été proposé et accepté de débuter le suivi à compter de l'année 2019 pour un deuxième des six volets, soit le **rechargement de plage à l'embouchure de rivière**.

On y retrouve une description de la méthodologie d'échantillonnage ainsi qu'une présentation des résultats obtenus. Une conclusion complète le document. Le présent document constitue le second rapport de suivi (an 1) des invertébrés benthiques pour le **rechargement de plage en rivière**. Ce rapport présente, pour la première fois, des analyses statistiques dans le but de déterminer si les travaux de rechargement de plage affectent ou non les communautés d'invertébrés benthiques. Ce rapport est basé sur la nouvelle approche statistique qui utilise des modèles linéaires mixtes avec mesures répétées dans lesquelles les sites sont évalués dans un ensemble. Ceci permet de comparer les changements observés au site « exposé » où le rechargement a eu lieu à la variabilité naturelle observée aux sites témoins, et d'interpréter plus facilement les résultats qu'avec la méthode initialement utilisée dans le rapport de suivi pour le rechargement de plage en lac en 2020.

À la suite de l'analyse des différents sites de travaux de rechargement prévus en 2019-2020 par Rio Tinto, le choix s'est arrêté sur une zone d'étude se situant au nord-ouest du lac Saint-Jean, près de la municipalité de Saint-Prime, soit le site **94.08.03**. Les travaux réalisés à l'hiver 2020 ont consisté en un rechargement d'une couche de gravillon, recouvert d'une couche sable dans la zone de marnage supérieure sur une largeur de 8 m par une longueur d'environ 50 m (annexe 3).

En 2019 et 2020, des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations, et pour tous les sites, à des densités totales jugées faibles à moyennes, variant entre 29 et 9 536 org./m². La zone profonde présente une densité moyenne d'organismes par m² nettement plus faible que la zone de marnage supérieure (2^e rang) et inférieure (1^{er} rang). On retrouve le même résultat concernant la richesse taxonomique qui présente le nombre de taxons total inventorié par échantillon.

Pour l'ensemble des sites (« exposé » et témoins), une variabilité interannuelle est présente pour plusieurs indicateurs selon les zones de profondeur. Cette variabilité interannuelle est représentative des variations naturelles présentes dans le système. Pour l'ensemble des sites de la zone de marnage supérieure, les abondances totales des organismes et l'abondance des chironomides ont diminué alors que la richesse, la diversité et l'équitabilité ont généralement augmenté entre 2019 et 2020. Pour l'ensemble des sites de la zone de marnage inférieure, les abondances totales d'organismes et l'abondance des chironomides ont diminué alors que la richesse, la diversité et l'équitabilité ont généralement augmenté entre 2019 et 2020. Les résultats du suivi présentent une plus grande homogénéité entre les sites et entre les années pour la zone profonde. Pour l'ensemble des sites de la zone profonde, les abondances totales d'organismes et l'abondance des chironomides ont diminué entre 2019 et 2020. Les autres indicateurs sont généralement relativement stables entre 2019 et 2020. Même si les sites sont localisés de façon rapprochée dans le secteur à l'étude, ces résultats démontrent une certaine variabilité spatiale ainsi qu'une certaine variabilité temporelle des conditions en rivière.

Globalement, la structure, la composition et les courbes de dominance (zone de marnage seulement) des communautés ont également varié annuellement ce qui signifie que globalement, les abondances et l'identité des taxons ont varié entre les années pour l'ensemble de sites et des profondeurs. En somme, ces résultats indiquent que la variabilité interannuelle est un facteur important dans la détermination des taxons présents et dans la répartition de leurs abondances.

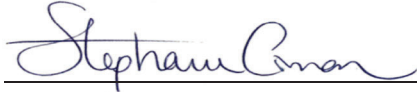
Les comparaisons des tendances des indicateurs du site « exposé » avec les tendances des sites témoins ont montré peu d'effets significatifs et montrent donc généralement des patrons semblables entre avant (2019) et après (2020) les travaux. Sur 11 indicateurs statistiquement testables par zone de profondeur (33 indicateurs au total), 7 différences significatives ont été observées pour cette première année du suivi des effets des travaux. Pour la zone de marnage supérieure, un seul effet significatif a été observé, soit une baisse du nombre de chironomides plus prononcée au site « exposé » qu'aux sites témoins. Pour la zone de marnage inférieure, 2 différences significatives entre le site « exposé » et les sites témoins ont été observées. L'équitabilité a diminué en 2020 au site « exposé » alors qu'elle a augmenté pour les sites témoins. À l'inverse, la contribution des dominants a augmenté en 2020 pour le site « exposé » alors qu'elle a diminué ou qu'elle est restée stable pour les sites témoins. Ceci semble directement lié à la présence des annélides de la famille des *naididae*, le taxon dominant pour les deux années, dont la fréquence est passée de 40 % des abondances à 65 % des abondances totales en 2020 au site « exposé ». Finalement, quatre différences significatives ont été observées pour la zone profonde : les abondances totales et la densité des chironomides ont diminué au site « exposé » alors que les témoins sont généralement restés stables. Ceci a occasionné une augmentation de l'indice EPT/C (Éphéméroptère-Plécoptère-Trichoptère/Chironomides). Une différence significative obtenue au niveau de la structure des communautés indique que la structure des communautés au site « exposé » serait plus proche de la variabilité naturelle à la première année suivant les travaux qu'auparavant. Pour tous les autres indicateurs testés, le site « exposé » et les sites témoins se sont comportés de manière similaire, et ce, pour toutes les zones de profondeur.

En somme, la seconde année du suivi des communautés benthiques indique que les abondances des invertébrés benthiques sont faibles à moyennes et que les changements observés au site « exposé » se situent, pour la grande majorité (79 % du total des indicateurs), dans la variabilité naturelle du système local. La diminution des chironomides et les autres changements que cette diminution a occasionnés au site « exposé » comparativement aux sites témoins pour la zone de marnage supérieure et la zone profonde a généralement rendu le site « exposé » davantage semblable aux sites témoins, tel que reflété par l'absence de différence en structure en 2020 entre le site « exposé » et les sites témoins pour la zone profonde. Les deux prochains suivis

prévus en septembre 2021 et septembre 2022 pourront apporter une meilleure compréhension de la dynamique des communautés et pourront confirmer ou infirmer les tendances présentes à la première année suivant les travaux.

SIGNATURE

PRÉPARÉ PAR



Stéphanie Cimon, biologiste Ph. D.

RÉVISÉ PAR



Luc Bouchard, biologiste M. Sc.
Chargé de projet

Le présent rapport a été préparé par WSP pour le compte de Rio Tinto conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport incombe uniquement au destinataire prévu. Son contenu reflète le meilleur jugement de WSP à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du rapport. Toute utilisation que pourrait en faire une tierce partie ou toute référence ou toutes décisions en découlant sont l'entière responsabilité de ladite tierce partie. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages, s'il en était, que pourrait subir une tierce partie à la suite d'une décision ou d'un geste basé sur le présent rapport. Cet énoncé de limitation fait partie du présent rapport.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO

Chargée de projet	Caroline Jolette, ingénieure
Technicien	Nicolas Thibeault

WSP CANADA INC.

Chargé de projet et rédaction	Luc Bouchard, biologiste M. Sc.
Coordination du terrain et rédaction	Stéphanie Cimon, biologiste Ph. D.
Travaux de terrain	Antoine Therrien, technicien de la faune Carl Gauthier, technicien de la faune Luc Bilodeau, technicien de la faune Laury Parent, technicienne de la faune Charles Otis, technicien de la faune
Cartographie	Charles Forgues, technicien en cartographie
Relecture et édition	Annie Beaudoin, adjointe administrative

GDG ENVIRONNEMENT

Chargée de projet	Marie-Laure Escudero, directrice de laboratoire
-------------------	---

AGAT LABORATOIRES

Chargée de projet	Christine Jacques
-------------------	-------------------

Référence à citer :

WSP. 2021. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 – Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean / rechargement de plage en rivière à saint-prime au site 94.08.03 (2019-2020)*. Rapport produit pour Rio Tinto. 122 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	1
2	MÉTHODOLOGIE.....	3
2.1	Zone d'étude	3
2.1.1	Site « exposé »	3
2.1.2	Sites témoins	4
2.2	Échantillonnage.....	15
2.2.1	Période d'inventaire	15
2.2.2	Méthode d'échantillonnage.....	15
2.3	Laboratoire	17
2.3.1	Tri	17
2.3.2	Identification	19
2.4	Analyses statistiques.....	19
2.4.1	Indicateurs d'effets retenus.....	20
2.4.2	Scénarios d'analyses statistiques	26
3	RÉSULTATS.....	29
3.1	Caractéristiques du site « exposé » et des sites témoins.....	29
3.2	Zone de marnage supérieure	33
3.2.1	Composition descriptive des communautés	33
3.2.2	Indicateurs des communautés.....	35
3.3	Zone de marnage inférieure	59
3.3.1	Composition descriptive des communautés	59
3.3.2	Indicateurs des communautés.....	61
3.4	Zone profonde	88
3.4.1	Composition descriptive des communautés	89
3.4.2	Indicateurs des communautés.....	91
3.5	Synthèse des résultats	116
4	CONCLUSION	119
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	121

TABLEAUX

TABLEAU 1.	CLASSE GRANULOMÉTRIQUE SELON L'ÉCHELLE DE WENTWORTH	16
TABLEAU 2.	RÉSULTATS DU CONTRÔLE DE QUALITÉ SUR LE TRI DES ORGANISMES BENTHIQUES RÉCOLTÉS AU LAC SAINT-JEAN EN 2019 ET 2020	18
TABLEAU 3.	RÉSULTATS DU CONTRÔLE DE QUALITÉ DU FRACTIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS LORS DU TRI DES ORGANISMES BENTHIQUES EN 2019 ET 2020	19
TABLEAU 4.	CARACTÉRISTIQUES DES SITES ET DES STRATES D'ÉCHANTILLONNAGE DU BENTHOS EN 2019 ET 2020.....	31
TABLEAU 5.	DENSITÉ D'ORGANISMES PAR STATION POUR CHACUN DES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019	39
TABLEAU 6.	DENSITÉ D'ORGANISMES PAR STATION POUR CHACUN DES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2020	41
TABLEAU 7.	INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019	43
TABLEAU 8.	INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2020	45
TABLEAU 9.	STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET EN 2020	47
TABLEAU 10.	DÉTAIL DES TAXONS COMMUNS ET UNIQUES À CHAQUE SITE POUR LE CALCUL DES PERTES DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE ENTRE 2019 ET 2020	51
TABLEAU 11.	RÉSUMÉ DES ANALYSES STATISTIQUES UNIVARIÉES (MODÈLES LINÉAIRES MIXTES, ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES) DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020	52

TABLEAU 12.	RÉSUMÉ DES PER-ANOVA RÉALISÉES POUR CONFIRMER LA VALIDITÉ DES MODÈLES LINÉAIRES MIXTES NE RESPECTANT PAS LES CONDITIONS POUR CERTAINS INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020	53
TABLEAU 13.	RÉSUMÉ DES ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIÉES (PERMANOVA) DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020	54
TABLEAU 14.	RÉSUMÉ DES CONTRIBUTIONS DES TAXONS AUX DISSIMILARITÉS ENTRE LES ANNÉES POUR CHACUN DES SITES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020.....	57
TABLEAU 15.	DENSITÉ D'ORGANISMES PAR STATION POUR CHACUN DES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019.....	67
TABLEAU 16.	DENSITÉ D'ORGANISMES PAR STATION POUR CHACUN DES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2020.....	69
TABLEAU 17.	INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019.....	71
TABLEAU 18.	INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2020.....	73
TABLEAU 19.	STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET EN 2020	75
TABLEAU 200.	DÉTAIL DES TAXONS COMMUNS ET UNIQUES À CHAQUE SITE POUR LE CALCUL DES PERTES DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE ENTRE 2019 ET 2020	79
TABLEAU 21.	RÉSUMÉ DES ANALYSES STATISTIQUES UNIVARIÉES (MODÈLES LINÉAIRES MIXTES, ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES) DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS	

	BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	80
TABLEAU 22.	RÉSUMÉ DES PER-ANOVA RÉALISÉES POUR CONFIRMER LA VALIDITÉ DES MODÈLES LINÉAIRES MIXTES NE RESPECTANT PAS LES CONDITIONS POUR CERTAINS INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	81
TABLEAU 23.	RÉSUMÉ DES ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIÉES (PERMANOVA) DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	83
TABLEAU 24.	RÉSUMÉ DES CONTRIBUTIONS DES TAXONS AUX DISSIMILARITÉS ENTRE LES ANNÉES POUR CHACUN DES SITES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	87
TABLEAU 25.	DENSITÉ D'ORGANISMES PAR STATION POUR CHACUN DES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA ZONE DE PROFONDE EN 2019	95
TABLEAU 26.	DENSITÉ D'ORGANISMES PAR STATION POUR CHACUN DES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA ZONE PROFONDE EN 2020	97
TABLEAU 27.	INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE PROFONDE EN 2019	99
TABLEAU 28.	INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE PROFONDE EN 2020	101
TABLEAU 29.	STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDICES DE DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE PROFONDE EN 2019 ET EN 2020.....	103
TABLEAU 30.	DÉTAIL DES TAXONS COMMUNS ET UNIQUES À CHAQUE SITE POUR LE CALCUL DES PERTES DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE PROFONDE ENTRE 2019 ET 2020	107
TABLEAU 31.	RÉSUMÉ DES ANALYSES STATISTIQUES UNIVARIÉES (MODÈLES LINÉAIRES MIXTES, ANOVA À MESURES RÉPÉTÉES) DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS	

	BENTHIQUES POUR LA ZONE DE PROFONDE EN 2019 ET 2020.....	108
TABLEAU 32.	RÉSUMÉ DES PER-ANOVA RÉALISÉES POUR CONFIRMER LA VALIDITÉ DES MODÈLES LINÉAIRES MIXTES NE RESPECTANT PAS LES CONDITIONS POUR CERTAINS INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS POUR LA ZONE PROFONDE EN 2019 ET 2020	109
TABLEAU 33.	RÉSUMÉ DES ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIÉES (PERMANOVA) DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES POUR LA ZONE DE PROFONDE EN 2019 ET 2020.....	110
TABLEAU 34.	RÉSUMÉ DES CONTRIBUTIONS DES TAXONS AUX DISSIMILARITÉS ENTRE LES ANNÉES POUR CHACUN DES SITES POUR LA ZONE DE PROFONDE EN 2019 ET 2020	115

FIGURES

FIGURE 1.	GESTION DES NIVEAUX D'EAU DU LAC SAINT-JEAN DANS LE CADRE DU PSBLSJ 2018-2027	15
FIGURE 2.	FIGURE REPRÉSENTANT DES CADRAGES NON MÉTRIQUES MULTIDIMENSIONNELS (NMDS) DONT LES GROUPES NE PRÉSENTENT AUCUNE DIFFÉRENCE (A), LES GROUPES OCCUPENT UN EMPLACEMENT DIFFÉRENT DANS L'ESPACE, MAIS ONT LE MÊME DEGRÉ DE DISPERSION (B), LES GROUPES ONT UNE DISPERSION DANS L'ESPACE DIFFÉRENTE, MAIS OCCUPENT LE MÊME EMPLACEMENT (C) ET LES GROUPES ONT À LA FOIS UNE DIFFÉRENCE DANS LEUR DISPERSION ET DANS LEUR EMPLACEMENT (D). FIGURE TIRÉE DE ANDERSON <i>ET AL.</i> (2008)	27
FIGURE 3.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS EMBRANCHEMENTS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020	34
FIGURE 4.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES FAMILLES DE L'EMBRANCHEMENT <i>MOLLUSCA</i> POUR	

	LES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020	34
FIGURE 5.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS ORDRES DE LA CLASSE <i>INSECTA</i> POUR LES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE EN 2019 ET 2020	35
FIGURE 6.	MOYENNES ± ÉCART-TYPES DE (A) L'ABONDANCE TOTALE (NB D'ORGANISMES M ²), (B) L'ABONDANCE DES CHIRONOMIDES (C) (NB D'ORGANISMES M ²), (C) L'ABONDANCE DES ÉPHÉMÉROPTÈRE-TRICHOPTÈRE-PLÉCOPTÈRE (EPT; NB D'ORGANISMES M ²) ET (D) LE RATIO DES ABONDANCES DE EPT (EN C) SUR L'ABONDANCE DES CHIRONOMIDES (EN B) POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE	49
FIGURE 7.	MOYENNES ± ÉCART-TYPES DE (A) LA RICHESSE TAXONOMIQUE, (B) LA DIVERSITÉ DE SHANNON (<i>H'</i>), (C) L'ÉQUITABILITÉ DE SHANNON (<i>J'</i>) ET (D) LA CONTRIBUTION DES DOMINANTS (% D'ORGANISMES) POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE	50
FIGURE 8.	INDICE DE PERTES DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE.....	51
FIGURE 9.	CADRAGES NON MÉTRIQUES MULTIDIMENSIONNELS MONTRANT LES TRAJECTOIRES TEMPORELLES LA STRUCTURE (GAUCHE) ET DE LA COMPOSITION (DROITE) DES CENTROÏDES DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES DE LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE	55
FIGURE 10.	COURBES DE DOMINANCE BASÉES SUR LES MOYENNES DES ABONDANCES POUR LA ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE.....	56
FIGURE 11.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS EMBRANCHEMENTS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	60
FIGURE 12.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES FAMILLES DE L'EMBRANCHEMENT <i>MOLLUSCA</i> POUR	

	LES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	60
FIGURE 13.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS ORDRES DE LA CLASSE <i>INSECTA</i> POUR LES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE EN 2019 ET 2020	61
FIGURE 14.	MOYENNES ± ÉCART-TYPES DE (A) L'ABONDANCE TOTALE (NB D'ORGANISMES M ²), (B) L'ABONDANCE DES CHIRONOMIDES (C) (NB D'ORGANISMES M ²), (C) L'ABONDANCE DES ÉPHÉMÉROPTÈRE-TRICHOPTÈRE-PLÉCOPTÈRE (EPT; NB D'ORGANISMES M ²) ET (D) LE RATIO DES ABONDANCES DE EPT (EN C) SUR L'ABONDANCE DES CHIRONOMIDES (EN B) POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE.....	77
FIGURE 15.	MOYENNES ± ÉCART-TYPES DE (A) LA RICHESSE TAXONOMIQUE, (B) LA DIVERSITÉ DE SHANNON (<i>H'</i>), (C) L'ÉQUITABILITÉ DE SHANNON (<i>J'</i>) ET (D) LA CONTRIBUTION DES DOMINANTS (% D'ORGANISMES) POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE	78
FIGURE 16.	INDICE DE PERTES DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE	79
FIGURE 17.	CADRAGES NON MÉTRIQUES MULTIDIMENSIONNELS MONTRANT LES TRAJECTOIRES TEMPORELLES, LA STRUCTURE (GAUCHE) ET DE LA COMPOSITION (DROITE) DES CENTROÏDES DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES DE LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE.....	85
FIGURE 18.	COURBES DE DOMINANCE BASÉES SUR LES MOYENNES DES ABONDANCES POUR LA ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE	86
FIGURE 19.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS EMBRANCHEMENTS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE PROFONDE EN 2019 ET 2020	90
FIGURE 20.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES FAMILLES DE L'EMBRANCHEMENT <i>MOLLUSCA</i> POUR	

	LES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE PROFONDE EN 2019 ET 2020	90
FIGURE 21.	ABONDANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS ORDRES DE LA CLASSE <i>INSECTA</i> POUR LES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES IDENTIFIÉS DANS LA ZONE PROFONDE EN 2019 ET 2020.....	91
FIGURE 22.	MOYENNES ± ÉCART-TYPES DE (A) L'ABONDANCE TOTALE (NB D'ORGANISMES M ²), (B) L'ABONDANCE DES CHIRONOMIDES (C) (NB D'ORGANISMES M ²), (C) L'ABONDANCE DES ÉPHÉMÉROPTÈRE-TRICHOPTÈRE-PLÉCOPTÈRE (EPT; NB D'ORGANISMES M ²) ET (D) LE RATIO DES ABONDANCES DE EPT (EN C) SUR L'ABONDANCE DES CHIRONOMIDES (EN B) POUR LA ZONE PROFONDE.....	105
FIGURE 23.	MOYENNES ± ÉCART-TYPES DE (A) LA RICHESSE TAXONOMIQUE, (B) LA DIVERSITÉ DE SHANNON (<i>H</i>), (C) L'ÉQUITABILITÉ DE SHANNON (<i>J</i>) ET (D) LA CONTRIBUTION DES DOMINANTS (% D'ORGANISMES) POUR LA ZONE PROFONDE.....	106
FIGURE 24.	INDICE DE PERTES DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE PROFONDE.....	107
FIGURE 25.	CADRAGES NON MÉTRIQUES MULTIDIMENSIONNELS MONTRANT LES TRAJECTOIRES TEMPORELLES, LA STRUCTURE (GAUCHE) ET DE LA COMPOSITION (DROITE) DES CENTROÏDES DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES DE LA ZONE DE PROFONDE	111
FIGURE 26.	CADRAGE MÉTRIQUE MULTIDIMENSIONNEL DE LA STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS POUR LA ZONE PROFONDE EN UTILISANT LA MÉTHODE DU BOOTSTRAP (75 RÉPÉTITIONS PAR GROUPE) OÙ LES LIMITES DES FORMES SONT L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % POUR CHACUNE DES EXPOSITIONS ET ANNÉES ET LES FORMES NOIRES LES MOYENNES DES GROUPES RESPECTIFS....	112
FIGURE 27.	COURBES DE DOMINANCE BASÉES SUR LES MOYENNES DES ABONDANCES POUR LA ZONE DE PROFONDE.....	113

CARTE

CARTE 1.	LOCALISATION DES SITES D'INVENTAIRES 2019 ET 2020.....	5
CARTE 2.	SITE « EXPOSÉ » ERPR – 2019 ET 2020 94.08.03.....	7
CARTE 3.	SITE TÉMOIN TRPR1 – 2019 ET 2020	9
CARTE 4.	SITE TÉMOIN TRPR2 – 2019 ET 2020	11
CARTE 5.	SITE TÉMOIN TRPR3 – 2019 ET 2020	13

ANNEXES

1	PROTOCOLE 2018-2019 POUR LE SUIVI DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES AU LAC SAINT-JEAN	
2	CHOIX DES SITES POUR LE SUIVI EN 2019	
3	PLAN DES TRAVAUX DE RECHARGEMENT DE PLAGE EN RIVIÈRE AU SITE 94.08.03 (HIVER 2020)	
4	IDENTIFICATION DU BENTHOS, RAPPORTS DES EXPERTS	
5	LISTES DES TAXONS OBSERVÉS EN 2019 ET 2020	
6	SORTIES STATISTIQUES DU LOGICIEL PRIMER ET PERMANOVA	
7	GRANULOMÉTRIE ET CARBONE ORGANIQUE TOTAL, CERTIFICATS D'ANALYSES	
8	SORTIES STATISTIQUES DU LOGICIEL SYSTAT	

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

À la suite des différentes rencontres de discussions tenues avec le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) dans le cadre du renouvellement du décret du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ), Rio Tinto s'est engagée (lettre d'engagement du 13 novembre 2017) à mettre en œuvre dès 2018, selon le calendrier des travaux, un programme de suivi visant à caractériser les communautés d'invertébrés benthiques.

Les objectifs généraux de l'étude sont de :

- Caractériser la communauté d'invertébrés benthiques avant et après trois types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean, et ce, dans deux types de milieux, soit à l'embouchure de rivière et en lac;
- Documenter l'impact de différents types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean sur l'abondance des invertébrés benthiques.

L'objectif spécifique de cette étude vise à documenter les changements dans les communautés benthiques avant et après les travaux, et ce à trois profondeurs différentes soit la zone de marnage supérieure, la zone de marnage inférieure et la zone profonde. Le suivi ne vise pas à comparer les sites entre eux mais à utiliser les résultats obtenus pour les sites témoins afin de documenter la variabilité naturelle interannuelle hors de la zone d'influence des travaux. Ainsi il sera possible de déterminer si d'éventuels changements observés dans les communautés benthiques au site « exposé » sont du même ordre que ceux observés chez les témoins.

Le programme de suivi général couvre trois types d'ouvrages répartis dans deux types de milieux différents. Les types de travaux visés par le suivi se répartissent ainsi sur six volets spécifiques, soit :

- le rechargement de plage à l'embouchure de rivière (suivi débuté en 2019);
- le rechargement de plage en lac (suivi débuté en 2018);
- la nouvelle structure (ex. épi ou brise-lames) à l'embouchure de rivière;
- la nouvelle structure (ex. épi ou brise-lames) en lac;
- le nouvel empierrement (ex. nouveau perré) à l'embouchure de rivière;
- le nouvel empierrement (ex. nouveau perré) en lac.

Il est prévu qu'un suivi des invertébrés benthiques soit réalisé pour chaque type d'ouvrage, pour un total de six suivis spécifiques. Le suivi spécifique doit être réalisé avant les travaux pour un site préalablement choisi (an 0/état de référence) et approuvé par les autorités. Par la suite, le suivi se poursuit chaque année suivant les travaux, et ce, pendant 3 ans (an 1, an 2 et an 3).

Le protocole d'échantillonnage a été établi en collaboration avec le MFFP et le MELCC (annexe 1). Une planification de suivi doit être déposée l'été précédant chaque campagne d'inventaire.

Le programme de suivi a débuté en 2018 avec le volet **rechargement de plage en lac** à Saint-Henri-de-Taillon. Pour la poursuite du programme de suivi, une proposition de choix de sites à suivre a été déposée le 30 août 2019 au MELCC et au MFFP pour approbation (annexe 2). Il a été proposé et accepté de débiter le suivi à compter de l'année 2019 pour un deuxième des six volets, soit **le rechargement de plage à l'embouchure de rivière**.

Le présent document constitue le second rapport de suivi (an 1) des invertébrés benthiques pour le **rechargement de plage en rivière**. On y retrouve une description de la méthodologie d'échantillonnage ainsi qu'une présentation des résultats obtenus. Une conclusion complète le document.

Ce rapport utilise une nouvelle approche statistique dans le but de mieux répondre à l'objectif du suivi qui est de déterminer si les travaux de rechargement de plage affectent ou non les communautés d'invertébrés benthiques. Précédemment, les analyses étaient effectuées site par site (rapport sur le rechargement de plage en lac) ce qui limitait l'interprétation des résultats. La nouvelle approche utilise des modèles linéaires mixtes avec mesures répétées dans lesquelles les sites sont évalués dans un ensemble. Ceci permet de comparer les changements observés au site « exposé » où le rechargement a eu lieu à la variabilité naturelle observée aux sites témoins et d'interpréter plus facilement les résultats.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude a été définie en 2019 en fonction du site « exposé »¹ et de ses sites témoins associés. Le site « exposé » se définit comme un site où des travaux seront réalisés dans le cadre du PSBLSJ. Dans le cadre de la présente étude, des travaux de rechargement de plage en rivière étaient visés. Le choix du site « exposé » a été effectué en se basant sur plusieurs critères environnementaux et géomorphologiques, soit :

- la composition granulométrique actuelle et future similaire au milieu naturel (sable);
- les travaux réalisés en rive du lac Saint-Jean;
- la possibilité de retrouver un site témoin similaire à proximité;
- la distance linéaire prévue pour le rechargement qui est suffisante pour réaliser cinq stations d'échantillonnage (minimalement 100 m);
- l'absence de cours d'eau permanent dans un rayon de 500 m;
- l'absence de structures connexes (épis, perrés, brise-lames) dans un rayon de 1 km.

Les matériaux utilisés pour le rechargement de plage se limitent à deux catégories granulométriques. Le sable, d'une dimension variant entre 0,50 et 4,75 mm, est utilisé à des taux de rechargement qui varient en fonction des besoins évalués chaque année. Le gravillon, d'une dimension variant entre 1,50 et 8,00 mm en moyenne (avec un maximum de 19,00 mm), est lui aussi placé à des taux variant selon les besoins ponctuels à chaque secteur. Les rechargements en gravillon sont complétés par une couche de sable de 300 mm étendue sur une largeur de 8 m le long de la berge.

À la suite de l'analyse des différents sites de travaux de rechargement prévus en 2019-2020 par Rio Tinto, le choix s'est arrêté sur une zone d'étude se situant au nord-ouest du lac Saint-Jean, près de la municipalité de Saint-Prime (carte 1). Ce site représente l'unique site où des interventions en lien avec le PSBLSJ sont prévues en rivière en 2019-2020.

2.1.1 SITE « EXPOSÉ »

Le site 94.08.03 est localisé dans la municipalité de Saint-Prime au nord-ouest du lac Saint-Jean, près du Chemin des Oies Blanches, un secteur de villégiature développé presque exclusivement en rive (carte 1). À l'exception des habitations directement situées sur les rives, l'intérieur des terres est majoritairement de type agricole. Les rives sont peu végétalisées et dominées par des ouvrages de protection. Ce site est localisé à l'embouchure de la rivière à proximité du lac Saint-Jean et subit ainsi un marnage annuel. La pente du littoral est faible et selon les données bathymétriques, l'élévation serait supérieure à 96 m. Le substrat attendu dans ce secteur est le sable grossier/gravillon. Le site a fait l'objet d'un rechargement de gravillon uniquement en 1994. Par ailleurs, un perré a été construit en aval du site de rechargement en 1998. Ce site présente l'avantage d'être à proximité de plusieurs sites témoins potentiels similaires où aucun travail de stabilisation n'a été réalisé par le passé. Le choix du site 94.08.03 respecte l'ensemble des critères prédéterminés pour la sélection

¹ Il est à noter qu'à l'an 0, aucun site n'est réellement exposé aux travaux, d'où la présence de guillemets entre le mot « exposé ». À partir de l'an 1, seul le site ayant eu des travaux devient un site « exposé ». Les autres sites demeurent des sites témoins sans travaux réalisés tout au long de la période de suivi.

du site « exposé » pour le rechargement de plage en rivière. Ce site a été nommé ERPR pour « Exposé Rechargement Plage Rivière ».

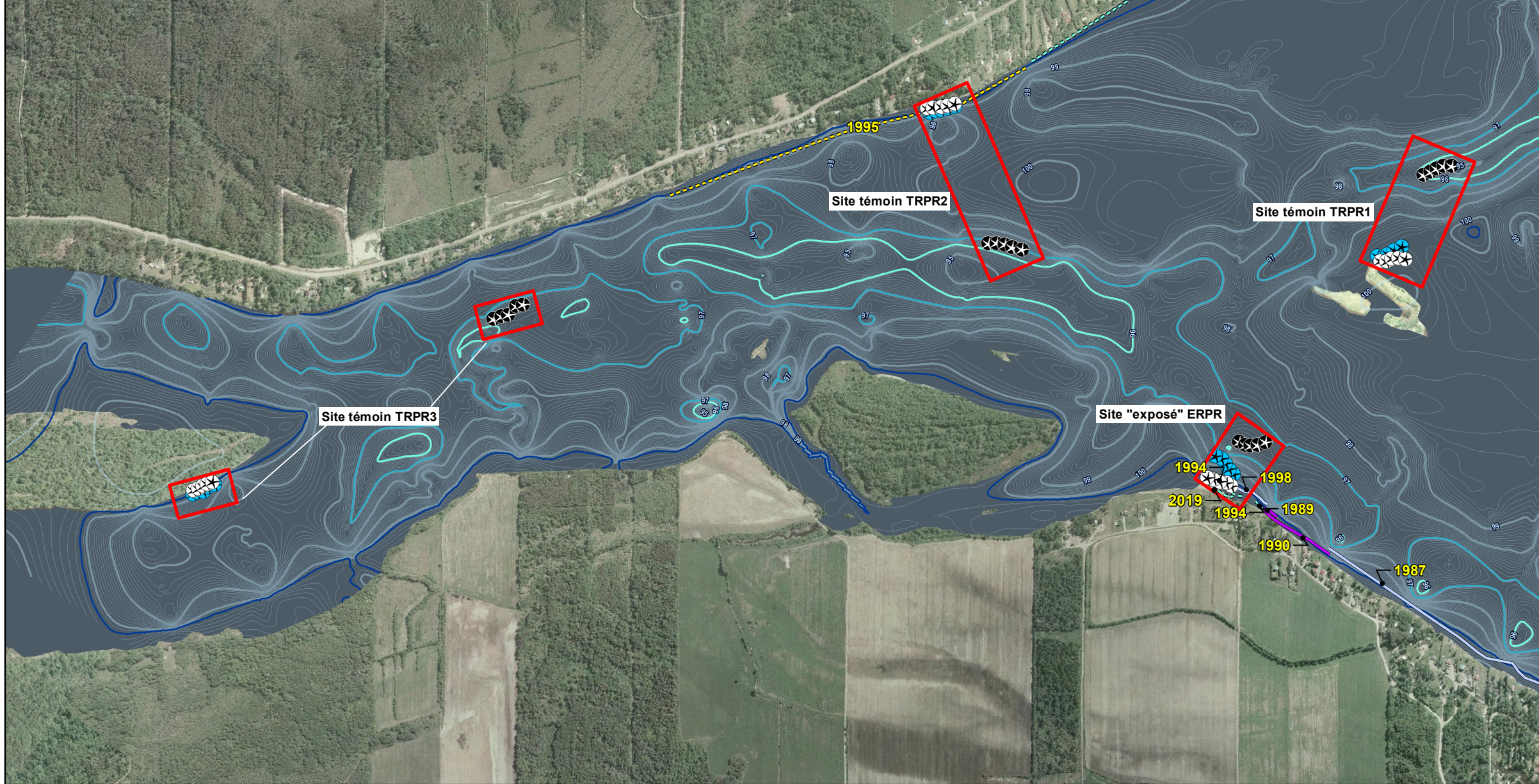
Les travaux réalisés à l'hiver 2020 ont consisté en un rechargement d'une couche de gravillon à un taux de 35 tonnes par m sur environ 25 m de profondeur et sur une épaisseur d'environ 2 m. Ce matériel a été recouvert d'une couche de 300 mm de sable dans la zone de marnage supérieure sur une largeur de 8 m, à un taux de 5 tonnes par mètre. Les travaux ont été réalisés sur une longueur d'environ 50 m (annexe 3).

2.1.2 SITES TÉMOINS

Un total de trois sites témoins ont été utilisés aux fins de comparaison. Ceux-ci ont été nommés TRPR pour « Témoin Rechargement Plage Rivière », suivi d'un numéro séquentiel allant de 1 à 3. En plus des trois derniers critères énoncés ci-haut, la sélection des sites témoins a été réalisée afin de tenir compte des éléments suivants :

- Ne pas avoir fait l'objet de travaux antérieurement ou, à tout le moins, ne pas avoir subi d'interventions au cours des cinq dernières années. Il est à noter que cette condition apporte des défis liés à la sélection des sites témoins.
- Ne pas faire l'objet de travaux durant le suivi, à moins d'une situation urgente nécessitant une intervention pour corriger une source d'érosion ponctuelle importante résultant par exemple d'une tempête.
- Être localisé à bonne distance du site « exposé » afin de limiter les interférences provenant des travaux. De façon arbitraire, il a été considéré qu'une distance minimale de 500 m devrait être respectée pour éviter l'effet des ouvrages.
- Présenter des caractéristiques similaires au niveau de la rive (densité d'habitations, présence ou absence d'affluent, type de végétation, état de la bande riveraine, etc.) que le site « exposé ».
- Présenter une composition granulométrique similaire au site « exposé ».
- Être situé dans un secteur similaire au site « exposé » en ce qui a trait aux forces érosives et à l'exposition au vent.
- Être similaire au site « exposé » au niveau de la présence ou l'absence de végétation aquatique.
- Se retrouver dans un secteur où la bathymétrie est similaire (présence ou absence de fosse, rupture de pente, haut-fond, baie, etc.).

Les caractéristiques préliminaires des sites témoins retenus sont présentées au tableau 1 de l'annexe 2. Les trois sites témoins sont répartis dans des secteurs où aucune intervention récente n'a été réalisée et leur localisation a été ajustée pour respecter les profondeurs souhaitées (carte 1). Le site TRPR1 est situé à environ 500 m au nord-est du site « exposé ». Le site TRPR2 se retrouve à environ 400 m plus en aval, au nord-ouest sur la rive opposée, alors que le site TRPR3 se retrouve à plus d'un kilomètre vers l'ouest, associé à la présence d'une île pour la zone de marnage et plus en milieu de rivière pour la zone profonde.



Inventaire

- Marnage inférieur
- ⊙ Marnage supérieur
- ⊗ Zone profonde
- Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques

Hydrographie

- Isobathes (10 cm)
- Isobathes (1 m)

Élévation

- 96 m
- 97 m
- 100,2 m

Intervention dans le cadre du programme de stabilisation des berges

1994 Année de l'intervention

Type d'intervention

- Recharge de gravillon
- Perré neuf
- Empierrement 25-150 mm
- Gabion

Évolution inter-annuelle des indicateurs vs année de référence pour l'ensemble des sites (« Exposé » et Témoins)

- Année de référence
- Aucune différence avec les témoins
- Différence significative avec les témoins à la hausse
- Différence significative avec les témoins à la baisse
- Différence significative de la structure des communautés

Rio Tinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
 Suivi des communautés d'invertébrés benthiques
 au lac Saint-Jean - Rechargement de plage à Saint-Prime

Carte 1
Localisation des sites d'inventaires 2019-2020 et synthèse des résultats

Sources :
 Service d'imagerie, MERN
 Données d'intervention : Rio Tinto
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015

0 120 240 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Février 2021

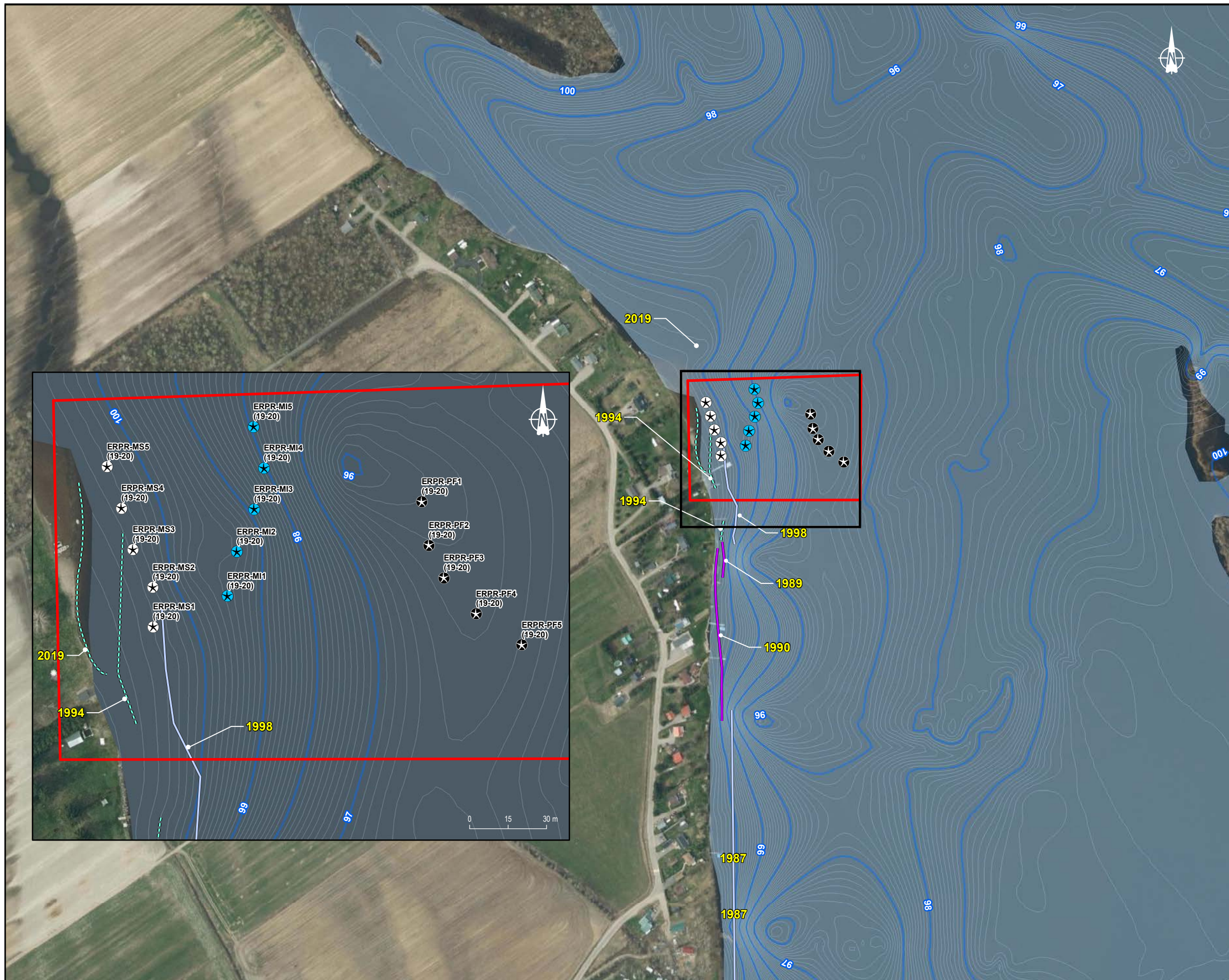
Préparation : L. Bouchard
 Dessin : C. Forgues
 Approbation : L. Bouchard
 201_08448_00_su_c1_loc_invent_wspb_210104.mxd



Évolution inter-annuelle des indicateurs vs année de référence pour l'ensemble des sites (« exposé » et témoins)

Indicateurs	Densité totale (nb organismes/m ²)				Richesse taxonomique (nb de taxons)				Diversité de Shannon				Équitabilité de Shannon				Densité chironomides (nb organismes/m ²)				Densité EPT (nb organismes/m ²)				Indice EPT/C (nb organismes/m ²)				Contribution des dominants (% d'organismes)				Structure des communautés				Composition des communautés			
	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)	2019 (ref)	2020 (an 1)	2021 (an 2)	2022 (an 3)								
Strate de profondeur																																								
Zone de marnage supérieure			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x				
Zone de marnage inférieure			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x				
Zone profonde			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			x	x				

Les résultats détaillés sont présentés dans le rapport.



Inventaire

- Marnage inférieur
- Marnage supérieur
- Zone profonde

ERP1F10 — No du site

(19-20) — Année d'inventaire

Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques

Intervention dans le cadre du programme de stabilisation des berges

Type d'intervention

- Recharge de gravillon
- Péré neuf
- Gabion
- 2009** Année de l'intervention

Bathymétrie

- Isobathes (10 cm)
- Isobathes (1 m)

Rio Tinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
 Suivi des communautés d'invertébrés benthiques
 au lac Saint-Jean - Rechargement de plage à Saint-Prime

Carte 2
Site « Exposé » ERPR - 2019-2020
94.08.03

Sources :
 Service d'imagerie, MERN
 Données d'intervention : Rio Tinto
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015

0 45 90 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Février 2021

Préparation : L. Bouchard
 Dessin : C. Forgues
 Approbation : L. Bouchard
 201_08448_00_su_C2_ERPR_wspb_210203.mxd



Les valeurs représentent une moyenne des 5 échantillons, les résultats détaillés sont présentés dans le rapport.
 La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.



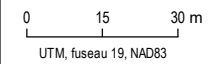
- Inventaire**
- Marnage inférieur
 - Marnage supérieur
 - Zone profonde
- ERP1F10** — No du site
(19-20) — Année d'inventaire
- Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques
- Bathymétrie**
- Courbes aux 10 cm

Rio Tinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
 Suivi des communautés d'invertébrés benthiques
 au lac Saint-Jean - Rechargement de plage à Saint-Prime

Carte 3 Site témoin TRPR1 – 2019-2020

Sources :
 Service d'imagerie, MERN
 Données d'intervention : Rio Tinto
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015

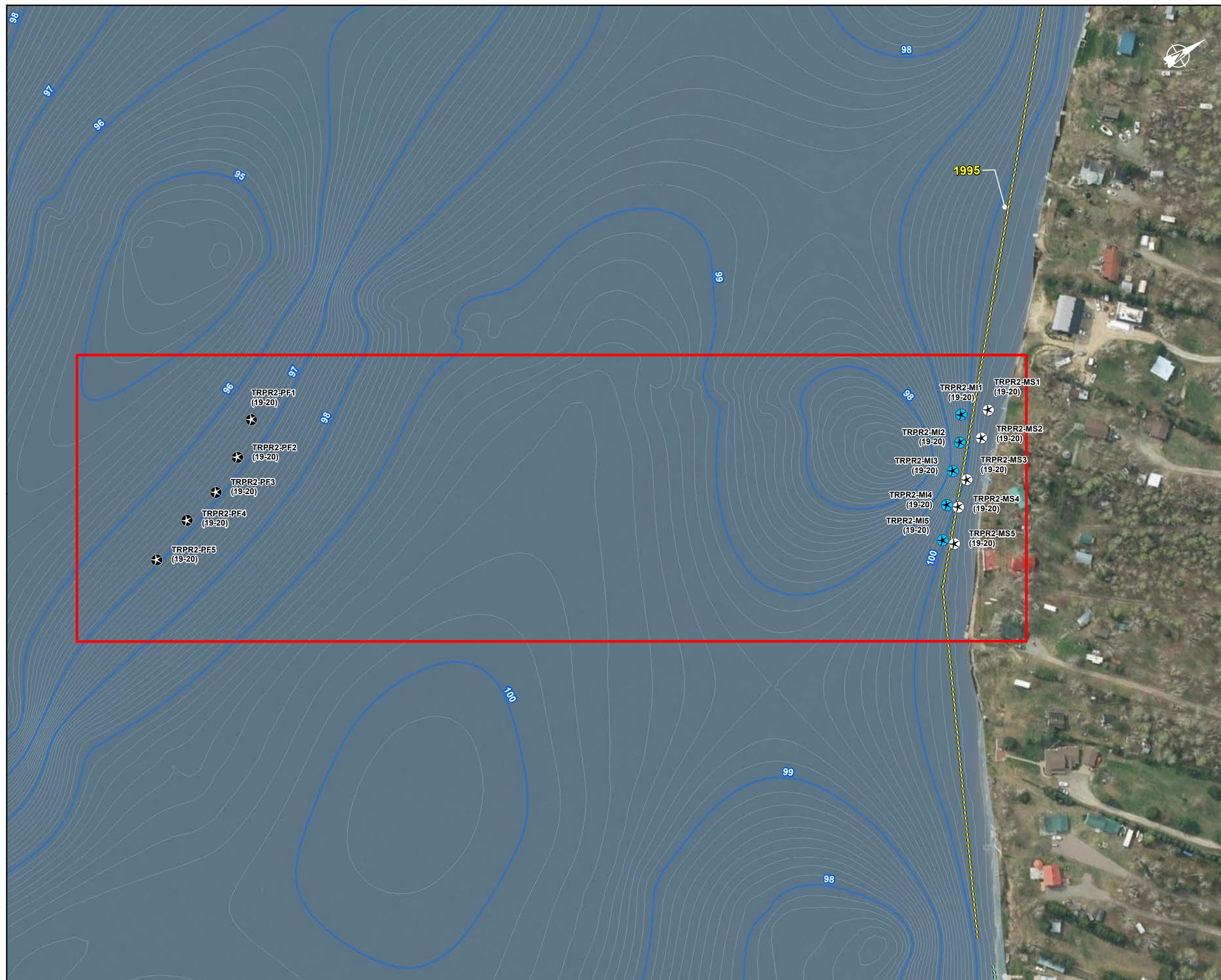


Février 2021

Préparation : L. Bouchard
 Dessin : C. Forgues
 Approbation : L. Bouchard
 201_08448_00_su_C3_TRPR1_wspb_210203.mxd



Les valeurs représentent une moyenne des 5 échantillons, les résultats détaillés sont présentés dans le rapport.
 La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.



- Inventaire**
- Marnage inférieur
 - Marnage supérieur
 - Zone profonde
- ERP1F10 — No du site
- (19-20) — Année d'inventaire
- Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques
- Bathymétrie**
- Courbes aux 10 cm
- Intervention dans le cadre du programme de stabilisation des berges**
- Type d'intervention
- Empierrement 25-150 mm
 - 2009** Année de l'intervention

Rio Tinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
 Suivi des communautés d'invertébrés benthiques
 au lac Saint-Jean - Rechargement de plage à Saint-Prime

Carte 4 Site témoin TRPR2 – 2019-2020

Sources :
 Service d'imagerie, MERN
 Données d'intervention : Rio Tinto
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015

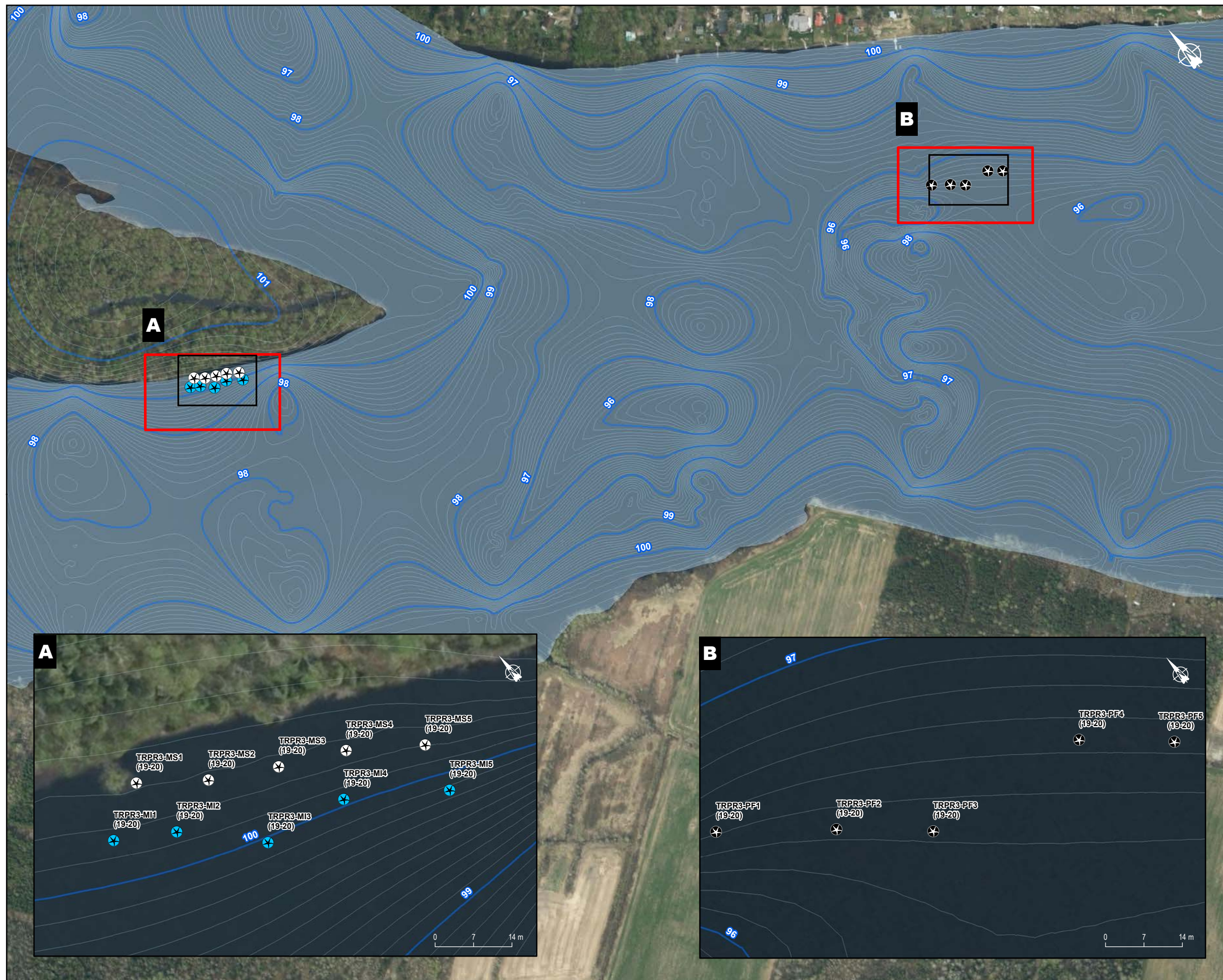
0 20 40 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Février 2021

Préparation : L. Bouchard
 Dessin : C. Forgues
 Approbation : L. Bouchard
 201_08448_00_su_C4_TRPR2_wspb_210203.mxd



Les valeurs représentent une moyenne des 5 échantillons, les résultats détaillés sont présentés dans le rapport.
 La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.



Inventaire

- Marnage inférieur
- Marnage supérieur
- Zone profonde

ERP1F10 — No du site

(19-20) — Année d'inventaire

Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques

Bathymétrie

Courbes aux 10 cm

Rio Tinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
 Suivi des communautés d'invertébrés benthiques
 au lac Saint-Jean - Rechargement de plage à Saint-Prime

Carte 5
Site témoin TRPR3 – 2019-2020

Sources :
 Service d'imagerie, MERN
 Données d'intervention : Rio Tinto
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015

0 45 90 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Février 2021

Préparation : L. Bouchard
 Dessin : C. Forgues
 Approbation : L. Bouchard
 201_08448_00_su_C5_TRPR3_wspb_210203.mxd



Les valeurs représentent une moyenne des 5 échantillons, les résultats détaillés sont présentés dans le rapport.
 La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.

2.2 ÉCHANTILLONNAGE

2.2.1 PÉRIODE D'INVENTAIRE

L'automne est généralement la période recommandée pour réaliser des inventaires d'invertébrés benthiques (Jones *et al.* 2007; MDDEFP 2013). À cette période, les communautés benthiques présentent la plus forte richesse. La composition en espèces et en abondance est le reflet des conditions d'été et certains stades juvéniles sont plus développés, ce qui facilite l'identification. D'autre part, selon le PSBLSJ (figure 1), le niveau d'eau pourra atteindre un niveau maximum de 16 pieds et un minimum de 14 pieds entre le 24 juin et le 1^{er} septembre ce qui permet d'avoir une zone de marnage supérieure inondée. Le niveau maximum passera à 15,5 pieds dès le 1^{er} septembre. Entre le 8 et le 21 septembre, la contrainte du niveau minimum du lac sera abaissée graduellement de 14 pieds à 13 pieds. Par la suite, le niveau du lac pourra encore être abaissé jusqu'à 12 pieds jusqu'au 31 décembre.

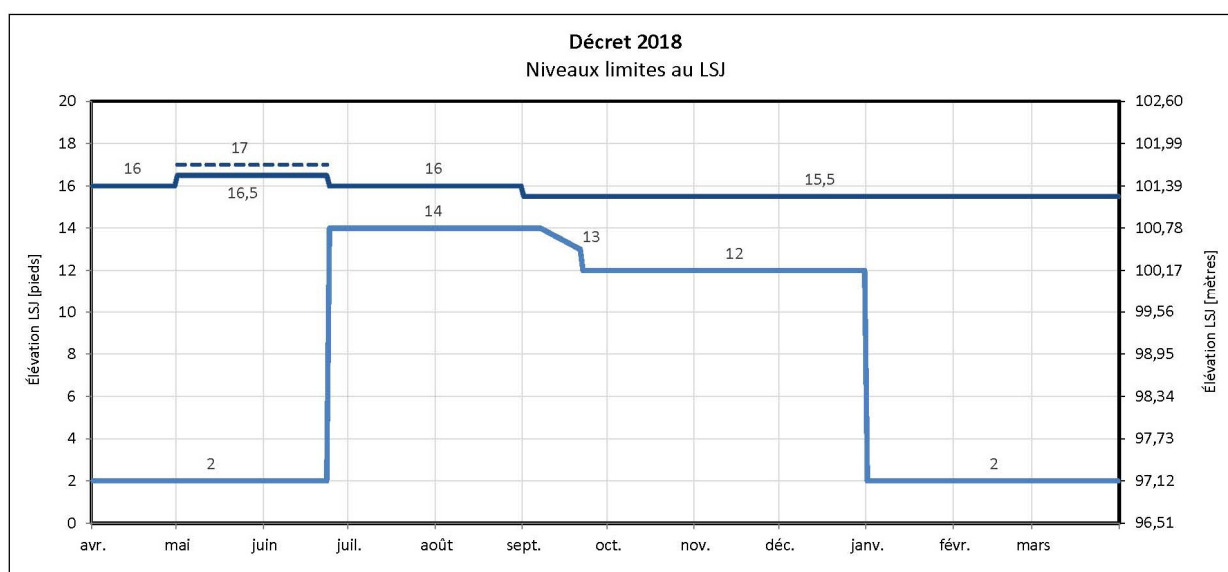


Figure 1. Gestion des niveaux d'eau du lac Saint-Jean dans le cadre du PSBLSJ 2018-2027

Une seule période d'échantillonnage a été réalisée afin d'éviter les variations saisonnières. Les échantillons de chaque site ont été prélevés les 8 et 9 septembre 2019 et entre le 20 et le 24 septembre 2020.

2.2.2 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Étant donné que l'étude de Valentine (1989) soulignait des différences significatives entre la zone de marnage supérieure et la zone profonde, les stations ont été placées dans différentes strates de profondeur d'eau correspondant aux cotes d'élévation du lac Saint-Jean. Les trois strates de profondeur suivantes ont été échantillonnées, soit :

- la zone de marnage supérieure (cote d'élévation supérieure à 100,2 m);
- la zone de marnage inférieure (cote d'élévation entre 98 et 100,2 m);
- la zone profonde (cote d'élévation inférieure à 96 m).

Au total, cinq stations d'échantillonnage par zone (strates de profondeur) ont été inventoriées pour chaque site, pour un total de 15 stations par site. La localisation des stations est présentée sur la carte 1. Une fois au site d'échantillonnage, les stations ont été positionnées à des endroits qui présentaient des caractéristiques similaires au niveau de la granulométrie, de la profondeur et de la végétation aquatique.

Les coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage ont été relevées au moyen d'un appareil GPS Garmin 62s, avec correction différentielle WAAS, offrant généralement une précision de l'ordre de 2 à 3 m. La profondeur a été relevée à l'aide d'un Echomap Ultra 106 sv (en 2019) et d'un échosondeur Garmin Map521s en 2020, et validée au terrain avec une corde graduée pour la zone de marnage.

À chaque station, une fois l'embarcation ancrée, trois sous-échantillons de benthos ont été prélevés à l'aide d'une petite benne Ponar (superficie couverte de 0,023 m²) munie d'un treillis de 500 µm. Chaque sous-échantillon a été regroupé afin de constituer un échantillon composite, ce qui permet d'augmenter la superficie couverte. Chaque sous-échantillon de benthos était composé de deux coups de benne. Une superficie de 0,14 m² a ainsi été échantillonnée à chaque station. Au total, 60 échantillons de benthos ont été prélevés et analysés.

Une fois récoltés, les échantillons ont été tamisés à l'aide d'un tamis de 500 µm afin de conserver uniquement les organismes prélevés. Par contre, un fractionnement a été nécessaire lorsque le refus du tamis contenait encore beaucoup de substrat. Dans ces cas, la quantité de refus était trop élevée pour les analyses, notamment lorsque le substrat était dominé par le sable grossier. Pour réaliser le fractionnement, le refus, qui contenait encore beaucoup de sable, était étalé uniformément au fond d'un bac à poisson rectangulaire à fond plat divisé en six parts égales. Dépendamment de la quantité de refus, entre une et trois parts (fraction 1/2, 1/4 ou 1/6) étaient prélevées afin de remplir un pot de 1,5 litre. Cette portion représentait ainsi l'échantillon à analyser. La fraction du refus prélevée était notée afin d'ajuster les calculs d'abondance subséquentment.

Les échantillons de chaque station ont été conservés séparément, dans une solution d'éthanol à 80 %, dans des bocaux à couvercle étanche jusqu'à leur traitement au laboratoire.

Un échantillon de sédiments a également été récolté dans chaque zone afin d'analyser la composition granulométrique, selon l'échelle de Wentworth (tableau 1), ainsi que le contenu en carbone organique total (COT).

Tableau 1. Classe granulométrique selon l'échelle de Wentworth

Nom de la classe granulométrique	Classe de taille (diamètre en mm)
Argile	<0,004
Silt	0,004 - 0,062
Sable	0,063 - 2,0
Gravier	2 - 4
Cailloux	4 - 64
Galets	64 - 256
Blocs	>256

2.3 LABORATOIRE

Les travaux au laboratoire ont essentiellement consisté à trier au binoculaire et, dans la mesure du possible, à identifier les organismes jusqu'au niveau du genre. En 2019 et 2020, le tri et l'identification des organismes benthiques ont été réalisés par GDG Environnement (personne-ressource : Marie-Laure Escudero, directrice de laboratoire). Les rapports d'analyse sont présentés à l'annexe 4.

La méthodologie d'analyse est basée sur des protocoles que les Laboratoires SAB utilisent depuis des années, dont celui des études du suivi des effets sur l'environnement aquatique par les mines de métaux et les papetières par Environnement Canada. Cette approche rejoint en tout point celle utilisée par le U.S. Geological Survey (Moulton *et al.* 2000) sauf pour le sous-échantillonnage. Par contre, étant donné que les échantillons présentaient une faible densité d'organismes, le sous-échantillonnage n'a pas été requis.

2.3.1 TRI

2019 ET 2020

Au laboratoire, les échantillons ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant des ouvertures de mailles de 4 000, 2 000, 1 000 et 500 µm. Les fractions grossières retenues par les tamis de 4 000 et 2 000 µm ont été triées en totalité à l'aide d'une loupe éclairante. Pour ce qui est des fractions plus fines (1 000 et 500 µm), l'approche dépendait de la composition des échantillons.

La plupart des échantillons étaient composés d'une forte quantité de sable et de gravier. Pour faciliter le tri de ces échantillons, la partie organique et la partie sable (inorganique) ont, tout d'abord, été séparées.

La méthode utilisée est l'élutriation. Cette méthode, qui combine lavage et décantation, consiste à rincer et mettre en suspension les sédiments plus légers (organiques) en les brassant. On prélève ensuite la partie organique plus légère pendant qu'elle flotte encore. Le tri de la partie organique de la fraction fine a été effectué en totalité pour la majorité des échantillons sous une loupe binoculaire.

L'efficacité de l'élutriation a été vérifiée sur la partie inorganique (sable/gravier) de plusieurs échantillons. Aucun organisme n'y a été trouvé.

Plusieurs échantillons (10 en 2019 et 9 en 2020) contenaient beaucoup de matière organique avec de la matière fibreuse. Pour certains (8 en 2019 et 6 en 2020), un sous-échantillonnage des fractions fines a été effectué. Les fractions grossières ont été triées au complet.

La méthode utilisée était basée sur le poids des sous-échantillons. Elle consistait à homogénéiser le refus du tamis dans un tamis à mailles de 500 µm, d'en retirer l'eau et de prélever une fraction qui était pesée pour estimer la proportion (%) à analyser. Le sous-échantillon correspondait à la quantité de matériel qui pouvait être analysée dans un temps raisonnable de 8 à 10 heures.

Au moins 25 % de l'échantillon était trié. La ou les autres fractions sont conservées pour d'éventuels tests de contrôle de qualité. La liste des échantillons sous-échantillonnés est donnée au tableau 2. Le nombre d'organismes retrouvés dans les sous-échantillons a été ramené au nombre total contenu dans l'échantillon en multipliant par l'inverse de la fraction analysée.

Les organismes récoltés dans les échantillons ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxonomiques. Ils ont été conservés dans l'alcool à 70 %, glycérolé à 5 %, pour une identification ultérieure.

Un contrôle de qualité du tri a été effectué sur 10 % des échantillons pour les deux sites du projet, incluant Saint-Henri-de-Taillon (12), et consistait en un tri des matières organiques conservées par une autre personne que le trieur d'origine. Les résultats du contrôle de qualité du tri sont présentés au tableau 2. Le critère de tri accepté implique qu'au plus 10 % du nombre total d'organismes aient été manqués.

Tableau 2. Résultats du contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques récoltés au lac Saint-Jean en 2019 et 2020

Échantillon	Nombre total d'organismes triés	Nombre d'organismes oubliés	Pourcentage d'organismes oubliés
2019 – Saint-Prime			
ERPR-MS2	438	21	4,8
ERPR-MS4	677	38	5,6
ERPR-MS5	459	24	5,2
ERPR-MI2 (total)	108	5	4,6
ERPR-MI2 (25 %)	358	32	8,9
ERPR-PF2	53	3	5,7
TRPR1-PF1	89	7	7,9
TRPR2-MS5	120	2	1,7
TRPR2-MI2	416	29	7
TRPR3-MS3	53	1	1,9
2020 – Saint-Prime			
TRPR1-MI5	78	1	1,3
TRPR1-PF1	45	3	6,7
TRPR1-PF2	7	0	0
TRPR1-PF3	16	1	6,2
TRPR3-MS4	48	1	2,1
TRPR3-MS5	125	1	0,8
TRPR3-MI3	164	6	3,6

Pour valider la méthode de sous-échantillonnage en 2019 et 2020, une analyse de variabilité a été effectuée sur un échantillon (tableau 3). Ce contrôle de qualité du fractionnement a été réalisé sur 10 % des échantillons fractionnés (un échantillon). Ainsi, le tri de trois fractions de 33 % de l'échantillon a été effectué. Les trois fractions ont donc été triées au complet. L'erreur a été estimée avec la formule suivante :

$$(Nombre\ estimé\ par\ la\ fraction / Nombre\ estimé\ dans\ l'échantillon\ complet \times 100) - 100$$

Le critère d'un protocole de fractionnement implique que les nombres d'organismes dénombrés dans les trois fractions ne doivent pas différer de plus de 20 % entre chacune. Les résultats du contrôle de qualité du fractionnement sont présentés au tableau 3.

Tableau 3. Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques en 2019 et 2020

Fraction (%)	Nombre trié	Nombre estimé	Erreur (%)
2019 / ERPR MI1			
33,3	224	672	6,5
33,3	194	582	-7,8
33,3	213	639	1,3
Total dans l'échantillon	100	631	
<i>Erreur absolue</i>			5,2
2020 / TRPR1 MS1			
33,3	35	105	-0,9
33,3	36	108	1,9
33,3	36	108	1,9
Total dans l'échantillon	100	106	
<i>Erreur absolue</i>			1,6

2.3.2 IDENTIFICATION

L'évaluation taxonomique des organismes benthiques a été effectuée à partir des clés d'identification citées dans Merritt *et al.* (2008) et dans Thorp et Covich (2010). Les organismes ont été généralement identifiés à la famille. Les nématodes n'ont pas pu être identifiés plus précisément, puisque ce groupe taxonomique nécessite une méthodologie d'échantillonnage et de préservation particulière.

Les organismes abîmés ont été identifiés au plus petit taxon possible soit, certains organismes appartenant aux groupes *Acari* et *Ephemeroptera* et tous les organismes appartenant au groupe *Ostracoda*. Une collection de référence a également été montée pour usage ultérieur. Les rapports de l'expert sont présentés à l'annexe 4.

Les données de dénombrement (nombre d'organismes benthiques identifiés) ont été saisies dans un fichier EXCEL, sous forme de matrice qui présente les taxons sur les lignes et les échantillons sur les colonnes.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

La diversité et la distribution des communautés benthiques sont modulées à la fois par des facteurs abiotiques et biotiques. La disponibilité des ressources (ex. productivité du milieu), l'environnement physicochimique (ex. oxygène dissous, température) et la localisation spatiale (ex. baie, proximité de la rive, profondeur) comptent parmi les facteurs abiotiques. Les facteurs biotiques, quant à eux, font référence aux interactions entre les organismes, notamment la compétition et la prédation (Gray et Elliott 2009; Roy 2014).

Les données relatives au benthos proviennent du dénombrement d'organismes de différents groupes taxonomiques contenus dans des échantillons prélevés aux sites témoin et « exposé ». Pour les besoins de l'étude, les taxons faisant partie du zooplancton n'ont pas été inclus dans les analyses, soit les taxons appartenant aux groupes *cladocera* (*cladocera* et *daphniidae*), *copepoda* (*copepoda* et *cyclopidae*) et *ostracoda*. Les taxons abîmés ont également été retirés des analyses. La famille des *psidiidae*, identifiée en

2020, n'est pas un taxon accepté et a été combinée à la famille des *sphaeriidae*, comme la classification actuelle le recommande. Finalement, la famille des *tubificidae*, identifiée en 2018 et 2019 n'est plus un taxon accepté et a été combinée à la famille des *naididae* comme la classification actuelle le recommande. Le tableau A1 (annexe 5) présente la liste complète des taxons identifiés depuis 2018 dans le cadre du *Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean du PSBLSJ*.

Pour décrire, analyser et comparer les communautés benthiques, différents indicateurs (descripteurs de communauté) ont été mis à contribution. Certains indicateurs sont composés d'une seule variable (indicateurs unidimensionnels, p. ex. la richesse), alors que d'autres sont composés de plusieurs variables (indicateurs multidimensionnels), où le nombre de variables varie selon le nombre de taxons présents (chaque taxon étant une variable).

2.4.1 INDICATEURS D'EFFETS RETENUS

Les indicateurs unidimensionnels utilisés afin d'évaluer si les travaux de stabilisation ont un effet sur la communauté d'invertébrés benthiques sont les suivants :

- la densité totale (N ; nombre d'organismes dénombré dans l'échantillon de 0,14 m² ramené sur la base de 1 m²);
- la richesse taxonomique (S ; note : pour cette étude, le terme taxon désigne le niveau taxonomique le plus précis identifié);
- l'indice de diversité de Shannon (H');
- l'indice d'équitabilité de Shannon (J');
- l'abondance totale des Éphéméroptère-Plécoptère-Trichoptère (EPT; nombre d'organismes associés à ces ordres dénombrés dans l'échantillon de 0,14 m² ramené sur la base de 1 m²);
- l'abondance totale des Chironomides (C ; nombre d'organismes de la famille *chironomidae* dans l'échantillon de 0,14 m² ramené sur la base de 1 m²);
- l'indice Éphéméroptère-Plécoptère-Trichoptère/Chironomides (EPT/ C);
- l'indice de perte de communauté;
- le pourcentage de contribution des dominants.

Les indicateurs multidimensionnels utilisés afin d'évaluer si les travaux de stabilisation ont un effet sur la communauté d'invertébrés benthiques sont les suivants :

- la structure des communautés (basée sur les abondances totales et la ressemblance de Bray-Curtis);
- la composition taxonomique (basée sur la présence/absence des taxons et la ressemblance de Bray-Curtis);
- les courbes de dominances.

À l'exception de l'indice de perte de communautés, tous les indices ont été calculés par station (p. ex. ERPR-MS1).

Pour les indicateurs unidimensionnels, à l'exception de l'indice de perte de communauté, des statistiques descriptives ont été calculées par strate de profondeur (p. ex. marnage supérieur) dans chacun des sites (p. ex. « exposé ») : moyenne, écart-type, minimum, maximum et médiane. De plus, des figures illustrant les moyennes \pm écarts-types ont été produites dans le but de faciliter la compréhension des résultats. Pour l'indice de perte de communauté, l'indice est calculé par site pour chacune des strates de profondeur et sa valeur est représentée graphiquement également.

2.4.1.1 INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS

DENSITÉ TOTALE ET RICHESSE

La densité des organismes et la richesse spécifique sont des indicateurs très sensibles aux conditions environnementales naturelles et aux perturbations résultant de l'introduction de polluants. Précisons que ces paramètres, plus particulièrement l'abondance des organismes, peuvent également varier considérablement dans les milieux non contaminés. Une richesse taxonomique élevée est habituellement indicatrice de la bonne santé d'un cours d'eau. La richesse augmente généralement avec l'augmentation de la qualité de l'eau ainsi qu'avec la diversité et la qualité des habitats. Il est donc important de comparer des milieux où les habitats sont semblables (Grall et Coïc 2006; Environnement Canada 2012; MDDEFP 2013).

La densité totale des invertébrés correspond au nombre total de spécimens capturés par station, toutes catégories taxonomiques confondues, exprimé par unité de surface (nombre d'invertébrés/m²). Quant à la richesse, elle correspond au nombre de taxons (famille ou autre) capturés à chaque station. Les valeurs de densité et de richesse ont été calculées pour chaque station. Les organismes coloniaux (*spongillidae*, *paludicellidae* et *pectinatellidae*) n'ont pas été multipliés par la fraction de l'échantillon.

Dans les cas où de grandes différences d'abondances sont observées entre les expositions et les années, l'indice de Margalef a été vérifié étant donné que la richesse augmente souvent lorsque les abondances augmentent (Clifford et Stephenson 1975). Si les abondances sont comparables, cet indice ne sera pas utilisé. Cet indice prend donc en compte les abondances dans son calcul (Margalef 1951 et 1957 In Peet 1974), soit :

$$S \text{ Margalef} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Où :

S = la richesse

N = l'abondance totale

INDICE DE DIVERSITÉ DE SHANNON

L'indice de diversité rend compte de la composition d'un écosystème en termes de nombre d'espèces et de leur abondance relative. Cet indice constitue en fait une mesure globale des proportions des différentes espèces présentes dans un échantillon. Il permet de caractériser la diversité des biocénoses et donne un premier aperçu de la santé des écosystèmes. L'indice de diversité diminue quand la communauté est dominée par un nombre réduit d'espèces. Une valeur faible traduit généralement des conditions de vie particulières qui favorisent l'établissement de seulement quelques espèces (Pelletier 2002; MDDEFP 2013).

L'utilité d'un indicateur de diversité qui prend en compte la richesse et la répartition des abondances repose essentiellement sur un phénomène généralement observé, à savoir que les milieux non perturbés supportent des communautés comportant un grand nombre d'espèces où aucune d'entre elles n'est plus abondante que les autres. Plusieurs facteurs de stress peuvent altérer la diversité en rendant le milieu impropre à la survie de certaines espèces ou en donnant à d'autres un avantage compétitif. Toutefois, il est important de signaler que plusieurs facteurs naturels font que certains milieux particulièrement contraignants supportent également des communautés dominées par une ou quelques espèces adaptées aux conditions rigoureuses. Ces facteurs confondants peuvent être contournés en échantillonnant des milieux semblables, d'où l'importance, encore une fois, de bien sélectionner les zones de référence en fonction des caractéristiques des zones exposées afin que les habitats soient comparables.

De nombreux indices existent afin d'évaluer la diversité taxonomique. L'indice de diversité Shannon est le plus couramment utilisé dans les études de macroinvertébrés benthiques (MDDEFP 2013). Cet indice tient

compte du nombre d'individus de chacun des taxons. Bien que différentes bases de logarithme puissent être utilisées dans le calcul de cet indice, l'utilisation du logarithme en base 2 est recommandée par le MDDEFP. La valeur 3,322 devant la formule permet de convertir le log10 en log2. L'indice de diversité de Shannon a été calculé selon l'équation suivante :

$$H' = -3,322 \sum_i^s p_i \log(p_i)$$

Où :

H' = indice de diversité de Shannon
s = nombre total de taxons à la station
p_i = proportion du i^e taxon à la station

Une valeur élevée de l'indice correspond à une communauté composée de plusieurs taxons dont les densités sont semblables, ce qui correspond habituellement à des conditions favorables du milieu. À l'inverse, une valeur faible traduit des conditions de vie difficiles qui permettent à peu d'espèces de s'établir. De plus, en l'absence de compétition, ces espèces sont souvent présentes en grand nombre (Dajoz 1982 *In* MDDEFP 2013). Quel que soit le groupe taxonomique, l'indice de Shannon est compris entre moins de 1 et 4,5 de façon générale.

INDICE D'ÉQUITABILITÉ DE SHANNON

Les principaux indices d'équitabilité consistent le plus souvent à établir le rapport entre la diversité mesurée et la diversité théorique maximale pour une taille d'échantillon et un nombre d'espèces données (Grall et Coïc, 2006). L'évaluation de l'équitabilité (ou régularité) permet de comparer les diversités de deux communautés ayant des nombres d'espèces différents (Dajoz, 1982 *In* MDDEFP, 2013). Elle constitue le rapport entre la répartition des taxons obtenus par l'indice de diversité de Shannon (H') et une distribution fictive équitable de ces mêmes taxons (MDDEFP 2013).

La valeur obtenue varie entre 0 et 1, où 0 indique que la totalité de l'effectif est concentrée dans un même taxon (dominance) et 1 que tous les taxons possèdent une même abondance. L'équitabilité a été estimée selon l'équation suivante :

$$J' = \frac{-3,322 \sum_i^s p_i \log(p_i)}{3,322 \cdot \log(S)}$$

Où :

J' = équitabilité
p_i = abondance relative du i^e genre à la station
s = nombre total de taxons (familles) identifiés à la station

INDICES EPT, C ET EPT/C

Les indices EPT, C et EPT/C correspondent respectivement au nombre d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères, de chironomides et au ratio du premier sur le second. Ces indices peuvent s'avérer utiles afin d'évaluer l'intégrité des milieux aquatiques. Les éphéméroptères, les plécoptères et les trichoptères sont sensibles à la qualité de l'eau et de façon générale, leur nombre tend à diminuer dans les milieux perturbés. Au contraire, les chironomides (détritivores) sont plus tolérants. Un nombre peu élevé de taxons de EPT est généralement lié à une augmentation des perturbations. Ainsi, le rapport EPT/C est généralement inférieur dans les milieux perturbés.

INDICE DE PERTE DE COMMUNAUTÉ

La perte de taxons benthiques, dans un site d'étude par rapport à un site de référence, est mesurée à l'aide de l'indice de perte de communauté. Les valeurs vont de 0 à « l'infini » et augmentent à mesure que le degré de dissimilitude entre les sites augmente (Plafkin *et al.* 1989 *In* Mandaville 2002). Pour cette étude, le calcul de l'indice a été adapté pour valider la perte de taxons entre deux années pour le même site. L'indice se calcule selon l'équation suivante :

$$\text{Perte communautaire} = \frac{d - a}{e}$$

Où :

- a = nombre de taxons communs aux deux années pour le même site
- d = nombre total de taxons présents dans le site pour l'année de référence
- e = nombre total de taxons présents dans le site pour l'année étudiée

Dans cette étude, l'indice de perte de communauté a été déterminé en comparant le nombre total de taxons présents dans la zone étudiée (« e ») au nombre de taxons présents dans le même site lors de l'année de référence (« d »). Ceci a été fait pour tenir compte de la variation qui se produit entre les années.

POURCENTAGE DE CONTRIBUTION DES DOMINANTS

Le pourcentage de contribution de la famille dominante ou pourcentage de dominance est égal à l'abondance de la famille numériquement dominante par rapport au nombre total d'organismes dans l'échantillon. Cet indice, complémentaire à l'équitabilité, indique l'état actuel de l'équilibre communautaire au niveau familial. Par exemple, une communauté dominée par relativement peu de familles aurait une valeur élevée, ce qui indique que la communauté est sous l'influence du stress environnemental (Plafkin *et al.* 1989 *In* Mandaville 2002).

2.4.1.2 INDICATEURS MULTIDIMENSIONNELS

STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

La structure des communautés est un indicateur qui possède autant de dimensions qu'il y a de taxons présents. Cet indicateur prend à la fois en compte l'identité des taxons ainsi que leurs abondances respectives. Pour comparer les multiples dimensions ensemble, il est nécessaire d'utiliser une mesure de ressemblance (coefficient de similarité/ dissimilarité) entre chaque paire d'échantillons. Bien qu'il existe une multitude de coefficients de similarité/ dissimilarité, le coefficient de Bray-Curtis est l'une des mesures les plus utilisées en écologie des communautés (Clarke *et al.* 2014).

Le coefficient de Bray-Curtis est peu affecté par la nature des communautés comparées (Clarke *et al.* 2014). C'est-à-dire que l'ajout ou le retrait d'échantillons n'aura aucun impact sur le coefficient. Aussi, les différences d'abondance ont la même contribution au calcul du coefficient, sans égard à l'abondance du taxon (Clarke *et al.* 2014). Par exemple, la différence entre 1 et 2 est la même qu'entre 99 et 100.

Le coefficient de Bray-Curtis est un coefficient de dissimilarité qui varie de 0 (deux échantillons possédant des descripteurs identiques) à 100 (deux échantillons totalement différents). En d'autres mots, la dissimilarité de Bray-Curtis est le pourcentage de tous les organismes non pairés entre deux échantillons.

Le coefficient de Bray-Curtis mesure le pourcentage de différence entre les échantillons et se calcule selon l'équation suivante :

$$D_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p |y_{ij} + y_{ik}|} \right\}$$

Où :

- D_{jk} = dissimilarité de Bray-Curtis entre une paire d'échantillons (j et k)
- Y_{ij} = nombre d'invertébrés du taxon i dans l'échantillon j
- Y_{ik} = nombre d'invertébrés du taxon i dans l'échantillon k
- p = nombre total de taxons présents dans l'un ou l'autre des deux échantillons

La similarité de Bray-Curtis est simplement l'inverse de la dissimilarité soit $S_{ik} = 100 - D_{jk}$. Ainsi, chaque échantillon a un pourcentage de ressemblance avec chacun des autres échantillons. Cette mesure multidimensionnelle n'est pas présentée sous forme de tableaux ou de matrices. Des cadrages non métriques multidimensionnels (nMDS) sont utilisés dans le but de rapporter les distances entre les échantillons en deux dimensions (voir plus bas). Les différences entre les groupes sont statistiquement testables avec des analyses de la variance multivariée par permutations (PERMANOVA; voir plus bas).

Avant de calculer la ressemblance entre deux échantillons, il est recommandé de transformer les abondances dans le but de donner moins d'importance aux espèces très abondantes et d'en donner un peu plus aux espèces rares. La méthode du *shade-plot* a été utilisée pour déterminer la meilleure transformation préalablement aux calculs et analyses (Clarke *et al.* 2013). Cette méthode permet de visualiser en un clin d'œil la répartition des abondances entre les échantillons et les taxons. Ceci permet de déterminer si certains taxons auront trop de poids dans l'analyse.

Pour compléter cette analyse, une routine séparant le pourcentage de dissimilarité de Bray-Curtis par taxons est utilisée (procédure SIMPER; Clarke *et al.* 2014). Cette méthode, qui n'est pas une analyse statistique, permet de connaître les taxons ayant le plus grand impact sur les différences mesurées entre des facteurs choisis tels que des échantillons ou des sites. La procédure SIMPER a été utilisée pour comparer un même site entre les années pour chacune des strates. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux descriptifs relatant, pour chacun des taxons, les abondances transformées moyennes par groupe, la moyenne de la dissimilarité entre les groupes, le ratio de la dissimilarité sur son écart-type, le pourcentage de contribution à la dissimilarité et le cumulatif des contributions. Plus le pourcentage de contribution est élevé pour un taxon, plus ce taxon contribue à la dissimilarité entre les groupes. Plus le ratio de la dissimilarité sur son écart-type est élevé, plus le taxon joue un rôle constant dans la différence entre les groupes ce qui en fait un bon taxon discriminant. De manière générale, un ratio élevé ($> 1,5$) indique que la contribution du taxon x est constante au sein d'un même groupe. Ainsi, la valeur seuil de 1,5 du ratio a été utilisée afin de déterminer les taxons qui contribuent de manière homogène à la similarité/ dissimilarité entre les groupes (Clarke et Warwick 2001).

CADRAGE NON MÉTRIQUE MULTIDIMENSIONNEL (NMDS)

Afin de visualiser graphiquement les différences entre les sites et les années, et ainsi avoir un portrait visuel de la trajectoire temporelle de la communauté benthique, des cadrages non métriques multidimensionnels (nMDS) ont été utilisés pour illustrer les centroïdes des sites entre les années. Les nMDS présentant toutes les stations sont présentés à l'annexe 6 dans le but de visualiser la différence entre l'effet de l'emplacement et celui de la dispersion de la PERMANOVA (voir plus loin).

Le but de cette représentation est de rassembler l'information provenant de multiples dimensions (ex. l'abondance de chacun des taxons) et de la ramener à deux dimensions afin que les données puissent être visualisées et interprétées. En réalité, l'analyse de l'abondance de chaque taxon prise séparément ne permet pas de bien comprendre les différences dans les communautés. Pour chaque taxon présent dans la communauté, un axe ou dimension peut s'ajouter à un graphique standard représentant les densités d'organismes, mais la représentation devient impossible après trois dimensions. Le principe d'un nMDS est que chaque dimension

représente la densité d'un taxon. Le nMDS se base sur une matrice de similarité/dissimilarité, telle que celle obtenue par le calcul de dissimilarité de Bray-Curtis pour la structure des communautés, qui sera ensuite traduit dans un espace à x dimensions où x est le nombre total de taxons présents dans la communauté étudiée. Le nombre de dimensions est ensuite réduit afin de permettre la visualisation sur un graphique standard à deux axes. Chaque échantillon sera positionné sur ce graphique en deux dimensions en fonction des autres échantillons selon un rang de dissimilarité. C'est-à-dire que les groupes les plus semblables seront plus proches et que les groupes les plus dissimilaires seront les plus éloignés, mais qu'il n'y a pas de mesure de distance. Ces opérations d'ordination par les rangs sont réalisées à l'aide de logiciel de statistique spécialisé. La solution est calculée à plusieurs reprises et la meilleure est conservée par le logiciel.

Le niveau d'ajustement du modèle ou la distorsion de la représentation en deux dimensions est appelé le stress. Plus le stress du cadrage est élevé, plus la représentation des points provient d'un agencement aléatoire, c'est-à-dire qu'il ne représente pas fidèlement les différences entre les groupes en deux dimensions. Un niveau de stress inférieur à 0,2 permet une interprétation de la représentation selon Clarke (1993). Il est important de noter que l'orientation du graphique est arbitraire.

Par souci de clarté visuelle, seuls les centroïdes de chacun des sites par année et par strate sont représentés pour visualiser les trajectoires temporelles. Le centroïde correspond au point central à chacun des groupes (strate-site-année). Il ne s'agit là que d'une représentation graphique. Les analyses statistiques sont effectuées sur l'ensemble des stations, mais une représentation de toutes les stations rend le graphique impossible à interpréter.

Alternativement, un cadrage métrique multidimensionnel (mMDS) avec la méthode du bootstrap a été utilisé pour les cas où il y avait une différence significative entre les groupes (interaction Exposition x Période, voir section 2.4.2). Un mMDS utilisera donc les dissimilarités réelles plutôt que de les organiser par rang. Ceci a pour effet de contraindre davantage la représentation et d'augmenter le stress, puisque la représentation est obligée de respecter les distances entre tous les points. La méthode du bootstrap est une méthode d'inférence statistique basée sur la moyenne de la distribution des groupes en rééchantillonnant les données indépendamment une à la fois et la moyenne est recalculée autant de fois que désiré. Ainsi, les groupes ont artificiellement plus de répétitions (« stations ») et il devient plus facile de la visualiser spatialement. De plus, la méthode permet aussi de calculer l'intervalle de confiance à 95 % du nuage de point par groupe. De ce fait, deux groupes se touchant ne seraient pas différents, alors que deux groupes ne se touchant pas seraient en théorie statistiquement différents.

COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

La composition des communautés est aussi un indicateur qui possède autant de dimensions qu'il y a de taxons présents. Toutefois, contrairement à la structure, cet indicateur prend en compte seulement l'identité des taxons sans égard à leurs abondances respectives. Il s'agit donc de la même base que pour la structure, mais comportant seulement des 0 (taxon absent) et des 1 (taxon présent). Les différences en composition se calculent de la même manière que pour la structure, soit la dissimilarité de Bray-Curtis suivie d'une PERMANOVA, et peut s'illustrer de la même manière à l'aide d'une nMDS.

COURBES DE DOMINANCE

Les courbes de dominance présentent le pourcentage de dominance des taxons à l'instar de l'indicateur pourcentage contribution des dominants. Les taxons sont ordonnés par pourcentage de dominance et une courbe est tracée entre chacun. Les taxons sont présentés sur une échelle logarithmique de sorte qu'il est plus facile de visualiser les taxons dominants. Une courbe est tracée pour chaque échantillon et la distance entre les courbes se mesure avec la procédure DOMDIS dans PRIMER&PERMANOVA. La procédure DOMDIS crée une matrice de distances similaire à celle créée par la ressemblance de Bray-Curtis. La matrice ainsi créée se

teste également avec une PERMANOVA. La procédure DOMDIS mesure l'aire entre les courbes de chaque échantillon et se calcule selon l'équation suivante :

$$d' = \sum_{i=1}^{S_{max}} |y_{i1} - y_{i2}| \log(1 + i^{-1})$$

Où :

- S_{max} = nombre le plus grand de taxons observés dans un seul échantillon
- y_{i1} = courbe de l'échantillon 1
- y_{i2} = courbe de l'échantillon 2

Dans le présent rapport, la distance ou l'aire entre les courbes a été calculée entre chaque station. Cependant, les courbes représentent la moyenne par site et strate par souci de clarté visuelle.

2.4.2 SCÉNARIOS D'ANALYSES STATISTIQUES

Des analyses statistiques ont été effectuées afin de vérifier la présence de différences significatives entre les résultats obtenus à l'année 1 du suivi, après la réalisation des travaux de rechargement (2020), avec l'année de référence (2019).

Les analyses ont été effectuées par strate de profondeur. Le design des facteurs décrits ci-dessous devra être modifié par l'ajout du facteur année pour prendre en compte l'utilisation de plus de deux ans.

L'effet du rechargement de plage a été évalué sur l'abondance totale (N), la richesse taxonomique (S), l'indice de diversité de Shannon (H'), l'indice d'équitabilité de Shannon (J'), l'abondance totale des chironomides (C), l'abondance totale des éphéméroptère-plécoptère-trichoptère (EPT), le rapport de EPT sur C (EPT/ C) et la contribution des dominants. Pour ce faire, des modèles linéaires mixtes (LMM) de mesures répétées d'analyse de la variance (RM ANOVA) à deux facteurs fixes (Exposition [deux niveaux : Exposé ou Témoin] et Période [deux niveaux : Avant ou Après]) et à un facteur aléatoire (Sites [quatre niveaux : ERPR, TRPR1, TRPR2, TRPR3]) en utilisant l'identité des stations également en facteur aléatoire comme sujet de répétition entre les années.

Afin de vérifier si les données respectaient les conditions d'application de normalité et d'homoscédasticité de la variance, les tests de normalité de Lilliefors et de Levene ont été appliqués. Ces tests étant très conservateurs, dans les cas où ces tests déterminaient que les conditions d'applications n'étaient pas remplies, les graphiques de distribution des résidus avec un graphique de probabilité (*qqplot*) pour la normalité et un graphique des résidus obtenus versus les valeurs prédites ont été évalués (Montgomery 2012, Quinn et Keough 2002). Pour confirmer la robustesse des ANOVA, les analyses ne répondant pas aux conditions ont également été réanalysées en utilisant des analyses de la variance par permutations à mesures répétées (RM PER ANOVA) avec des ressemblances Euclidiennes qui ne sont pas sensibles à la normalité. La dispersion des groupes a été vérifiée avec un test PERMDISP (voir plus bas) qui est l'équivalent d'un test de Levene (Anderson *et al.* 2008).

Pour examiner l'effet du rechargement de plage sur la structure des communautés (basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis), la composition taxonomique des communautés (données en présence absence; basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis) et l'aire entre les courbes de dominance, des analyses de la variance multivariées par permutations à mesures répétées (RM PERMANOVA; Anderson *et al.* 2008) avec 999 permutations en utilisant le même design que les LMM comme décrit ci-haut ont été réalisées. Les données d'abondances ont été transformées à la racine quatrième en utilisant la méthode du *shade-plot* (Clarke *et al.* 2013). Des cadrages non métriques multidimensionnels (nMDS) des centroïdes ont été utilisés pour visualiser les trajectoires

temporelles des communautés par site. La contribution des taxons aux différences en structures pour chaque site entre les années a été évaluée en utilisant une analyse de pourcentage de similarité (SIMPER).

Le test de PERMANOVA ne requiert pas la vérification de conditions d'applications au préalable, mais il est toutefois recommandé d'évaluer l'homogénéité de la dispersion (c'est-à-dire la variance) entre les groupes afin de déterminer si le résultat est influencé par la dispersion des valeurs (analyse PERMDISP; Anderson *et al.* 2008). Effectivement, si le résultat d'une PERMANOVA est significatif, cela peut être dû autant à la dispersion des valeurs dans l'espace qu'à leur emplacement. En utilisant une analyse de dispersion, il est possible d'écarter que l'effet est dû à la dispersion et de confirmer que l'effet observé est simplement dû à l'emplacement des données si le test PERMDISP est non significatif. Dans le cas où le test de dispersion serait aussi significatif, il n'est pas possible de confirmer si l'effet est dû seulement à la dispersion ou s'il est également attribuable à l'emplacement. L'utilisation de représentation graphique aidera à éclaircir les effets d'emplacement et de dispersion (figure 2). Il est important de noter que le test PERMDISP n'est pas en mesure d'utiliser le design d'analyse à facteurs multiples fixes et aléatoires, mais il est possible de tester des groupes choisis.

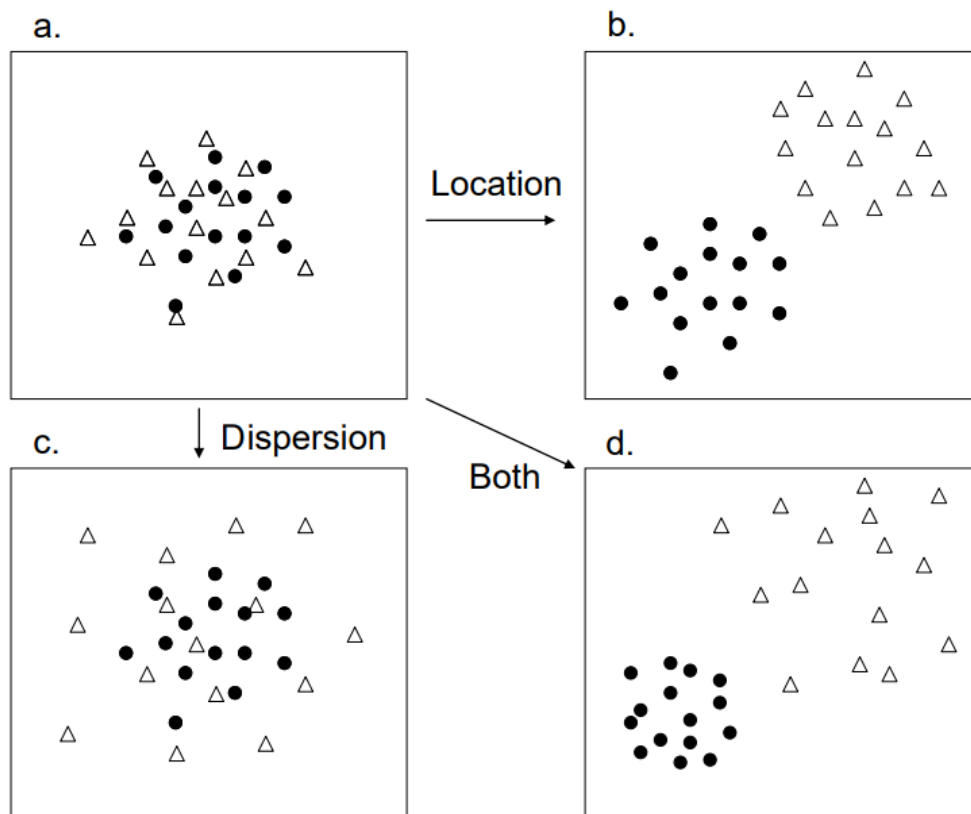


Figure 2. Figure représentant des cadrages non métriques multidimensionnels (nMDS) dont les groupes ne présentent aucune différence (a), les groupes occupent un emplacement différent dans l'espace, mais ont le même degré de dispersion (b), les groupes ont une dispersion dans l'espace différente, mais occupent le même emplacement (c) et les groupes ont à la fois une différence dans leur dispersion et dans leur emplacement (d). Figure tirée de Anderson *et al.* (2008)

Les LMM RM-ANOVA ont été effectuées à l'aide du logiciel SYSTAT v13, tandis que les RM-PER-ANOVA et analyses multidimensionnelles ont été effectuées dans PRIMER+PERMANOVA v.7 (Anderson *et al.* 2008,

Clarke et Gorley 2015). Un seuil de significativité de 0,1 a été utilisé pour les analyses principales et un seuil de 0,05 a été utilisé pour les conditions d'application des analyses.

2.4.2.1 DÉTAILS SUR LES LMM RM ANOVA ET PERMANOVA

Le modèle utilisé pour les analyses a plusieurs avantages :

- Il prend en compte l'autocorrélation temporelle (même station dans le temps);
- Il prend en compte l'autocorrélation spatiale (stations d'un même site et d'une même strate);
- Il prend en compte les tendances (ou trajectoires temporelles) des communautés permettant ainsi d'utiliser les témoins pour vérifier si la tendance du site « exposé » est « hors de l'ordinaire »;
- Il tolère les designs non balancés (un site « exposé » en comparaison à trois sites témoins);
- Il tient compte de la structure des données (variance intra- et inter-groupe).

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux présentant les variables indépendantes catégorielles (facteur) qui sont testées, soit : Exposition, Période et leur interaction. Ci-dessous, le détail de ce que signifient les effets observés pour chacun de ces facteurs.

SOURCE : EXPOSITION

Le facteur « Exposition » teste s'il y a une différence entre les niveaux d'exposition (« Exposé » et Témoins) peu importe l'année. C'est-à-dire que les stations exposées de 2019 et 2020 ainsi que les stations témoins de 2019 et 2020 sont regroupées, puis que ces deux groupes sont comparés statistiquement.

Ce facteur ne permet pas de répondre aux hypothèses de départ, mais est essentiel pour effectuer l'analyse requise.

SOURCE : PÉRIODE

Le facteur « Période » teste s'il y a une différence entre les niveaux de période (Avant et Après) peu importe le niveau d'exposition. C'est-à-dire que les stations exposées et témoins de 2019 ainsi que les stations exposées et témoins 2020 sont regroupées, puis que ces deux groupes sont comparés statistiquement.

Ce facteur ne permet pas de répondre aux hypothèses de départ, mais est essentiel pour effectuer l'analyse requise.

SOURCE : EXPOSITION X PÉRIODE

L'interaction entre les facteurs « Exposition » et « Période » teste s'il y a une interaction entre les expositions et les années. Le test sera significatif si, par exemple, l'une des expositions montre une augmentation de la variable dépendante testée (un indicateur x), mais que l'autre groupe montre une diminution. Le test pourra aussi être significatif même si l'effet va dans le même sens (augmentation ou diminution), mais que l'ampleur de l'effet est différente : par exemple, l'indicateur testé a augmenté de 50 % pour l'une des expositions, tandis qu'il aurait augmenté de 150 % pour l'autre exposition.

C'est cette interaction qui informera pour savoir s'il y a eu des différences entre le « avant » et « après » les travaux pour le site « exposé » tout en prenant en compte la variabilité naturelle par l'utilisation des sites témoins.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES DU SITE « EXPOSÉ » ET DES SITES TÉMOINS

Une caractérisation sommaire a été effectuée afin de décrire chacun des sites chaque année. Les caractéristiques physicochimiques de l'eau, telles que la température de l'eau, l'oxygène dissous, la conductivité spécifique et le pH, ont été mesurées pour chaque site et dans chaque strate de profondeur (tableau 4). La granulométrie et le contenu des sédiments en carbone organique total (COT) ont été évalués en laboratoire (tableau 4). Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe 7.

Le site témoin TRPR1 se retrouve au centre de la rivière Ashuapmushuan, au nord-est du site « exposé ». Le site TRPR2 se retrouve dans un secteur de villégiature bien développé sur la rive opposée. Le site TRPR3 se retrouve vers l'aval associé à une île pour la zone de marnage et plus au centre de la rivière pour la zone profonde.

En considérant les strates de profondeur séparément, les paramètres physicochimiques mesurés lors de la campagne d'échantillonnage sont similaires entre les trois sites témoins et le site « exposé », et ce, pour les mesures effectuées en 2019 et 2020. Les concentrations en oxygène dissous, la température de l'eau, la conductivité et le pH sont très similaires pour chacun des sites. Le caractère oligotrophe (peu productif) du lac fait en sorte que les concentrations de nutriments relativement faibles et les niveaux de productivité peu élevés limitent la disponibilité de la nourriture et donc la productivité de la communauté benthique. En général, l'eau du lac Saint-Jean est légèrement acide (WSP 2015).

La granulométrie des échantillons prélevés au site très variable et comprenait souvent la présence de particules fines telles que l'argile et le limon. À quelques sites on retrouvait la présence de plantes aquatiques (moins de 5 % des échantillons). L'analyse des échantillons en laboratoire a permis de constater que le sable était la classe granulométrique la plus importante pour tous les sites et toutes les strates échantillonnées, sauf pour la zone de marnage inférieure en 2020 pour le site « exposé » et le site témoin TRPR2 où les sédiments plus fins dominent. De façon générale, la granulométrie de 2020 semble plus fine qu'en 2019 pour la majorité des sites.

Le carbone organique total (COT) traduit l'enrichissement organique du milieu. Dans les sédiments, le carbone est présent sous différentes formes organiques (matières humiques, substances chimiques, matières végétales et animales). Des valeurs élevées de COT peuvent indiquer la présence d'hydrocarbures, de cellulose, de sucre ou de tout autre composé carboné susceptible de modifier les communautés benthiques. Le contenu en COT des échantillons est faible pour les deux années de suivi (généralement inférieurs à 1 %) comparativement à ce qui a été mesuré dans les sédiments de lacs fluviaux du Saint-Laurent comme le lac Saint-François (3,2 %), le lac Saint-Louis (3,2 %) et le lac Saint-Pierre (0,81 %) entre 1999 et 2003 (ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC 2007). L'échantillon du site ERPR-MI1 présente cependant une valeur nettement plus élevée pour les deux années laissant présager un apport à environ 1,5 m de profondeur dans le secteur.

Tableau 4. Caractéristiques des sites et des strates d'échantillonnage du benthos en 2019 et 2020

Site	Station ¹	Date	Heure	Prof. d'eau échant. (m)	Temp. de l'eau (°C)	Oxygène dissous (mg/L)	Oxygène dissous (%)	Conduct. spéc. (µS/cm)	pH	Granulométrie (%)				COT (%) ³
										Limon/Argile	Sable	Gravier	Cailloux	
2019														
ERPR	MS-5	9-sept	9:20	0,3	13,2	11,9	114	36	7,4	2,3	49,7	47,9	12,3	0,24
	MI-1	8-sept	09:00	1,5	13,3	11,3	107	35	7,6	28,2	70,7	1,1	-	2,66
	PF-5	9-sept	11:20	4,2	13,4	11,8	113	36	7,5	1,5	93,6	4,9	-	<0,05
TRPR1	MS-5	9-sept	12:40	0,4	14,1	11,9	116	32	7,3	0	98,8	1,2	-	0,08
	MI-1	8-sept	09:45	1,5	13,4	11,9	113	32	7,6	9,8	90,2	-	-	0,23
	PF-5	9-sept	14:30	6,2	13,6	11,9	114	32	7,2	1,5	78,9	19,6	-	0,06
TRPR2	MS-5	9-sept	15:35	0,3	14,1	11,6	113	33	7,9	2,1	52,4	45,5	-	<0,05
	MI-1	8-sept	10:50	1,3	13,6	11,8	114	33	7,5	12,3	53,4	34,3	-	0,14
	PF-5	9-sept	17:25	4	13,7	11,8	114	32	7,7	0,8	98,4	0,8	-	<0,05
TRPR3	MS-5	8-sept	13:55	0,25	14,7	11,7	115	33	7,6	0,1	84,3	8,9	6,7	<0,05
	MI-1	8-sept	11:15	1,5	13,9	11,9	115	33	7,6	0	66,9	33,1	-	0,88
	PF-1	8-sept	12:30	4,5	13,8	11,9	115	31	7,4	0,5	99,5	-	-	<0,05
2020														
ERPR	MS1	23-sept	15:25	0,3	12,2	11,4	106,5	44,3	6,9	1,23	82,41	16,24	-	0,24
	MI1	23-sept	16:40	1,4	11,2	11,29	103	40,3	10,0	57,91	40,74	1,35	-	3,10
	PF1	24-sept	8:24	4,1	10,8	10,76	97	30	7,0	0,57	91,67	7,76	-	0,19
TRPR1	MS1	24-sept	9:54	0,4	10,8	-	-	-	7,0	10,99	88,51	0,50	-	1,64
	MI1	24-sept	11:09	1,5	10,7	11,02	99,1	25,8	6,9	6,39	93,46	0,03	-	0,92
	PF1	24-sept	12:30	5,7	10,8	10,93	98,5	25,8	7,0	1,07	98,65	0,11	-	0,51
TRPR2	MS1	23-sept	11:40	0,3	11,2	11,63	105,5	30,6	7,0	0,09	69,21	30,69	-	0,18
	MI1	23-sept	12:25	1,3	10,4	11,57	103,5	26,4	6,9	67,5	25,04	7,46	-	0,25
	PF1	23-sept	14:10	3,9	10,7	11,7	105,4	25,6	6,9	0,34	99,91	0,00	-	0,22
TRPR3	MS1	23-sept	10:00	0,3	10,5	11,62	104,2	25,6	7,8	0,34	98,27	0,04	-	0,12
	MI1	20-sept	16:43	1,7	10,5	11,09	99,1	25,1	6,9	7,62	88,91	3,27	-	0,25
	PF1 ²	20-sept	16:10	4,3	10,3	11,17	99,7	25,1	7,1	0,50	99,38	0,02	-	0,25

¹ Une station physicochimique a été échantillonnée par strate de profondeur. À cette station, un échantillon supplémentaire de substrat a été prélevé afin de déterminer la granulométrie et le COT.

MS : zone de marnage supérieure; MI : zone de marnage inférieure; PF : zone profonde.

² La station PF5 a été utilisée pour la physicochimie de l'eau et la granulométrie et la COT proviennent de la station PF1.

³ COT : carbone organique total.

3.2 ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE

Pour chacun des sites, cinq stations ont été échantillonnées. Les mêmes stations ont été visitées en 2019 et 2020. Au moment de l'échantillonnage, les profondeurs à ces stations variaient entre 0,25 et 0,5 m (cote d'élévation variant entre 100,65 et 100,5 m). À chaque site, la distance entre chacune des stations varie entre 12 et 23 m (moyenne de 16 m). Ces stations se situent à proximité du rivage ou de la bordure de l'île la plus près à des distances variant entre 4 et 65 m (moyenne de 18 m).

3.2.1 COMPOSITION DESCRIPTIVE DES COMMUNAUTÉS

En 2019 et 2020, des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations pour la zone de marnage supérieure (tableaux 5 et 6). Au total, 29 147 organismes ont été recensés en 2019 et seulement 10 283 organismes ont été recensés en 2020.

En 2019, 26 taxons d'organismes différents répartis dans 4 embranchements sont présents (tableau 5, figure 3). Les taxons les plus abondants sont les arthropodes insectes de la famille de chironomides composant 46 % du total des organismes, suivi des *sphaeriidae* (mollusque, 17 %), *valvatidae* (mollusque, 13 %) et *naididae* (annélide, 11 %). Le site « exposé » est dominé par les arthropodes à 54 % (principalement des insectes à 53 %), suivis des mollusques à 24 % et des annélides avec 21 % des abondances totales. Les sites témoins TRPR1 et TRPR2 présentent des abondances relatives respectives de 49 % et 33 % de mollusques, et 48 % et 63 % d'arthropodes de la classe des insectes (respectivement 50 et 64 % pour les arthropodes totaux), tandis que le site témoin TRPR3 se distingue avec une dominance par les mollusques qui occupent 73 % des abondances totales. En 2020, ce sont 28 taxons d'organismes différents répartis dans 6 embranchements qui sont présents (tableau 6, figure 3). Le taxon le plus abondant est encore la famille des chironomides avec 34 % du total, suivi des *sphaeriidae* (mollusque, 17 %), *valvatidae* (mollusque, 14 %) et *naididae* (annélide, 10 %). Les répartitions des abondances sont semblables à 2019 avec quelques changements notables : le site TRPR2 est dominé par les mollusques plutôt que par les arthropodes insectes et le site TRPR3 est dominé par les arthropodes insectes plutôt que par les mollusques.

Au niveau de l'embranchement des mollusques (figure 4), en 2019 la famille des *sphaeriidae* domine l'embranchement avec une abondance relative allant de 58 % au site « exposé » à 85 % au site TRPR3, à l'exception du site témoin TRPR2 où elle est peu représentée (11 %). Suivent ensuite les familles des *valvatidae*, dominante au site TRPR2 avec 58 % des abondances, et variant de 15 % à 40 % pour les autres sites, puis des *hydrobiidae* qui distinguent davantage le site TRPR2 avec 32 % des abondances relatives. En 2020, la famille des *sphaeriidae* domine aux sites témoins TRPR2 et TRPR3 avec respectivement 36 et 71 %, tandis que la famille des *valvatidae* domine aux sites « exposé » et témoin TRPR1 avec respectivement 41 et 53 % suivi de proche par la famille des *sphaeriidae* avec respectivement 38 et 47 %. En 2020, il y a apparition de la famille *planorbidae* aux sites « exposé » et aux sites témoins TRPR2 et TRPR3. La famille des *lymnaeidae* est également apparue en 2020 en faible abondance au site « exposé ». Finalement, les proportions des *hydrobiidae* ont augmenté aux sites « exposé » et témoin TRPR3.

Au niveau de la classe des insectes (figure 5), les diptères/ nématocères (principalement des chironomides) dominent largement en 2019 et en 2020, suivis généralement des trichoptères et éphéméroptères à moins de 13 % à l'exception des éphéméroptères en 2019 au site TRPR2 avec 21 %.

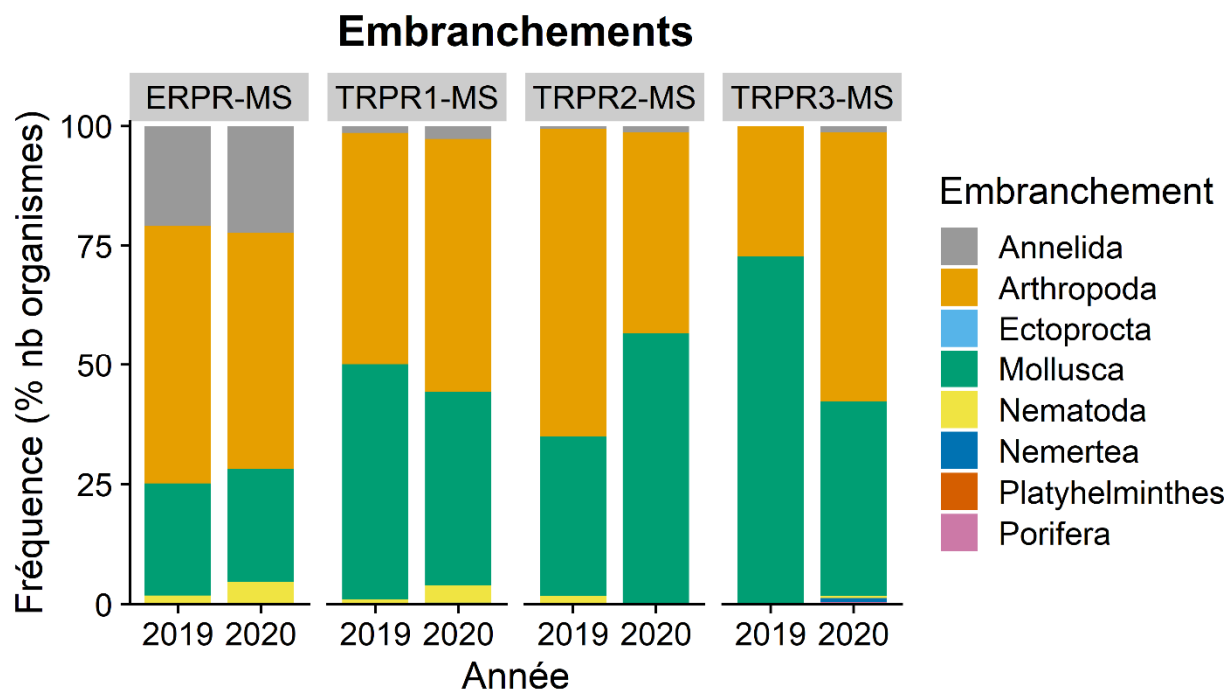


Figure 3. Abondance relative des différents embranchements d'invertébrés benthiques identifiés dans la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

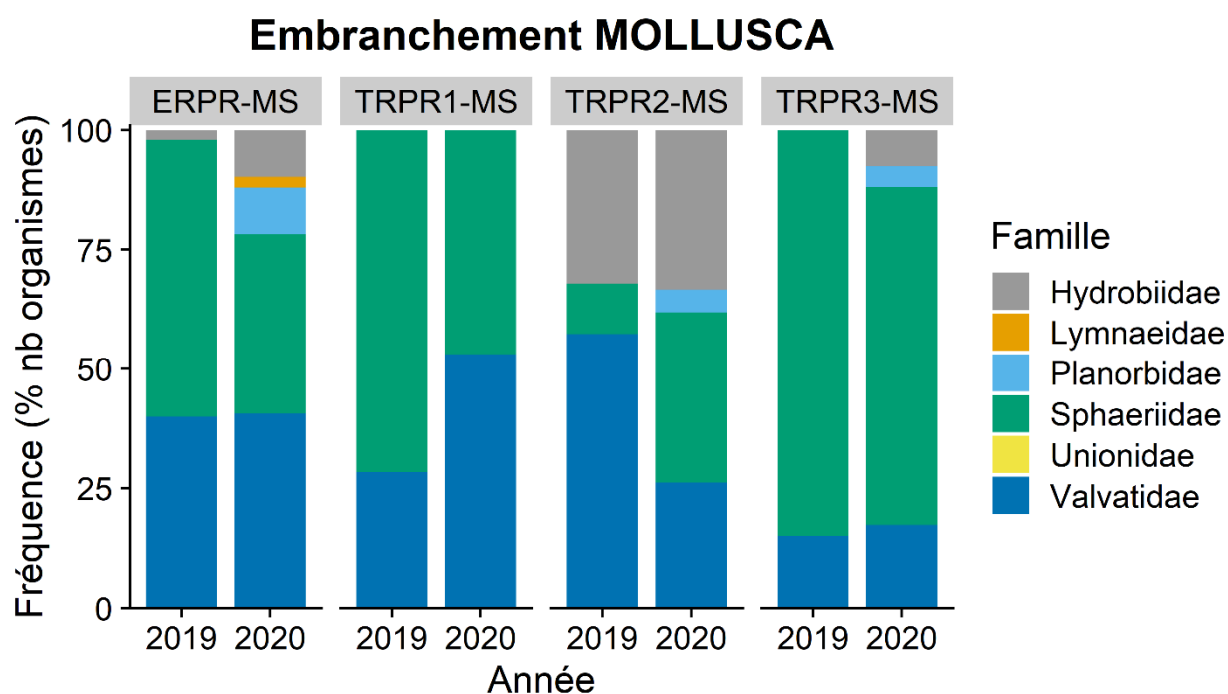


Figure 4. Abondance relative des différentes familles de l'embranchement *Mollusca* pour les invertébrés benthiques identifiés dans la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

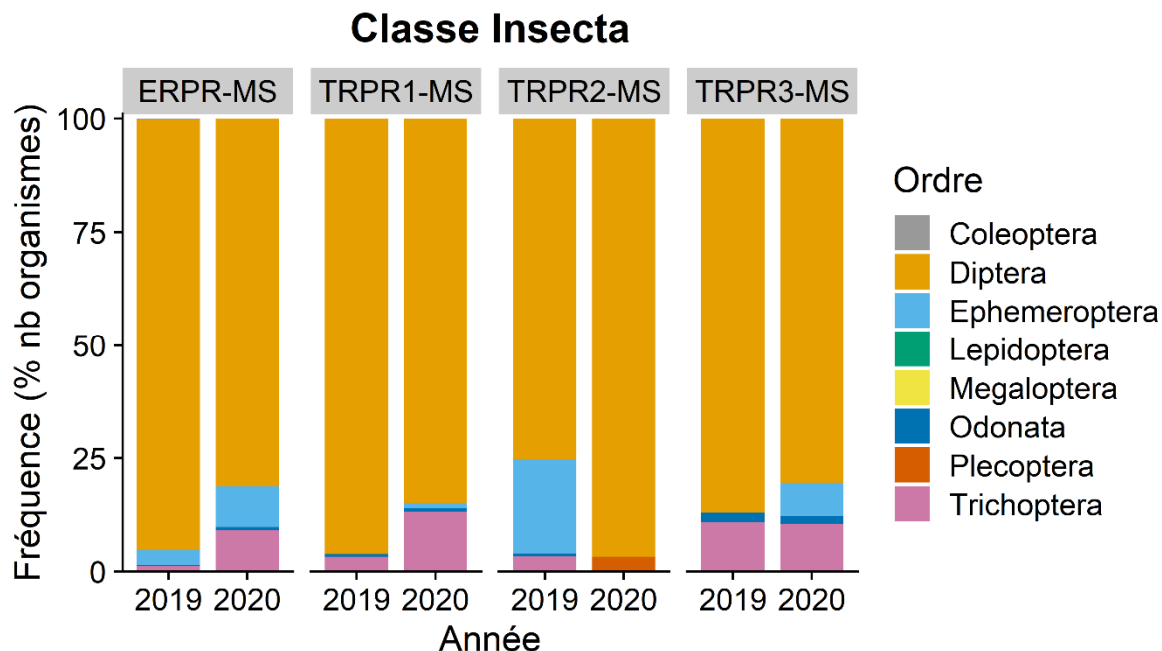


Figure 5. Abondance relative des différents ordres de la classe *Insecta* pour les invertébrés benthiques identifiés dans la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

3.2.2 INDICATEURS DES COMMUNAUTÉS

3.2.2.1 INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS

Les indicateurs unidimensionnels des communautés calculés par station sont présentés aux tableaux 7 et 8. Les moyennes, écart-type, étendues (minimum à maximum), médianes ainsi que le nombre de mesures ayant servi à établir ces statistiques pour chaque site sont présentés au tableau 9. Les moyennes et écarts-types des indicateurs pour chacun des sites en 2019 et 2020 sont présentés aux figures 6 et 7. Finalement, les pertes des communautés, qui ont été calculées par site entre 2020 et 2019, sont présentées au tableau 8 et à la figure 8.

Les résultats des analyses statistiques sont présentés aux tableaux 10 et 11.

ABONDANCE TOTALE

Les densités moyennes d'organismes sont élevées et variables entre les sites et les années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 6). En 2019, les densités les plus élevées sont au site « exposé » qui présente en moyenne 3 068 org./m², tandis que les sites témoins varient de 251 à 1400 org./m². En 2020, les densités moyennes ont généralement diminué par rapport à 2019 à des amplitudes variables : le site « exposé » présente en moyenne 815 org./m², tandis que les sites témoins varient de 107 à 812 org./m². Ceci représente des densités moyennes 3,75 fois plus petites pour le site « exposé », de 0,7 fois plus petite pour le site témoin TRPR1, 13 fois moindre pour TRPR2 et une augmentation de 0,8 fois pour TRPR3. Les diminutions observées sont principalement dues à la diminution des chironomides (figure 6A et B).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur les abondances totales des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,163$; tableau 10).

Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

INDICE C

L'indice C moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 6B). L'indice C rend compte des abondances des chironomides.

L'abondance des chironomides est 5,7 fois plus basse en 2020 pour le site « exposé » et est passé de 1514,5 org./m² à 263,8 org./m², tandis qu'elles sont respectivement plus basses de 1,6 et 15,6 fois pour les sites témoins TRPR1 (501,4 org./m² à 310,1 org./m²) et TRPR2 (634,8 org./m² à 40,6 org./m²). Finalement, les abondances des chironomides sont 2,2 fois plus élevées en 2020 pour le site témoin TRPR3 avec des abondances passant de 39,1 org./m² à 85,5 org./m² (figure 6B).

Les résultats obtenus présentent un effet sur l'indice C des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,024$; tableau 10). Il est donc possible de conclure que les différences entre 2019 et 2020 au niveau de l'abondance des chironomides pour la zone de marnage supérieure sont significativement différentes entre le site « exposé » et les sites témoins. La diminution des chironomides observée est donc plus importante au site « exposé » qu'ailleurs.

INDICE EPT

L'indice EPT moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 6C). L'indice EPT rend compte des abondances des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères.

Les valeurs obtenues sont restées stables entre 2019 et 2020 pour le site « exposé » respectivement 73,9 org./m² et 69,6 org./m², tandis qu'elles ont augmentées de 3,3 et 4,4 fois respectivement pour les sites témoins TRPR1 (17,4 org./m² à 56,5 org./m²) et TRPR3 (7,2 org./m² à 31,9 org./m²). Finalement, les abondances des EPT sont 151 fois plus basses en 2020 pour le site témoin TRPR2 avec des abondances passant de 211,6 org./m² à 1,4 org./m² (figures 5 et 6C).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'indice EPT des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,565$; tableau 10). Bien qu'a priori il serait possible de croire que l'interaction devrait être significative, la réponse des témoins n'est pas claire. Effectivement, le site TRPR2 subit une perte d'EPT importante alors que les deux autres témoins présentent une augmentation des densités d'EPT qui sont de 3 à 4 fois plus élevées 2020. Ainsi, la tendance au site « exposé » fait partie de la variabilité naturelle observée chez les témoins.

INDICE EPT/C

L'indice EPT/C moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 6D). L'indice EPT/C rend compte des abondances des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (plus sensibles) divisé par l'abondance des chironomides qui sont plus tolérants aux stress.

L'indice est 7 fois plus élevé en 2020 pour le site « exposé » respectivement de 0,04 à 0,28, tandis qu'il a augmenté de 4,5 et 5,1 fois respectivement pour les sites témoins TRPR1 (0,04 à 0,18) et TRPR3 (0,23 à 1,17). Finalement, l'indice EPT/C est 14 fois plus bas en 2020 pour le site témoin TRPR2 passant de 0,42 à 0,03 (figures 5 et 6D).

La condition de normalité pour l'indice n'étant pas respectée (voir tableau 10), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 11. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'indice EPT/C des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,429$, tableau 10; $p_{perm} = 0,554$, tableau 11). Bien que l'indice EPT/C soit 7 fois plus élevé en 2020 pour le site « exposé » et que la forte diminution des chironomides (indice C) s'est avérée différente des témoins, la tendance des témoins est encore une fois variable. Ainsi, la tendance du site « exposé » fait partie de la variabilité naturelle observée chez les témoins.

RICHESSE TAXONOMIQUE

La richesse taxonomique moyenne est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 7A). La richesse de Margalef ($S_{Margalef}$) a été vérifiée puisqu'il y avait des différences importantes au niveau des abondances totales. Toutefois, l'utilisation de cet indice ne changeait pas les conclusions et la richesse taxonomique (S) a donc été conservée.

En 2019, la richesse taxonomique la plus élevée est au site « exposé » avec en moyenne 11,4 taxons par station, tandis que les sites témoins varient de 4,8 à 9,4 taxons par station. En 2020, la richesse la plus élevée est encore au site « exposé » avec 11,8 taxons en moyenne, tandis que les sites témoins varient de 3,6 à 11,0 taxons. Ceci représente une richesse taxonomique plutôt stable pour le site « exposé » avec une richesse 1,04 fois plus élevée en 2020, tandis que les sites témoins présentent une richesse 1,5 fois plus élevée pour TRPR1, 2,6 fois plus petite pour TRPR2 et 4,8 fois plus élevée pour TRPR3 (figure 7A).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la richesse taxonomique des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,977$; tableau 10). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

DIVERSITÉ DE SHANNON

La valeur moyenne de la diversité de Shannon est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 7B). L'indice de diversité de Shannon présente la composition des communautés benthiques en matière du nombre de taxons et de leur abondance relative (densité).

En 2019, la diversité de Shannon la plus élevée est au site témoin TRPR2 avec en moyenne un index de 2,18, tandis que le site « exposé » présente un index moyen de 2,05 et les sites témoins TRPR1 et TRPR3 ont un index moyen respectif de 1,79 et 1,48. En 2020, la diversité la plus élevée est au site « exposé » avec un index moyen de 2,44, tandis que les sites témoins varient de 2,17 à 2,41. Ceci représente une diversité 1,2 fois plus élevée pour le site « exposé » en 2020, 1,3 fois plus élevée pour TRPR1, 1,6 fois plus petite pour TRPR2 et 1,5 fois plus élevée pour TRPR3 (figure 7B).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la diversité de Shannon des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,598$; tableau 10). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

ÉQUITABILITÉ DE SHANNON

La valeur moyenne de l'équitabilité de Shannon est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 7C). L'indice de équitabilité de Shannon informe sur la répartition des abondances entre les taxons. Les valeurs obtenues sont similaires entre les sites et elles ont

augmenté en 2020. Ceci semble principalement dû à la diminution des chironomides en 2020 rendant les communautés plus équitables.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'équitabilité de Shannon des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,828$; tableau 10). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

CONTRIBUTION DES DOMINANTS

La contribution moyenne des dominants est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage supérieure (tableau 9, figure 7D). Le pourcentage de contribution des dominants (taxon dominant en nombre comparativement au nombre total) indique l'état actuel de l'équilibre entre les différents taxons représentés. L'identité des taxons dominants est relativement constante entre les années (tableaux 5 et 6). Il s'agit des chironomides pour les sites « exposé », TRPR1 et TRPR2, tandis qu'il s'agit des mollusques de la famille de sphaeriidae pour le site TRPR3.

L'indice est resté stable entre 2019 et 2020 pour le site « exposé » respectivement de 50 à 49 %, tandis qu'il a diminué de 1,25 et 1,2 fois respectivement pour les sites témoins TRPR1 (50 à 40 %) et TRPR3 (61 à 49 %). Finalement, la contribution est 1,4 fois plus élevée en 2020 pour le site témoin TRPR2 passant de 44 à 59 % (figures 5 et 6D).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la contribution des dominants des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p = 0,847$, tableau 10). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

PERTES DES COMMUNAUTÉS

L'indice de perte de communauté présente la perte de taxons entre l'année du suivi (2020) et l'année de référence (2019) pour le même site. Les valeurs obtenues pour la zone de marnage supérieure sont généralement faibles (moins de 0,5) à l'exception du site TRPR2 qui présente un indice de 1,33, tandis qu'il est très faible au site TRPR3 avec un indice de 0,06 (tableau 8 et figure 8). Le nombre de taxons inventoriés en 2019 et 2020 est comparable pour le site « exposé » et le site TRPR1 (tableau 10). Au site TRPR2, ce sont 12 taxons qui sont disparus en 2020 comparativement à l'ajout de 3 nouveaux taxons seulement (tableau 10). Finalement, au site TRPR3, un seul taxon de 2019 est disparu et 11 nouveaux sont apparus en 2020 créant ainsi un indice proche de 0 (tableau 10).

Tableau 5. Densité d'organismes par station pour chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage supérieure en 2019

Organismes		Site « exposé » ERPR							Site témoin TRPR1							Site témoin TRPR2							Site témoin TRPR3							Total par taxon		
Embranchement	Famille	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	Densité totale	Abond. relative (%)	
MOLLUSCA	Sphaeriidae	768	377	225	319	391	416	13,56	94	464	442	783	174	391,4	35,11	14	0	0	174	58	49,2	3,52	51	203	145	80	297	155,2	61,85	5059	17,36	
	Valvatidae	391	319	442	152	130	286,8	9,35	51	65	152	268	239	155	13,91	210	203	130	609	181	266,6	19,05	0	29	7	7	94	27,4	10,98	3679	12,62	
	Hydrobiidae	7	0	36	29	0	14,4	0,47	0	0	0	0	0	0	0	594	145	7	0	0	149,2	10,66	0	0	0	0	0	0	0	818	2,81	
ANNELIDA	Lumbriculidae	0	101	0	0	0	20,2	0,66	0	0	0	0	14	2,8	0,26	0	29	0	0	0	5,8	0,41	0	0	0	0	0	0	0	144	0,49	
	Naididae	1761	420	196	203	529	621,8	20,26	36	7	7	14	0	12,8	1,17	7	0	0	0	0	1,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	3180	10,91	
NEMATODA		36	116	65	29	36	56,4	1,84	0	36	0	14	7	11,4	1,04	7	58	0	22	36	24,6	1,76	0	0	0	0	0	0	0	462	1,59	
ARTHROPODA	Arrenuridae	0	0	7	7	7	4,2	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0,07	
	Hygrobatidae	0	0	0	7	0	1,4	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	14	0,05	
	Lebertiidae	0	0	0	0	7	1,4	0,05	7	0	0	14	0	4,2	0,39	0	0	0	22	0	4,4	0,31	0	0	0	0	0	0	0	50	0,17	
	Limnesiidae	0	0	0	7	0	1,4	0,05	0	14	0	0	0	2,8	0,26	14	58	0	0	22	18,8	1,35	0	0	0	0	0	0	0	115	0,39	
	Mideopsidae	0	0	7	0	0	1,4	0,05	0	0	0	7	0	1,4	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1,4	0,58	21	0,07	
	Oxidae	0	0	7	0	7	2,8	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0,05	
	Corduliidae	22	0	0	0	0	4,4	0,14	0	7	0	0	0	1,4	0,13	0	29	0	0	0	5,8	0,41	0	0	0	0	0	0	0	58	0,20	
	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1,4	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1,4	0,58	14	0,05
	Baetiscidae	0	14	0	0	0	2,8	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0,05	
	Caenidae	22	188	7	29	14	52	1,7	0	0	0	0	0	0	0	7	0	22	0	0	5,8	0,41	0	0	0	0	0	0	0	289	0,99	
	Ephemeridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	232	36	391	145	175,2	12,53	0	0	0	0	0	0	0	876	3,01
	Metreopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	7	0,02
	Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1,4	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,02
	Leptoceridae	7	0	7	29	14	11,4	0,38	22	22	0	14	14	14,4	1,3	0	29	7	0	14	10	0,72	7	7	14	0	0	5,6	2,31	207	0,71	
	Molannidae	0	14	0	0	0	2,8	0,09	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1,4	0,1	0	0	7	0	0	1,4	0,58	28	0,10	
	Phryganeidae	0	14	0	0	0	2,8	0,09	0	0	0	0	7	1,4	0,13	0	29	14	43	0	17,2	1,24	0	0	0	0	0	0	0	107	0,37	
	Polycentropodidae	7	0	0	0	0	1,4	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,02	
	Elmidae	14	0	0	0	0	2,8	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0,05	
	Ceratopogonidae	58	72	51	36	0	43,4	1,42	22	22	7	0	0	10,2	0,91	14	58	0	22	36	26	1,86	0	7	58	7	22	18,8	7,51	492	1,69	
	Chironomidae	1478	3261	783	1319	732	1514,6	49,36	217	1029	275	609	377	501,4	44,99	754	667	254	1326	174	635	45,34	22	14	65	51	43	39	15,61	13450	46,15	
Total		4571	4896	1833	2166	1867	3067	100	456	1666	883	1723	839	1113	100	1707	1537	470	2609	673	1399	100	80	267	296	145	463	250	100	29147	100	

Tableau 6. Densité d'organismes par station pour chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage supérieure en 2020

Organismes		Site « exposé » ERPR							Site témoin TRPR1							Site témoin TRPR2							Site témoin TRPR3							Total par taxon	
Embranchement	Famille	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	Densité totale	Abond. relative (%)
PORIFERA	Spongillidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	7	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	7	1,4	0,43	14	0,14
MOLLUSCA	Sphaeriidae	0	7	0	80	275	72,4	8,90	43	268	123	58	275	153,4	18,95	0	87	7	14	0	21,6	20,26	43	116	58	94	159	94	28,75	1707	16,60
	Lymnaeidae	0	0	22	0	0	4,4	0,54	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	22	0,21
	Planorbidae	0	43	14	36	0	18,6	2,29	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	14	2,8	2,63	0	0	0	7	22	5,8	1,77	136	1,32
	Valvatidae	29	87	36	72	167	78,2	9,61	152	355	36	188	138	173,8	21,47	29	0	7	14	29	15,8	14,82	14	14	22	29	36	23	7,03	1454	14,14
	Hydrobiidae	22	14	0	0	58	18,8	2,31	0	0	0	0	0	0	0,00	0	58	0	14	29	20,2	18,95	0	0	7	7	36	10	3,06	245	2,38
ANNELIDA	Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,07
	Naididae	7	43	0	196	659	181	22,25	29	36	0	22	14	20,2	2,50	0	0	0	7	0	1,4	1,31	0	0	0	7	14	4,2	1,28	1034	10,06
	Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
NEMATODA		14	22	0	72	80	37,6	4,62	29	72	22	7	14	28,8	3,56	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	7	1,4	0,43	339	3,30
ARTHROPODA	Hygrobatidae	0	7	7	14	0	5,6	0,69	14	7	0	7	14	8,4	1,04	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	14	0	0	4,2	1,28	91	0,88
	Lebertiidae	0	7	0	22	7	7,2	0,89	0	0	0	7	14	4,2	0,52	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	57	0,55
	Limnesiidae	0	0	0	29	0	5,8	0,71	7	14	14	51	29	23	2,84	0	0	0	0	0	0	0,00	0	14	0	0	0	2,8	0,86	158	1,54
	Corduliidae	0	7	7	0	0	2,8	0,34	7	7	0	0	0	2,8	0,35	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	28	0,27
	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	14	2,8	0,86	14	0,14
	Caenidae	0	22	0	29	72	24,6	3,02	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	123	1,20
	Ephemeroidea	0	7	0	22	22	10,2	1,25	7	0	0	7	0	2,8	0,35	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	58	13	3,98	130	1,26
	Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,07
	Dipseudopsidae	7	0	0	0	29	7,2	0,89	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,43	43	0,42
	Leptoceridae	0	22	14	29	22	17,4	2,14	51	43	36	22	65	43,4	5,36	0	0	0	0	0	0	0,00	0	14	0	36	7	11,4	3,49	361	3,51
	Molannidae	7	0	0	7	29	8,6	1,06	0	22	0	0	22	8,8	1,09	0	0	0	0	0	0	0,00	0	14	7	7	0	5,6	1,71	115	1,12
	Polycentropodidae	0	7	0	0	0	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,07
	Ceratopogonidae	14	36	14	58	109	46,2	5,68	43	36	14	14	14	24,2	2,99	0	0	0	7	0	1,4	1,31	0	7	7	87	181	56,4	17,25	641	6,23
	Chironomidae	203	290	341	167	319	264	32,46	384	420	254	167	326	310,2	38,32	0	87	36	80	0	40,6	38,09	0	14	7	51	355	85,4	26,12	3501	34,05
	Empididae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	0	1,4	1,31	0	0	0	7	0	1,4	0,43	14	0,14
	Tabanidae	0	0	0	0	7	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,07
Perlodidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	0	1,4	1,31	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,07	
NEMERTEA	Tetrastemmatidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	7	2,8	0,86	21	0,20
Total		303	621	455	833	1855	813	100	766	1294	506	550	932	810	100	29	232	57	143	72	107	100	57	207	122	346	903	327	100	10283	100

Tableau 7. Indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2019

Site	Station	Fraction analysée	Densité totale (nb/m ²)	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/m ²)	ETP (nb/m ²)	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ERPR	MS1	1	4572	12	2,07	0,58	1478	36	0,02	39	Année de référence
	MS2	0,50	4899	11	1,82	0,53	3261	232	0,07	67	
	MS3	1	1833	12	2,32	0,65	783	14	0,02	43	
	MS4	1	2167	12	1,95	0,54	1319	58	0,04	61	
	MS5	1	1870	10	2,10	0,63	732	29	0,04	39	
Site témoin TRPR1	MS1	1	457	8	2,23	0,74	217	22	0,10	48	Année de référence
	MS2	1	1667	9	1,54	0,48	1029	22	0,02	62	
	MS3	1	884	5	1,57	0,68	275	0	0,00	50	
	MS4	1	1725	8	1,73	0,58	609	14	0,02	45	
	MS5	1	841	8	1,88	0,63	377	29	0,08	45	
Site témoin TRPR2	MS1	1	1710	12	1,96	0,55	754	94	0,13	44	Année de référence
	MS2	0,25	1536	11	2,61	0,75	667	290	0,43	43	
	MS3	1	471	7	1,82	0,65	254	80	0,31	54	
	MS4	0,33	2609	8	1,93	0,64	1326	435	0,33	51	
	MS5	1	674	9	2,60	0,82	174	159	0,92	27	
Site témoin TRPR3	MS1	1	80	3	1,24	0,78	22	7	0,33	64	Année de référence
	MS2	1	268	6	1,30	0,50	14	7	0,50	76	
	MS3	1	297	6	1,92	0,74	65	22	0,33	49	
	MS4	1	145	4	1,44	0,72	51	0	0,00	55	
	MS5	1	464	5	1,50	0,65	43	0	0,00	64	

Tableau 8. Indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2020

Site	Station	Fraction analysée	Densité totale (nb/m ²)	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/m ²)	ETP (nb/m ²)	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ERPR	MS1	1	304	8	1,79	0,60	203	14	0,07	67	0,35
	MS2	1	623	15	2,77	0,71	290	58	0,20	47	
	MS3	1	457	8	1,48	0,49	341	14	0,04	75	
	MS4	1	833	14	3,30	0,87	167	87	0,52	23	
	MS5	1	1855	14	2,86	0,75	319	174	0,55	36	
Site témoin TRPR1	MS1	1	768	11	2,35	0,68	384	58	0,15	50	0,24
	MS2	1	1297	13	2,53	0,68	420	72	0,17	32	
	MS3	1	507	8	2,12	0,71	254	36	0,14	50	
	MS4	1	551	11	2,55	0,74	167	29	0,17	34	
	MS5	1	935	12	2,53	0,70	326	87	0,27	35	
Site témoin TRPR2	MS1	0,50	29	1	0,00	n.d.	0	0	n.d.	100	1,33
	MS2	0,25	232	3	1,56	0,99	87	0	0,00	38	
	MS3	1	58	4	1,55	0,77	36	0	0,00	63	
	MS4	1	145	7	2,12	0,75	80	7	0,09	55	
	MS5	0,50	72	3	1,52	0,96	0	0	n.d.	40	
Site témoin TRPR3	MS1	1	58	2	0,81	0,81	0	0	n.d.	75	0,06
	MS2	1	210	9	2,31	0,73	14	36	2,50	55	
	MS3	1	123	7	2,28	0,81	7	7	1,00	47	
	MS4	1	348	12	2,87	0,80	51	51	1,00	27	
	MS5	1	906	13	2,60	0,70	355	65	0,18	39	

n. d. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.

Tableau 9. Statistiques descriptives des indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2019 et en 2020

Site-strate	Année	Paramètre	N (nb m ⁻²)	S	H'	J'	C (nb m ⁻²)	EPT (nb m ⁻²)	EPT/C (proportion)	Contribution dominants (% organismes)
ERPR-MS	2019	Moyenne	3068,1	11,4	2,05	0,59	1514,5	73,9	0,04	50
		Écart-type	1531,9	0,9	0,18	0,05	1029,3	89,7	0,02	13
		Étendue	1833 - 4899	10 - 12	1,82 - 2,32	0,53 - 0,65	732 - 3261	14,5 - 231,9	0,02 - 0,07	39 - 67
		Médiane	2166,7	12,0	2,07	0,58	1318,8	36,2	0,04	43
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	814,5	11,8	2,44	0,68	263,8	69,6	0,28	49
		Écart-type	614,0	3,5	0,77	0,14	75,4	65,9	0,24	21
		Étendue	304 - 1855	8 - 15	1,48 - 3,3	0,49 - 0,87	167 - 341	14,5 - 173,9	0,04 - 0,55	23 - 75
		Médiane	623,2	14,0	2,77	0,71	289,9	58,0	0,20	47
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
TRPR1-MS	2019	Moyenne	1114,5	7,6	1,79	0,62	501,4	17,4	0,04	50
		Écart-type	556,4	1,5	0,28	0,10	330,6	11,0	0,04	7
		Étendue	457 - 1725	5 - 9	1,54 - 2,23	0,48 - 0,74	217 - 1029	0 - 29	0 - 0,1	45 - 62
		Médiane	884,1	8,0	1,73	0,63	376,8	21,7	0,02	48
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	811,6	11,0	2,41	0,70	310,1	56,5	0,18	40
		Écart-type	321,5	1,9	0,19	0,02	102,0	24,3	0,05	9
		Étendue	507 - 1297	8 - 13	2,12 - 2,55	0,68 - 0,74	167 - 420	29 - 87	0,14 - 0,27	32 - 50
		Médiane	768,1	11,0	2,53	0,70	326,1	58,0	0,17	35
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
TRPR2-MS	2019	Moyenne	1400,0	9,4	2,18	0,68	634,8	211,6	0,42	44
		Écart-type	861,1	2,1	0,39	0,11	461,2	149,9	0,30	10
		Étendue	471 - 2609	7 - 12	1,82 - 2,61	0,55 - 0,82	174 - 1326	79,7 - 434,8	0,13 - 0,92	27 - 54
		Médiane	1536,2	9,0	1,96	0,65	666,7	159,4	0,33	44
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	107,2	3,6	1,35	0,87	40,6	1,4	0,03	59
		Écart-type	81,7	2,2	0,79	0,12	41,8	3,2	0,05	25
		Étendue	29 - 232	1 - 7	0 - 2,12	n.d.	0 - 87	0 - 7,2	n.d.	38 - 100
		Médiane	72,5	3,0	1,55	NA	36,2	0,0	NA	55
		Nb mesures	5	5	5	4	5	5	3	5
TRPR3-MS	2019	Moyenne	250,7	4,8	1,48	0,68	39,1	7,2	0,23	61
		Écart-type	148,6	1,3	0,27	0,11	20,9	8,9	0,22	10
		Étendue	80 - 464	3 - 6	1,24 - 1,92	0,5 - 0,78	14 - 65	0 - 21,7	0 - 0,5	49 - 76
		Médiane	268,1	5,0	1,44	0,72	43,5	7,2	0,33	64
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	329,0	8,6	2,17	0,77	85,5	31,9	1,17	49
		Écart-type	340,2	4,4	0,80	0,05	151,9	27,9	0,97	18
		Étendue	58 - 906	2 - 13	0,81 - 2,87	0,7 - 0,81	0 - 355	0 - 65,2	n.d.	27 - 75
		Médiane	210,1	9,0	2,31	0,80	14,5	36,2	NA	47
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	4	5

N : abondance totale (nb organismes m⁻²); S : richesse taxonomique (nb taxons); H' : diversité de Shannon; J' : équitabilité de Shannon; EPT : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères par m²; C : abondance totale des chironomides par m²; EPT/C : rapport de EPT sur C
n.d. : données insuffisantes pour calculer l'indice/paramètre; Étendue : minimum - maximum.

Marnage supérieur

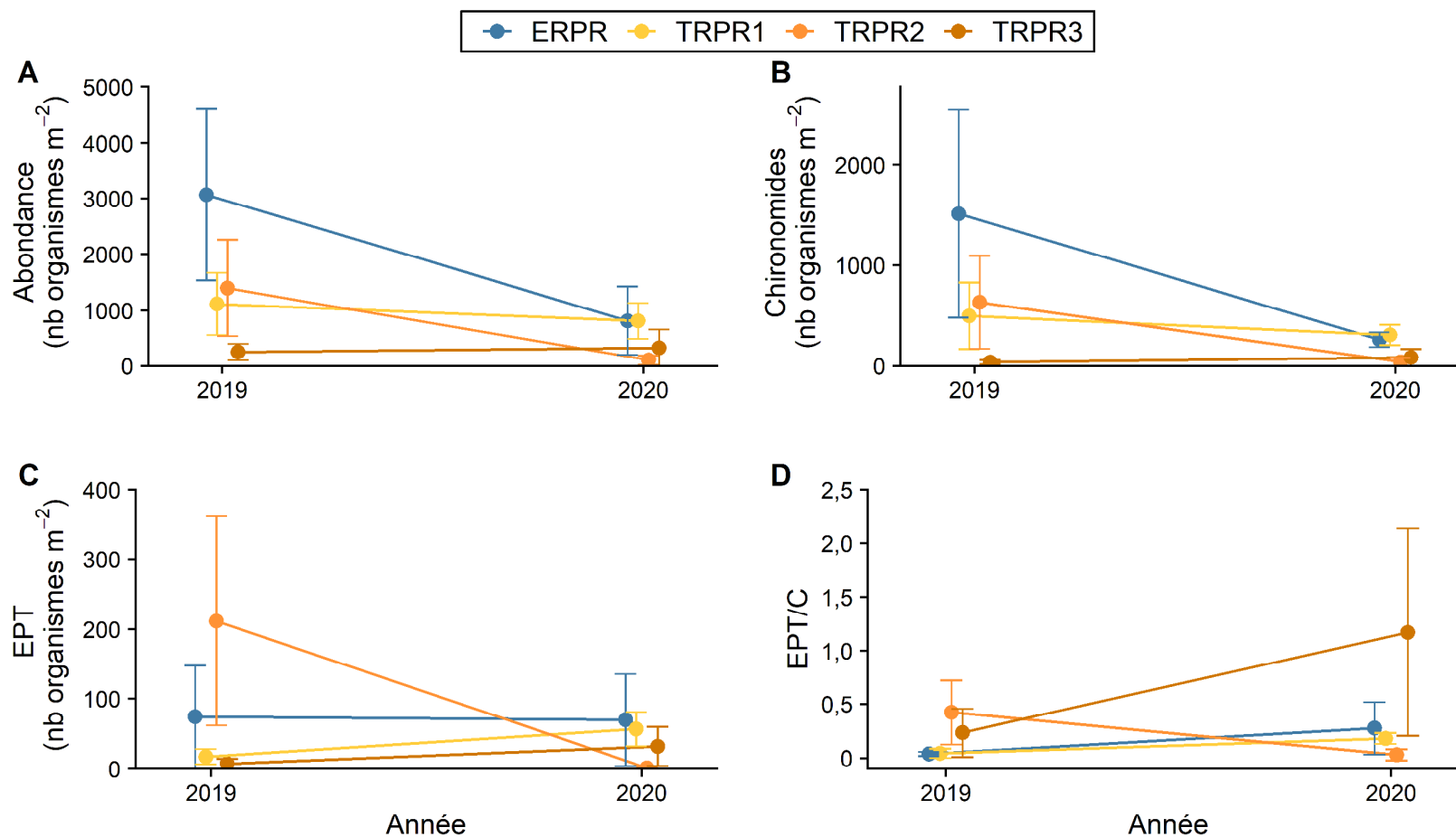


Figure 6. Moyennes \pm écart-types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes m²), (B) l'abondance des chironomides (C) (nb d'organismes m²), (C) l'abondance des éphéméroptère-trichoptère-plécoptère (EPT; nb d'organismes m²) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone de marnage supérieure

Marnage supérieur

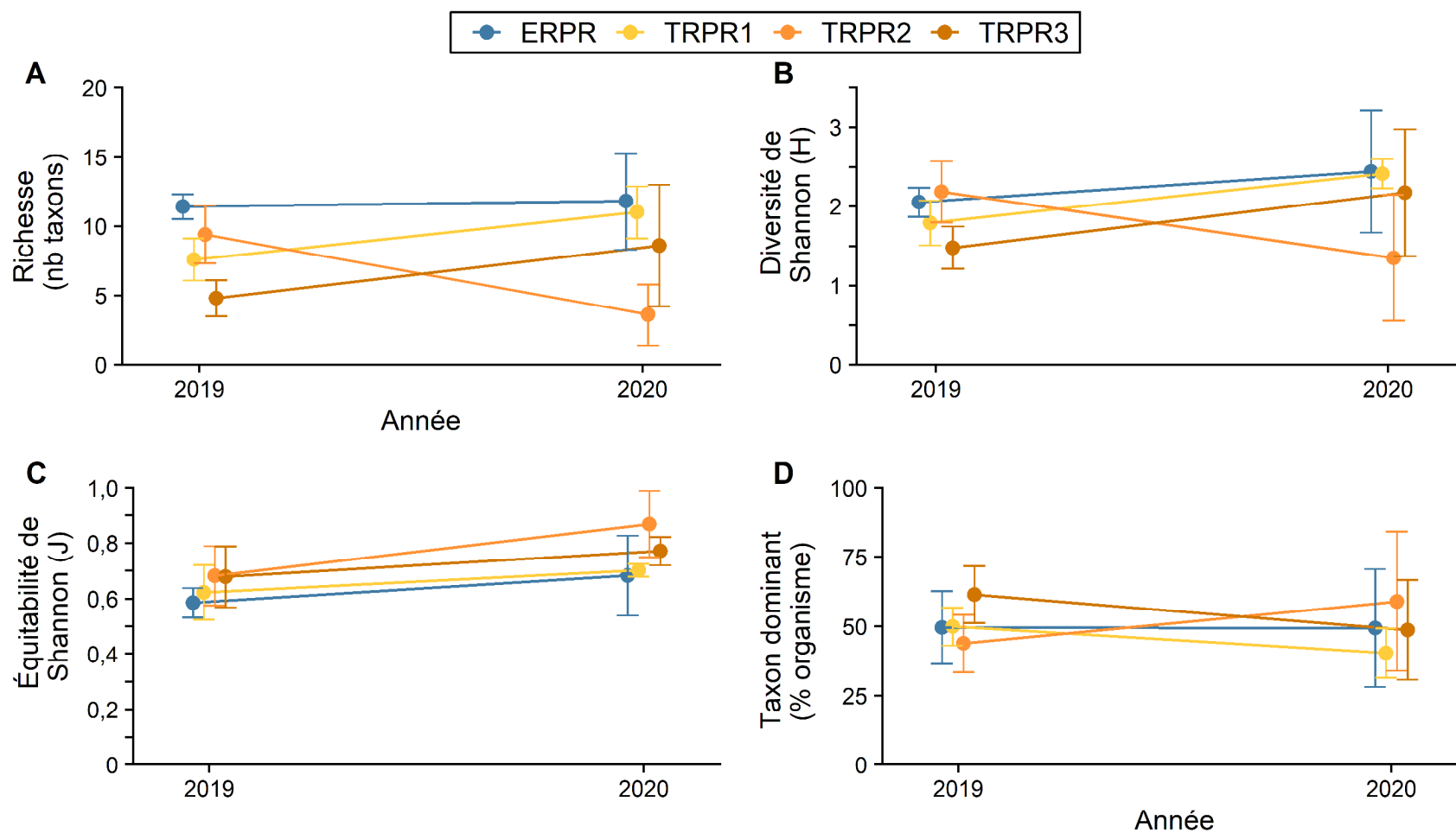


Figure 7. Moyennes \pm écart-types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitabilité de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (% d'organismes) pour la zone de marnage supérieure

Marnage supérieur

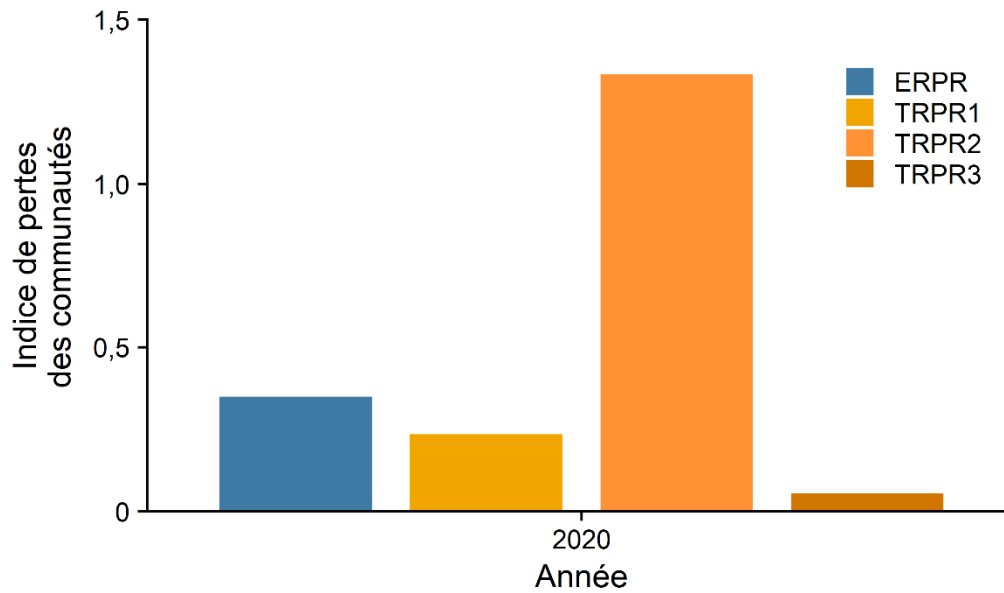


Figure 8. Indice de pertes des communautés pour la zone de marnage supérieure

Tableau 10. Détail des taxons communs et uniques à chaque site pour le calcul des pertes des communautés pour la zone de marnage supérieure entre 2019 et 2020

Site-Strate	Nb. taxons communs	Nb taxons uniques 2019	Nb taxons uniques 2020	Nombre de taxons total 2019	Nombre de taxons total 2020
ERPR-MS	15	7	5	22	20
TRPR1-MS	11	4	6	15	17
TRPR2-MS	6	12	3	18	9
TRPR3-MS	7	1	11	8	18

Tableau 11. Résumé des analyses statistiques univariées (modèles linéaires mixtes, ANOVA à mesures répétées) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p ¹							
			<i>N</i>	<i>S</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>C</i>	<i>EPT</i>	<i>EPT/C</i>	<i>Dom</i>
Exposition	1	18	0,001	0,709	0,209	0,002	0,000	0,553	0,220	0,820
Période	1	18	0,001	0,002	0,117	0,061	0,001	0,089	0,905	0,851
Expo. x Pér.	1	18	0,163	0,977	0,598	0,828	0,024	0,565	0,429	0,847
Tests d'homogénéité des variances et de normalité des résidus ²										
Transformation ³			√√	Non	Non	Non	√	√√	√√	Non
Homogénéité	Test de Levene		0,853	0,468	0,901	0,865	0,520	0,132	0,076	0,400
Normalité	Test de Lilliefors		0,208	0,379	0,328	0,266	0,137	0,166	0,024 ⁴	0,272

N : abondance totale; *S* : richesse taxonomique; *H'* : diversité de Shannon; *J'* : équitabilité de Shannon; *EPT* : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères; *C* : abondance totale des chironomides; *EPT/C* : rapport de *EPT* sur *C*; *Dom* : contribution des dominants

Les sorties SYSTAT sont présentées à l'annexe 8.

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur. Les degrés de liberté au dénominateur sont parfois plus bas étant donné l'absence de certaines données. Consultez l'annexe 8 pour les détails.

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une trame orangée, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en gras. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins » et est mise en valeur en gras et rouge.

² Seuil de significativité établi à 0,05 pour les conditions aux tests. Les tests présentés sont ceux issus des données transformées. Les valeurs de p significatives sont en gras.

³ Les données comportant des abondances ont été transformées à la racine carrée ($\sqrt{\cdot}$) ou à la racine quatrième ($\sqrt[4]{\cdot}$).

⁴ Les graphiques des résidus ont dûment été vérifiés pour les analyses pour lesquelles l'une ou l'autre des conditions n'étaient pas remplies selon les tests de Levene et de Lilliefors. De plus, les tests principaux ont été vérifiés avec des analyses semi-paramétriques basées sur des distances euclidiennes de l'indicateur entre les stations, puis testées statistiquement avec une PERMANOVA.

Tableau 12. Résumé des PER-ANOVA réalisées pour confirmer la validité des modèles linéaires mixtes ne respectant pas les conditions pour certains indicateurs unidimensionnels pour la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p_{perm} ¹
			EPT/C
Exposition	1	18	0,367
Période	1	18	0,176
Expo. x Pér.	1	18	0,554
Transformation ²			$\sqrt{\sqrt{\quad}}$
PERMDISP (homogénéité)			0,174

EPT/C : rapport de abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères sur abondance totale des chironomides

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une trame orangée, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

Seules les analyses ne respectant pas les conditions ont été testées et présentées. Ressemblances Euclidiennes

Le test PERMDISP est l'équivalent du test de Levene pour l'homogénéité des variances. La condition de normalité n'a pas à être respectée en utilisant une PERMANOVA.

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en gras. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins ».

² Les données comportant des abondances ont été transformées à la racine carrée ($\sqrt{\quad}$) ou à la racine quatrième ($\sqrt{\sqrt{\quad}}$).

3.2.2.2 INDICATEURS MULTIDIMENSIONNELS

Les résultats des analyses statistiques pour les indicateurs multidimensionnels des communautés sont présentés au tableau 13. Les figures 9 et 10 résument les résultats sous forme graphique.

STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

La structure des communautés (PERMANOVA basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis sur les abondances transformées à la racine quatrième) fournit de l'information sur les types d'organismes présents (abondances et identité de chaque taxon présent; figure 9). La figure 9 permet de constater qu'il y a de la variabilité entre les années. L'annexe 6 fournit le nMDS de toutes les stations où la variabilité est bien visible.

Le tableau 14 présente la liste des taxons contribuant le plus aux différences en structure des abondances entre les années pour chacun des sites.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la structure des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,383$, tableau 13). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

La composition des communautés (PERMANOVA basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis sur la présence/absence des taxons) fournit de l'information sur l'identité des organismes présents (figure 9). La composition

est complémentaire à la structure en ce sens où elle reprend le même tableau dans lequel toutes les abondances, autres que zéro, deviennent 1. De cette manière, les disparités entre les abondances sont exclues et il est possible de tirer une conclusion sûre si l'identité des espèces présentes est différente.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la composition taxonomique des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,521$, tableau 13). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

COURBES DE DOMINANCE

Les courbes de dominance fournissent de l'information sur les patrons multivariés des abondances relatives des taxons organisés par ordre de dominance (figure 10). L'aire entre les courbes est utilisée comme distance entre les courbes et est testée statistiquement.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur les courbes de dominance des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage supérieure (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,411$, tableau 13). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

Tableau 13. Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p_{perm} ¹		
			Structure (totale) ²	Composition ²	Courbes de dominance ³
Exposition	1	18	0,002	0,004	0,039
Période	1	18	0,021	0,098	0,027
Expo. x Pér.	1	18	0,383	0,521	0,411
Transformation ⁴			√√	Présence / absence	aucune
PERMDISP (test de dispersion) ⁵			0,004	0,029	0,007

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une **trame orangée**, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins ».

² Ressemblance de Bray-Curtis.

³ PERMANOVA sur les aires entre les courbes de dominance basées sur la procédure DOMDIS.

⁴ Transformation à la racine quatrième (√√) ou en présence/absence (0 ou 1).

⁵ La dispersion a été vérifiée au niveau de Exposition x Période. Il est normal d'observer une disparité dans la dispersion en multivarié en ayant des groupes asymétriques dont les témoins qui comprennent trois sites distincts.

Marnage supérieur - centroïdes Cadrages non-métriques multidimensionnels

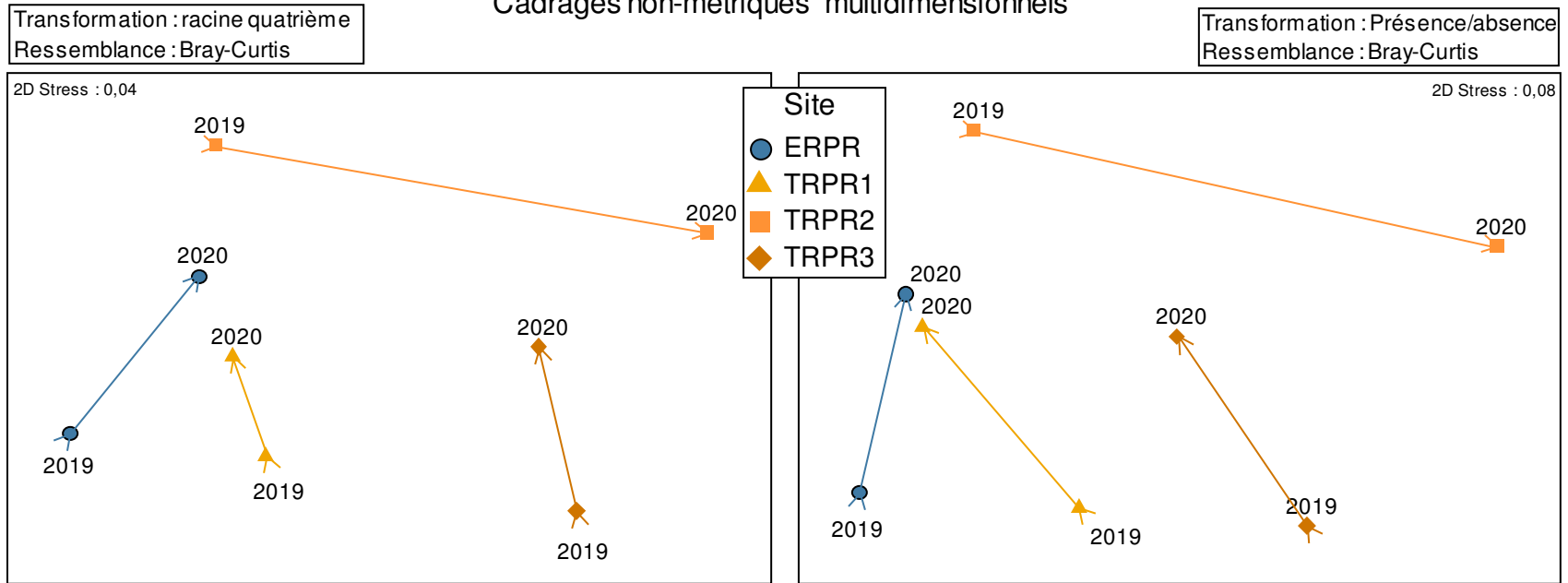


Figure 9. Cadrages non métriques multidimensionnels montrant les trajectoires temporelles la structure (gauche) et de la composition (droite) des centroïdes des communautés d'invertébrés benthiques de la zone de marnage supérieure

Saint-Prime - courbes de dominance

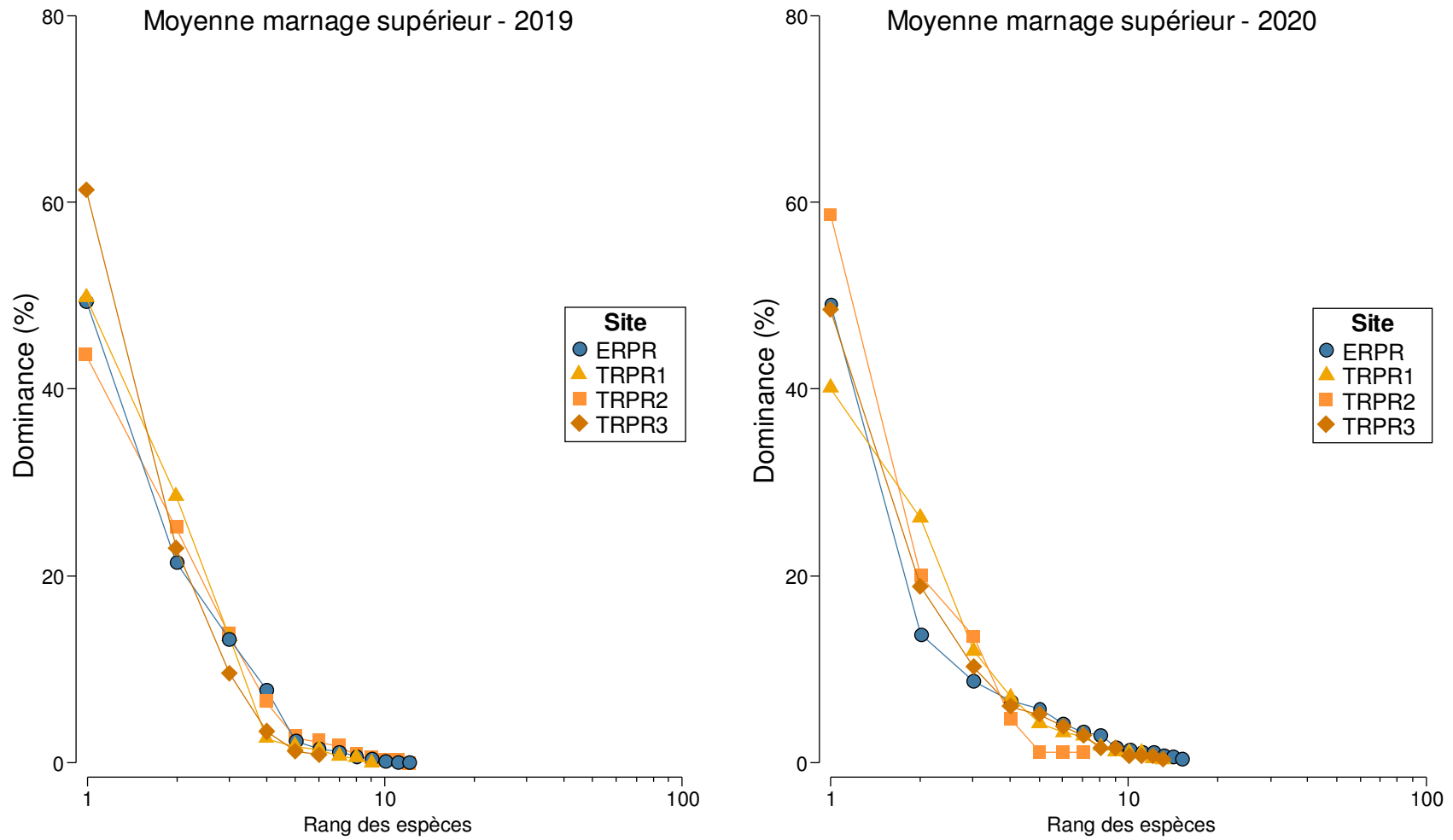


Figure 10. Courbes de dominance basées sur les moyennes des abondances pour la zone de marnage supérieure

Tableau 14. Résumé des contributions des taxons aux dissimilarités entre les années pour chacun des sites pour la zone de marnage supérieure en 2019 et 2020

	Abondance moy. 2019 ¹	Abondance moy. 2020 ¹	Dissimilarité moyenne	Ratio diss./écart-type ²	Contribution (%)	Contribution cumulative (%)
Taxon	Site « exposé » ERPR-MS; dissimilarité = 42,93 %					
Sphaeriidae	4,44	1,74	4,73	1,4	11,02	11,02
Naididae	4,66	2,6	4,03	1,23	9,38	20,40
Chironomidae	6,05	4	3,22	2,35	7,49	27,89
Caenidae	2,36	1,48	2,29	1,15	5,33	33,22
Planorbidae	0	1,39	2,18	1,19	5,09	38,31
Valvatidae	4,03	2,87	1,97	1,61	4,59	42,90
Hydrobiidae	1,28	1,37	1,95	1,15	4,54	47,44
Molannidae	0,39	1,12	1,69	1,16	3,93	51,37
Ephemeridae	0	1,19	1,66	1,18	3,86	55,23
NEMATODA	2,67	2	1,65	0,91	3,85	59,08
Arrenuridae	0,98	0	1,65	1,16	3,84	62,92
Hygrobatidae	0,33	1,05	1,55	1,11	3,62	66,54
Lebertiidae	0,33	1,09	1,5	1,11	3,5	70,04
Taxon	Site témoin – TRPR1-MS; dissimilarité = 32,70 %					
Limnesiidae	0,39	2,11	3,72	2,01	11,37	11,37
Hygrobatidae	0	1,44	2,88	1,88	8,82	20,19
NEMATODA	1,21	2,2	2,49	1,17	7,63	27,82
Sphaeriidae	4,25	3,36	2,38	1,51	7,27	35,09
Ceratopogonidae	1,19	2,17	2,22	1,18	6,78	41,87
Naididae	1,54	1,78	2	1,05	6,13	47,99
Leptoceridae	1,64	2,54	1,96	0,93	6	53,99
Lebertiidae	0,72	0,72	1,84	0,98	5,62	59,62
Molannidae	0	0,86	1,63	0,8	4,99	64,61
Corduliidae	0,33	0,66	1,44	0,86	4,4	69,01
Valvatidae	3,4	3,49	1,43	1,36	4,38	73,39
Taxon	Site témoin – TRPR2-MS; dissimilarité = 70,67 %					
Ephemeridae	3,44	0	10,12	4,95	14,32	14,32
Chironomidae	4,8	1,7	9,41	1,63	13,31	27,64
Valvatidae	3,92	1,65	6,62	2,3	9,37	37,01
Hydrobiidae	2,01	1,41	5,42	1,37	7,68	44,69
NEMATODA	1,8	0	4,96	1,74	7,02	51,71
Ceratopogonidae	1,86	0,33	4,72	1,59	6,68	58,39

	Abondance moy. 2019 ¹	Abondance moy. 2020 ¹	Dissimilarité moyenne	Ratio diss./écart-type ²	Contribution (%)	Contribution cumulative (%)
Sphaeriidae	1,67	1,33	4,56	1,17	6,46	64,85
Phryganeidae	1,37	0	4,17	1,15	5,9	70,75
Taxon	Site témoin – TRPR3-MS; dissimilarité = 44,98 %					
Chironomidae	2,44	2,12	5,23	0,89	11,62	11,62
Ceratopogonidae	1,64	2,00	4,76	1,09	10,59	22,21
Leptoceridae	1,05	1,21	3,99	0,97	8,87	31,08
Valvatidae	1,74	2,17	3,58	0,89	7,95	39,03
Molannidae	0,33	1,05	3,5	1,06	7,77	46,80
Hydrobiidae	0	1,15	3,4	1,15	7,57	54,37
Hygrobatidae	0	0,72	2,74	0,77	6,1	60,47
Sphaeriidae	3,41	3,06	2,35	1,11	5,23	65,69
Ephemeridae	0	0,88	2,2	0,78	4,88	70,57

¹ Abondance moyenne transformée à la racine quatrième.

² Un ratio élevé indique que le taxon est un taxon discriminant entre les années.

Les résultats sont basés sur les mesures de ressemblance de Bray-Curtis.

Seuls les taxons contribuant cumulativement jusqu'à 70 % des différences sont présentés.

3.3 ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE

Pour chacun des sites, cinq stations d'échantillonnage ont été réalisées. Les mêmes stations ont été visitées en 2019 et 2020. Au moment de l'échantillonnage, les profondeurs à ces stations variaient 1,3 et 2,0 m (cote d'élévation variant entre 99,6 et 99,4 m). À chaque site, la distance entre chacune des stations varie entre 14 et 31 m (moyenne de 20 m). Ces stations se situent à proximité du rivage ou de la bordure de l'île la plus près (même point de référence que pour la zone de marnage) à des distances variant entre 127 et 401 m (moyenne de 248 m).

3.3.1 COMPOSITION DESCRIPTIVE DES COMMUNAUTÉS

En 2019 et 2020, des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations pour la zone de marnage inférieure (tableau 5). Au total, 47 094 organismes ont été recensés en 2019 et 38 819 organismes ont été recensés en 2020.

En 2019, 31 taxons d'organismes différents répartis dans 6 embranchements sont présents (tableau 15, figure 11). Les taxons les plus abondants sont des arthropodes insectes de la famille de chironomides composant 43 % du total des organismes, suivi des *naididae* (annélide, 22 %), et des *sphaeriidae* (mollusque, 15 %). Le site « exposé » est dominé par les annélides à 42 % suivi des arthropodes (40 %) dont 39 % sont de la classe des insectes, suivi des mollusques à 18 % des abondances totales. Le site témoin TRPR1 est dominé par les arthropodes à 77 % (surtout des chironomides avec 72 %) suivi des annélides à 15 %. Le site TRPR2 est dominé par les mollusques à 80 % suivi par les arthropodes à 12 %. Le site TRPR3 est dominé par les insectes à 63 % suivi des mollusques à 32 %. En 2020, ce sont 35 taxons d'organismes différents répartis dans 8 embranchements qui sont présents (tableau 16, figure 11). Le taxon le plus abondant est la famille des *naididae* (annélides) avec 38 % du total, suivi des chironomides (insectes diptères, 22 %) et des *sphaeriidae* (mollusque, 15 %). Ceci est grandement influencé par le site « exposé » qui présente des abondances plus élevées que les sites témoins (figure 3, tableau 16). Les répartitions des abondances sont semblables à 2019 (figure 11).

Au niveau de l'embranchement des mollusques (figure 12), en 2019 la famille des *sphaeriidae* domine l'embranchement avec une abondance relative allant de 45 % au site TRPR2 à 91 % au site « exposé ». Suivent ensuite les familles des *valvatidae* variant de 7 % au site « exposé » à 41 % pour TRPR1, puis des *hydrobiidae* qui distinguent davantage le site TRPR2 avec 20 % des abondances relatives. En 2020, la famille des *sphaeriidae* domine aux sites « exposé » et témoins TRPR1 et TRPR3 avec respectivement 80, 58 et 87 % suivi par les *valvatidae* pour le site « exposé » et le témoin TRPR1 avec respectivement 11 et 34 %, tandis que la famille des *hydrobiidae* domine désormais au site témoin TRPR2 avec 62 % suivi par la famille des *sphaeriidae* avec 38 %.

Au niveau de la classe des insectes (figure 13), les diptères/ nématocères (principalement des chironomides) dominent largement en 2019 et en 2020. En 2019, les tricoptères occupent la seconde place en importance avec 31 % au site TRPR2 et 14 % au site TRPR3 suivi des éphéméroptères avec 15 % au site TRPR3. En 2020, les trichoptères ont généralement diminué en importance au site TRPR2 passant à 12 %, tandis que les éphéméroptères ont pris en importance au site TRPR3 passant à 26 % des insectes.

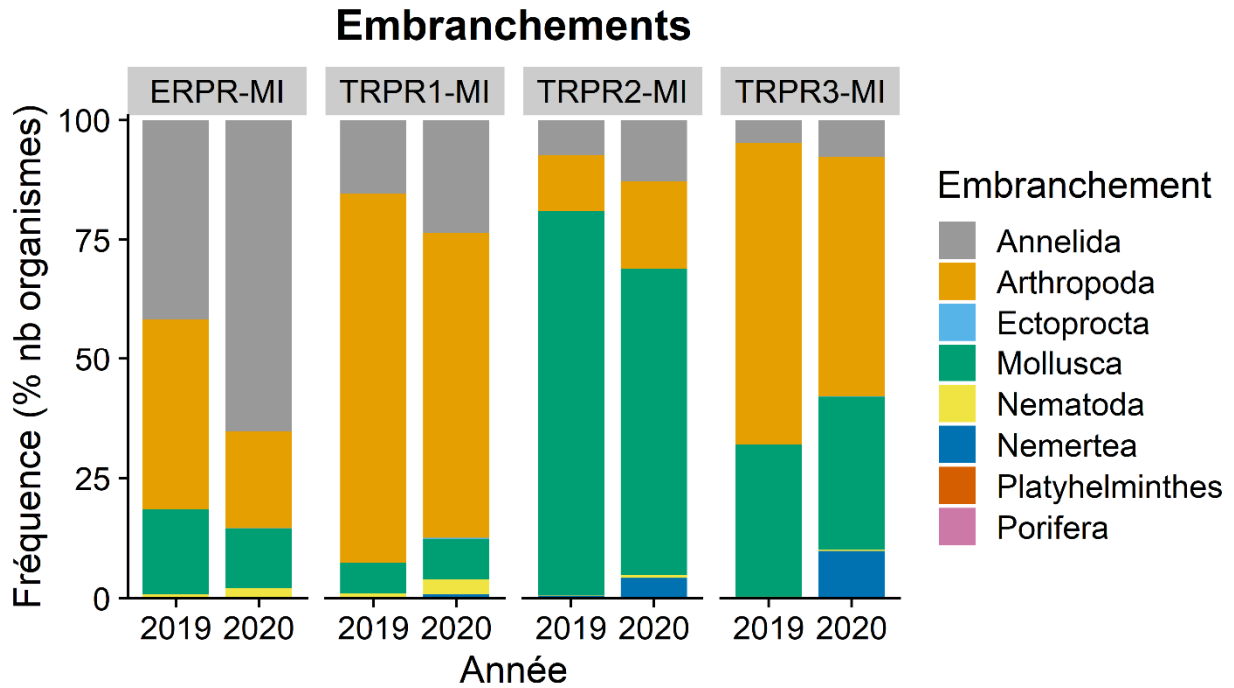


Figure 11. Abondance relative des différents embranchements d'invertébrés benthiques identifiés dans la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

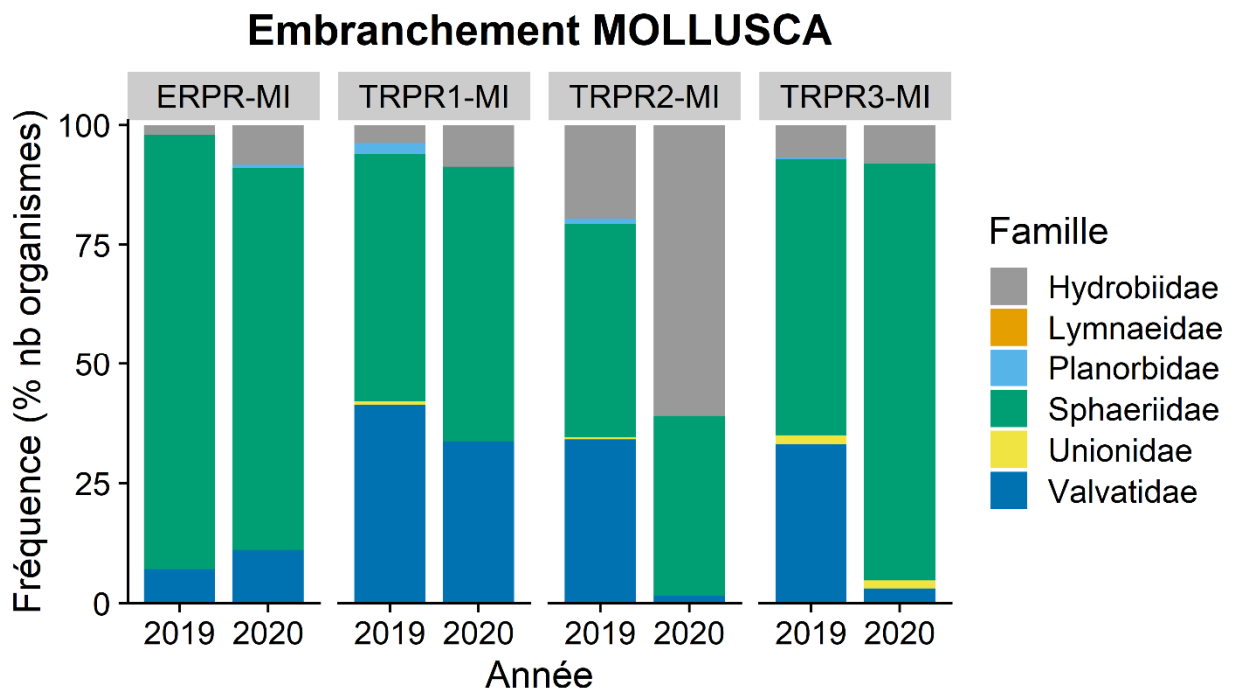


Figure 12. Abondance relative des différentes familles de l'embranchement *Mollusca* pour les invertébrés benthiques identifiés dans la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

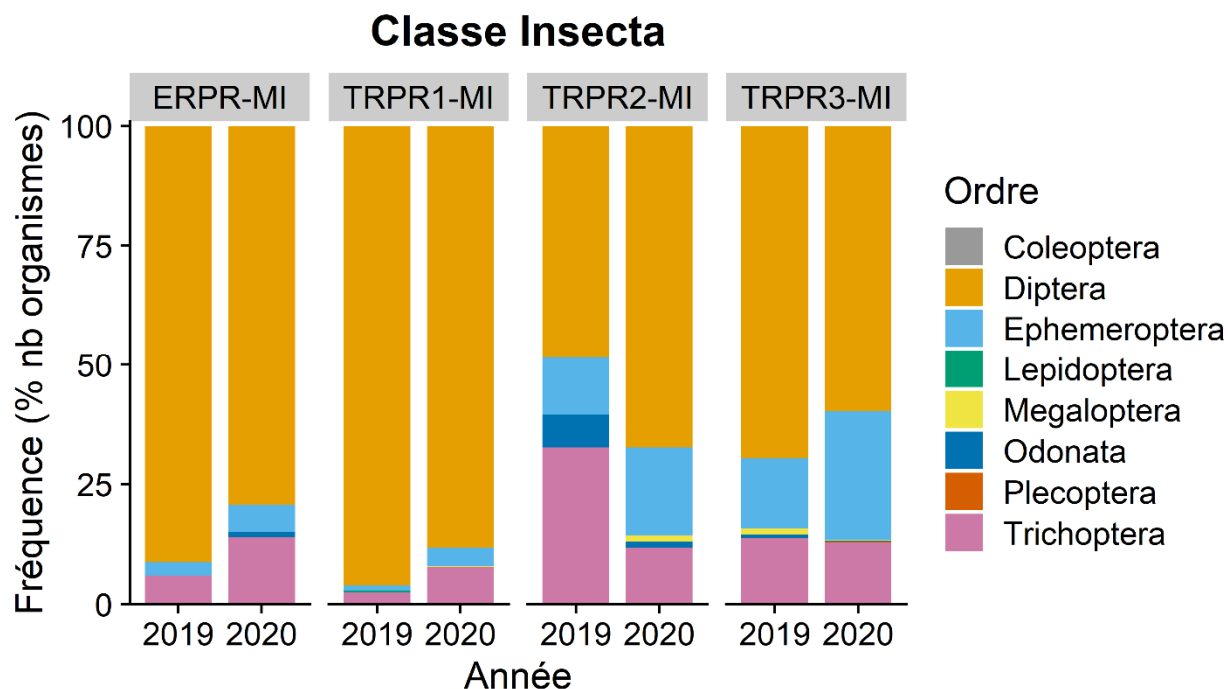


Figure 13. Abondance relative des différents ordres de la classe *Insecta* pour les invertébrés benthiques identifiés dans la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

3.3.2 INDICATEURS DES COMMUNAUTÉS

3.3.2.1 INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS

Les indicateurs unidimensionnels des communautés calculés par station sont présentés aux tableaux 17 et 18. Les moyennes, écart-type, étendues (minimum à maximum), médianes ainsi que le nombre de mesures ayant servi à établir ces statistiques pour chaque site sont présentés au tableau 19. Les moyennes et écarts-types des indicateurs pour chacun des sites en 2019 et 2020 sont présentés aux figures 14 et 15. Finalement, les pertes des communautés, qui ont été calculées par site entre 2020 et 2019, sont présentées au tableau 18 et à la figure 16.

Les résultats des analyses statistiques sont présentés aux tableaux 21 et 22.

ABONDANCE TOTALE

Les densités moyennes d'organismes sont élevées et variables entre les sites et les années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 14). En 2019, les densités les plus élevées sont au site « exposé » qui présente en moyenne 3 929 org./m², tandis que les sites témoins varient de 1 146 à 3 041 org./m². En 2020, les densités moyennes ont généralement diminué par rapport à 2019 à des amplitudes variables : le site « exposé » présente en moyenne 3 759 org./m², tandis que les sites témoins varient de 720 à 1 916 org./m². Ceci représente des densités moyennes 1,1 fois plus petites pour le site « exposé », de 2,2 fois plus petite pour le site témoin TRPR1, 1,8 fois moindre pour TRPR2 et une augmentation de 1,7 fois pour TRPR3. Les diminutions observées sont principalement dues à la diminution des chironomides (figure 14A et B).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur les abondances totales des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,605$; tableau 21). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

INDICE EPT

L'indice EPT moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 14C). L'indice EPT rend compte des abondances des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères.

Les valeurs obtenues sont restées stables entre 2019 et 2020 pour le site « exposé » respectivement 136,2 org./m² et 144,9 org./m² et pour le site TRPR1 respectivement 82,6 org./m² et 98,6 org./m², tandis qu'elles ont diminuées de 2 fois au site TRPR2 (65,2 org./m² à 33,3 org./m²) et augmentées de 1,9 fois au site TRPR3 (204,3 org./m² à 381,2 org./m²).

Les conditions d'homogénéité et de normalité pour l'indice n'étant pas respectées (voir tableau 21), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 22. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'indice EPT des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,820$; tableau 21; $p_{perm} = 0,837$, tableau 22). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

INDICE C

L'indice C moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 14B). L'indice C rend compte des abondances des chironomides.

L'abondance des chironomides est 2,5 fois plus basse en 2020 pour le site « exposé » et est passé de 1388,4 org./m² à 555,1 org./m², tandis qu'elles sont respectivement plus basses de 3,1 et 1,3 fois pour les sites témoins TRPR1 (2188,4 org./m² à 715,9 org./m²) et TRPR2 (66,7 org./m² à 50,0 org./m²), et stables pour TRPR3 (384,1 org./m² à 378,3 org./m²).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'indice C des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,799$; tableau 21). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

INDICE EPT/C

L'indice EPT/C moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 14D). L'indice EPT/C rend compte des abondances des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (plus sensibles) divisé par l'abondance des chironomides qui sont plus tolérants aux stress.

L'indice est 2,3 fois plus élevé en 2020 pour le site « exposé » respectivement de 0,12 à 0,28, tandis qu'il a augmenté de 6 et 2 fois respectivement pour les sites témoins TRPR1 (0,04 à 0,24) et TRPR3 (0,68 à 1,34). Finalement, l'indice EPT/C est stable pour le site témoin TRPR2 passant de 1,59 à 1,50 (figure 14D). Toutefois, l'indice aurait dû augmenter aussi pour le site TRPR2, mais le calcul de l'indice était impossible pour deux stations puisqu'elles n'avaient pas de chironomides, mais avaient des EPT (tableau 18).

Les conditions d'homogénéité et de normalité pour l'indice n'étant pas respectées (voir tableau 21), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 22. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'indice EPT/C des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,871$, tableau 21; $p_{perm} = 0,837$, tableau 22). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

RICHESSSE TAXONOMIQUE

La richesse taxonomique moyenne est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 15A). La richesse de Margalef ($S_{Margalef}$) a été vérifiée puisqu'il y avait des différences au niveau des abondances totales. Toutefois, l'utilisation de cet indice ne changeait pas les conclusions et la richesse taxonomique (S) a donc été conservée.

En 2019, la richesse taxonomique la plus élevée est au site témoin TRPR3 avec en moyenne 13,6 taxons par station, tandis que le site « exposé » a en moyenne 12,0 taxons par stations et les sites TRPR1 et TRPR2 ont tous les deux 11,4 taxons par station en moyenne. En 2020, la richesse la plus élevée au site témoin TRPR1 avec 15,2 taxons en moyenne, tandis que le site « exposé » a 14,6 taxons et les sites TRPR2 et TRPR3 ont respectivement 9,4 et 15,0 taxons en moyenne. Ceci représente une richesse taxonomique, une augmentation de 1,2 fois au site « exposé » en 2020, tandis que les sites témoins présentent une richesse 1,3 fois plus élevée pour TRPR1, 1,2 fois plus petite pour TRPR2 et 1,1 fois plus élevée pour TRPR3 (figure 15A).

La condition de normalité pour l'indice n'étant pas respectée (voir tableau 21), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 22. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la richesse taxonomique des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,494$, tableau 21; $p_{perm} = 0,527$, tableau 22). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

DIVERSITÉ DE SHANNON

La valeur moyenne de la diversité de Shannon est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 15B). L'indice de diversité de Shannon présente la composition des communautés benthiques en matière du nombre de taxons et de leur abondance relative (densité).

En 2019, la diversité de Shannon la plus élevée est au site témoin TRPR3 avec en moyenne un index de 2,80, tandis que le site « exposé » présente un index moyen de 1,96 et les sites témoins TRPR1 et TRPR2 ont un index moyen respectif de 1,52 et 2,20. En 2020, la diversité la plus élevée est toujours au site témoin TRPR3 avec un index moyen de 2,94, tandis que le site « exposé » présente un index moyen de 1,83 et les sites témoins TRPR1 et TRPR2 ont un index moyen respectif de 2,38 et 2,18. Ceci représente une diversité 1,1 fois inférieure pour le site « exposé » en 2020, 1,6 fois plus élevée pour TRPR1, égale pour TRPR2 et 1,5 fois plus élevée pour TRPR3 (figure 15B).

La condition d'homogénéité pour l'indice n'étant pas respectée (voir tableau 21), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 22. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la diversité de Shannon des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,148$; tableau 21; $p_{perm} = 0,179$, tableau 22). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

ÉQUITABILITÉ DE SHANNON

La valeur moyenne de l'équitabilité de Shannon est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 15C). L'indice d'équitabilité de Shannon informe sur la répartition des abondances entre les taxons.

En 2019, l'équitabilité de Shannon la plus élevée est au site témoin TRPR3 avec en moyenne un index de 0,75, tandis que le site « exposé » présente un index moyen de 0,55 et les sites témoins TRPR1 et TRPR2 ont un index moyen respectif de 0,44 et 0,66. En 2020, l'équitabilité la plus élevée est toujours au site témoin TRPR3 avec un index moyen de 0,75, tandis que le site « exposé » présente un index moyen de 0,48 et les sites témoins TRPR1 et TRPR2 ont un index moyen respectif de 0,61 et 0,70. Ceci représente une équitabilité 1,2 fois inférieure pour le site « exposé » en 2020, 1,4 fois plus élevée pour TRPR1, 1,1 fois plus élevée pour TRPR2 et égale pour TRPR3 (figure 15C).

Les résultats obtenus présentent un effet sur l'équitabilité de Shannon des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,012$; tableau 21). Il est donc possible de conclure que les différences entre 2019 et 2020 au niveau de la répartition de l'abondance entre les taxons pour la zone de marnage inférieure est significativement différente entre le site « exposé » et les sites témoins. Effectivement, l'équitabilité du site « exposé » a diminué, indiquant une plus grande concentration d'organisme dans un même taxon (65 % pour les annélides de la famille des *naididae* en 2020), alors qu'elle a augmenté ou est restée stable aux sites témoins, donc avec une meilleure représentation des taxons.

CONTRIBUTION DES DOMINANTS

La contribution moyenne des dominants est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone de marnage inférieure (tableau 19, figure 15D). Le pourcentage de contribution des dominants (taxon dominant en nombre comparativement au nombre total) indique l'état actuel de l'équilibre entre les différents taxons représentés. L'identité des taxons dominants est variable entre les années (tableaux 15 et 16). Il s'agit des annélides pour le site « exposé » en 2019 et 2020, des chironomides pour les sites témoins TRPR1 et TPR3 en 2019, des mollusques (familles variables) pour TRPR2 en 2019 et des mollusques (familles variables) pour les sites témoins en 2020.

L'indice est augmenté de 1,4 fois entre 2019 et 2020 pour le site « exposé » respectivement de 45 à 64 %, tandis qu'il a diminué de 1,5 au site témoin TRPR1 (72 à 49 %) et TRPR3. Finalement, la contribution est restée stable entre 2019 et 2020 pour les sites témoins TRPR2 (46 à 47 %) et TRPR3 (32 à 32 %).

Les résultats obtenus présentent un effet sur la contribution des dominants des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p = 0,003$, tableau 21). Il est donc possible de conclure que les différences entre 2019 et 2020 au niveau de la contribution des dominants pour la zone de marnage inférieure est significativement différente entre le site « exposé » et les sites témoins. Effectivement, la contribution des dominants du site « exposé » a augmenté indiquant un plus grand déséquilibre entre les taxons, notamment en raison de la grande présence des annélides en 2020, alors qu'elle a diminuée ou est restée stable aux sites témoins.

PERTES DES COMMUNAUTÉS

L'indice de perte de communauté présente la perte de taxons entre l'année du suivi (2020) et l'année de référence (2019) pour le même site. Les valeurs obtenues pour la zone de marnage inférieure sont faibles et semblables entre les sites (moins de 0,35; tableau 18 et figure 16). Le nombre de taxons inventoriés en 2019 et 2020 est comparable pour les sites témoins (tableau 23). Au site « exposé », ce sont 3 taxons qui ont disparu en

2020 comparativement à l'ajout de 9 nouveaux taxons (tableau 23) expliquant ainsi que le site « exposé » ait l'indice le plus faible.

Tableau 15. Densité d'organismes par station pour chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage inférieure en 2019

Organismes		Site « exposé » ERPR							Site témoin TRPR1							Site témoin TRPR2							Site témoin TRPR3							Total par taxon			
Embranchement	Famille	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	Densité totale	Abond. relative (%)		
PORIFERA	Spongillidae	0	7	0	0	0	1,4	0,04	7	0	0	0	0	1,4	0,05	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	14	0,03
MOLLUSCA	Unionidae	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,05	0	0	14	0	7	4,2	0,32	0	7	22	7	0	7,2	0,63	64	0,14		
	Sphaeriidae	848	558	681	935	116	627,6	15,98	14	348	22	22	94	100	3,29	87	913	428	514	413	471	36,03	174	130	94	283	370	210,2	18,36	7044	14,96		
	Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	22	4,4	0,14	22	7	7	0	22	11,6	0,89	0	0	7	0	0	1,4	0,12	87	0,18		
	Valvatidae	87	72	7	14	65	49	1,25	123	87	22	72	94	79,6	2,62	565	333	348	232	319	359,4	27,49	94	101	181	80	145	120,2	10,50	3041	6,46		
	Hydrobiidae	0	22	14	22	14	14,4	0,37	22	0	0	0	14	7,2	0,24	152	623	58	80	116	205,8	15,74	14	0	29	51	29	24,6	2,15	1260	2,68		
ANNELIDA	Lumbriculidae	0	138	14	174	0	65,2	1,66	14	159	22	0	36	46,2	1,52	0	22	72	0	36	26	1,99	7	14	0	0	22	8,6	0,75	730	1,55		
	Naididae	1877	2862	1123	739	1261	1572,4	40,03	29	1391	587	14	80	420,2	13,83	29	275	29	0	14	69,4	5,31	22	7	14	29	159	46,2	4,04	10541	22,38		
NEMATODA	NEMATODA	0	87	43	43	0	34,6	0,88	36	65	43	7	0	30,2	0,99	0	0	0	0	7	1,4	0,11	0	0	14	0	7	4,2	0,37	352	0,75		
ARTHROPODA	Arrenuridae	0	0	0	22	0	4,4	0,11	0	22	0	0	7	5,8	0,19	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	51	0,11		
	Lebertiidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	7	0	0	2,8	0,24	14	0,03		
	Limnesiidae	36	29	0	0	0	13	0,33	0	0	0	7	29	7,2	0,24	7	0	0	0	0	1,4	0,11	7	7	0	0	0	2,8	0,24	122	0,26		
	Mideopsidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,11	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,01		
	Unionicolidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	14	0	0	0	2,8	0,21	0	0	0	0	0	0	0,00	14	0,03		
	Corduliidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	22	14	0	7	8,6	0,66	14	0	0	0	0	2,8	0,24	57	0,12		
	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,05	0	7	0	0	0	1,4	0,11	0	14	0	0	0	2,8	0,24	28	0,06		
	Caenidae	22	58	43	22	0	29	0,74	0	109	7	0	7	24,6	0,81	0	29	0	0	0	5,8	0,44	14	29	7	22	14	17,2	1,50	383	0,81		
	Ephemeridae	14	0	29	22	14	15,8	0,40	7	0	0	0	0	1,4	0,05	22	29	0	0	0	10,2	0,78	254	109	43	7	7	84	7,34	557	1,18		
	Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,12	7	0,01		
	Metretopodidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,11	14	0	0	0	0	2,8	0,24	21	0,04		
	Sialidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	36	8,6	0,75	43	0,09		
	Dipseudopsidae	58	0	0	87	14	31,8	0,81	0	43	0	0	0	8,6	0,28	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	202	0,43		
	Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	0	1,4	0,12	7	0,01		
	Leptoceridae	58	29	87	22	0	39,2	1,00	22	116	29	0	58	45	1,48	29	87	22	0	65	40,6	3,11	29	51	188	101	51	84	7,34	1044	2,22		
	Molannidae	14	14	22	0	0	10	0,25	0	0	7	0	0	1,4	0,05	0	14	0	0	0	2,8	0,21	14	0	0	0	7	4,2	0,37	92	0,20		
	Phryganeidae	0	7	7	0	0	2,8	0,07	7	0	0	0	0	1,4	0,05	7	7	7	0	0	4,2	0,32	0	0	0	0	0	0	0,00	42	0,09		
	Polycentropodidae	0	0	29	0	7	7,2	0,18	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	36	0	7	8,6	0,75	79	0,17		
	Crambidae	0	0	0	0	0	0	0,00	14	22	7	0	0	8,6	0,28	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	43	0,09		
	Ceratopogonidae	7	0	43	22	36	21,6	0,55	43	174	22	14	22	55	1,81	0	7	0	0	14	4,2	0,32	116	87	123	94	152	114,4	9,99	976	2,07		
Chironomidae	1341	3043	1036	1188	333	1388,2	35,34	1246	6993	1377	645	681	2188,4	72,00	94	159	7	43	29	66,4	5,08	254	225	370	333	739	384,2	33,57	20136	42,76			
NEMERTEA	Tetrastemmatidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	29	0	7	7,2	0,55	0	0	0	0	0	0	0,00	36	0,08		
Total		4362	6926	3178	3312	1860	3928	100	1591	9536	2145	781	1144	3039	100	1014	2562	1035	869	1056	1307	100	1034	781	1142	1021	1745	1145	100	47094	100		

Tableau 16. Densité d'organismes par station pour chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage inférieure en 2020

Organismes		Site « exposé » ERPR							Site témoin TRPR1						Site témoin TRPR2						Site témoin TRPR3						Total par taxon					
Embranchement	Famille	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	Densité totale	Abond. relative (%)	
PORIFERA	Spongillidae	7	0	0	7	7	4,2	0,11	7	0	7	0	7	4,2	0,31	0	7	0	0	0	1,4	0,19	0	0	7	0	0	1,4	0,07	56	0,14	
PLATYHELMINTHES	Dugesidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,07	7	0,02	
ECTOPROCTA	Cristatellidae	0	0	0	0	7	1,4	0,04	0	7	7	0	7	4,2	0,31	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,07	35	0,09
MOLLUSCA	Unionidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	7	7	0	29	7	10	0,52	50	0,13	
	Sphaeriidae	188	326	536	500	326	375,2	9,99	0	94	87	94	58	66,6	4,85	22	43	402	145	254	173,2	24,08	290	268	500	696	906	532	27,78	5735	14,77	
	Planorbidae	0	0	14	0	0	2,8	0,07	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	14	0,04	
	Valvatidae	116	22	116	0	7	52,2	1,39	14	65	36	29	51	39	2,84	7	29	0	0	0	7,2	1,00	43	7	0	29	14	18,6	0,97	585	1,51	
	Hydrobiidae	14	51	51	14	65	39	1,04	22	7	7	14	0	10	0,73	188	43	283	783	109	281,2	39,09	7	7	0	203	29	49,2	2,57	1897	4,89	
ANNELIDA	Lumbriculidae	0	0	36	58	14	21,6	0,57	14	7	14	0	0	7	0,51	0	0	0	58	7	13	1,81	7	22	14	116	72	46,2	2,41	439	1,13	
	Naididae	1377	2471	2797	3877	1623	2429	64,65	804	43	696	22	22	317,4	23,12	36	7	0	319	36	79,6	11,06	123	58	43	145	130	99,8	5,21	14629	37,69	
NEMATODA	NEMATODA	36	72	43	116	101	73,6	1,96	72	51	14	58	14	41,8	3,05	7	7	0	0	7	4,2	0,58	0	0	0	29	0	5,8	0,30	627	1,62	
ARTHROPODA	Arrenuridae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	0	1,4	0,10	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	7	0,02	
	Hygrobatidae	0	0	14	0	0	2,8	0,07	0	7	0	7	0	2,8	0,20	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	28	0,07	
	Lebertiidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	7	2,8	0,20	0	0	0	29	0	5,8	0,81	0	0	0	0	0	0	0,00	43	0,11	
	Limnesiidae	0	0	0	0	0	0	0,00	22	0	14	14	29	15,8	1,15	7	0	0	58	0	13	1,81	0	0	0	29	0	5,8	0,30	173	0,45	
	Mideopsidae	0	7	0	0	0	1,4	0,04	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,19	0	0	0	0	0	0	0,00	14	0,04	
	Oxidae	0	7	43	29	0	15,8	0,42	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	79	0,20	
	Corduliidae	0	0	7	0	0	1,4	0,04	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,19	0	14	0	0	0	2,8	0,15	28	0,07	
	Gomphidae	0	14	0	0	22	7,2	0,19	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	36	0,09	
	Baetiscidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	29	0	5,8	0,30	29	0,07	
	Caenidae	7	14	0	0	43	12,8	0,34	0	0	7	0	0	1,4	0,10	0	0	0	29	7	7,2	1,00	65	0	14	0	29	21,6	1,13	215	0,55	
	Ephemerae	7	72	22	0	14	23	0,61	14	0	14	22	101	30,2	2,20	0	0	0	58	7	13	1,81	203	188	109	464	181	229	11,96	1476	3,80	
	Ephemeroptera	0	0	0	29	0	5,8	0,15	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	29	0,07	
	Sialidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,10	7	0	0	0	0	1,4	0,19	0	0	7	0	0	1,4	0,07	21	0,05	
	Dipseudopsidae	58	43	65	72	101	67,8	1,80	22	22	14	7	14	15,8	1,15	0	7	0	0	0	1,4	0,19	0	14	14	87	7	24,4	1,27	547	1,41	
	Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0,00	22	0	0	0	7	5,8	0,42	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	29	0,07	
	Leptoceridae	7	22	29	29	7	18,8	0,50	94	14	58	14	14	38,8	2,83	7	0	0	29	7	8,6	1,20	22	65	22	58	29	39,2	2,05	527	1,36	
	Molannidae	0	7	0	36	0	8,6	0,23	7	7	7	7	0	5,6	0,41	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	14	7	0	4,2	0,22	92	0,24	
	Polycentropodidae	0	22	14	0	0	7,2	0,19	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	0	0	7	2,8	0,39	80	22	36	116	22	55,2	2,88	326	0,84	
	Ceratopogonidae	7	22	43	29	43	28,8	0,77	72	22	22	43	29	37,6	2,74	0	0	0	116	7	24,6	3,42	123	80	51	609	109	194,4	10,15	1427	3,68	
	Chironomidae	261	493	493	1007	522	555,2	14,78	1790	377	768	457	188	716	52,16	0	0	11	232	7	50	6,95	500	101	167	696	428	378,4	19,76	8498	21,89	
Empididae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00		
Tabanidae	0	7	0	0	0	1,4	0,04	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	7	0,02		
Perlodidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	7	0	0	0	1,4	0,07	7	0,02		
NEMERTEA	Tetrastemmatidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	14	0	7	14	7	0,51	7	0	22	58	58	29	4,03	72	152	181	319	203	185,4	9,68	1107	2,85	
Total		2085	3672	4323	5803	2902	3757	100	2976	744	1786	795	562	1373	100	302	150	718	1914	513	719	100	1549	1019	1186	3654	2166	1915	100	38819	100	

Tableau 17. Indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2019

Site	Station	Fraction analysée	Densité totale (nb/m ²)	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/m ²)	ETP (nb/m ²)	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ERPR	MI1	1,00	4362	11	1,95	0,56	1341	167	0,12	43	Année de référence
	MI2	1,00	6928	13	1,79	0,48	3043	109	0,04	44	
	MI3	1,00	3181	14	2,21	0,58	1036	217	0,21	35	
	MI4	1,00	3312	13	2,29	0,62	1188	152	0,13	36	
	MI5	1,00	1862	9	1,55	0,49	333	36	0,11	68	
Site témoin TRPR1	MI1	1,00	1594	14	1,43	0,38	1246	36	0,03	78	Année de référence
	MI2	1,00	9536	13	1,46	0,39	6993	268	0,04	73	
	MI3	1,00	2145	11	1,47	0,43	1377	43	0,03	64	
	MI4	1,00	783	7	1,03	0,37	645	0	0,00	82	
	MI5	1,00	1145	12	2,21	0,62	681	65	0,10	59	
Site témoin TRPR2	MI1	1,00	1014	10	2,14	0,64	94	58	0,62	56	Année de référence
	MI2	1,00	2565	18	2,66	0,64	159	174	1,09	36	
	MI3	1,00	1036	12	2,28	0,64	7	29	4,00	41	
	MI4	1,00	870	4	1,49	0,74	43	0	0,00	59	
	MI5	1,00	1058	13	2,44	0,66	29	65	2,25	39	
Site témoin TRPR3	MI1	1,00	1036	15	2,94	0,75	254	326	1,29	24	Année de référence
	MI2	1,00	783	12	2,91	0,81	225	188	0,84	29	
	MI3	1,00	1145	15	2,94	0,75	370	283	0,76	32	
	MI4	1,00	1022	12	2,66	0,74	333	138	0,41	33	
	MI5	1,00	1746	14	2,55	0,67	739	87	0,12	42	

Tableau 18. Indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2020

Site	Station	Fraction analysée	Densité totale (nb/m ²)	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/m ²)	ETP (nb/m ²)	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés ¹
Site « exposé » ERPR	MI1	1,00	2087	12	1,75	0,49	261	80	0,31	66	0,13
	MI2	1,00	3674	17	1,78	0,43	493	181	0,37	67	
	MI3	1,00	4326	16	1,89	0,47	493	130	0,26	65	
	MI4	1,00	5804	13	1,62	0,44	1007	167	0,17	67	
	MI5	1,00	2906	15	2,13	0,54	522	167	0,32	56	
Site témoin TRPR1	MI1	1,00	2978	14	1,73	0,45	1790	159	0,09	60	0,23
	MI2	1,00	746	15	2,59	0,66	377	43	0,12	50	
	MI3	1,00	1790	18	2,12	0,51	768	101	0,13	43	
	MI4	1,00	797	14	2,35	0,62	457	51	0,11	57	
	MI5	1,00	565	15	3,11	0,80	188	138	0,73	33	
Site témoin TRPR2	MI1	1,00	304	11	2,09	0,60	0	7	n.d.	62	0,35
	MI2	1,00	152	8	2,53	0,84	0	14	n.d.	29	
	MI3	0,67	717	4	1,24	0,62	11	0	0,00	56	
	MI4	0,25	1913	12	2,74	0,76	232	116	0,50	41	
	MI5	1,00	514	12	2,29	0,64	7	29	4,00	49	
Site témoin TRPR3	MI1	1,00	1551	14	2,94	0,77	500	377	0,75	32	0,25
	MI2	1,00	1022	15	3,12	0,80	101	304	3,00	26	
	MI3	1,00	1188	16	2,74	0,68	167	203	1,22	42	
	MI4	0,25	3652	16	3,26	0,81	696	754	1,08	19	
	MI5	1,00	2167	14	2,65	0,70	428	268	0,63	42	

n. d. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.

Tableau 19. Statistiques descriptives des indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2019 et en 2020

Site-strate	Année	Paramètre	N (nb m ⁻²)	S	H'	J'	C (nb m ⁻²)	EPT (nb m ⁻²)	EPT/C (proportion)	Contribution dominants (% organismes)
ERPR-MI	2019	Moyenne	3929,0	12,0	1,96	0,55	1388,4	136,2	0,12	45
		Écart-type	1896,7	2,0	0,30	0,06	1002,3	68,1	0,06	13
		Étendue	1862 - 6928	9 - 14	1,55 - 2,29	0,48 - 0,62	333 - 3043	36,2 - 217,4	0,04 - 0,21	35 - 68
		Médiane	3311,6	13,0	1,95	0,56	1188,4	152,2	0,12	43
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	3759,4	14,6	1,83	0,48	555,1	144,9	0,28	64
		Écart-type	1417,4	2,1	0,19	0,04	273,8	41,0	0,08	5
		Étendue	2087 - 5804	12 - 17	1,62 - 2,13	0,43 - 0,54	261 - 1007	79,7 - 181,2	0,17 - 0,37	56 - 67
		Médiane	3673,9	15,0	1,78	0,47	492,8	166,7	0,31	66
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
TRPR1-MI	2019	Moyenne	3040,6	11,4	1,52	0,44	2188,4	82,6	0,04	72
		Écart-type	3666,7	2,7	0,43	0,10	2705,6	106,3	0,03	10
		Étendue	783 - 9536	7 - 14	1,03 - 2,21	0,37 - 0,62	645 - 6993	0 - 268,1	0 - 0,1	59 - 82
		Médiane	1594,2	12,0	1,46	0,39	1246,4	43,5	0,03	73
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	1375,4	15,2	2,38	0,61	715,9	98,6	0,24	49
		Écart-type	1015,8	1,64	0,51	0,13	635,7	51,4	0,28	11
		Étendue	565 - 2978	14 - 18	1,73 - 3,11	0,45 - 0,8	188 - 1790	43,5 - 159,4	0,09 - 0,73	33 - 60
		Médiane	797,1	15,00	2,35	0,62	456,5	101,4	0,12	50
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
TRPR2-MI	2019	Moyenne	1308,7	11,4	2,20	0,66	66,7	65,2	1,59	46
		Écart-type	706,3	5,1	0,44	0,05	60,9	66,0	1,58	11
		Étendue	870 - 2565	4 - 18	1,49 - 2,66	0,64 - 0,74	7 - 159	0 - 173,9	0 - 4	36 - 59
		Médiane	1036,2	12,0	2,28	0,64	43,5	58,0	1,09	41
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	720,3	9,4	2,18	0,70	50,0	33,3	1,50	47
		Écart-type	700,1	3,44	0,58	0,10	101,8	47,4	2,18	13
		Étendue	152 - 1913	4 - 12	1,24 - 2,74	0,6 - 0,84	0 - 232	0 - 115,9	n.d.	29 - 62
		Médiane	514,5	11,00	2,29	0,64	7,2	14,5	NA	49
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	3	5
TRPR3-MI	2019	Moyenne	1146,4	13,6	2,80	0,75	384,1	204,3	0,68	32
		Écart-type	360,6	1,5	0,18	0,05	206,9	99,3	0,44	7
		Étendue	783 - 1746	12 - 15	2,55 - 2,94	0,67 - 0,81	225 - 739	87 - 326,1	0,12 - 1,29	24 - 42
		Médiane	1036,2	14,0	2,91	0,75	333,3	188,4	0,76	32
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	1915,9	15,0	2,94	0,75	378,3	381,2	1,34	32
		Écart-type	1065,3	1,00	0,25	0,06	244,6	217,5	0,96	10
		Étendue	1022 - 3652	14 - 16	2,65 - 3,26	0,68 - 0,81	101 - 696	202,9 - 753,6	0,63 - 3	19 - 42
		Médiane	1550,7	15,00	2,94	0,77	427,5	304,3	1,08	32
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

N : abondance totale (nb organismes m⁻²); S : richesse taxonomique (nb taxons); H' : diversité de Shannon; J' : équitabilité de Shannon; EPT : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères par m²; C : abondance totale des chironomides par m²; EPT/C : rapport de EPT sur C
n.d. : données insuffisantes pour calculer l'indice/paramètre; Étendue : minimum - maximum.

Marnage inférieur

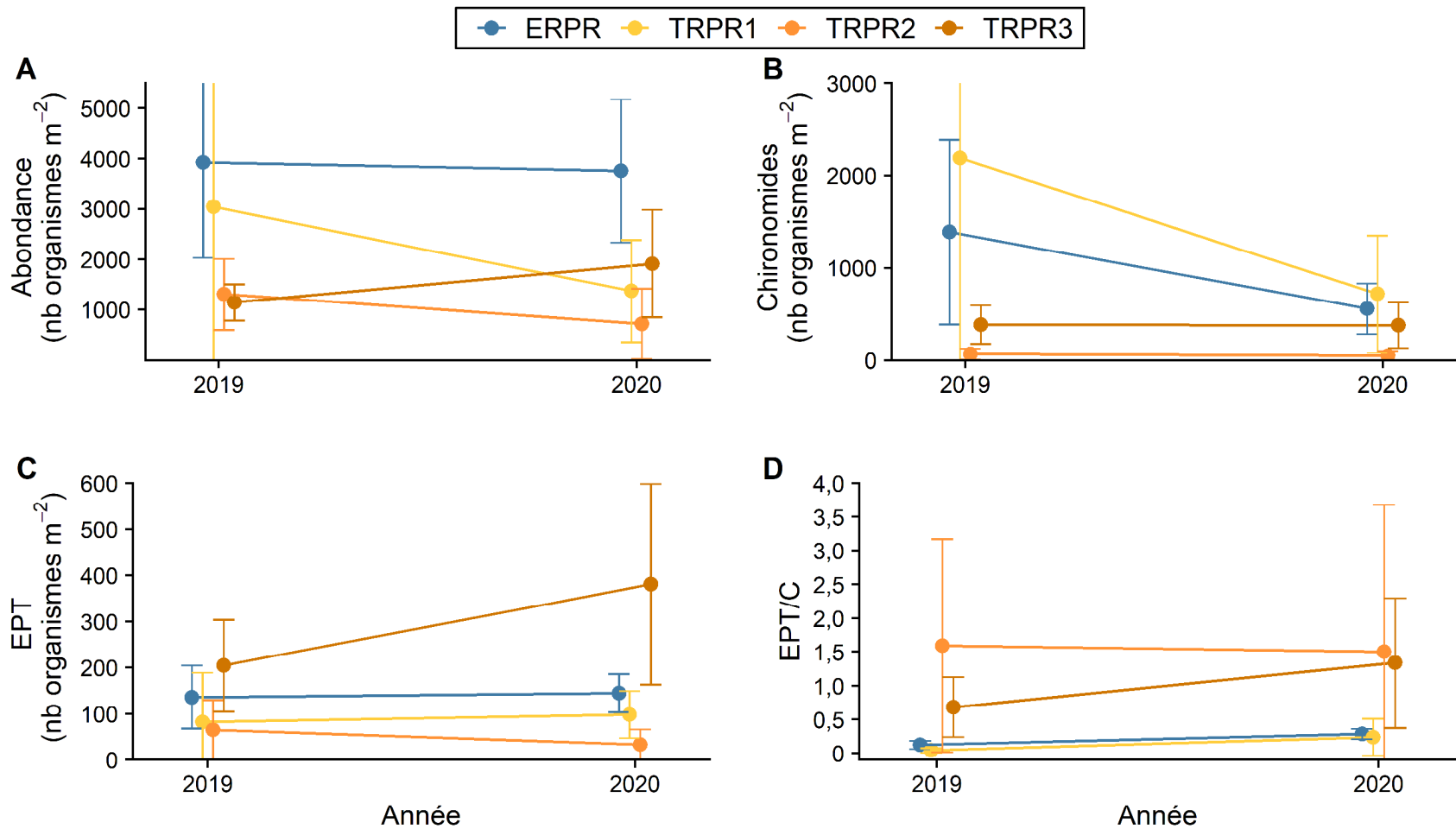


Figure 14. Moyennes \pm écart-types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes m²), (B) l'abondance des chironomides (C) (nb d'organismes m²), (C) l'abondance des éphéméroptère-trichoptère-plécoptère (EPT; nb d'organismes m²) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone de marnage inférieur

Marnage inférieur

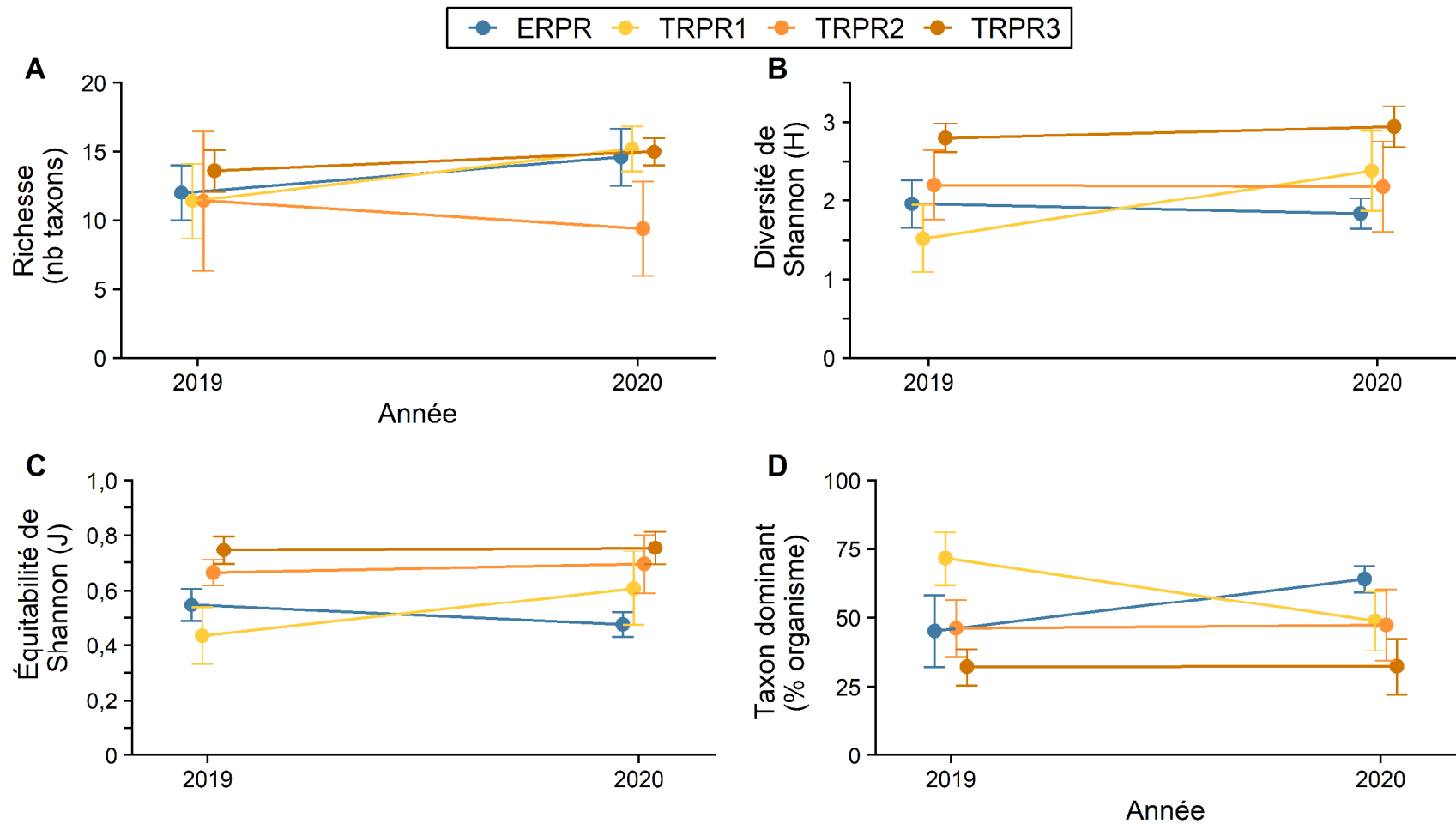


Figure 15. Moyennes \pm écart-types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitabilité de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (% d'organismes) pour la zone de marnage inférieur

Marnage inférieur

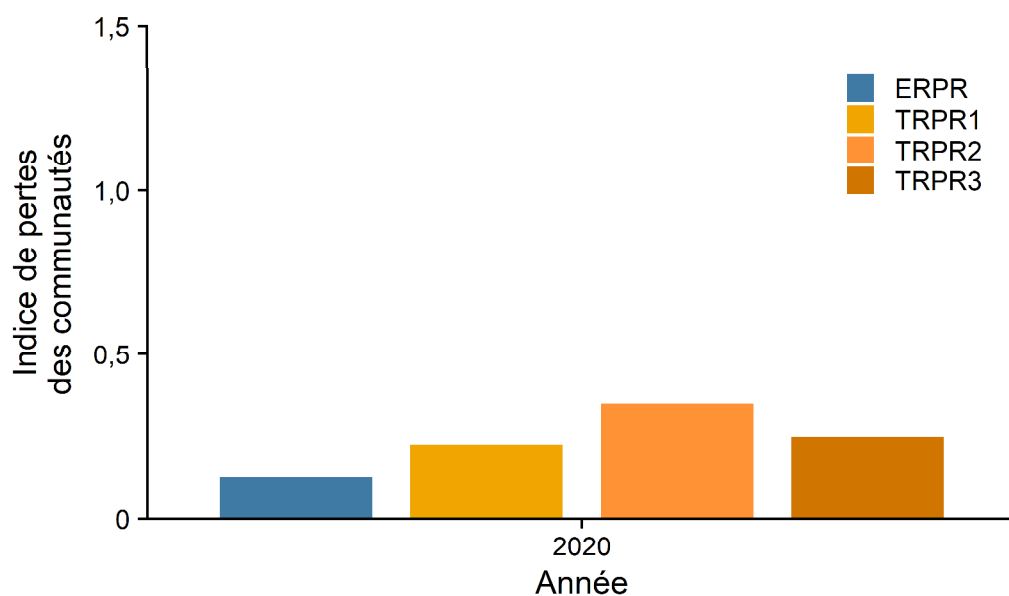


Figure 16. Indice de pertes des communautés pour la zone de marnage inférieure

Tableau 200. Détail des taxons communs et uniques à chaque site pour le calcul des pertes des communautés pour la zone de marnage inférieure entre 2019 et 2020

Site-Strate	Nb. taxons communs	Nb taxons uniques 2019	Nb taxons uniques 2020	Nombre de taxons totaux 2019	Nombre de taxons totaux 2020
ERPR-MI	15	3	9	18	24
TRPR1-MI	16	5	6	21	22
TRPR2-MI	15	7	5	22	20
TRPR3-MI	17	6	7	23	24

Tableau 21. Résumé des analyses statistiques univariées (modèles linéaires mixtes, ANOVA à mesures répétées) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p^1							
			<i>N</i>	<i>S</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>C</i>	EPT	EPT/C	Dom
Exposition	1	18	0,000	0,571	0,058	0,018	0,084	0,33	0,362	0,210
Période	1	18	0,539	0,112	0,510	0,978	0,024	0,576	0,257	0,131
Expo. x Pér.	1	18	0,605	0,494	0,148	0,012	0,799	0,82	0,871	0,003
Tests d'homogénéité des variances et de normalité des résidus ²										
Transformation ³			√√	Non	Non	Non	√√	√√	√√	Non
Homogénéité	Test de Levene		0,679	0,359	0,037 ⁴	0,206	0,291	0,039 ⁴	0,003 ⁴	0,647
Normalité	Test de Lilliefors		0,083	0,014 ⁴	0,427	0,323	0,534	0,008 ⁴	0,008 ⁴	0,226

N : abondance totale; *S* : richesse taxonomique; *H'* : diversité de Shannon; *J'* : équitabilité de Shannon; EPT : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères; *C* : abondance totale des chironomides; EPT/C : rapport de EPT sur *C*; Dom : contribution des dominants

Les sorties SYSTAT sont présentées à l'annexe 8.

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur. Les degrés de liberté au dénominateur sont parfois plus bas étant donné l'absence de certaines données. Consultez l'annexe 8 pour les détails.

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une **trame orangée**, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Une valeur de *p* significative au niveau de l'**interaction** signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins » et est mise en valeur en **gras et rouge**.

² Seuil de significativité établi à 0,05 pour les conditions aux tests. Les tests présentés sont ceux issus des données transformées. Les valeurs de *p* significatives sont en **gras**.

³ Les données comportant des abondances ont été transformées à la racine carrée ($\sqrt{\cdot}$) ou à la racine quatrième ($\sqrt[4]{\cdot}$).

⁴ Les graphiques des résidus ont dûment été vérifiés pour les analyses pour lesquelles l'une ou l'autre des conditions n'étaient pas remplies selon les tests de Levene et de Lilliefors. De plus, les tests principaux ont été vérifiés avec des analyses semi-paramétriques basées sur des distances euclidiennes de l'indicateur entre les stations, puis testées statistiquement avec une PERMANOVA.

Tableau 22. Résumé des PER-ANOVA réalisées pour confirmer la validité des modèles linéaires mixtes ne respectant pas les conditions pour certains indicateurs unidimensionnels pour la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p_{perm}^1			
			S	H'	EPT	EPT/C
Exposition	1	18	0,655	0,071	0,369	0,258
Période	1	18	0,166	0,519	0,588	0,348
Expo. x Pér.	1	18	0,527	0,179	0,837	0,817
Transformation ²			Non	Non	√√	√√
PERMDISP (homogénéité)			0,906	0,075	0,251	0,011

S : richesse taxonomique; H' : diversité de Shannon; EPT : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères; EPT/C : rapport de EPT sur abondance totale des chironomides

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une trame orangee, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

Seules les analyses ne respectant pas les conditions ont été testées et présentées. Ressemblances Euclidiennes

Le test PERMDISP est l'équivalent du test de Levene pour l'homogénéité des variances. La condition de normalité n'a pas à être respectée en utilisant une PERMANOVA.

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en gras. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins ».

² Les données comportant des abondances ont été transformées à la racine carrée (√) ou à la racine quatrième (√√).

3.3.2.2 INDICATEURS MULTIDIMENSIONNELS

Les résultats des analyses statistiques pour les indicateurs multidimensionnels des communautés sont présentés au tableau 23. Les figures 17 et 18 résument les résultats sous forme graphique.

STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

La structure des communautés (PERMANOVA basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis sur les abondances transformées à la racine quatrième) fournit de l'information sur les types d'organismes présents (abondances et identité de chaque taxon présent; figure 17). La figure 17 permet de constater qu'il y a de la variabilité entre les années. L'annexe 6 fournit le nMDS de toutes les stations où la variabilité est bien visible.

Le tableau 24 présente la liste des taxons contribuant le plus aux différences en structure des abondances entre les années pour chacun des sites.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la structure des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,294$, tableau 23).

Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins. A priori en observant la figure 17, le site « exposé » semble présenter une tendance différente aux sites témoins. Ceci est probable. Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que ce sont les centroïdes qui sont représentés sur cette figure, c'est-à-dire le milieu du nuage formé par les stations du groupe (Site Année). De plus, bien que le test prenne en compte la variabilité due aux sites, ce qui est réellement testé est la différence « exposé » vs témoins combinée à avant vs après. En somme, bien que les changements soient de plus petite

envergure au site « exposé », ils ne sont pas statistiquement différents de ce qui est considéré comme de la variabilité naturelle. Les deux prochains suivis devraient permettre de confirmer la tendance observée ici.

COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

La composition des communautés (PERMANOVA basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis sur la présence/absence des taxons) fournit de l'information sur l'identité des organismes présents (figure 17). La composition est complémentaire à la structure en ce sens où elle reprend le même tableau dans lequel toutes les abondances, autres que zéro, deviennent 1. De cette manière, les disparités entre les abondances sont exclues et il est possible de tirer une conclusion sûre si l'identité des espèces présentes est différente.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la composition taxonomique des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,581$, tableau 23). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins. La même observation que pour la structure des communautés et son explication s'appliquent également.

COURBES DE DOMINANCE

Les courbes de dominance fournissent de l'information sur les patrons multivariés des abondances relatives des taxons organisés par ordre de dominance (figure 18). L'aire entre les courbes est utilisée comme distance entre les courbes et est testée statistiquement.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur les courbes de dominance des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone de marnage inférieure (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,241$, tableau 23). Encore une fois, la variabilité naturelle des témoins fait en sorte que les tendances observées sur la figure 18 ne sont pas significatives. Néanmoins, la contribution des dominants (soit le taxon au premier rang) est bel et bien ressortit en unidimensionnels.

Tableau 23. Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p_{perm}^1		
			Structure (totale) ²	Composition ²	Courbes de dominance ³
Exposition	1	18	0,011	0,116	0,012
Période	1	18	0,018	0,018	0,073
Expo. x Pér.	1	18	0,294	0,281	0,241
Transformation ⁴			√√	Présence / absence	aucune
PERMDISP (test de dispersion) ⁵			0,006	0,237	0,029

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une trame orangée, nous informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en gras. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins ».

² Ressemblance de Bray-Curtis.

³ PERMANOVA sur les aires entre les courbes de dominance basées sur la procédure DOMDIS

⁴ Transformation à la racine quatrième (√√) ou en présence/absence (0 ou 1).

⁵ La dispersion a été vérifiée au niveau de Exposition x Période. Il est normal d'observer une disparité dans la dispersion en multivarié en ayant des groupes asymétriques dont les témoins qui comprennent trois sites distincts.

Marnage inférieur - centroïdes Cadrages non-métriques multidimensionnels

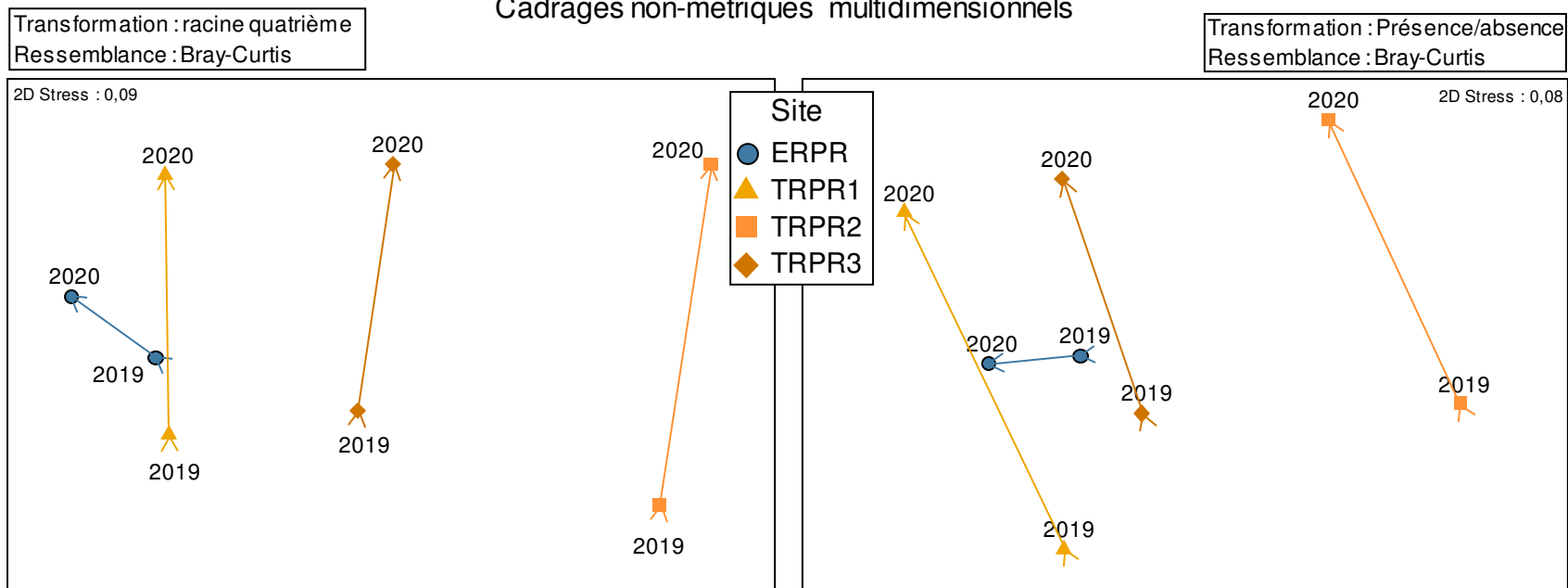


Figure 17. Cadrages non métriques multidimensionnels montrant les trajectoires temporelles, la structure (gauche) et de la composition (droite) des centroïdes des communautés d'invertébrés benthiques de la zone de marnage inférieure

Saint-Prime - courbes de dominance

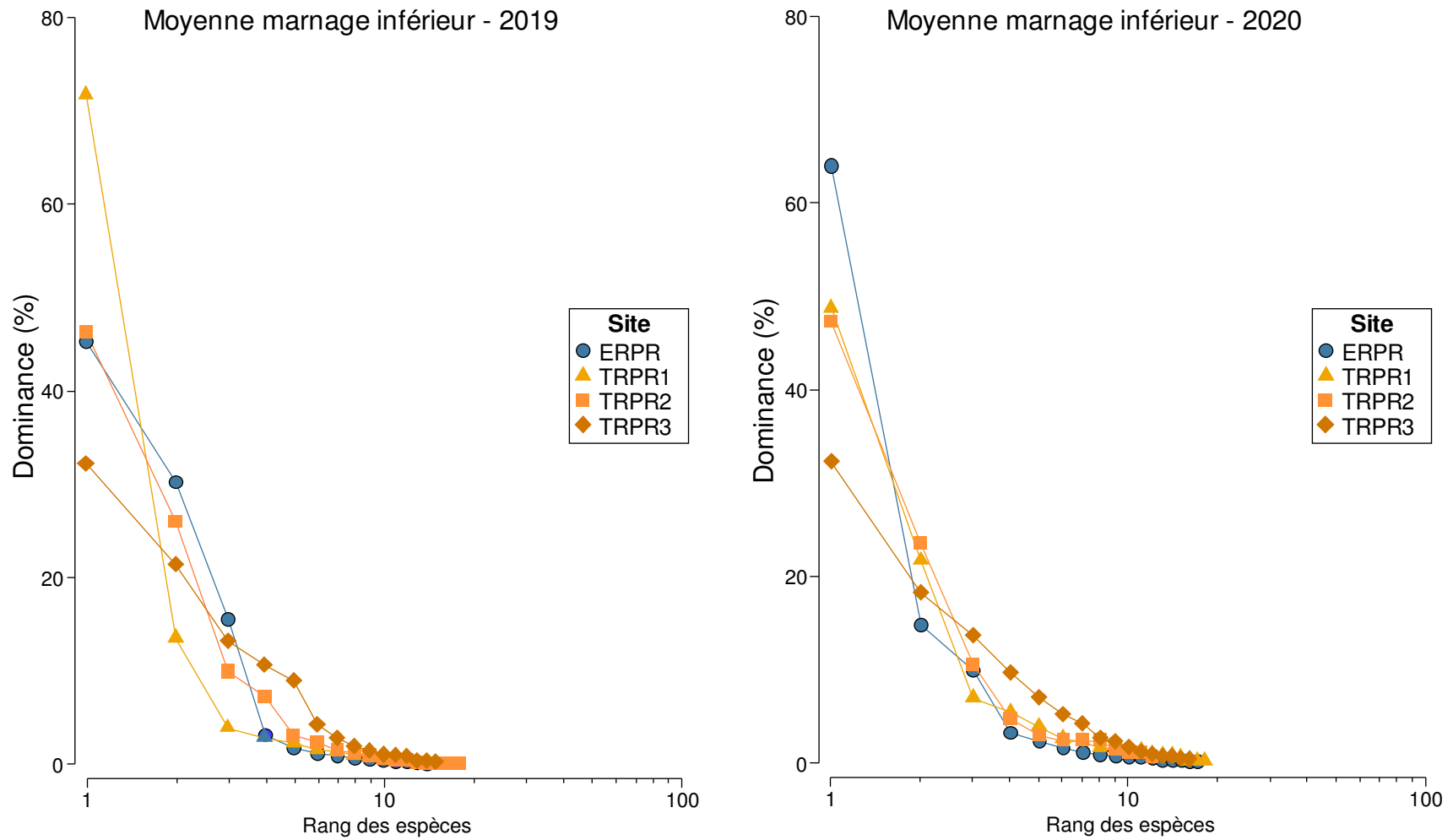


Figure 18. Courbes de dominance basées sur les moyennes des abondances pour la zone de marnage inférieure

Tableau 24. Résumé des contributions des taxons aux dissimilarités entre les années pour chacun des sites pour la zone de marnage inférieure en 2019 et 2020

	Abondance moy. 2019 ¹	Abondance moy. 2020 ¹	Dissimilarité moyenne	Ratio diss./écart-type ²	Contribution (%)	Contribution cumulative (%)
Taxon	Site « exposé » ERPR-MI; dissimilarité = 28,95 %					
Lumbriculidae	1,8	1,43	2,03	1,28	7,02	7,02
NEMATODA	1,64	2,88	1,82	1,01	6,28	13,3
Dipseudopsidae	1,55	2,85	1,72	1,17	5,94	19,23
Chironomidae	5,86	4,77	1,62	1,5	5,6	24,83
Oxidae	0	1,31	1,58	1,15	5,45	30,29
Caenidae	1,93	1,23	1,57	1,25	5,42	35,7
Molannidae	1,21	0,82	1,44	1,17	4,98	40,68
Valvatidae	2,48	2,07	1,4	1,23	4,83	45,51
Polycentropodidae	0,79	0,82	1,28	1,03	4,44	49,95
Naididae	6,17	6,93	1,26	1,47	4,36	54,3
Spongillidae	0,33	0,98	1,2	1,09	4,15	58,45
Sphaeriidae	4,84	4,35	1,18	1,76	4,08	62,53
Leptoceridae	2,06	2,02	1,18	1,13	4,06	66,59
Limnesiidae	0,95	0	1,17	0,79	4,03	70,62
Taxon	Site témoin – TRPR1-MI; dissimilarité = 38,10 %					
Dipseudopsidae	0,51	1,97	2,64	2,46	6,94	6,94
Epheméridae	0,33	1,85	2,51	1,45	6,58	13,53
Naididae	3,66	3,47	2,45	1,24	6,44	19,97
Chironomidae	6,27	4,9	2,38	1,34	6,24	26,21
Lumbriculidae	2,02	1,11	1,99	1,27	5,23	31,44
Limnesiidae	0,79	1,68	1,85	1,36	4,86	36,31
Sphaeriidae	2,74	2,41	1,76	1,41	4,63	40,94
Tetrastemmatidae	0	1,11	1,75	1,16	4,58	45,52
Hydrobiidae	0,82	1,48	1,72	1,23	4,52	50,04
Caenidae	1,3	0,33	1,71	1,12	4,48	54,52
Molannidae	0,33	1,31	1,67	1,37	4,38	58,91
Crambidae	1,15	0	1,58	1,19	4,16	63,07
Leptoceridae	2,1	2,35	1,54	0,99	4,04	67,1
Cristatellidae	0	0,98	1,48	1,16	3,88	70,98
Taxon	Site témoin – TRPR2-MI; dissimilarité = 50,78 %					
Valvatidae	4,32	0,79	7,01	2,58	13,81	13,81
Chironomidae	2,64	1,47	3,41	1,49	6,72	20,53

	Abondance moy. 2019 ¹	Abondance moy. 2020 ¹	Dissimilarité moyenne	Ratio diss./écart-type ²	Contribution (%)	Contribution cumulative (%)
Naididae	2,13	2,15	2,92	1,15	5,75	26,28
Tetrastemmatidae	0,79	1,86	2,9	1,24	5,7	31,99
Leptoceridae	2,08	1,12	2,84	1,3	5,6	37,59
Planorbidae	1,52	0	2,81	1,66	5,54	43,13
Sphaeriidae	4,47	3,33	2,69	1,33	5,29	48,42
Lumbriculidae	1,51	0,88	2,66	1,13	5,25	53,66
Epheméridae	0,9	0,88	2,09	1,02	4,12	57,78
Ceratopogonidae	0,72	0,98	2,01	1	3,97	61,75
Corduliidae	1,15	0,33	1,97	1,12	3,87	65,62
NEMATODA	0,33	0,98	1,9	1,03	3,74	69,36
Hydrobiidae	3,51	3,78	1,87	1,48	3,69	73,05
Taxon	Site témoin – TRPR3-MI; dissimilarité = 34,40 %					
Tetrastemmatidae	0	3,62	4,66	10,49	13,55	13,55
Polycentropodidae	0,82	2,61	2,39	1,7	6,96	20,51
Dipseudopsidae	0	1,72	2,17	1,83	6,3	26,81
Valvatidae	3,28	1,7	2,08	1,58	6,05	32,86
Lumbriculidae	1,15	2,39	1,67	1,27	4,87	37,73
Epheméridae	2,61	3,8	1,67	1,57	4,85	42,58
Hydrobiidae	1,85	1,88	1,57	1,27	4,57	47,15
Caenidae	2	1,42	1,35	1,27	3,92	51,07
Sphaeriidae	3,72	4,7	1,31	1,58	3,82	54,89
Naididae	2,32	3,1	1,24	1,9	3,6	58,49
Unionidae	1,09	1,45	1,16	1,08	3,37	61,86
Molannidae	0,72	0,72	1,16	0,97	3,36	65,22
Sialidae	0,82	0,33	1,14	0,89	3,32	68,54
NEMATODA	0,72	0,46	1,1	0,92	3,2	71,74

¹ Abondance moyenne transformée à la racine quatrième.

² Un ratio élevé indique que le taxon est un taxon discriminant entre les années.

Les résultats sont basés sur les mesures de ressemblance de Bray-Curtis.

Seuls les taxons contribuant cumulativement jusqu'à 70 % des différences sont présentés.

3.4 ZONE PROFONDE

Pour chacun des sites, cinq stations d'échantillonnage ont été réalisées. Les mêmes stations ont été visitées en 2019 et 2020. Au moment de l'échantillonnage, les profondeurs à ces stations variaient entre 3,7 et 6,2 m (cote d'élévation variant entre 96,9 et 94,7 m). À chaque site, la distance entre chacune des stations varie entre 19 et

47 m (moyenne de 33 m). Ces stations sont relativement éloignées du rivage avec une distance variant entre 370 et 1 540 m.

3.4.1 COMPOSITION DESCRIPTIVE DES COMMUNAUTÉS

En 2019 et 2020, des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations pour la zone profonde (tableaux 25 et 26). Au total, 8 253 organismes ont été recensés en 2019 et seulement 3 458 organismes ont été recensés en 2020.

En 2019, 17 taxons d'organismes différents répartis dans 5 embranchements sont présents (tableau 25, figure 19). Les taxons les plus abondants sont les mollusques de la famille des *sphaeriidae* composant 39 % du total des organismes, suivi des chironomides avec 36 % (insecte diptère). Le site « exposé » est dominé par les arthropodes à 45 % (majoritairement des insectes avec 44 % du total), suivis des mollusques à 43 % des abondances totales. Les sites témoins TRPR1 et TRPR2 présentent des abondances relatives respectives de 66 % et 57 % d'arthropodes (respectivement 64 et 50 % d'insectes), 26 % et 43 % de mollusques, tandis que le site témoin TRPR3 se distingue avec une dominance par les mollusques qui occupent 58 % des abondances totales, suivi des arthropodes avec 41 % (39 % pour la classe des insectes). En 2020, ce sont 17 taxons d'organismes différents répartis dans 8 embranchements qui sont présents (tableau 26, figure 19). Le taxon le plus abondant est la famille des chironomides avec 39 % du total, suivi des *sphaeriidae* avec 34 % (mollusques). Les répartitions des abondances sont semblables à 2019 avec quelques changements notables : le site TRPR2 présente des abondances équivalentes d'insectes et de mollusques, tandis que le site TRPR3 devient dominé par les arthropodes de la classe des insectes plutôt que par les mollusques.

Au niveau de l'embranchement des mollusques (figure 20), en 2019 la famille des *sphaeriidae* domine l'embranchement avec une abondance relative allant de 90 % au site « exposé » à 100 % au site TRPR3. En 2020, la famille des *sphaeriidae* domine l'embranchement avec une abondance relative allant de 98 % au site « exposé » à 100 % aux sites TRPR1 et TRPR2. En 2020, deux familles de mollusques ont disparu (*valvatidae* et *hydrobiidae*).

Au niveau de la classe des insectes (figure 5), les diptères/ nématocères (principalement des chironomides) dominent largement en 2019 et en 2020, à l'exception du site témoin TRPR2 où les trichoptères composent 69 % des insectes en 2019. Les trichoptères suivent en importance et des éphéméroptères ont fait leur apparition en 2020 dans tous les sites, atteignant jusqu'à 20 % pour le site témoin TRPR2.

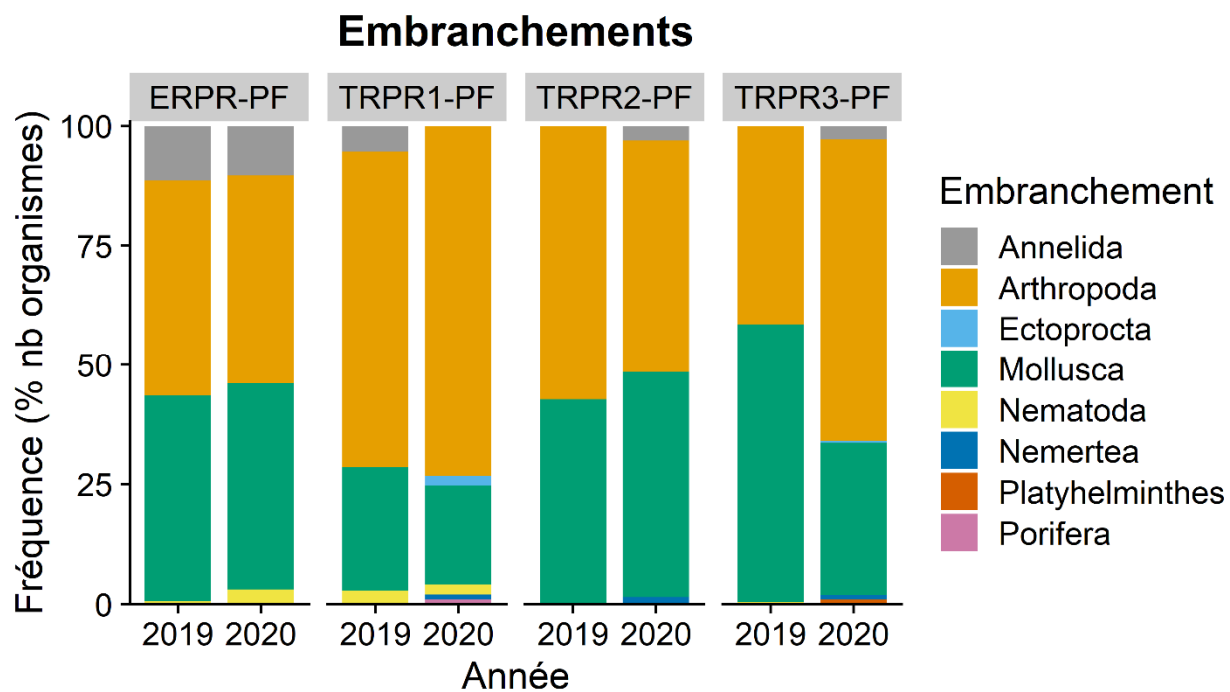


Figure 19. Abondance relative des différents embranchements d'invertébrés benthiques identifiés dans la zone profonde en 2019 et 2020

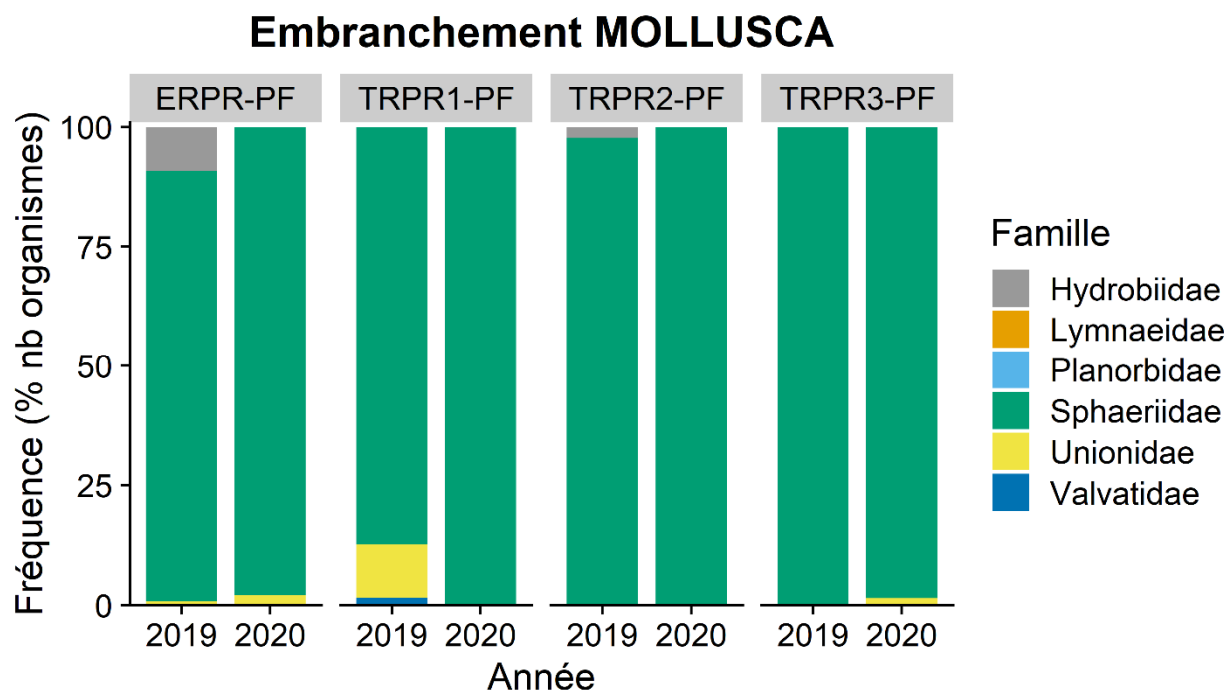


Figure 20. Abondance relative des différentes familles de l'embranchement *Mollusca* pour les invertébrés benthiques identifiés dans la zone profonde en 2019 et 2020

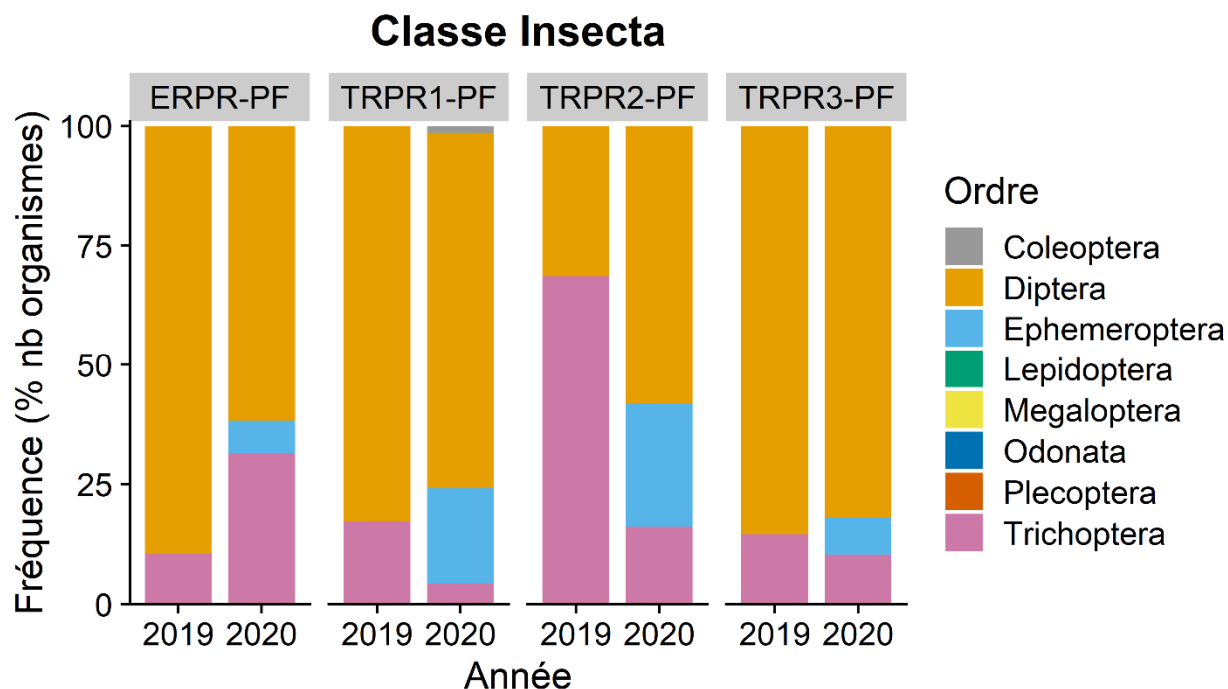


Figure 21. Abondance relative des différents ordres de la classe *Insecta* pour les invertébrés benthiques identifiés dans la zone profonde en 2019 et 2020

3.4.2 INDICATEURS DES COMMUNAUTÉS

3.4.2.1 INDICATEURS UNIDIMENSIONNELS

Les indicateurs unidimensionnels des communautés calculés par station sont présentés aux tableaux 27 et 28. Les moyennes, écarts-types, étendues (minimum à maximum), médianes ainsi que le nombre de mesures ayant servi à établir ces statistiques pour chaque site sont présentés au tableau 29. Les moyennes et écarts-types des indicateurs pour chacun des sites en 2019 et 2020 sont présentés aux figures 22 et 23. Finalement, les pertes des communautés, qui ont été calculées par site entre 2020 et 2019, sont présentées au tableau 28 et à la figure 24.

Les résultats des analyses statistiques sont présentés aux tableaux 31 et 32.

ABONDANCE TOTALE

Les densités moyennes d'organismes sont plus faibles dans la zone profonde que dans les zones de marnage (supérieure et inférieure) et sont variables entre les sites et les années au niveau de zone profonde (tableau 29, figure 22). En 2019, les densités les plus élevées sont au site « exposé » qui présente en moyenne 816 org./m², tandis que les sites témoins varient de 149 à 355 org./m². En 2020, les densités moyennes ont généralement diminué par rapport à 2019 à des amplitudes variables : le site « exposé » présente en moyenne 154 org./m², tandis que les sites témoins varient de 96 à 306 org./m². Ceci représente des densités moyennes 5,3 fois plus petites pour le site « exposé », de 2,5 fois plus petite pour le site témoin TRPR1, 1,6 fois moindre pour TRPR2 et une diminution de 1,1 fois pour TRPR3.

Les résultats obtenus présentent un effet sur les abondances totales des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,0,018$; tableau 31). Il est donc possible de conclure que les différences entre 2019 et 2020 au niveau de l'abondance des organismes pour la zone profonde est significativement différente entre le site « exposé » et les sites témoins. Effectivement, bien que les abondances aient diminuées sur tous les sites, la diminution de l'abondance observée au site « exposé » est plus importante au site « exposé » qu'ailleurs.

INDICE C

L'indice C moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 22B). L'indice C rend compte des abondances des chironomides.

L'abondance des chironomides est 8,7 fois plus basse en 2020 pour le site « exposé » et est passé de 301,4 org./m² à 34,8 org./m², tandis qu'elles sont plus basses de 2,6 pour le site témoin TRPR1 (181,2 org./m² à 71,0 org./m²) et plutôt stables pour le site TRPR2 (21,7 org./m² à 23,2 org./m²). Finalement, les abondances des chironomides sont 1,4 fois plus élevées en 2020 pour le site témoin TRPR3 avec des abondances passant de 98,6 org./m² à 140,6 org./m² (figure 22B).

Les résultats obtenus présentent un effet sur l'indice C des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,011$; tableau 31). Il est donc possible de conclure que les différences entre 2019 et 2020 au niveau de l'abondance des chironomides pour la zone profonde est significativement différente entre le site « exposé » et les sites témoins. La diminution des chironomides observée est donc plus importante au site « exposé » qu'ailleurs.

INDICE EPT

L'indice EPT moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 22C). L'indice EPT rend compte des abondances des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères.

Les valeurs obtenues sont plutôt variables entre les sites et les années. Les abondances ont diminuées de 1,1, 1,6 et 2,7 fois entre 2019 et 2020 respectivement aux sites « exposé » (37,7 org./m² à 34,6 org./m²), TRPR1 (39,1 org./m² à 24,6 org./m²) et TRPR2 (50,7 org./m² à 18,8 org./m²), tandis qu'elles ont augmentées de 1,8 fois pour le site (18,8 org./m² à 33,3 org./m²).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur l'indice EPT des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,935$; tableau 31). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

INDICE EPT/C

L'indice EPT/C moyen est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 22D). L'indice EPT/C rend compte des abondances des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (plus sensibles) divisé par l'abondance des chironomides qui sont plus tolérants aux stress.

L'indice est 11,5 fois plus élevé en 2020 pour le site « exposé » respectivement de 0,13 à 1,49, et 1,4 fois plus élevé pour le site témoin TRPR1 (0,21 à 0,29), tandis qu'il a diminué de 2,2 et 2,1 fois respectivement pour les sites témoins TRPR2 (0,54 à 0,25) et TRPR3 (3,60 à 1,72).

Les résultats obtenus présentent un effet sur l'indice EPT/C des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,072$, tableau 31). Il est donc possible de conclure que les différences entre 2019 et 2020 au niveau du ratio EPT/C pour la zone profonde est

significativement différente entre le site « exposé » et les sites témoins. Ceci est intimement relié à la baisse significative des chironomides (indice C).

RICHESSSE TAXONOMIQUE

La richesse taxonomique moyenne est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 23A).

En 2019, la richesse taxonomique la plus élevée est au site « exposé » ainsi qu'au site TRPR1 avec en moyenne 6,2 taxons par station, tandis que les sites témoins TRPR2 et TRPR3 présentent respectivement une moyenne de 4,0 à 4,6 taxons par station. En 2020, la richesse la plus élevée est site témoin TRPR3 avec 8,0 taxons en moyenne, tandis que le site « exposé » a 5,4 taxons en moyenne et les sites témoins TRPR1 et TRPR2 ont respectivement de 4,8 et 4,6 taxons. Ceci représente diminution de 1,2 fois pour le site « exposé », tandis que les sites témoins présentent une diminution de 1,3 pour TRPR1, et une augmentation de 1,2 pour TRPR2 et 1,7 pour TRPR3.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la richesse taxonomique des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,252$; tableau 31). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

DIVERSITÉ DE SHANNON

La valeur moyenne de la diversité de Shannon est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 23B). L'indice de diversité de Shannon présente la composition des communautés benthiques en matière du nombre de taxons et de leur abondance relative (densité).

En 2019, la diversité de Shannon la plus élevée est au site « exposé » avec en moyenne un index de 1,90, tandis que les sites témoins TRPR1, TRPR2 et TRPR3 ont un index moyen respectif de 1,74, 1,58 et 1,53. En 2020, la diversité la plus élevée est au site témoin TRPR3 avec un index moyen de 1,97, tandis que le site « exposé » a un index de 1,90, et les sites témoins TRPR1 et TRPR2 ont respectivement un index de 1,40 et 1,78. Ceci représente une diversité égale pour le site « exposé » en 2019 et 2020, 1,2 fois inférieure pour TRPR1 en 2020, 1,1 fois plus grande pour TRPR2 et 1,3 fois plus élevée pour TRPR3 (figure 23B).

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la diversité de Shannon des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,753$; tableau 31). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

ÉQUITABILITÉ DE SHANNON

La valeur moyenne de l'équitabilité de Shannon moyenne est variable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 23C). L'indice de équitabilité de Shannon informe sur la répartition des abondances entre les taxons. Les valeurs obtenues sont similaires entre les sites et elles sont plutôt restées stables en 2019 et 2020.

La condition de normalité pour l'indice n'étant pas respectée (voir tableau 31), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 32. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la équitabilité de Shannon des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,770$; tableau 31; $p_{perm} = 0,833$, tableau 32). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

CONTRIBUTION DES DOMINANTS

La contribution moyenne des dominants est plutôt stable en fonction des sites et des années au niveau de la zone profonde (tableau 29, figure 23D). Le pourcentage de contribution des dominants (taxon dominant en nombre comparativement au nombre total) indique l'état actuel de l'équilibre entre les différents taxons représentés. L'identité des taxons dominants est relativement constante entre les années (tableaux 25 et 26 et voir plus haut section 3.4.1).

L'indice est resté plutôt stable entre 2019 et 2020 pour le site « exposé » respectivement de 46 à 48 %, tandis qu'il a diminué de 1,2 et 1,1 fois respectivement pour les sites témoins TRPR2 (55 à 46 %) et TRPR3 (61 à 54 %). Finalement, la contribution est 1,1 fois plus élevée en 2020 pour le site témoin TRPR1 passant de 59 à 63 % (figure et 23D).

La condition de normalité pour l'indice n'étant pas respectée (voir tableau 31), une PERMANOVA a été réalisée et est présentée au tableau 32. Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la contribution des dominants des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p = 0,513$, tableau 31; $p_{perm} = 0,513$, tableau 32). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

PERTES DES COMMUNAUTÉS

L'indice de perte de communauté présente la perte de taxons entre l'année du suivi (2020) et l'année de référence (2019) pour le même site. Les valeurs obtenues pour la zone profonde sont généralement faibles (moins de 0,6; tableau 28 et figure 24). Le nombre de taxons inventoriés en 2019 et 2020 est généralement comparable (tableau 30). Le site TRPR3 a le plus petit indice de perte des communautés avec un indice de 0,15 attribuables au fait que seulement 2 taxons étaient uniques à l'année de références, ainsi qu'à l'ajout de 7 nouveaux taxons en 2020.

Tableau 25. Densité d'organismes par station pour chacun des sites échantillonnés dans la zone de profonde en 2019

Organismes		Site « exposé » ERPR							Site témoin TRPR1							Site témoin TRPR2							Site témoin TRPR3							Total par taxon	
Embranchement	Famille	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	Densité totale	Abond. relative (%)
PORIFERA	Spongillidae	7	0	0	0	0	1,4	0,17	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,08
MOLLUSCA	Unionidae	14	0	0	0	0	2,8	0,34	0	14	14	0	22	10	2,83	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	64	0,78
	Sphaeriidae	391	217	87	239	638	314,4	38,56	246	0	72	14	65	79,4	22,49	101	0	36	167	7	62,2	41,86	80	14	36	130	710	194	58,15	3250	39,38
	Valvatidae	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,40	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,08
	Hydrobiidae	14	0	0	0	145	31,8	3,90	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,94	0	0	0	0	0	0	0,00	166	2,01
ANNELIDA	Lumbriculidae	14	0	0	0	87	20,2	2,48	7	0	0	14	0	4,2	1,19	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	122	1,48
	Naididae	29	65	65	0	203	72,4	8,88	14	0	0	58	0	14,4	4,08	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	434	5,26
NEMATODA		0	0	0	22	0	4,4	0,54	0	0	14	14	22	10	2,83	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,42	79	0,96
ARTHROPODA	Lebertiidae	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,40	0	0	7	0	7	2,8	1,88	0	0	0	0	0	0	0,00	21	0,25
	Limnesiidae	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	0,40	0	0	0	0	14	2,8	1,88	0	14	7	7	14	8,4	2,52	63	0,76
	Mideopsidae	0	0	43	0	0	8,6	1,05	0	0	14	14	0	5,6	1,59	0	29	0	0	0	5,8	3,90	0	0	7	0	0	1,4	0,42	107	1,30
	Dipseudopsidae	0	0	0	22	58	16	1,96	0	14	0	0	0	2,8	0,79	0	0	7	0	0	1,4	0,94	0	0	0	0	0	0	0,00	101	1,22
	Hydroptilidae	0	0	0	0	29	5,8	0,71	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	29	0,35
	Leptoceridae	43	0	0	22	0	13	1,59	22	43	0	72	43	36	10,20	36	58	72	51	29	49,2	33,11	29	7	14	0	0	10	3,00	541	6,56
	Molannidae	14	0	0	0	0	2,8	0,34	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	43	8,6	2,58	57	0,69
	Ceratopogonidae	58	22	0	22	0	20,4	2,50	14	14	0	0	0	5,6	1,59	0	0	0	0	7	1,4	0,94	36	0	0	7	14	11,4	3,42	194	2,35
	Chironomidae	275	457	43	152	580	301,4	36,96	94	159	130	304	217	180,8	51,22	51	7	36	14	0	21,6	14,54	275	29	7	51	130	98,4	29,50	3011	36,48
Total		859	761	238	479	1740	815	100	418	244	244	490	369	353	100	188	94	165	232	64	149	100	427	64	71	195	911	334	100	8253	100

Tableau 26. Densité d'organismes par station pour chacun des sites échantillonnés dans la zone profonde en 2020

Organismes		Site « exposé » ERPR							Site témoin TRPR1							Site témoin TRPR2							Site témoin TRPR3							Total par taxon	
Embranchement	Famille	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Dens. moy. (nb/m ²)	Abond. relative (%)	Densité totale	Abond. relative (%)
PORIFERA	Spongillidae	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	1,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,20
PLATYHELMINTHES	Dugesidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	14	0	0	2,8	0,92	14	0,40
ECTOPROCTA	Cristatellidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	7	0	2,8	2,01	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	7	1,4	0,46	21	0,61
MOLLUSCA	Unionidae	0	0	7	0	0	1,4	0,92	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7	0	0	1,4	0,46	14	0,40
	Sphaeriidae	65	19	72	94	72	64,4	42,20	116	14	0	14	0	28,8	20,63	29	130	14	7	43	44,6	47,25	22	80	94	80	203	95,8	31,41	1168	33,78
ANNELIDA	Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	7	7	0	0	2,8	0,92	14	0,40
	Naididae	14	0	14	7	43	15,6	10,22	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	7	2,8	2,97	0	0	22	0	7	5,8	1,90	121	3,50
NEMATODA	NEMATODA	0	10	0	0	14	4,8	3,15	7	0	7	0	0	2,8	2,01	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	38	1,10
ARTHROPODA	Limnesiidae	0	0	0	0	14	2,8	1,83	0	0	0	7	0	1,4	1,00	0	0	0	0	7	1,4	1,48	22	7	7	7	7	10	3,28	78	2,26
	Ephemeridae	0	0	7	0	14	4,2	2,75	58	0	29	14	0	20,2	14,47	7	29	7	14	0	11,4	12,08	7	0	29	14	22	14,4	4,72	251	7,26
	Dipseudopsidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	7	2,8	2,97	0	0	0	0	0	0	0,00	14	0,40
	Leptoceridae	43	0	7	0	29	15,8	10,35	7	7	0	0	0	2,8	2,01	22	0	0	0	0	4,4	4,66	0	7	7	7	7	5,6	1,84	143	4,14
	Molannidae	0	0	0	7	14	4,2	2,75	0	0	0	7	0	1,4	1,00	0	0	0	0	0	0	0,00	22	22	7	7	7	13	4,26	93	2,69
	Elmidae	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0	0	0	0	1,4	1,00	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00	7	0,20
	Ceratopogonidae	0	10	0	0	14	4,8	3,15	14	0	7	0	0	4,2	3,01	7	7	0	0	0	2,8	2,97	0	0	22	7	14	8,6	2,82	102	2,95
	Chironomidae	7	29	43	22	72	34,6	22,67	109	29	65	123	29	71	50,86	7	14	14	14	65	22,8	24,15	109	152	196	152	94	140,6	46,10	1345	38,90
NEMERTEA	Tetrastemmatidae	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	7	0	1,4	1,00	0	7	0	0	0	1,4	1,48	7	7	0	0	0	2,8	0,92	28	0,81
Total		129	68	150	130	286	153	100	325	50	115	179	29	140	100	79	187	35	42	129	94	100	189	282	412	274	368	305	100	3458	100

Tableau 27. Indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de profonde en 2019

Site	Station	Fraction analysée	Densité totale (nb/m ²)	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/m ²)	ETP (nb/m ²)	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ERPR	PF1	0,50	862	10	2,14	0,64	275	58	0,21	45	Référence
	PF2	0,33	761	4	1,41	0,70	457	0	0,00	60	
	PF3	0,33	239	4	1,94	0,97	43	0	0,00	36	
	PF4	0,33	478	6	1,84	0,71	152	43	0,29	50	
	PF5	0,25	1739	7	2,20	0,78	580	87	0,15	37	
Site témoin TRPR1	PF1	1,00	420	9	1,90	0,60	94	22	0,23	59	Référence
	PF2	0,50	246	5	1,57	0,68	159	58	0,36	65	
	PF3	0,50	246	5	1,73	0,74	130	0	0,00	53	
	PF4	0,50	493	7	1,80	0,64	304	72	0,24	62	
	PF5	0,33	370	5	1,74	0,75	217	43	0,20	59	
Site témoin TRPR2	PF1	1,00	188	3	1,45	0,91	51	36	0,71	54	Référence
	PF2	1,00	94	3	1,24	0,78	7	58	8,00	62	
	PF3	1,00	167	6	2,07	0,80	36	80	2,20	43	
	PF4	1,00	232	3	1,07	0,68	14	51	3,50	72	
	PF5	1,00	65	5	2,06	0,89	0	29	n.d.	44	
Site témoin TRPR3	PF1	1,00	428	5	1,53	0,66	275	29	0,11	64	Référence
	PF2	1,00	65	4	1,84	0,92	29	7	0,25	44	
	PF3	1,00	72	5	1,96	0,84	7	14	2,00	50	
	PF4	1,00	196	4	1,25	0,62	51	0	0,00	67	
	PF5	0,50	913	5	1,08	0,47	130	43	0,33	78	

n. d. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.

Tableau 28. Indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de profonde en 2020

Site	Station	Fraction analysée	Densité totale (nb/m ²)	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/m ²)	ETP (nb/m ²)	EPTC	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés ¹
Site « exposé » ERPR	PF1	1,00	130	4	1,61	0,81	7	43	6,00	50	0,60
	PF2	0,75	68	4	1,84	0,92	29	0	0,00	43	
	PF3	1,00	152	6	1,98	0,76	43	14	0,33	48	
	PF4	1,00	130	4	1,23	0,62	22	7	0,33	72	
	PF5	0,50	290	9	2,82	0,89	72	58	0,80	25	
Site témoin TRPR1	PF1	1,00	326	8	2,19	0,73	109	65	0,60	36	0,58
	PF2	1,00	51	3	1,38	0,87	29	7	0,25	57	
	PF3	1,00	116	5	1,72	0,74	65	29	0,44	56	
	PF4	1,00	181	7	1,70	0,61	123	22	0,18	68	
	PF5	0,75	29	1	0,00	n.d.	29	0	0,00	100	
Site témoin TRPR2	PF1	1,00	80	6	2,30	0,89	7	36	5,00	36	0,33
	PF2	1,00	188	5	1,43	0,62	14	29	2,00	69	
	PF3	1,00	36	3	1,52	0,96	14	7	0,50	40	
	PF4	1,00	43	4	1,92	0,96	14	14	1,00	33	
	PF5	1,00	130	5	1,72	0,74	65	7	0,11	50	
Site témoin TRPR3	PF1	1,00	188	6	1,90	0,73	109	29	0,27	58	0,15
	PF2	1,00	283	7	1,82	0,65	152	29	0,19	54	
	PF3	1,00	413	11	2,39	0,69	196	43	0,22	47	
	PF4	1,00	275	7	1,77	0,63	152	29	0,19	55	
	PF5	1,00	370	9	1,96	0,62	94	36	0,38	55	

n. d. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.

Tableau 29. Statistiques descriptives des indices de diversité des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de profonde en 2019 et en 2020

Site-strate	Année	Paramètre	N (nb m ⁻²)	S	H'	J'	C (nb m ⁻²)	EPT (nb m ⁻²)	EPT/C (proportion)	Contribution dominants (% organismes)
ERPR-PF	2019	Moyenne	815,9	6,2	1,90	0,76	301,4	37,7	0,13	46
		Écart-type	571,0	2,5	0,31	0,13	218,5	37,8	0,13	10
		Étendue	239 - 1739	4 - 10	1,41 - 2,2	0,64 - 0,97	43 - 580	0 - 87	0 - 0,29	36 - 60
		Médiane	760,9	6,0	1,94	0,71	275,4	43,5	0,15	45
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	154,1	5,4	1,90	0,80	34,8	24,6	1,49	48
		Écart-type	82,2	2,2	0,59	0,12	24,8	24,9	2,54	17
		Étendue	68 - 290	4 - 9	1,23 - 2,82	0,62 - 0,92	7 - 72	0 - 58	0 - 6	25 - 72
		Médiane	130,4	4,0	1,84	0,81	29,0	14,5	0,33	48
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
TRPR1-PF	2019	Moyenne	355,1	6,2	1,74	0,68	181,2	39,1	0,21	59
		Écart-type	108,5	1,8	0,12	0,07	82,3	28,8	0,13	4
		Étendue	246 - 493	5 - 9	1,57 - 1,9	0,6 - 0,75	94 - 304	0 - 72,5	0 - 0,36	53 - 65
		Médiane	369,6	5,0	1,74	0,68	159,4	43,5	0,23	59
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	140,6	4,8	1,40	0,74	71,0	24,6	0,29	63
		Écart-type	119,6	2,9	0,83	0,11	43,9	25,4	0,23	24
		Étendue	29 - 326	1 - 8	0 - 2,19	n.d.	29 - 123	0 - 65,2	0 - 0,6	36 - 100
		Médiane	115,9	5,0	1,70	NA	65,2	21,7	0,25	57
		Nb mesures	5	5	5	4	5	5	5	5
TRPR2-PF	2019	Moyenne	149,3	4,0	1,58	0,81	21,7	50,7	3,60	55
		Écart-type	68,5	1,4	0,46	0,09	21,1	19,8	3,14	12
		Étendue	65 - 232	3 - 6	1,07 - 2,07	0,68 - 0,91	0 - 51	29 - 79,7	n.d.	43 - 72
		Médiane	166,7	3,0	1,45	0,80	14,5	50,7	NA	54
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	4	5
	2020	Moyenne	95,7	4,6	1,78	0,83	23,2	18,8	1,72	46
		Écart-type	63,9	1,1	0,35	0,15	23,7	13,2	1,96	15
		Étendue	36 - 188	3 - 6	1,43 - 2,3	0,62 - 0,96	7 - 65	7,2 - 36,2	0,11 - 5	33 - 69
		Médiane	79,7	5,0	1,72	0,89	14,5	14,5	1,00	40
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
TRPR3-PF	2019	Moyenne	334,8	4,6	1,53	0,70	98,6	18,8	0,54	61
		Écart-type	354,9	0,5	0,37	0,18	109,2	17,5	0,83	13
		Étendue	65 - 913	4 - 5	1,08 - 1,96	0,47 - 0,92	7 - 275	0 - 43,5	0 - 2	44 - 78
		Médiane	195,7	5,0	1,53	0,66	50,7	14,5	0,25	64
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
	2020	Moyenne	305,8	8,0	1,97	0,66	140,6	33,3	0,25	54
		Écart-type	87,8	2,0	0,25	0,05	40,2	6,5	0,08	4
		Étendue	188 - 413	6 - 11	1,77 - 2,39	0,62 - 0,73	94 - 196	29 - 43,5	0,19 - 0,38	47 - 58
		Médiane	282,6	7,0	1,90	0,65	152,2	29,0	0,22	55
		Nb mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

N : abondance totale (nb organismes m⁻²); S : richesse taxonomique (nb taxons); H' : diversité de Shannon; J' : équitabilité de Shannon; EPT : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères par m²; C : abondance totale des chironomides par m²; EPT/C : rapport de EPT sur C
n.d. : données insuffisantes pour calculer l'indice/paramètre; Étendue : minimum - maximum.

Zone profonde

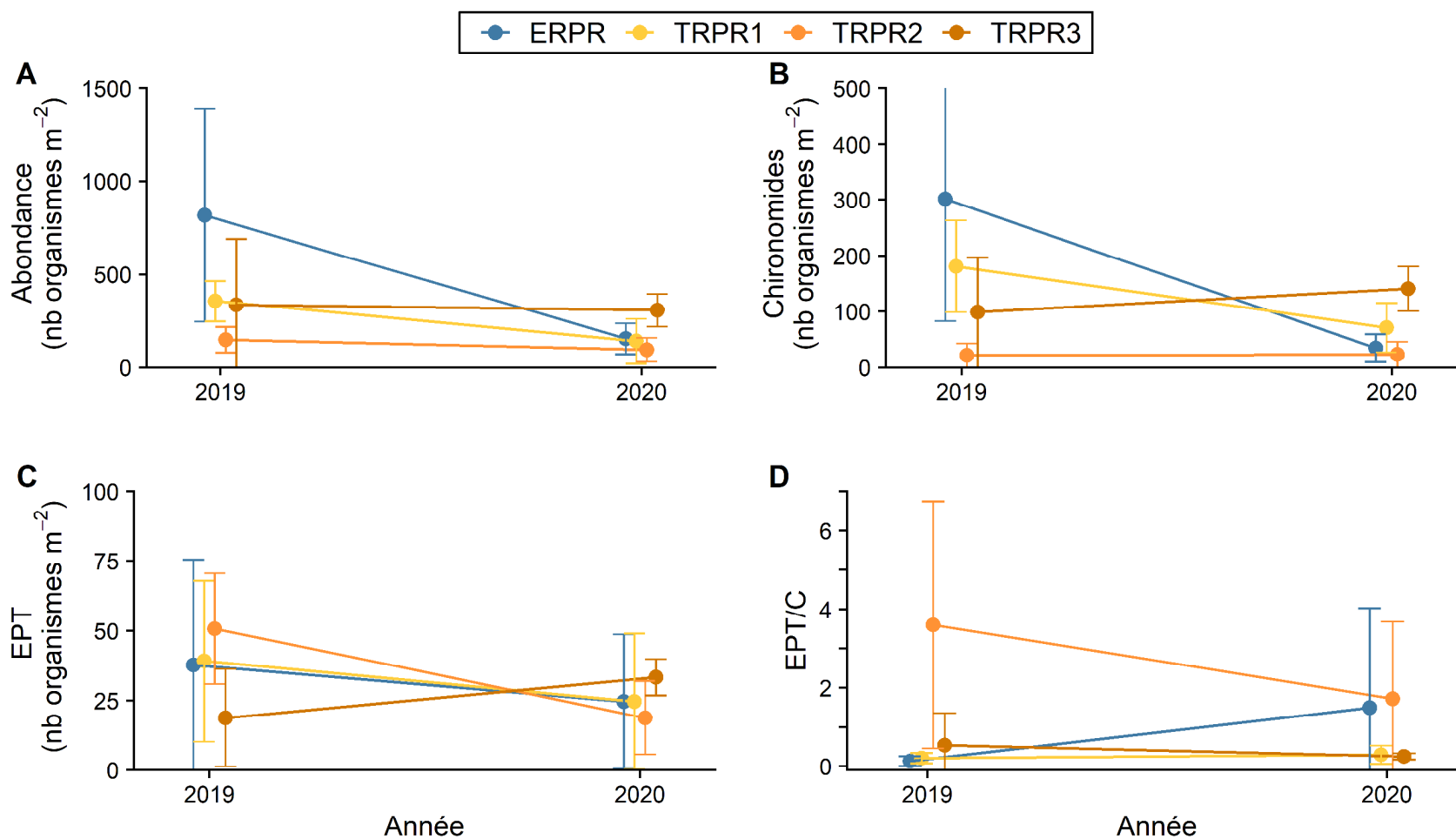


Figure 22. Moyennes ± écart-types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes m²), (B) l'abondance des chironomides (C) (nb d'organismes m²) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone profonde

Zone profonde

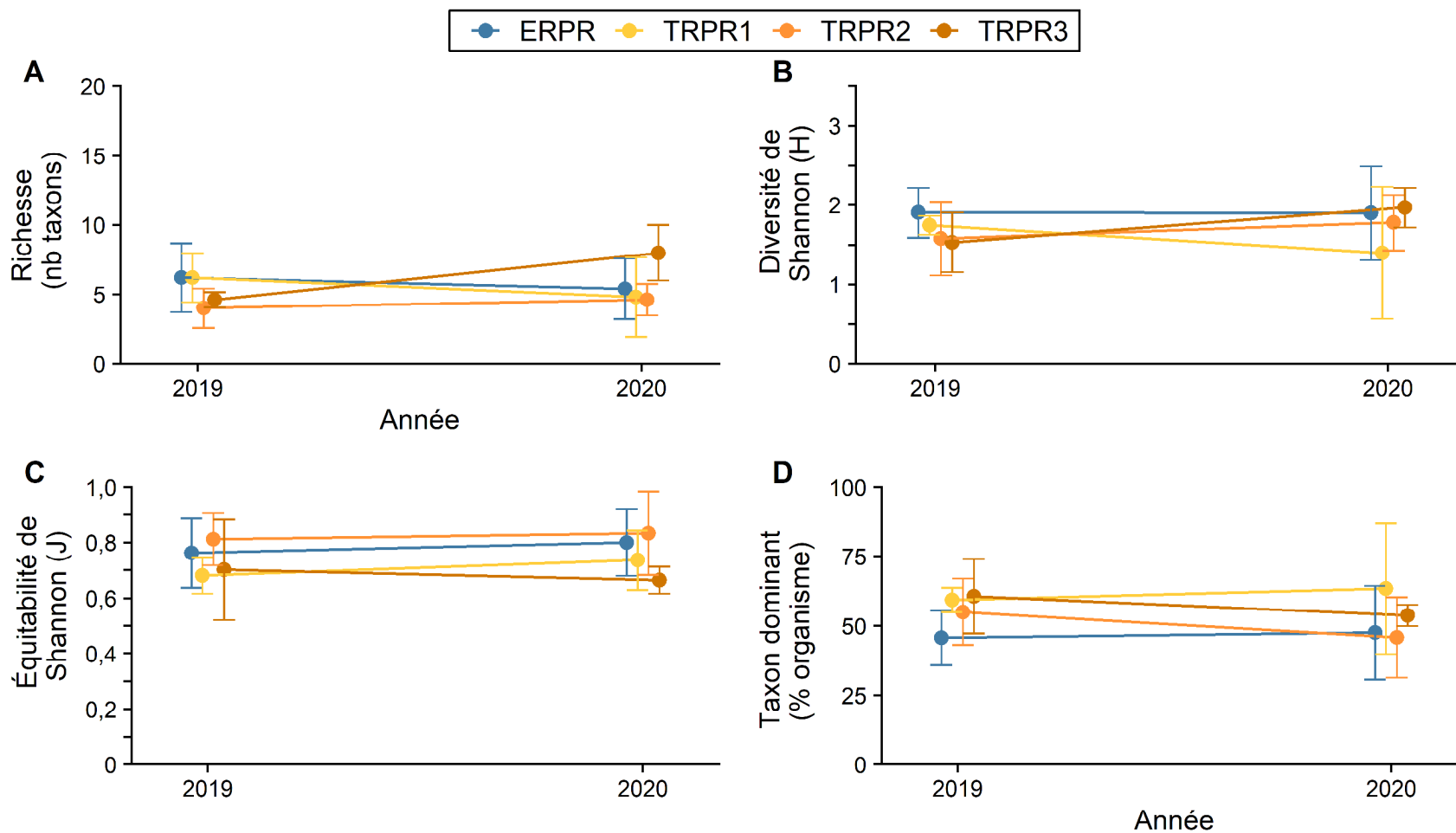


Figure 23. Moyennes \pm écart-types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitabilité de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (% d'organismes) pour la zone profonde

Zone profonde

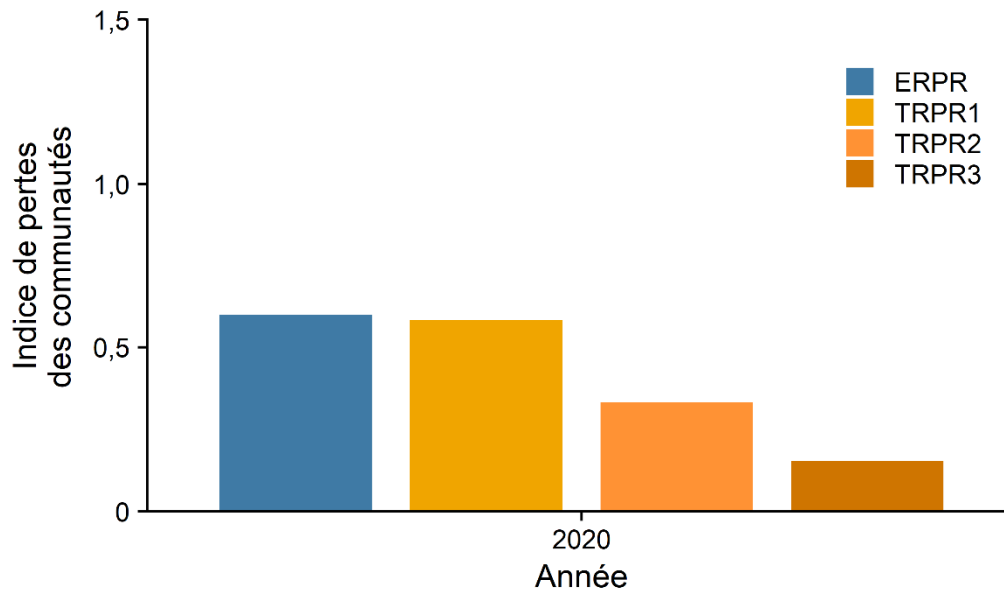


Figure 24. Indice de pertes des communautés pour la zone profonde

Tableau 30. Détail des taxons communs et uniques à chaque site pour le calcul des pertes des communautés pour la zone profonde entre 2019 et 2020

Site-Strate	Nb. taxons communs	Nb taxons uniques 2019	Nb taxons uniques 2020	Nombre de taxons totaux 2019	Nombre de taxons totaux 2020
ERPR-PF	8	6	2	14	10
TRPR1-PF	6	7	6	13	12
TRPR2-PF	6	3	3	9	9
TRPR3-PF	6	2	7	8	13

Tableau 31. Résumé des analyses statistiques univariées (modèles linéaires mixtes, ANOVA à mesures répétées) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de profonde en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p ¹							
			<i>N</i>	<i>S</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>C</i>	EPT	EPT/C	Dom
Exposition	1	18	0,033	0,593	0,168	0,385	0,251	0,549	0,307	0,075
Période	1	18	0,000	0,963	0,778	0,526	0,015	0,495	0,100	0,809
Expo. x Pér.	1	18	0,018	0,252	0,747	0,770	0,011	0,935	0,072	0,513
Tests d'homogénéité des variances et de normalité des résidus ²										
Transformation ³			√√	Non	Non	Non	√√	√	√√	Non
Homogénéité	Test de Levene		0,220	0,672	0,959	0,753	0,436	0,823	0,417	0,878
Normalité	Test de Lilliefors		0,541	0,530	0,067	0,029 ⁴	0,303	0,109	0,079	0,017 ⁴

N : abondance totale; *S* : richesse taxonomique; *H'* : diversité de Shannon; *J'* : équitabilité de Shannon; EPT : abondance totale des éphéméroptères, trichoptères et plécoptères; *C* : abondance totale des chironomides; EPT/C : rapport de EPT sur C; Dom : contribution des dominants

Les sorties SYSTAT sont présentées à l'annexe 8.

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur. Les degrés de liberté au dénominateur sont parfois plus bas étant donné l'absence de certaines données. Consultez l'annexe 8 pour les détails.

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une **trame orangée**, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Une valeur de p significative au niveau de l'**interaction** signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins » et est mise en valeur en **gras et rouge**.

² Seuil de significativité établi à 0,05 pour les conditions aux tests. Les tests présentés sont ceux issus des données transformées. Les valeurs de p significatives sont en **gras**.

³ Les données comportant des abondances ont été transformées à la racine carrée ($\sqrt{\cdot}$) ou à la racine quatrième ($\sqrt[4]{\cdot}$).

⁴ Les graphiques des résidus ont dûment été vérifiés pour les analyses pour lesquelles l'une ou l'autre des conditions n'étaient pas remplies selon les tests de Levene et de Lilliefors. De plus, les tests principaux ont été vérifiés avec des analyses semi-paramétriques basées sur des distances euclidiennes de l'indicateur entre les stations, puis testées statistiquement avec une PERMANOVA.

Tableau 32. Résumé des des PER-ANOVA réalisées pour confirmer la validité des modèles linéaires mixtes ne respectant pas les conditions pour certains indicateurs unidimensionnels pour la zone profonde en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p_{perm}^1	
			J'	Dom
Exposition	1	18	0,390	0,088
Période	1	18	0,574	0,817
Expo. x Pér.	1	18	0,833	0,513
Transformation			Aucune	Aucune
PERMDISP (homogénéité)			0,962	0,822

J' : équitabilité de Shannon; Dom : contribution des dominants

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une trame orangée, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

Seules les analyses ne respectant pas les conditions ont été testées et présentées. Ressemblances Euclidiennes

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en gras. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins ».

3.4.2.2 INDICATEURS MULTIDIMENSIONNELS

Les résultats des analyses statistiques pour les indicateurs multidimensionnels des communautés sont présentés au tableau 33. Les figures 25 à 27 résument les résultats sous forme graphique.

STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

La structure des communautés (PERMANOVA basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis sur les abondances transformées à la racine quatrième) fournit de l'information sur les types d'organismes présents (abondances et identité de chaque taxon présent; figures 25 et 26). Les figures 25 et 26 permettent de constater qu'il y a de la variabilité entre les années. L'annexe 6 fournit le nMDS de toutes les stations où la variabilité est bien visible.

Le tableau 34 présente la liste des taxons contribuant le plus aux différences en structure des abondances entre les années pour chacun des sites.

Les résultats obtenus présentent un effet sur la structure des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,096$, tableau 33). Effectivement, l'analyse post-hoc informe que la structure des communautés du site « exposé » n'est plus différente de celle des sites témoins en 2020. La figure 26 illustre cet aspect. Les communautés au site « exposé » sont donc plus similaires aux témoins après les travaux qu'ils ne l'étaient avant.

COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

La composition des communautés (PERMANOVA basée sur la dissimilarité de Bray-Curtis sur la présence/absence des taxons) fournit de l'information sur l'identité des organismes présents (figure 25). La composition est complémentaire à la structure en ce sens où elle reprend le même tableau dans lequel toutes les abondances,

autres que zéro, deviennent 1. De cette manière, les disparités entre les abondances sont exclues et il est possible de tirer une conclusion sûre si l'identité des espèces présentes est différente.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur la composition taxonomique des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, $p_{perm} = 0,521$, tableau 33). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins.

COURBES DE DOMINANCE

Les courbes de dominance fournissent de l'information sur les patrons multivariés des abondances relatives des taxons organisés par ordre de dominance (figure 27). L'aire entre les courbes est utilisée comme distance entre les courbes et est testée statistiquement.

Les résultats obtenus ne présentent pas d'effet sur les courbes de dominance des macroinvertébrés benthiques à la première année du suivi pour la zone profonde (Exposition x Période, *test non disponible*, tableau 33). Effectivement, les changements pour le site « exposé » sont du même ordre que les changements observés chez les témoins. Les valeurs de pseudo-F négatives sont généralement associées à des valeurs de p élevées.

Tableau 33. Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de profonde en 2019 et 2020

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de p_{perm} ¹		
			Structure (totale) ²	Composition ²	Courbes de dominance ³
Exposition	1	18	0,008	0,018	0,260
Période	1	18	0,003	0,047	0,330
Expo. x Pér.	1	18	0,096	0,309	n.d.
Transformation ⁴			$\sqrt{\sqrt{}}$	Présence / absence	aucune
PERMDISP (test de dispersion) ⁵			0,547	0,680	0,120

ddl num : degrés de liberté au numérateur

ddl den : degrés de liberté au dénominateur

n.d. : valeur de p non disponible, car le pseudo-F est négatif

L'interaction entre Exposition et 'Période', marquée d'une **trame orangée**, informe si les changements observés au niveau du site « exposé » ont également été observés pour les sites « témoins ».

¹ Seuil de significativité établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Une valeur de p significative au niveau de l'interaction signifie que le site « exposé » ne suit pas le même patron que les sites « témoins » et est mise en valeur en **gras et rouge**.

² Ressemblance de Bray-Curtis.

³ PERMANOVA sur les aires entre les courbes de dominance basées sur la procédure DOMDIS.

⁴ Transformation à la racine quatrième ($\sqrt{\sqrt{}}$) ou en présence/absence (0 ou 1).

⁵ La dispersion a été vérifiée au niveau de Exposition x Période.

Zone profonde - centroïdes Cadrages non-métriques multidimensionnels

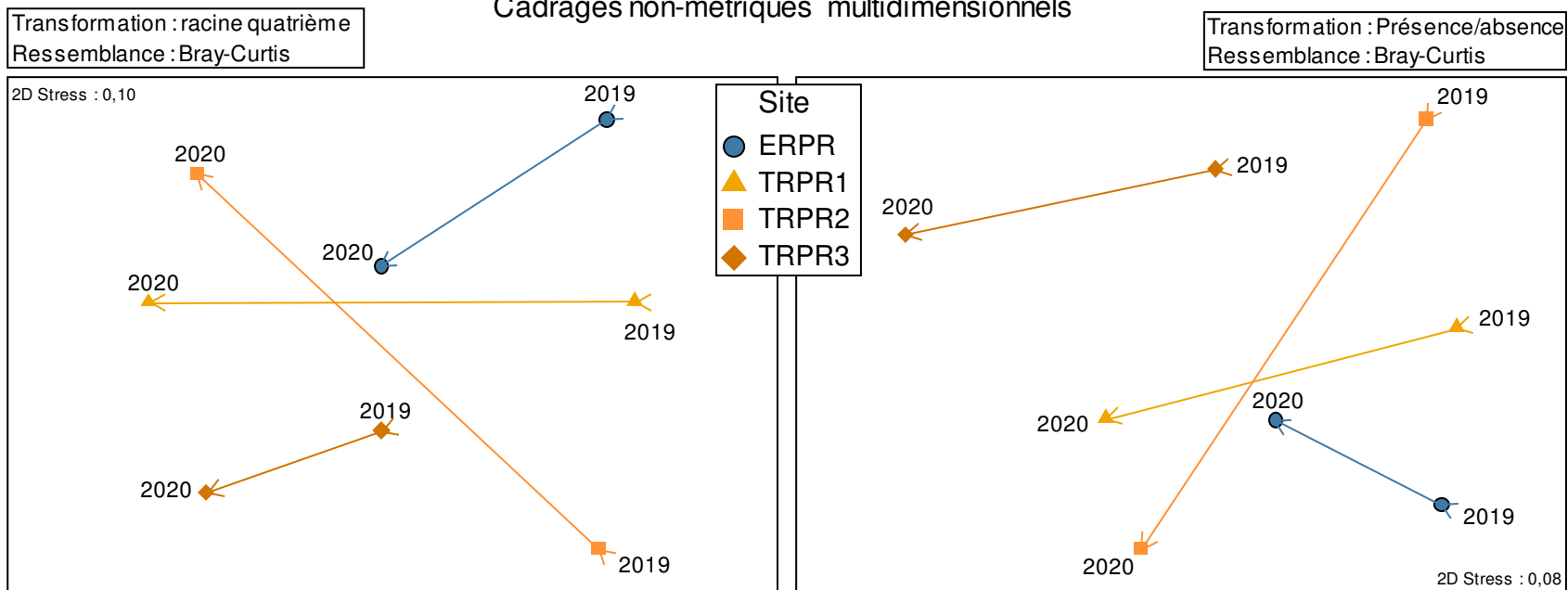


Figure 25. Cadrages non métriques multidimensionnels montrant les trajectoires temporelles, la structure (gauche) et de la composition (droite) des centroïdes des communautés d'invertébrés benthiques de la zone de profonde

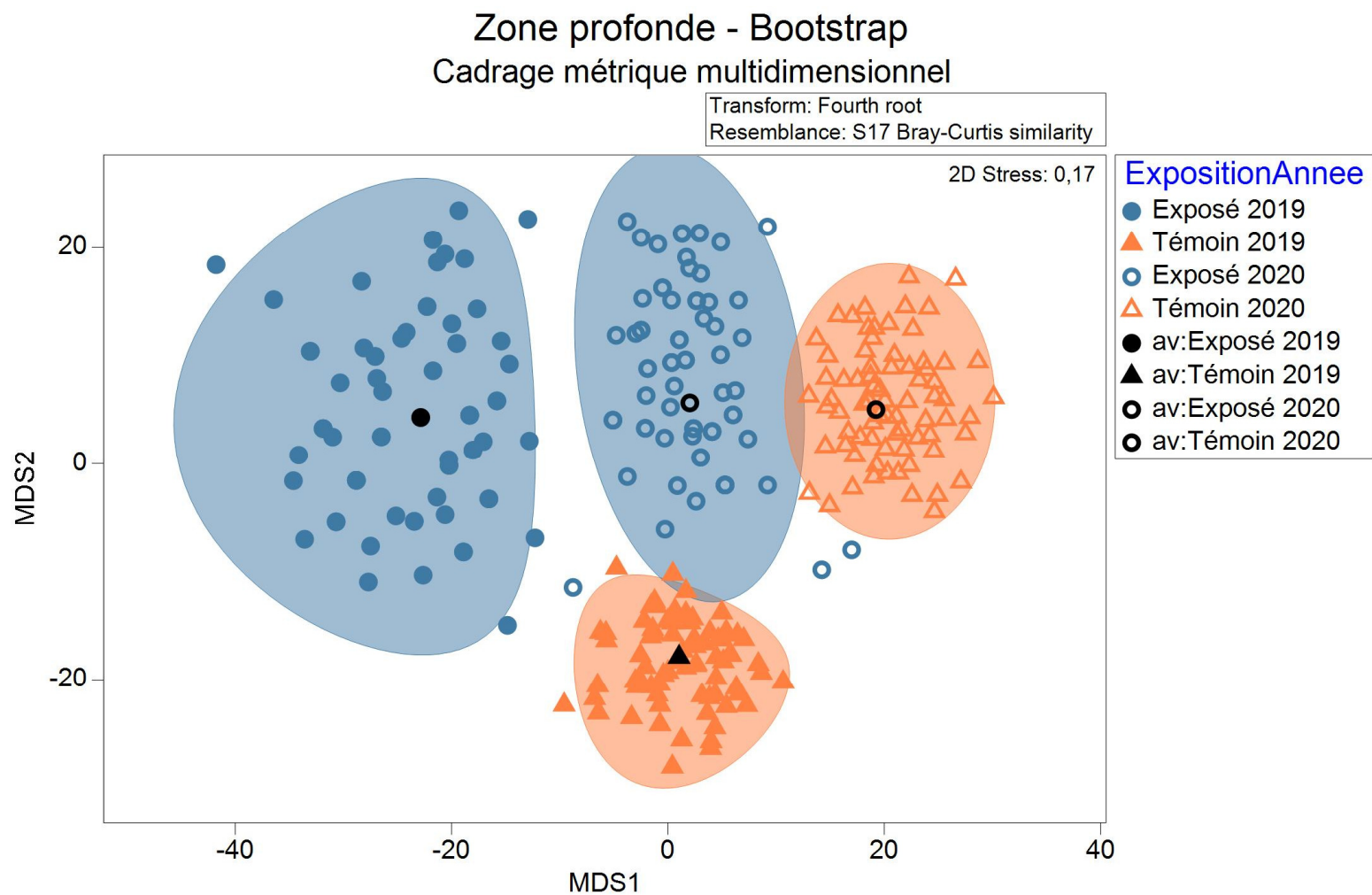


Figure 26. Cadrage métrique multidimensionnel de la structure des communautés pour la zone profonde en utilisant la méthode du bootstrap (75 répétitions par groupe) où les limites des formes sont l'intervalle de confiance à 95 % pour chacune des expositions et années et les formes noires les moyennes des groupes respectifs

Saint-Prime - courbes de dominance

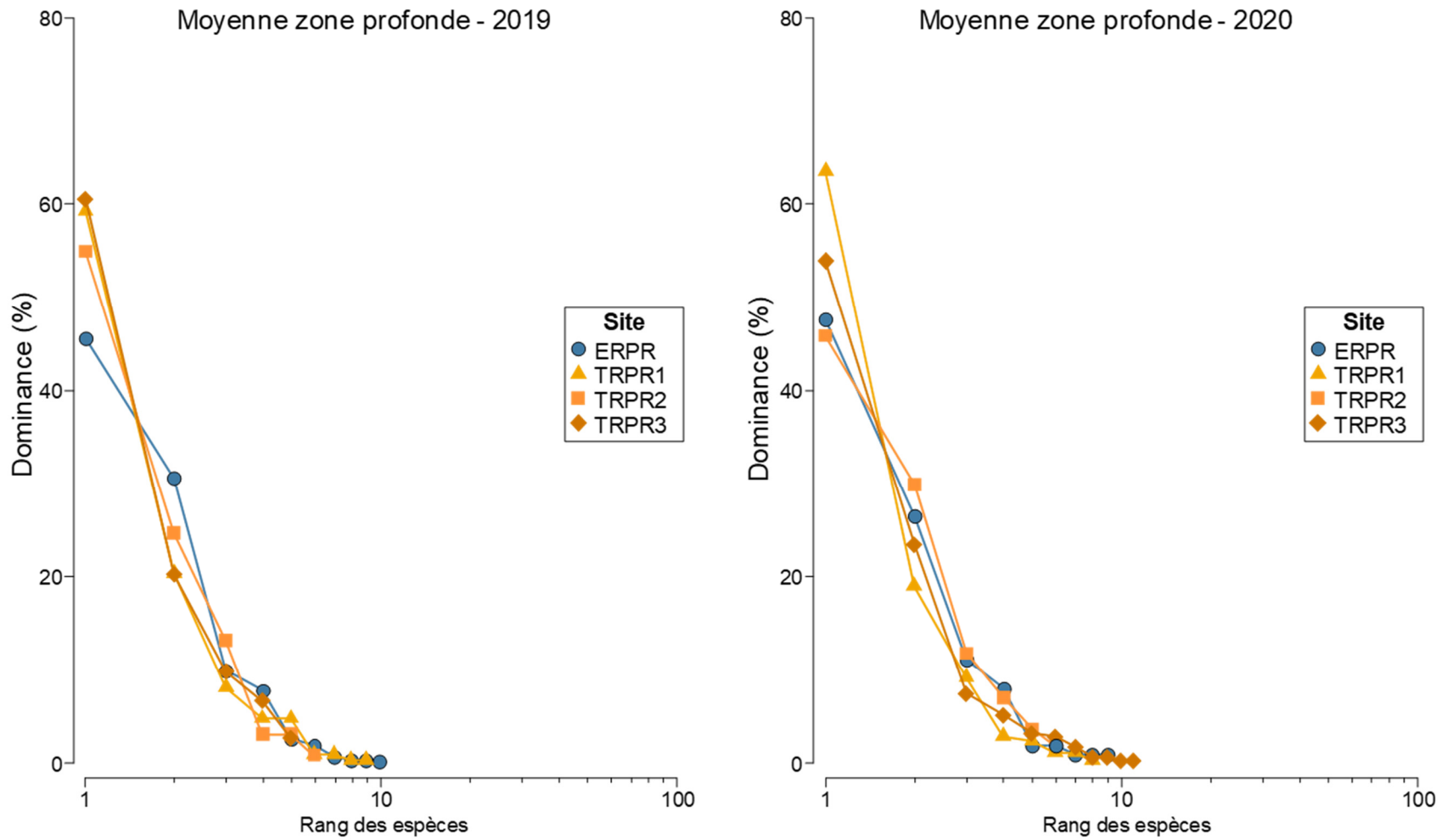


Figure 27. Courbes de dominance basées sur les moyennes des abondances pour la zone de profonde

Tableau 34. Résumé des contributions des taxons aux dissimilarités entre les années pour chacun des sites pour la zone de profonde en 2019 et 2020

	Abondance moy. 2019 ¹	Abondance moy. 2020 ¹	Dissimilarité moyenne	Ratio diss./écart-type ²	Contribution (%)	Contribution cumulative (%)
Taxon	Site « exposé » ERPR-PF; dissimilarité = 47,69 %					
Chironomidae	3,94	2,32	5,62	1,66	11,78	11,78
Naididae	2,36	1,62	5,1	1,31	10,69	22,47
Ceratopogonidae	1,42	0,74	4,42	1,16	9,27	31,74
Leptoceridae	0,95	1,31	4,34	1,06	9,1	40,84
Sphaeriidae	4,06	2,78	4,21	1,83	8,82	49,66
Dipseudopsidae	0,98	0	3,11	0,79	6,52	56,18
NEMATODA	0,43	0,74	3,03	0,86	6,35	62,53
Hydrobiidae	1,08	0	2,96	0,74	6,22	68,75
Lumbriculidae	1	0	2,74	0,76	5,74	74,49
Taxon	Site témoin – TRPR1-PF; dissimilarité = 59,79 %					
Sphaeriidae	2,33	1,44	7,19	1,18	12,02	12,02
Leptoceridae	2,04	0,66	7,08	1,41	11,83	23,86
Unionidae	1,21	0	5,73	1,11	9,58	33,44
Epheméridae	0	1,41	4,94	1,16	8,27	41,71
NEMATODA	1,21	0,66	4,79	1,05	8,01	49,72
Chironomidae	3,61	2,81	3,93	1,27	6,58	56,3
Ceratopogonidae	0,78	0,72	3,81	0,91	6,38	62,68
Naididae	0,94	0	3,44	0,75	5,76	68,43
Mideopsidae	0,78	0	3,36	0,75	5,61	74,05
Taxon	Site témoin – TRPR2-PF; dissimilarité = 56,87 %					
Leptoceridae	2,62	0,43	12,77	2,15	22,45	22,45
Epheméridae	0	1,51	8,73	1,82	15,35	37,79
Sphaeriidae	2,17	2,37	6,84	1,24	12,02	49,82
Chironomidae	1,74	2,07	4,39	1,05	7,72	57,54
Ceratopogonidae	0,33	0,66	3,84	0,86	6,75	64,29
Dipseudopsidae	0,33	0,66	3,77	0,86	6,62	70,91
Taxon	Site témoin – TRPR3-PF; dissimilarité = 40,16 %					
Molannidae	0,51	1,85	6,08	2,33	15,13	15,13
Epheméridae	0	1,61	5,69	1,91	14,17	29,3
Ceratopogonidae	1,21	1,15	3,84	1,12	9,57	38,87
Chironomidae	2,82	3,42	3,38	1,48	8,41	47,28
Sphaeriidae	3,19	3	3,36	1,26	8,37	55,65

	Abondance moy. 2019 ¹	Abondance moy. 2020 ¹	Dissimilarité moyenne	Ratio diss./écart-type ²	Contribution (%)	Contribution cumulative (%)
Leptoceridae	1,18	1,31	3,31	1,11	8,24	63,88
Tetrastemmatidae	0	0,66	2,65	0,79	6,6	70,48

¹ Abondance moyenne transformée à la racine quatrième.

² Un ratio élevé indique que le taxon est un taxon discriminant entre les années.

Les résultats sont basés sur les mesures de ressemblance de Bray-Curtis.

Seuls les taxons contribuant cumulativement jusqu'à 70 % des différences sont présentés.

3.5 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

En 2019 et 2020, des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations et pour tous les sites, à des densités totales jugées faibles à moyennes, variant entre 29 et 9 536 org./m². La zone profonde présente une densité moyenne d'organismes nettement plus faibles (moyennes respectives de 2019 et 2020 de 413 org./m² et 173 org./m²) que la zone de marnage supérieure (1 457 org./m² et 514 org./m²) et inférieure (2 355 org./m² et 1 941 org./m²). Des organismes ont été observés dans toutes les stations depuis 2019.

Globalement, la richesse taxonomique était aussi plus faible en zone profonde (respectivement 2019 et 2020 : 17 et 17 taxons différents identifiés) comparativement à la zone de marnage supérieure (26 et 28 taxons) et inférieure (31 et 35 taxons).

ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE

Dans la zone de marnage supérieure, les organismes les plus nombreux dans les échantillons sont les insectes de la famille des *chironomidae*, suivi des mollusques de la famille des *sphaeriidae* et des *valvatidae* et ensuite des annélides de la famille des *naididae*. La proportion de chacun des taxons est très variable entre les sites et les années.

Variabilité naturelle interannuelle

Pour l'ensemble des sites, certaines tendances globales ont été observées entre 2019 et 2020 pour la zone de marnage supérieure (tableau 11, Source : Période). Une diminution des abondances totales d'organismes et une diminution de l'abondance des chironomides ont été observées en 2020. À l'inverse, la richesse, la diversité et l'équitabilité ont généralement augmenté en 2020. Il est important de noter que le site témoin TRPR2 montre beaucoup de variabilité au niveau des divers indicateurs et suit régulièrement des tendances inverses aux autres sites témoins. Notamment, TRPR2 avait une densité moyenne d'EPT presque trois fois plus élevée que le second site présentant le plus d'EPT en 2019, puis presque aucun EPT n'y a été observé en 2020, alors que leur densité avait légèrement augmenté sur les autres sites témoins (tableau 9). Cet extrême a d'ailleurs causé une différence significative avec une tendance à la baisse entre 2019 et 2020 pour l'ensemble des sites (tableau 11).

Pour l'ensemble des sites, des différences interannuelles ont été observées au niveau des courbes de dominance, de la structure et de la composition des communautés entre 2019 et 2020 (tableau 13, Source : Période). Ceci signifie que globalement, l'identité, et potentiellement la répartition des abondances, des taxons a varié entre les années pour l'ensemble de sites. Comme pour l'équitabilité, les courbes de dominance sont significativement différentes entre 2018 et 2019, et cela s'explique par une répartition plus équitable des abondances entre les huit taxons dominants en 2020 par rapport à cinq taxons pour la même dominance cumulative en 2019, et ce, pour l'ensemble des sites (taxons par ordre d'importance, peu importe l'identité) (figure 10).

Comparaisons tendances site « exposé » vs sites témoins

En ce qui a trait à la vérification des tendances des indicateurs du site « exposé » en comparaison avec les tendances des sites témoins, une seule différence significative a été observée pour la zone de marnage supérieure (tableaux 11 et 13, Source : Expo. x Pér.). Seule l'abondance des chironomides a montré une différence significative entre le site « exposé » et les sites témoins. Une forte baisse de l'abondance des chironomides a été observée au site « exposé », passant de 1 514,5 org./m² à 263,8 org./m², tandis que seul le site témoin TRPR2 a montré une chute similaire. Tous les autres indicateurs ne sont pas statistiquement différents entre le site « exposé » et les sites témoins avant et après les travaux de rechargement. Le site « exposé » s'est donc comporté de manière similaire aux sites témoins pour la majorité des indicateurs. De plus, il est important de souligner que le seul effet observé est un effet sur une unique famille et que la variabilité au sein d'un seul taxon sera plus élevée qu'au niveau d'une communauté entière.

ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE

Dans la zone de marnage inférieure, les organismes les plus nombreux dans les échantillons sont les insectes diptères de la famille des *chironomidae*, suivi des annélides de la famille des *naididae* et des mollusques de la famille des *sphaeriidae* en 2019, tandis qu'en 2020 les *naididae* sont plus nombreux que les *chironomidae*. La proportion de chacun des taxons est très variable entre les sites et les années.

Variabilité naturelle interannuelle

Pour l'ensemble des sites, certaines tendances globales ont été observées entre 2019 et 2020 pour la zone de marnage inférieure, dont seulement une baisse de l'abondance des chironomides est significative (tableau 21, Source : Période).

Pour l'ensemble des sites, des différences interannuelles ont été observées au niveau des courbes de dominance, de la structure et de la composition des communautés entre 2019 et 2020 (tableau 23, Source : Période). Ceci signifie que globalement, l'identité, et potentiellement la répartition des abondances, des taxons a varié entre les années pour l'ensemble de sites. En ce qui a trait aux courbes de dominance, le second taxon dominant occupe en moyenne une plus grande importance en 2019 qu'en 2020, alors que les taxons entre le 6^e et le 10^e rang occupent une plus grande partie des abondances en 2020 (figure 18). Ceci n'est pas reflété au niveau de l'équitabilité sans doute étant donné la tendance inverse du site « exposé » (voir ci-dessous).

Comparaisons tendances site « exposé » vs sites témoins

En ce qui a trait à la vérification des tendances des indicateurs du site « exposé » en comparaison avec les tendances des sites témoins, deux différences significatives ont été observées pour la zone de marnage inférieure (tableaux 21, Source : Expo. x Pér.). L'équitabilité a diminué en 2020 au site « exposé » alors qu'elle a augmenté pour les sites témoins. La contribution des dominants a augmenté en 2020 pour le site « exposé » alors qu'elle a diminué ou qu'elle est restée stable pour les sites témoins. Le patron de ces deux indicateurs pour le site « exposé » est interrelié. Effectivement, une baisse de l'équitabilité est synonyme d'une augmentation de dominance. Ceci semble directement lié à la présence des annélides de la famille des *naididae*, le taxon dominant pour les deux années, dont la fréquence est passée de 40 % des abondances à 65 % des abondances totales en 2020 au site « exposé ». Il est important de noter que la proportion d'annélides était déjà non négligeable préalablement aux travaux. Tous les autres indicateurs ne sont pas statistiquement différents entre le site « exposé » et les sites témoins avant et après les travaux de rechargement. Le site « exposé » s'est donc comporté de manière similaire aux sites témoins pour la majorité des indicateurs.

ZONE PROFONDE

Dans la zone profonde, les organismes les plus nombreux dans les échantillons sont les mollusques de la famille des *sphaeriidae*, suivis des insectes de la famille des *chironomidae* et des trichoptères de la famille des *leptoceridae* et, seulement pour 2020, des éphéméroptères de la famille des *ephemeridae*. La proportion de chacun des taxons est plus uniforme entre les sites et les années que pour les zones de marnage supérieure et inférieure.

Variabilité naturelle interannuelle

Pour l'ensemble des sites, deux tendances globales ont été observées entre 2019 et 2020 pour la zone profonde (tableau 31, Source : Période), soit une diminution de l'abondance totale et de l'abondance des chironomides entre 2019 et 2020. Il est cependant important de noter que ces deux effets sont causés par une baisse marquée au site « exposé » et qu'en retirant le site « exposé » des analyses, cette tendance n'est plus observée. La richesse, la diversité, l'équitabilité et le pourcentage de contribution du taxon dominant sont généralement relativement stables entre 2019 et 2020 pour la zone profonde. Le site « exposé » s'est donc comporté de manière similaire aux sites témoins pour la majorité des indicateurs à l'exception de ceux comportant l'abondance des chironomides (voir comparaisons tendances ci-dessous).

Pour l'ensemble des sites, des différences interannuelles ont été observées au niveau de la structure et de la composition des communautés entre 2019 et 2020 (tableau 33, Source : Période). Ceci signifie que globalement, l'identité, et potentiellement la répartition des abondances, des taxons a varié entre les années pour l'ensemble de sites.

Comparaisons tendances site « exposé » vs sites témoins

En ce qui a trait à la vérification des tendances des indicateurs du site « exposé » en comparaison avec les tendances des sites témoins, quatre différences significatives ont été observées pour la zone profonde (tableaux 31, Source : Expo. x Pér.). L'abondance totale et l'abondance des chironomides a diminué en 2020 au site « exposé » alors que l'indice EPT/C a augmenté. Une différence significative est également présente au niveau de la structure des communautés. Les différences observées pour l'abondance totale, l'indice C et l'indice EPT/C sont interreliées par la diminution des abondances des chironomides. Effectivement, en retirant les chironomides des abondances totales, l'interaction Exposition x Période n'est plus significative (PER-ANOVA, Exposition x Période, Pseudo- $F_{1,18} = 5,11$ $p_{perm} = 0,164$) indiquant l'importance des chironomides dans ce résultat, alors que l'indice EPT/C dépend directement des abondances des chironomides.

En ce qui a trait à la structure, les analyses post-hoc révèlent que le site « exposé » n'est plus différent des sites témoins en 2020. Le site « exposé » serait ainsi plus proche de la variabilité naturelle à la première année suivant les travaux qu'auparavant. Finalement, il est fort probable que ce rapprochement soit, lui aussi, attribuable à la diminution des chironomides. Effectivement, 11,8 % de la dissimilarité des communautés au site « exposé » sont attribuées aux chironomides, de même qu'à la diminution de l'abondance totale des annélides de la famille des *naididae* (10,7 %) et à la diminution des mollusques de la famille des *sphaeriidae* (8,8 %) (tableau 34). Ces trois taxons ont les ratios les plus élevés ce qui indique que leur contribution est constante au sein des stations (tableau 34). Finalement, le rapprochement entre le site « exposé » et les sites témoins pourrait aussi être attribué à la diminution du trichoptère de la famille des *leptoceridae* chez les témoins ainsi qu'au fait que les éphémères ont été recrutés sur tous les sites, bien qu'en moindre proportion au site « exposé ».

Tous les autres indicateurs ne sont pas statistiquement différents entre le site « exposé » et les sites témoins avant et après les travaux de rechargement. Le site « exposé » s'est donc comporté de manière similaire aux sites témoins pour la majorité des indicateurs.

4 CONCLUSION

Concernant les travaux de rechargement de plage en rivière, trois sites témoins et un site « exposé » ont été inventoriés en 2019 afin de constituer l'état de référence pour le suivi des communautés d'invertébrés benthiques reliés au PSBLSJ et en 2020 pour le suivi à l'an 1 post-travaux. Ces suivis ont permis de documenter les abondances naturelles des invertébrés benthiques dans le secteur de Saint-Prime, et ce, pour trois strates de profondeur sur chacun des quatre sites. Les travaux de rechargement de plage ont été effectués au site « exposé » à l'hiver 2019-2020.

Les densités des invertébrés benthiques (nombre d'organismes par échantillon) se sont avérées nettement plus faibles pour la zone profonde comparativement à la zone de marnage supérieure (2^e rang) et inférieure (1^{er} rang). On retrouve le même résultat concernant la richesse taxonomique qui présente le nombre de taxons total inventorié par échantillon.

Pour l'ensemble des sites (« exposé » et témoins), une variabilité interannuelle est présente pour plusieurs indicateurs entre les zones de profondeur. Cette variabilité interannuelle est représentative des variations naturelles présentes dans le système. Pour l'ensemble des sites de la zone de marnage supérieure, les abondances totales des organismes et l'abondance des chironomides ont diminué, alors que la richesse, la diversité et l'équitabilité ont généralement augmenté entre 2019 et 2020. Pour l'ensemble des sites de la zone de marnage inférieure, les abondances totales d'organismes et l'abondance des chironomides ont diminué, alors que la richesse, la diversité et l'équitabilité ont généralement augmenté entre 2019 et 2020. Les résultats du suivi présentent une plus grande homogénéité entre les sites et entre les années pour la zone profonde. Pour l'ensemble des sites de la zone profonde, les abondances totales d'organismes et l'abondance des chironomides ont diminué entre 2019 et 2020. Les autres indicateurs sont généralement relativement stables entre 2019 et 2020. Même si les sites sont localisés de façon rapprochée dans le secteur à l'étude, ces résultats démontrent une certaine variabilité spatiale ainsi qu'une certaine variabilité temporelle des conditions en rivière.

Globalement, la structure, la composition et les courbes de dominance (zone de marnage seulement) des communautés ont également varié annuellement ce qui signifie que globalement, les abondances et l'identité des taxons ont varié entre les années pour l'ensemble de sites et des profondeurs. En somme, ces résultats indiquent que la variabilité interannuelle est un facteur important dans la détermination des taxons présents et dans la répartition de leurs abondances.

Les comparaisons des tendances des indicateurs du site « exposé » avec les tendances des sites témoins ont montré peu d'effets significatifs et montrent donc généralement des patrons semblables entre avant (2019) et après (2020) les travaux. Sur 11 indicateurs statistiquement testables par zone de profondeur, 7 différences significatives ont été observées pour cette première année du suivi des effets des travaux. Pour la zone de marnage supérieure, un seul effet significatif a été observé, soit une baisse significative du nombre de chironomides plus prononcée au site « exposé » qu'aux sites témoins. Pour la zone de marnage inférieure, deux différences significatives entre le site « exposé » et les sites témoins ont été observées. L'équitabilité a diminué en 2020 au site « exposé » alors qu'elle a augmenté pour les sites témoins. À l'inverse, la contribution des dominants a augmenté en 2020 pour le site « exposé » alors qu'elle a diminué ou qu'elle est restée stable pour les sites témoins. Ceci semble directement lié à la présence des annélides de la famille des *naididae*, le taxon dominant pour les deux années, dont la fréquence est passée de 40 % des abondances à 65 % des abondances totales en 2020 au site « exposé ». Finalement, 4 différences significatives ont été observées pour la zone profonde : les abondances totales et la densité des chironomides ont diminué au site « exposé » alors que les témoins sont généralement restés stables. Ceci a occasionné une augmentation de l'indice EPT/C (Éphéméroptère-Plécoptère-Trichoptère/Chironomides). Une différence significative obtenue au niveau de la structure des communautés indique que la structure des communautés au site « exposé » serait plus proche de la variabilité naturelle à la première année suivant les travaux qu'auparavant. Pour tous les autres indicateurs

testés, le site « exposé » et les sites témoins se sont comportés de manière similaire, et ce, pour toutes les zones de profondeur.

La plupart des indicateurs pour lesquels un effet significatif entre le site « exposé » et les sites témoins a été détecté sont dus à une diminution plus prononcée des chironomides pour les zones de marnage supérieure et profonde au site « exposé ». Ces effets ne sont pas considérés alarmants, puisque les abondances des chironomides, bien qu'elles aient davantage diminué au site « exposé », sont en réalité devenues plus comparables aux abondances observées chez les témoins en 2020. De plus, une forte diminution des chironomides a également été observée pour les témoins ayant de fortes abondances du taxon. Finalement, deux effets en lien avec l'augmentation des annélides de la famille des *naididae* ont été observés pour la zone de marnage inférieure au site « exposé ».

En somme, la seconde année du suivi des communautés benthiques (an 1) indique que les abondances des invertébrés benthiques sont faibles à moyennes et que les changements observés au site « exposé » se situent, pour la grande majorité (79 % du total des indicateurs), dans la variabilité naturelle du système local. La diminution des chironomides et les autres changements que cette diminution a occasionnés au site « exposé » comparativement aux sites témoins pour la zone de marnage supérieure et la zone profonde a généralement rendu le site « exposé » davantage semblable aux sites témoins, tel que reflété par l'absence de différence en structure en 2020 entre le site « exposé » et les sites témoins pour la zone profonde. Même si les sites étaient localisés de façon rapprochée dans le secteur à l'étude, ces résultats démontrent une variabilité spatiale importante des conditions en rivière. Les deux prochains suivis prévus en septembre 2021 et septembre 2022 pourront apporter une meilleure compréhension de la dynamique des communautés et pourront confirmer ou infirmer les tendances présentes à la première année suivant les travaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON, M.J., R.N. Gorley et K.R. Clarke. 2008. *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods*. PRIMER-E: Plymouth, Royaume-Uni. 214 p.
- CLARKE, K.R. 1993. *Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure*. Australian journal of Ecology 18 :117-143.
- CLARKE, K.R. et R.M. Warwick. 2001. *Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation 2nd edition*. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- CLARKE, K.R., Gorley, R.N., Somerfield, P.J. et R.M. Warwick. 2014. *Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation 3rd edition*. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- CLARKE, K.R. et R.N. Gorley. 2015. *PRIMER v7: User manual/tutorial*. PRIMER-E: Plymouth, Royaume-Unis. 296 p.
- CLARKE, K.R., Tweedley, J.R. et F.J. Valesini. 2013. *Simple shade plots aid better long-term choices of data pre-treatment in multivariate assemblage studies*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 94(1), p. 1-16.
- CLIFFORD, H.T. et Stephenson W. 1975. *An introduction to numerical classification*. Academic Press, New York, 229 pages.
- ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC. 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. 39 pages.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. *Guide pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement par les mines de métaux*. Pagination multiple.
- GRALL, J. et N. Coïc. 2006. *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire des sciences de l'Environnement marin. 91 p.
- GRAY J.S. et M. Elliot. 2009. *Ecology of Marine Sediments: From Science to Management*. Oxford University Press, Oxford, UK. 225 p.
- JONES, C., K.M. Somers, B. Craig et T.B. Reynoldson. 2007. *Ontario Benthos Biomonitoring Network Protocol Manual*. Ontario, Ministry of Environment.
- MANDAVILLE, S.M. 2002. *Benthic macroinvertebrates in freshwaters. Taxa tolerance values, metrics and protocols*. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. 47 p.
- MERRITT, R.W., K.W. Cummins et M.B. Berg eds. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4rd ed., Kendall/Hunt, Dubuque, IA, 1158 pp.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2013. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013*. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2^e édition : 88 p. (incluant 6 ann.).
- MONTGOMERY, D.C. 2012. *Design and analysis of experiments, Eight edition*. États-Unis : John Wiley & Sons, Inc. 752 p.
- MOULTON II, S.R., J.L. Carter, S.A. Grotheer, T.F. Cuffney et T.M. Short. 2000. *Methods of analysis by the U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory; processing, taxonomy, and quality control*

of benthic macroinvertebrate samples. Open-file report 00-212. U.S. Geological Survey (USGS), Denver. 49 p.

- PEET, R.K. 1974. *The measurements of species diversity*. Annual Review of Ecological and Systematics, vol. 5, 285-307. doi:10.1146/annurev.es.05.110174.001441
- PELLETIER, L. 2002. *Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996*. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq n° ENV/2002/0291, rapport n° EA/2002-02, 85 p. et 4 annexes.
- QUINN, G.P. et M.J. Keough. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press. 537 p.
- ROY, V. 2014. *Étude des facteurs environnementaux structurant la diversité et la distribution des communautés benthiques de l'Arctique canadien*. Thèse de doctorat. Université du Québec à Rimouski. 275 p.
- THORP, J.H. et A.P. COVICH. 2010. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*, Third edition. Elsevier Science. 1 088 pp.
- VALENTINE, M. 1989. *Étude de la densité et de la répartition de la faune ichthyenne et benthique du lac Saint-Jean*. Centre Écologique du Lac Saint-Jean inc., Saint-Félicien. 49 p. et annexes
- WSP. 2015. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026, Étude d'impact sur l'environnement*. Rapport produit pour Rio Tinto Alcan. Pagination multiple + annexes.
- WSP. 2021. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 – Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean / rechargement de plage en lac à Saint-Henri-de-Taillon au site 88.15.01 (2018 À 2020)*. Rapport produit pour Rio Tinto. 154 p. et annexes.

ANNEXE

1

PROTOCOLE 2018-2019 POUR
LE SUIVI DES COMMUNAUTÉS
D'INVERTÉBRÉS
BENTHIQUES
AU LAC SAINT-JEAN



NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Rio Tinto		
PROJET :	PSBLSJ 2018-2027	Réf. WSP :	191-11118-00
OBJET :	Protocole 2018-2019 pour le suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean	DATE :	29 août 2019
DESTINATAIRE :	Mme Caroline Jollette		
C.C. :	MFFP, MELCC		
	Changements Août 2019 (voir dans le texte p. 4 et 6 à 8)		

1 MISE EN CONTEXTE

Suite aux différentes rencontres de discussions tenues avec le MELCC et le MFFP dans le cadre du renouvellement du décret du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ), Rio Tinto s'est engagée à mettre en œuvre, dès 2018 selon le calendrier des travaux, une caractérisation de la faune invertébrée benthique.

Le présent document constitue le protocole final ajusté suite aux commentaires reçus et discutés avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Le protocole d'échantillonnage établi en collaboration avec le MFFP et le MELCC sera appliqué dans la première année de l'adoption du nouveau décret. Une planification de suivi sera déposée l'été précédent chaque campagne d'inventaire.

Les objectifs de l'étude sont de :

- Caractériser la communauté d'invertébrés benthiques avant et après trois types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean et ce dans deux types de milieux, soit à l'embouchure de rivière et en lac.
- Documenter l'impact de différents types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean sur l'abondance des invertébrés benthiques.

2 MÉTHODOLOGIE PROPOSÉE

Afin d'être conforme au décret, il est proposé de couvrir à l'aide du plan d'échantillonnage les trois types d'ouvrages répartis dans deux types de milieux différents. Pour bien cerner l'effet environnemental potentiel relié aux travaux, notamment dans le cadre des rechargements, il sera important de considérer si des rechargements ont déjà été réalisés à proximité du secteur par le passé, ainsi que la date de ces travaux qui pourraient déjà avoir modifié les conditions du secteur. Les types de travaux visés par le suivi sont :

- rechargement de plage à l'embouchure de rivière;
- rechargement de plage en lac;
- nouvelle structure (ex. épi ou brise-lames) à l'embouchure de rivière;
- nouvelle structure (ex. épi ou brise-lames) en lac;
- nouvel empierrement (ex. nouveau perré) à l'embouchure de rivière;
- nouvel empierrement (ex. nouveau perré) en lac.

Zone d'étude : La zone d'étude est variable en termes d'étendue et sera dépendante des types de travaux à réaliser.

Type de plan d'échantillonnage : Plusieurs plans d'échantillonnage permettent de détecter des changements associés à l'activité anthropique. La méthode « Before/After » (BA) implique la collecte d'informations avant la réalisation des travaux et une comparaison est réalisée avec ces données une ou plusieurs années suivant les travaux. Cette approche est simple d'utilisation et permet de suivre l'évolution des communautés benthiques.

Cette méthode n'implique généralement pas le suivi d'un site témoin. Néanmoins, afin d'avoir un portrait de la variabilité naturelle interannuelle, il est proposé d'inclure dans l'étude des sites témoins. La sélection des sites témoins permettra d'avoir un design s'approchant de celui « Before/After/Control/Impact » (BACI).

En ce qui concerne les sites témoins il est proposé d'utiliser trois sites témoins par type de travaux et par type de milieu. Ces sites témoins ne serviront pas à comparer les résultats obtenus avec les sites exposés aux travaux, mais constitueront des témoins des conditions générales qui permettront d'interpréter les variations interannuelles, si présentes, en condition autres que celles pouvant être associées aux différents types de travaux telles que la météo, les tempêtes, les niveaux d'eau, etc. Chaque site témoin fera l'objet d'une justification, d'une description sommaire des conditions ainsi qu'un historique des interventions dans le secteur.

Le design implique la prise d'échantillons dans les six sites en suivant le même protocole et en échantillonnant durant la même période avant et après la réalisation des ouvrages (Underwood 1991; Green 1979).

Période d'inventaire : L'automne est généralement la période recommandée pour réaliser des inventaires d'invertébrés benthiques (Jones et coll. 2007; MDDEFP 2013). À cette période, les communautés benthiques présentent la forte richesse. La composition en espèces et en abondance est le reflet des conditions d'été et certains stades juvéniles sont plus développés, ce qui facilite l'identification. D'autre part, selon le PSBLSJ, le niveau d'eau pourra atteindre un niveau maximum de 16 pieds et un minimum de 14 pieds entre le 24 juin et le 1er septembre, ce qui permettra d'avoir une zone de marnage supérieure complètement inondée. Le niveau maximum passera à 15,5 pieds dès le 1^{er} septembre. Entre le 8 et le 21 septembre, la contrainte du niveau minimum du lac sera abaissée graduellement de 14 pieds à 13 pieds. Par la suite, le niveau du lac pourra encore être abaissé jusqu'à 12 pieds jusqu'au 31 décembre. Pour ces raisons, il est donc proposé de réaliser l'inventaire à la fin de l'été ou au début de l'automne soit avant le 8 septembre.

Fréquence d'échantillonnage : Une seule période d'échantillonnage sera réalisée afin d'éviter les variations saisonnières. Les échantillons de chaque site seront prélevés durant la même semaine. Ce choix est supporté par les travaux de Valentine (1989) qui n'avait soulevé aucune différence significative en fonction de la période d'échantillonnage couvrant juin à octobre.

Variables à considérer dans la sélection des stations d'échantillonnage :

Différentes variables seront considérées pour réaliser les analyses et évaluer les effets des ouvrages sur les communautés benthiques.

- **Site « exposé » :** Le site « exposé » se définit comme un site où des ouvrages sont réalisés.
- **Sites témoins :** Les sites témoins permettront de documenter la variabilité naturelle interannuelle. Pour chaque type de conditions (lac et embouchure de rivière) et pour chaque type de travaux (rechargement, structure et empierrement) trois sites témoins seront choisis; un exemple est présenté sur la figure 1. Le choix de sites témoins devra :
 - Ne doit pas avoir fait l'objet de travaux antérieurement, ou à tout le moins pas d'interventions au cours des 5 dernières années. Il est à noter que cette condition apporte des défis liés à la sélection des sites témoins.
 - Ne pas faire l'objet de travaux durant le suivi, à moins d'une situation urgente nécessitant une intervention pour corriger une source d'érosion importante ponctuelle résultant par exemple d'une tempête.
 - Être localisés à bonne distance des sites exposés afin de limiter les interférences provenant des travaux. De façon préliminaire, nous avons considéré qu'une distance minimale de 500 m devrait être respectée pour éviter l'effet des ouvrages.
 - Présenter des caractéristiques similaires au niveau de la rive (densité d'habitations, présence ou absence d'affluent, type de végétation, état de la bande riveraine, etc.) que les sites exposés.
 - Présenter une composition granulométrique similaire aux sites des travaux.
 - Être situés dans un secteur similaire aux sites exposés en ce qui a trait aux forces érosives et l'exposition aux vents.
 - Être similaires aux sites exposés au niveau de la présence ou l'absence de végétation aquatique.
 - Se retrouver dans un secteur où la bathymétrie est similaire (présence ou absence de fosse, rupture de pente, haut-fond, baie, etc.).

- **Variable SUBSTRAT** : La variabilité associée au substrat ne sera pas considérée comme un facteur, mais sera intégrée lors de la sélection du site témoin. Ainsi, les sites exposés et témoin devront avoir un substrat similaire afin de limiter la variabilité des communautés d'invertébrés benthiques.
- **Variable ANNÉE** : Cette variable sera un facteur à considérer dans les analyses statistiques. L'échantillonnage des stations sera réalisé avant et après la réalisation des ouvrages selon le calendrier suivant :
 - An 0 : Avant de réaliser les travaux (ex. pour des travaux prévus à l'automne 2018 ou à l'hiver 2019 : échantillonnage en septembre 2018).
 - An 1 : À l'automne suivant la réalisation des travaux.
 - An 2 : Au deuxième automne suivant la réalisation des travaux.
 - An 3 : Au troisième automne suivant la réalisation des travaux.
- **Variable DISTANCE** : Tel que recommandé dans la section traitant de la sélection des sites témoins, la bathymétrie devrait être similaire entre les stations « exposées » et témoins afin d'éviter de retrouver des patrons de distribution des stations trop différents. Ce choix permettra de limiter le plus possible le biais associé à la distance avec la rive. Cette variable sera tout de même mesurée au terrain puis prise en compte lors de certaines analyses univariées.

Méthode d'échantillonnage : Il est proposé de placer, au total, cinq stations d'échantillonnage par élévation, et ce pour chaque site pour un total de 15 stations (figure 2). À chaque station, il est prévu de prélever trois sous-échantillons de benthos qui seront mis ensemble afin de constituer un échantillon composite pour augmenter la superficie couverte. Chaque sous-échantillon de benthos sera composé de deux coups de benne. Une superficie de 0,14 m² sera ainsi échantillonnée à chaque station. Un échantillon de sédiments sera également récolté afin d'analyser la composition granulométrique selon l'échelle de Wentworth. Les coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage seront relevées au moyen d'un appareil GPS *Garmin 62s*, avec correction différentielle WAAS, offrant généralement une précision de l'ordre de 2 à 3 m.

La distance entre les stations pour les sites « exposés » sera ajustée en fonction de la longueur linéaire des travaux. Ainsi, pour un site de rechargement présentant une largeur de 200 m les stations seront également réparties sur toute la longueur (ex. 0 à 20 m, 20 à 60 m, 60 à 120 m, 120 à 180 m et 180 à 200 m). Pour une structure perpendiculaire à la rive tel un épi, deux stations seront réparties de chaque côté de la structure et distancées d'environ 20 m. Pour les sites témoins, l'espacement sera ajusté pour refléter la longueur des sites de travaux et selon les conditions du milieu avec un minimum de 20 m entre les stations.

Le même plan d'échantillonnage sera réutilisé pour chacune des stations témoins et pour tous les types d'ouvrage, et ce pour chaque année de suivi prévu (année 0 à année 3). Bref, le nombre de stations d'échantillonnage serait donc de 15 par sites pour six sites témoins généraux (lac et embouchure de rivière) et trois sites de travaux en lac et en rivière (rechargement et nouvelle structure et nouvel empiérement).

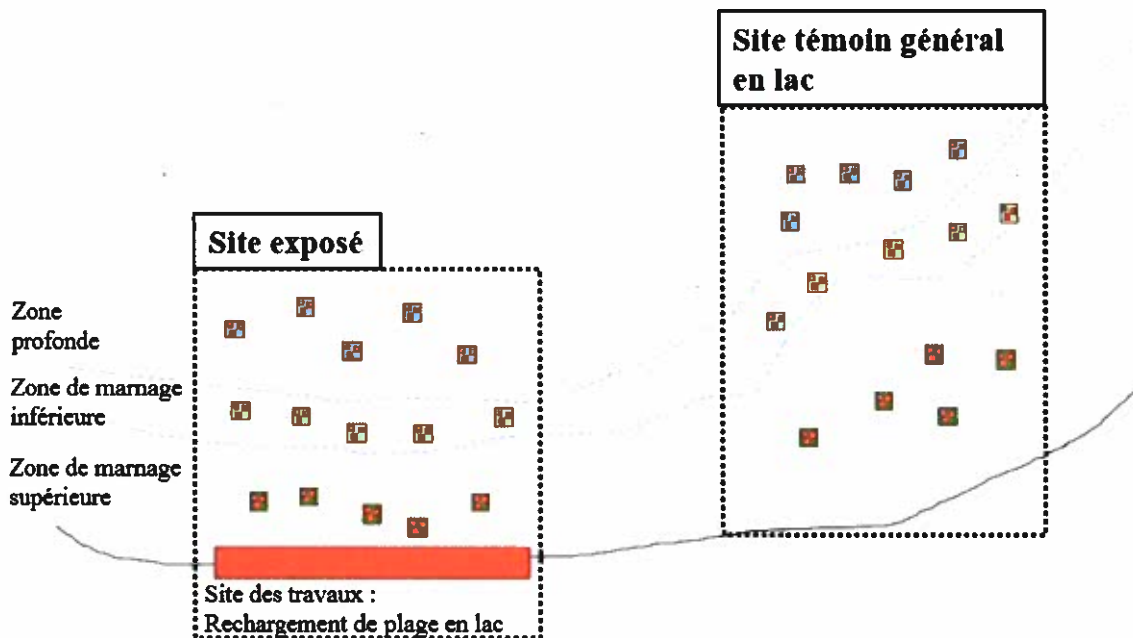


Figure 2. Exemple de plan d'échantillonnage pour un site des travaux (site « exposé ») et un site témoin (en lac)

Matériel d'échantillonnage : Une petite benne Ponar (0,023 m²) munie d'un treillis de 500 µm sera utilisée pour prélever les échantillons. Cet appareil permet de prélever les sept premiers centimètres de substrat. Ce type de benne est plus performant que le modèle Eckman qui présente des problèmes de fermeture en présence de substrat plus grossier.

Une fois récoltés, les échantillons seront tamisés à l'aide d'un tamis de 500 µm afin de conserver uniquement les organismes prélevés. Il est possible qu'une grande quantité de substrat soit récoltée et qu'un fractionnement soit nécessaire lorsque le refus du tamis contient encore beaucoup de substrat. Pour réaliser le fractionnement, le refus qui contient encore beaucoup de sable sera étalé uniformément au fond d'un bac rectangulaire à fond plat préalablement quadrillé. Dépendamment de la quantité de refus, une ou plusieurs parts seront prélevées afin de remplir un pot de 1,5 L. Cette portion représentera ainsi l'échantillon à analyser. La fraction du refus prélevée sera notée afin d'ajuster les calculs d'abondance subséquemment.

En présence de sable trop grossier ou de gravillon, il sera nécessaire d'appliquer la méthode d'élutriation afin de faciliter le tri des échantillons et la récolte des spécimens. L'élutriation est un procédé permettant de retirer une substance d'un mélange en procédant au lavage et à la décantation. Elle permet aux particules les plus légères, soit les débris organiques et les invertébrés benthiques, de se séparer des particules plus lourdes (substrat). Pour ce faire, un vortex est créé afin de pousser les organismes vers le haut (figure 3). Le substrat étant plus lourd, celui-ci demeure en place au fond du bocal. Le mélange est ensuite délicatement versé dans un tamis afin de récupérer les organismes. Cette opération est répétée

minimalement cinq fois en versant de l'eau propre sur le substrat. À la fin, une inspection visuelle du substrat est réalisée afin de s'assurer que les plus gros organismes ont été récupérés (ex : mollusques, gastéropodes). Une validation de contrôle/qualité du substrat sera réalisée sur 10 % des échantillons afin d'évaluer le pourcentage d'organismes qui n'ont pas été récupérés par cette méthode.



Figure 3. L'échantillon est brassé afin de créer un vortex dans l'eau. L'échantillon est ensuite versé dans un tamis afin de récolter uniquement les organismes qui remontent à la surface (figure tirée de Burres, 2010)

Les échantillons de chaque station seront conservés séparés dans une solution d'éthanol à 80 % dans des bocaux à couvercle étanche jusqu'à leur traitement au laboratoire.

Travaux de laboratoire : Le tri et l'identification des organismes benthiques seront réalisés par des professionnels qualifiés. Au laboratoire, les échantillons seront rincés à l'eau claire dans des tamis superposés. Les organismes récoltés seront dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxonomiques. Un contrôle de la qualité du tri sera effectué sur certains échantillons par une personne autre que le trieur d'origine. Les méthodes utilisées lors du tri seront recommandées par les experts mandatés. L'identification taxonomique des organismes benthiques seront réalisés à l'aide de clés d'identification citées dans Merrit et coll. (2008) et dans Thorp et Covich (2010).

Niveau taxonomique pour l'identification : Le niveau d'identification proposé est celui de la famille et il pourra être précisé dans des cas plus faciles. Ce niveau taxonomique est celui recommandé par Jones et coll. (2007) pour ce genre d'étude.

La méthodologie d'analyse est basée sur des protocoles que les Laboratoires SAB inc (une firme spécialisée en analyse taxonomique) utilisent depuis des années dont celui des ESEE (Étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique par les mines de métaux et les papetières) par Environnement Canada (1998 et 2002). Cette approche rejoint en tout point celle utilisée par U.S. Geological Survey (2000) sauf pour le sous-échantillonnage qui ne sera pas requis puisque les échantillons seront petits et peu riches. Une collection de référence sera également montée, mais non validée par une firme externe.

Indicateurs d'effet : Il est proposé d'utiliser plusieurs indicateurs d'effet afin d'évaluer l'effet potentiel des ouvrages sur les communautés d'invertébrés benthiques. Des indicateurs d'effet exprimant différents aspects de la structure des communautés benthiques seront utilisés pour évaluer la présence de différences avant et après les travaux. Ces indicateurs sont basés sur ceux recommandés dans le cadre de suivi biologique réalisé dans des cours d'eau (MDDEFP 2013). Les indicateurs d'effet proposé sont :

- densité totale;
- richesse taxonomique;
- indice de diversité de Shannon-Wiener;
- équitabilité de Simpson;
- coefficient de Bray-Curtis.

En raison de la faible abondance et de la faible diversité retrouvées lors du suivi réalisé en 2018, de nouveaux indices seront évalués et proposés dans un addenda au présent protocole suite à la réception des identifications taxonomiques du suivi à réaliser en 2019.

Analyses statistiques : Une combinaison d'analyses univariées et multivariées est proposée pour détecter la présence de différences significatives entre les sites et selon les années. Les analyses statistiques seront réalisées avec le logiciel R (R Core Team 2015), SYSTAT ou un équivalent. Les analyses seront réalisées en considérant le facteur ANNÉE. Sans s'y restreindre, les méthodes d'analyses envisagées sont les suivantes :

- **ANOVA :** Une analyse de variance sera réalisée pour chacun des indicateurs d'effet proposés. Les comparaisons seront réalisées pour chacune des élévations et pour chaque type d'ouvrage en utilisant une ANOVA à un seul facteur (facteur ANNÉE). Si des différences sont présentes au niveau de la distance avec la rive, le facteur distance sera également utilisé dans les analyses comme covariable.
- **PERMANOVA :** L'analyse de la structure des assemblages des communautés benthiques sera réalisée en utilisant l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis. Les comparaisons seront réalisées pour chacune des élévations en utilisant des analyses de variance multivariées par permutation (PERMANOVA). L'analyse PERMANOVA permet l'application de modèles plus complexes avec ou sans interactions. De plus, cette méthode peut être utilisée avec différentes mesures de similarité telles que les valeurs réelles et non de rang (Grégoire et coll. 2014).
- **SIMPER :** La procédure SIMPER est utilisée pour calculer la contribution des espèces à la similarité moyenne (Bray-Curtis) d'un groupe à la condition que ce dernier comprenne au moins deux échantillons. Cette procédure permet d'identifier les espèces qui sont les plus importantes dans la création des patrons de similarité entre différents groupes d'échantillons (Clarke et Warwick 2001; Grégoire et coll. 2014).
- **NMDS :** Afin de visualiser graphiquement les différences, un cadrage non métrique multidimensionnel (nMDS) sera utilisé. Chaque dimension représentera un taxon. Le but de cette représentation est de rassembler l'information provenant de multiples dimensions (par exemple, l'abondance de chacun des taxons) et de la ramener à deux dimensions afin que les données puissent être visualisées et interprétées. Cette représentation utilise les rangs, ce qui la rend flexible pour plusieurs types de données. La figure 3 présente un exemple de représentation graphique possible dans le cadre de l'étude. Dans cet exemple, chaque point représente une station échantillonnée et son indice calculé en utilisant tous les taxons présents dans cette station. Plus les stations présentent des dissimilarités au niveau des assemblages des espèces, plus la distance qui sépare les points sera grande dans le cadrage. Ainsi, selon l'exemple présenté, pour la zone de marnage supérieure pour des travaux hypothétiques concernant des rechargements de plage, les assemblages des espèces de l'an 1 seraient différents des assemblages obtenus à l'an 0 alors que les assemblages de l'an 2 et l'an 3 se rapprocheraient de ceux obtenus à l'an 0. Des tests statistiques permettraient de confirmer la significativité des différences observées.

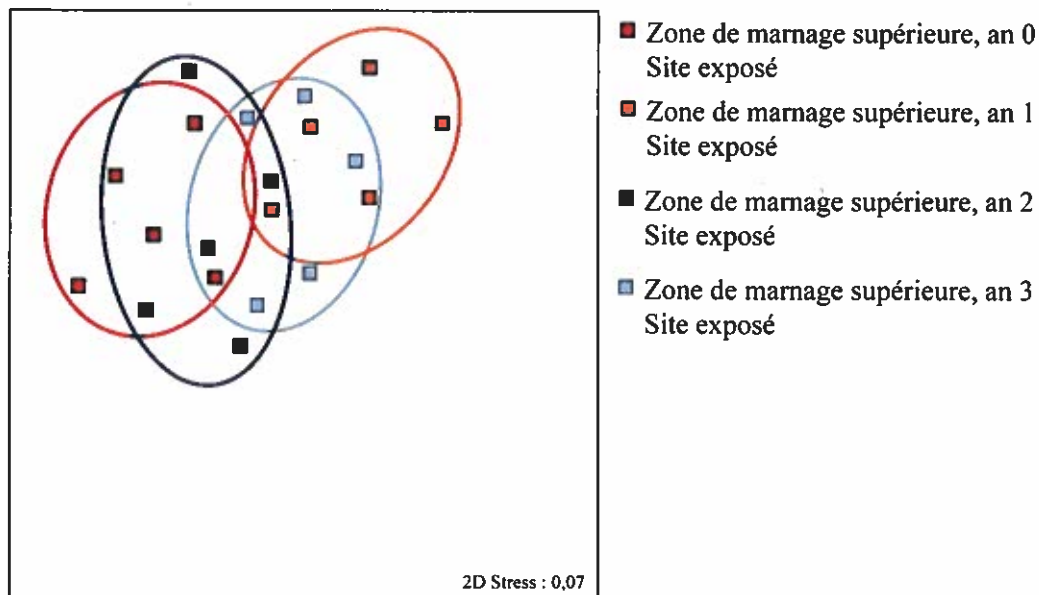


Figure 4. Exemple de cadrage non métrique multidimensionnel attendu dans le cadre de la présente étude représentant la comparaison pour les quatre années de suivi dans la zone de marnage supérieure pour un type d'ouvrage

Références

- BURRESS, Erick. 2010. *Standard Operating Procedure (SOP) 3.5.2.2. Elutriation of Sandy Rapid Bioassessment Benthic Macro Invertebrate Samples*. In State Water Resources Control Board. 2018. *Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment*. SWAMP - Clean Water Team Citizen Monitoring Program. California Water Boards. En ligne [https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/cwt_guidance.html]
- CLARKE, K.R. et R. M. Warwick. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation, 2nd edition*. PRIMER-E, Plymouth.
- GREEN, R.H. 1979. *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*, Wiley, Chichester.
- GRÉGOIRE, F., L. Girard et J.-L. Beaulieu. 2014. *Analyses de similarité appliquées sur les abondances de larves de poissons récoltées dans le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1983 et 2012*. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2014/080. v + 16 p.
- JONES, C., K.M. Somers, B. Craig et T.B. Reynoldson. 2007. *Ontario Benthos Biomonitoring Network Protocol Manual*. Ontario, Ministry of Environment.
- MERRIT, R.W., K.W. Cummins et M.B. Berg, eds. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4rd ed., Kendall/Hunt, Dubuque, IA, 1158 pp.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2013. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2^e édition : 88 p. (incluant 6 ann.).

- R CORE TEAM. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- SMITH, Eric P. 2002. *BACI design*. Volume 1, pp. 141-148 dans EL-SHARAWI, Abdel H. ET PIEGORSH, Walter W. 2002. *Encyclopedia of Environmetrics*. 2nd edition. Wiley. 2502 p.
- THORP, J.H. et A.P. Covich. 2010. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates, Third edition*. Elsevier Science. 1088 pp.
- UNDERWOOD, A.J. 1999. *Beyond BACI : Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations*. Aust. J. Mar. Freshwater Res. Vol. 42, pp 569-587.
- VALENTINE, M. 1989. *Étude de la densité et de la répartition de la faune ichthyenne et benthique du lac St-Jean*. Centre écologique du lac St-Jean Inc. 49 p. + annexes.

PRÉPARÉ PAR



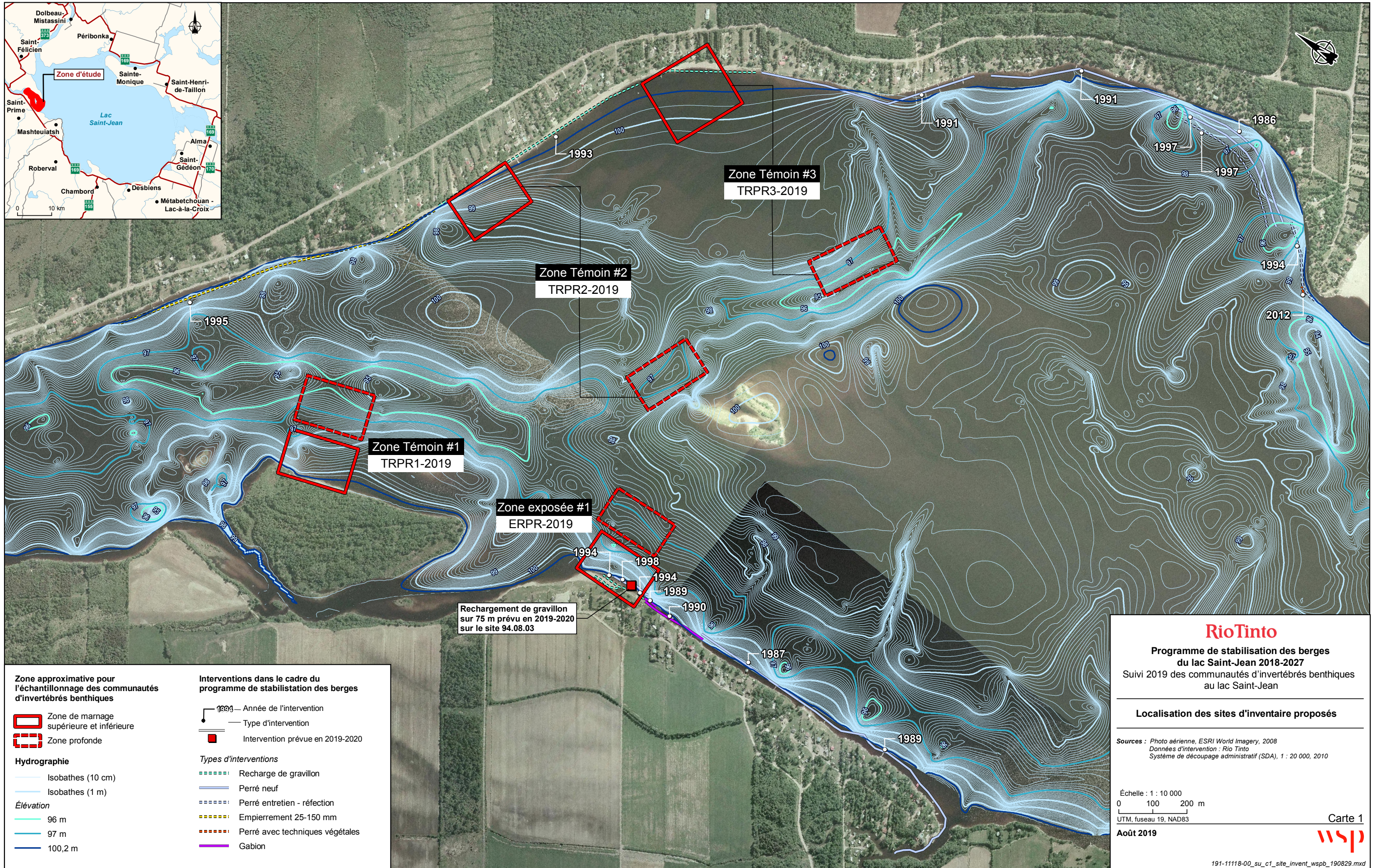
Jérôme Plourde, biologiste M. Sc.
Études environnementales

RÉVISÉ PAR



Luc Bouchard, biologiste M. Sc.
Chargé de projet

ANNEXE A



Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques

- Zone de marnage supérieure et inférieure
- Zone profonde

Hydrographie

- Isobathes (10 cm)
- Isobathes (1 m)

Élévation

- 96 m
- 97 m
- 100,2 m

Interventions dans le cadre du programme de stabilisation des berges

- Année de l'intervention
- Type d'intervention
- Intervention prévue en 2019-2020

Types d'interventions

- - - - - Recharge de gravillon
- Perré neuf
- - - - - Perré entretien - réfection
- - - - - Empierrement 25-150 mm
- - - - - Perré avec techniques végétales
- Gabion

RioTinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
Suivi 2019 des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean

Localisation des sites d'inventaire proposés

Sources : Photo aérienne, ESRI World Imagery, 2008
Données d'intervention : Rio Tinto
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte 1
wsp

191-11118-00_su_c1_site_invent_wspb_190829.mxd

ANNEXE

2

CHOIX DES SITES POUR LE SUIVI EN 2019



NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Rio Tinto		
PROJET :	PSBLSJ 2018-2027	Réf. WSP :	191-11118-00
OBJET :	Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean – Choix de sites pour le suivi 2019	DATE :	29 août 2019
DESTINATAIRE :	Mme Caroline Jolette		
C.C. :	MFFP, MELCC		

1 MISE EN CONTEXTE

Suite aux différentes rencontres de discussions tenues avec le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) dans le cadre du renouvellement du décret du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ), Rio Tinto s'est engagée à mettre en œuvre, dès 2018 selon le calendrier des travaux, un suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean.

Les objectifs de l'étude sont de :

- Caractériser la communauté d'invertébrés benthiques avant et après de trois types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean et ce, dans deux types de milieux, soit à l'embouchure de rivière et en lac.
- Documenter l'impact de différents types de travaux de stabilisation des berges au lac Saint-Jean sur l'abondance des invertébrés benthiques.

Le protocole final a été déposé le 7 septembre 2018 suite à des commentaires reçus et discutés avec le MFFP et le MELCC. Le protocole d'échantillonnage établi en collaboration avec le MFFP et le MELCC a été appliqué dans la première année de l'adoption du nouveau décret. Ce protocole sera conservé et appliqué tout au long des différents suivis à réaliser à moins de légers ajustements qui seront soumis au MFFP et MELCC au préalable comme c'est le cas en 2019. Une planification de suivi doit tout de même être déposée l'été précédent chaque campagne d'inventaire en ce qui concerne le choix des sites à suivre au cours de l'année.

Ce document présente les sites retenus à suivre pour l'année 2019. D'abord, le suivi du rechargement de plage en lac débuté en 2018 se poursuivra en 2019. De plus, un nouveau type de suivi débutera soit le **rechargement de plage en rivière**. Pour ce type de suivi, on y retrouve une description des sites des travaux ainsi que des sites témoins retenus avec un argumentaire.

2 SUIVI DES TRAVAUX DE RECHARGEMENT DE PLAGE EN LAC – SUIVI 2019 (AN 1)

Le suivi des **travaux de rechargement de plage en lac** a débuté en 2018 sur le site 88.15.01 à Saint-Henri-de-Taillon. L'état de référence a été réalisé aux sites d'inventaire ERPL-2018, TRPL1-2018, TRPL2-2018 et TRPL3-2018. Ces zones seront échantillonnées à nouveau en 2019 en appliquant le même protocole qu'en 2018 exception faite de légers ajustements soumis au préalable au MFFP et au MELCC faisant suite aux recommandations du suivi 2018.

3 SUIVI DES TRAVAUX DE RECHARGEMENT DE PLAGE EN RIVIÈRE – ÉTAT DE RÉFÉRENCE 2019 (AN 0)

Il est proposé de débiter un nouveau type de suivi soit le **rechargement de plage en rivière**. Pour ce faire, il est proposé de suivre le site 94.08.03 ainsi que trois autres sites témoins situés à l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan, au nord-ouest du lac Saint-Jean, dans les municipalités de Saint-Prime et de Saint-Félicien. Ce secteur présente l'avantage d'offrir des sites où des travaux de stabilisation seront effectués à l'automne 2019 ou à l'hiver 2020 ainsi que des sites qui n'ont jamais fait l'objet d'intervention au cours des 20 dernières années.

3.1 CHOIX DU SITE « EXPOSÉ » AUX TRAVAUX DE RECHARGEMENT DE PLAGE EN RIVIÈRE EN 2019 (ERPR-2019)

L'identification du site exposé a été effectuée en se basant sur plusieurs critères environnementaux et géomorphologiques, soit :

- composition granulométrique actuelle et future similaire au milieu naturel (gravillon);
- travaux réalisés en rivière;
- distance linéaire prévue pour le rechargement suffisamment élevée pour réaliser cinq stations d'échantillonnage (minimalement 100 m);
- absence de cours d'eau permanent dans un rayon de 500 m en amont;
- absence de structures connexes (épis, perrés, brise-lames) dans un rayon de 1 km en amont;
- la possibilité de retrouver des sites témoins similaires à proximité.

Le site 94.08.03 représente l'unique site où des interventions en lien avec le PSBLSJ sont prévues en rivière en 2019.

3.1.1 SITE 94.08.03 – SITE ERPR-2019

Ce site est localisé dans la municipalité de Saint-Prime au nord-ouest du lac Saint-Jean, près du Chemin des Oies Blanches, un secteur de villégiature développé presque exclusivement en rive (carte 1). À l'exception des habitations directement situées sur les rives, l'intérieur des terres est majoritairement de type agricole. Les rives sont peu végétalisées et dominées par des ouvrages de protection. Ce site est localisé à l'embouchure de la rivière à proximité du lac Saint-Jean et subit ainsi un marnage annuel. La pente du littoral est faible et selon les données bathymétriques, l'élévation serait supérieure à 96 m. Le substrat attendu dans ce secteur est le sable grossier/gravillon. Le site a fait l'objet d'un rechargement de

gravillon uniquement en 1994. Par ailleurs, un perré a été construit en aval du site de rechargement en 1998.

3.2 CHOIX DES SITES TÉMOINS DE RECHARGEMENT DE PLAGE EN RIVIÈRE EN 2019 (TRPR-2019)

En plus des critères énoncés ci-haut, l'identification de sites témoins a été réalisée en considérant les éléments suivants afin qu'il soit le plus similaire possible au site « exposé », tel que mentionné dans le protocole soumis préalablement au MFFP. Ainsi, un site témoin doit :

- Ne pas avoir fait l'objet de travaux antérieurement, ou à tout le moins pas d'interventions au cours des cinq dernières années. Il est à noter que cette condition apporte des défis liés à la sélection des sites témoins.
- Ne pas faire l'objet de travaux durant le suivi, à moins d'une situation urgente nécessitant une intervention pour corriger une source d'érosion importante ponctuelle résultant par exemple d'une tempête.
- Être localisé à bonne distance des sites exposés afin de limiter les interférences provenant des travaux. De façon préliminaire, nous avons considéré qu'une distance minimale de 500 m devrait être respectée pour éviter l'effet des ouvrages. En rivière, il est proposé d'éviter de positionner les sites témoins en aval ou de les placer à plus de 1 km dans l'éventualité où il n'y pas d'autres options possibles.
- Présenter des caractéristiques similaires au niveau de la rive (densité d'habitations, présence ou absence d'affluent, type de végétation, état de la bande riveraine, etc.).
- Présenter une composition granulométrique similaire aux sites des travaux.
- Être situé dans un secteur similaire aux sites exposés en ce qui a trait aux forces érosives et l'exposition aux vents.
- Être similaire aux sites exposés au niveau de la présence ou l'absence de végétation aquatique.
- Se retrouver dans un secteur où la bathymétrie est similaire (présence ou absence de fosse, rupture de pente, haut-fond, baie, etc.).

3.2.1 SITES TÉMOINS TRPR1-2019, TRPR2-2019 ET TRPR3-2019

Les caractéristiques des sites « témoins » retenus sont présentées au tableau 1 (annexe A). Les trois sites témoins sont répartis dans des secteurs où aucune intervention récente n'a été réalisée (carte 1). Le site TRPR1-2019 est situé à environ 1 km en amont du site exposé. Les sites TRPR2-2019 et TRPR3-2019 se retrouvent à plus de 1 km sur la rive opposée dans un secteur où du gravillon a été rechargé il y a plus de 25 ans. Ces deux sites sont localisés dans les limites de la ville de Saint-Félicien dans le secteur du chemin de la Pointe. À l'exception du site TRPR1-2019, tous les autres sites se retrouvent dans des secteurs de villégiature développés presque exclusivement en rive. À l'exception des habitations directement situées sur les rives, l'intérieur des terres est majoritairement de type forestier. Les rives sont peu végétalisées et dominées par une plage. On ne retrouve aucun cours d'eau permanent à proximité des sites. La pente du littoral est faible et on ne retrouverait pas de végétation aquatique. Le substrat attendu dans chacun des sites est le sable grossier/gravillon. Advenant le cas où un des sites proposés ne soit pas adéquat, une prospection sera réalisée afin de sélectionner un nouveau site témoin.

PRÉPARÉ PAR

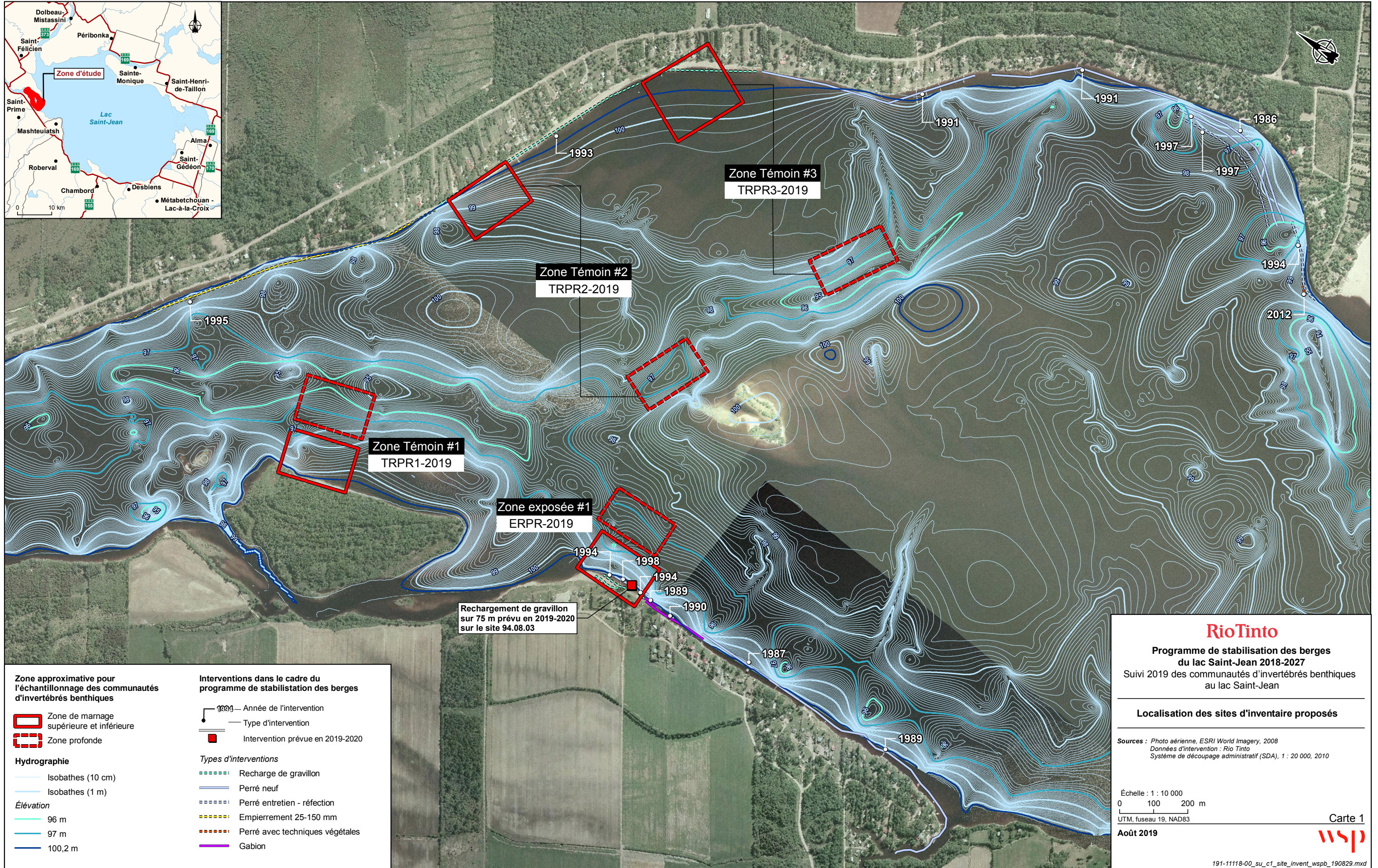


2019-08-29
Jérôme Plourde, biologiste M. Sc.
Études environnementales

RÉVISÉ PAR



Luc Bouchard, biologiste M. Sc.
Chargé de projet



Zone approximative pour l'échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques

- Zone de marnage supérieure et inférieure
- Zone profonde

Hydrographie

- Isobathes (10 cm)
- Isobathes (1 m)

Élévation

- 96 m
- 97 m
- 100,2 m

Interventions dans le cadre du programme de stabilisation des berges

- Année de l'intervention
- Type d'intervention
- Intervention prévue en 2019-2020

Types d'interventions

- Recharge de gravillon
- Perré neuf
- Perré entretien - réfection
- Empierrement 25-150 mm
- Perré avec techniques végétales
- Gabion

Rechargement de gravillon sur 75 m prévu en 2019-2020 sur le site 94.08.03

RioTinto

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027
 Suivi 2019 des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean

Localisation des sites d'inventaire proposés

Sources : Photo aérienne, ESRI World Imagery, 2008
 Données d'intervention : Rio Tinto
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Août 2019

Carte 1



ANNEXE A

Tableau 1. Caractéristiques des sites des travaux prévus en 2019 et des sites témoins retenus

Site	Borne inamovible	Secteur	Municipalité	Type de travaux	Distance linéaire prévue pour les travaux	Date des derniers travaux réalisés	Description des derniers travaux réalisés à proximité	Densité d'habitations dans le secteur immédiat	Présence de cours d'eau permanent dans un rayon de 500 m	Type de milieu en rive	État de la bande riveraine	Composition granulométrique attendue	Végétation aquatique	Orientation géographique p/r au lac Saint-Jean	Force érosive	Présence de fosses ou d'îles	Pente du littoral
<i>Site « exposé »</i>																	
93.02.02																	
Travaux en rive du lac Saint-Jean, site non retenu																	
96.06.02																	
Travaux en rive du lac Saint-Jean, site non retenu																	
91.11.02																	
Travaux en rive du lac Saint-Jean, site non retenu																	
95.11.03																	
Travaux en rive du lac Saint-Jean, site non retenu																	
94.08.03	1 à 2	Chemin des Oies Blanches	Saint-Prime	Rechargement de plage en rivière	50 m	1994	Rechargement de gravillon et perré (en aval)	Élevée en rive, nulle ailleurs	Non, petit cours d'eau agricole à environ 1,3 km en aval	Villégiature et agricole	Exposé aux vagues, talus sablonneux	Sable grossier	Aucune, à confirmer	Nord-Ouest	En lien avec la rivière	Non	Faible
<i>Site témoin</i>																	
TRPR1		Île face au Chemin des Oies Blanches (Amont)	Saint-Prime	-	-	-	-	Nulle	Non	Forestier	Exposé aux vagues, talus sablonneux	Sable grossier	Aucune, à confirmer	Nord-Ouest	En lien avec la rivière	Non	Faible
TRPR2		Chemin de la Pointe (Amont)	Saint-Félicien	-	-	1993; 1995 en amont	Rechargement de gravillon; Enrochement de la berge en amont du site2	Élevée en rive, nulle ailleurs	Non	Villégiature et forestier	Exposé aux vagues, talus sablonneux	Sable grossier	Aucune, à confirmer	Nord-Ouest	En lien avec la rivière	Non	Faible
TRPR3		Chemin de la Pointe (Aval)	Saint-Félicien	-	-	1993	Rechargement de gravillon	Élevée en rive, nulle ailleurs	Non	Villégiature et forestier	Exposé aux vagues, talus sablonneux	Sable grossier	Aucune, à confirmer	Nord-Ouest	En lien avec la rivière	Non	Faible

ANNEXE

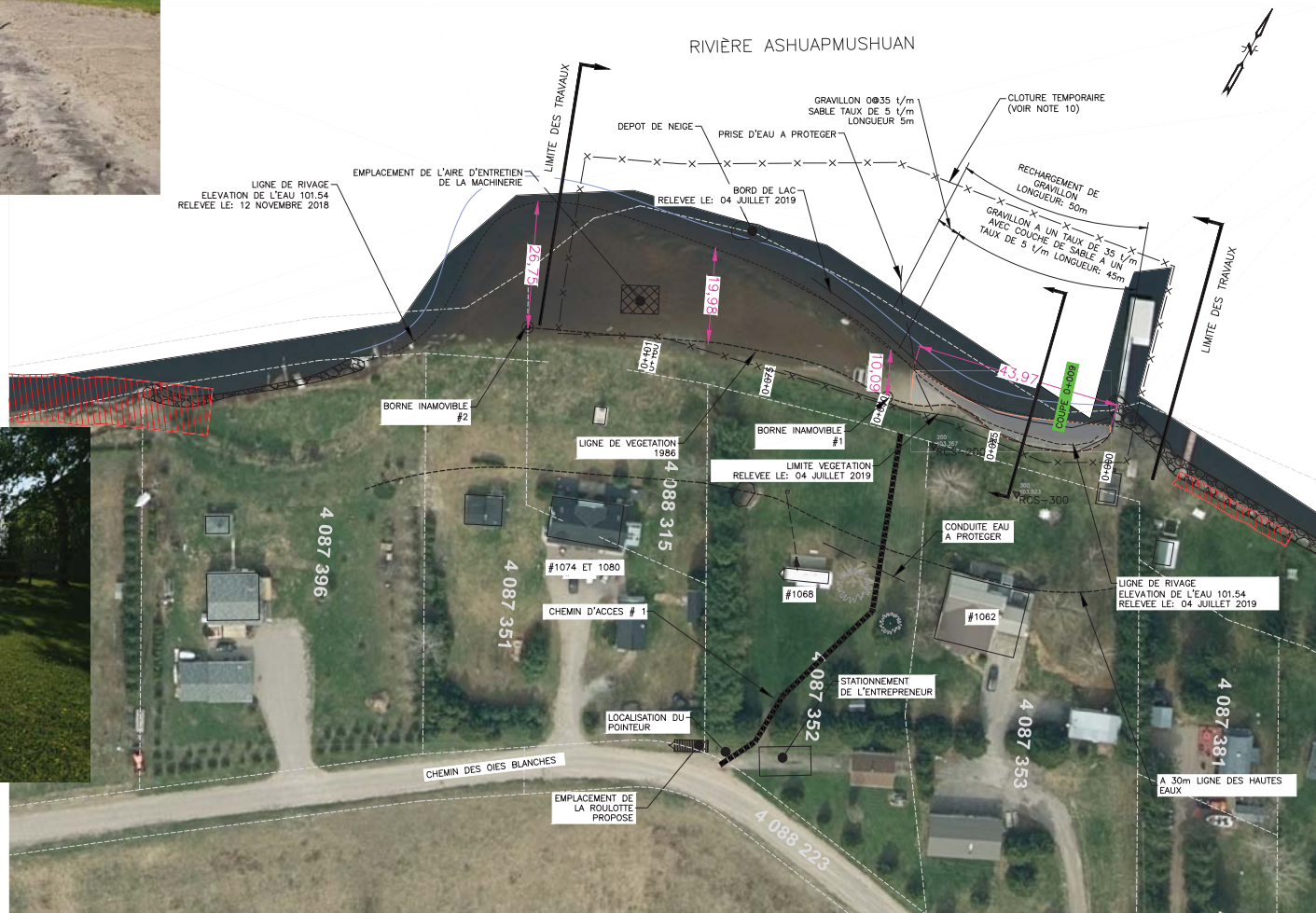
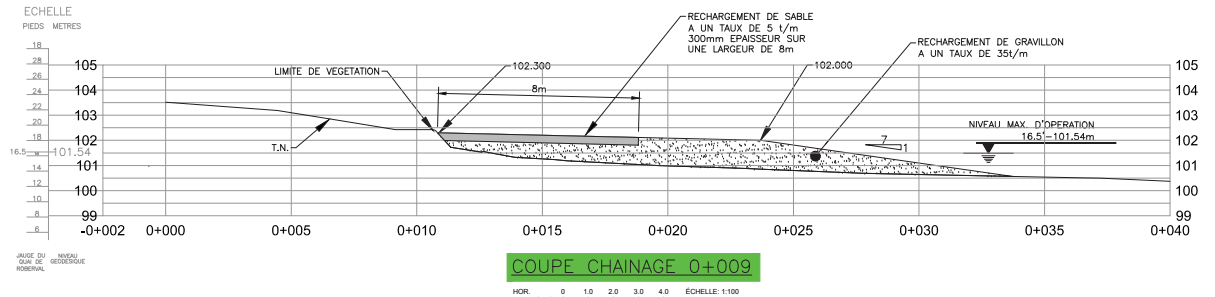
3

PLAN DES TRAVAUX DE
RECHARGEMENT DE PLAGE EN
RIVIÈRE AU SITE 94.08.03
(HIVER 2020)

NOMENCLATURE

ARTICLE	REPÈRE	QUANT.	DESIGNATION	MAT.	LONGUEUR	FOURNI PAR	REMARQUE
---			LIGNE DE LOT				
----			BT (BAS TALUS)				
-----			HT (HAUT TALUS)				
-----			CLOTURE				
⦿			POTEAU ELECTRIQUE				
⦿			POTEAU ET LAMPADAIRE				
⦿			POTEAU CORDE A LINGE				
⦿			STATION				
---			ELEVATION EXISTANTE				
---			ELEVATION PROPOSEE				
---			COURSE DE NIVEAU AU METRE				
---			COURSE DE NIVEAU AU 0.30 METRE				
---			PHOTO				
---			MILIEU TERRESTRE				
---			RECHARGEMENT DE SABLE				
---			RECHARGEMENT DE GRAVILLON				
---			ENRICHISSEMENT EXISTANT (PERRE)				
---			ENRICHISSEMENT PROPOSE (PERRE)				
---			EPI PROPOSE				
---			BATIMENT EXISTANT				
---			BOISE				
---			MUR DE SOUTÈNEMENT EXISTANT				
---			PRISE D'EAU				
---			LIGNE DE RIVAGE				
---			PROFIL BATHYMETRIQUE				
---			SONDAGE				
---			LIMITE DE LA VEGETATION				
---			RDC				
---			ZONE BIOPHYSIQUE SENSIBLE				

PLAN REPÈRE



ADRESSE ET NOM DES RIVERAINS

NUMERO	NOM DU RIVERAIN
1062	JEROME ST-PIERRE
1068	ROGER MEROZ ET LISE TREMBLAY
1074	GUY LAFLAMME
1080	GUY LAFLAMME

COORDONNEES DES STATIONS (MTM 8 NAD83)

NOM	X	Y	Z
RCS-200	389430.917	5388764.393	103.357
RCS-300	389433.822	5388744.109	103.523

COORDONNEES DES BORNES INAMOVIBLES (MTM 8)

BORNE #	X	Y
1	389 432.94	5 388 778.68
2	389 397.086	5 388 848.12

- NOTES:**
- 1-TYPE DE TRAVAUX: A) RECHARGEMENT DE GRAVILLON AVEC COUCHE DE SABLE QUI TOTALISE 50 m.
 - 2-FOND DE PLAN: 2.1 ORTHO PHOTO MOS 17_388-5388_20CM_F08.TIF 2.2 RELEVÉ BATHYMETRIQUE: JUILLET 2019 2.3 RELEVÉ TERRESTRE: JUILLET 2019
 - 3-TOUTES LES DIMENSIONS ET ELEVATIONS INDIQUEES SUR LES PLANS SONT EN SYSTEME METRIQUE
 - 4-TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES ET EN MILLIMETRES
 - 5-L'ENTREPRENEUR EST RESPONSABLE D'IMPLANTER LES REPÈRES ET DE LES VALIDER
 - 6-TOUTS LES EQUIPEMENTS EN PLACE SONT A PROTEGER ET A REMETTRE EN PLACE APRES LES TRAVAUX.
 - 7-LA LOCALISATION DES BATIMENTS EXISTANTS APPARAISSANT SUR LES PLANS EST APPROXIMATIVE
 - 8-TYPE D'APPROVISIONNEMENT: GRAVILLON ET SABLE
 - 9-ZONE BIOPHYSIQUE SENSIBLE. AUCUNE CIRCULATION ET AUCUN DEPOT DE MATERIAUX NE SONT PERMIS DANS CETTE ZONE. LES ZONES SENSIBLES DOIVENT ETRE IDENTIFIEES ET LOCALISEES SUR LE CHANTIER AVANT LE DEBUT DES TRAVAUX
 - 10-CLOTURE TEMPORAIRE LA CLOTURE DEVA ETRE AJUSTEE SUR LE TERRAIN ET INSTALLEE DE FACON SECURITAIRE AFIN D'EMPECHE L'ACCES AU PUBLIC AINSI QU'AUX VEHICULES TOUT-TERRAIN -CLOTURE DE TYPE A NEIGE DE SEKUR -HAUTEUR 1.2m -POTEAU EN TE LEGER PEINT VERT 25mmx25mmx2.1m @ 3.05m c/c
 - 11-LE NIVELLEMENT DES MATERIAUX EST PREVU AU PRINTEMPS 2020

No	DATE	BUT & DISTRIBUTION	EMETTEUR	No DE DESSINS	TITRE CONCIS	REV.	DATE	OBJET DE LA REVISION	No PROJET	RESSOURCE	DESSINE	DEMANDEUR	INGENIEUR	No CIO
A	2019/07/11	PRELIMINAIRE	NORDA											
CE PLAN REPRESENT LE TRAVAIL ORIGINAL ET/OU REVISE DES INTERVENANTS INSCRITS DANS LE CARTOUCHE														

NOM ET/OU SIGLE DU CONSULTANT CONCEPTEUR		APPROBATION ADMINISTRATIVE		BERGES	
		Caroline Joliette 2019-06-12		PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2019-2020	
G.Masse Ing.		2019-06-12		SITE 94.08.03, SAINT-PRIME CHEMIN DES OIES-BLANCHES	
CONCEPTEUR		DATE		LOTS: 4 087 353, 4 087 352 ET 4 088 315	
S.Lavoie Tech. P.		2019-06-12			
CONCEPTEUR		DATE			
G.Masse Ing.		2019-06-12			
VERIFICATEUR		DATE			

Rio Tinto

Energie Electrique
1954 Davis, C.P. 1800
Jouquières, Québec, Canada
G7S 4R5

No DE PROJET
INDIQUEE
DATE

ANNEXE

4

IDENTIFICATION DU BENTHOS, RAPPORTS DES EXPERTS



G.D.G. Environnement Ltée

430, rue St-Laurent
Trois-Rivières (Québec) G8T 6H3
T: (888) 567-8567 Fax (819) 373-6832
gdg.environnement@gdg.ca www.gdg.ca

Contact:

Marie-Laure Escudero
Marie-Laure.Escudero@gdg.ca
Cell.: 819-244-6194

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Chargée de projet	.....	Marie-Laure Escudero (Ph.D., Mcb.A.)
Contrôle de qualité	.....	Bernadette Jacquaz (MSc.) Laboratoires SAB
Taxinomie	.....	André Leblanc (MSc.)
	.....	Marc-Antoine Perreault (B.Sc.)
	.....	Simon Pratte (DEC)
Lavage et tri	.....	Annie Michel (DEC; C. Env.)
	.....	Carol-Ann Leblanc (DEC)
	.....	Joël Boudreault (M.A.)
	.....	Marie-Hélène Bélanger-Morissette (B.Sc.)
	.....	Stéphanie Duchesne
	.....	Erika Gauthier (B.Sc.)

Table des matières

ANALYSE EN LABORATOIRE.....	4
1. Lavage et Tri	4
1.1. Échantillons sable et gravier	4
1.2. Échantillons organiques.....	4
1.2.1. Méthode de sous-échantillonnage	4
2. Contrôle de qualité du tri	5
3. Contrôle de qualité du fractionnement	5
4. Identification	6
5. Collection de référence.....	6
6. Saisie des données.....	6
7. Références.....	6
TABLEAUX	8
ANNEXE 1	13

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste des échantillons (fractions fines) fractionnés lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2019).	9
Tableau 2 : Contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2019).	10
Tableau 3 : Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2019).	11
Tableau 4 : Collection de référence complémentaire des organismes benthiques récoltés (Lac St-Jean, 2019).....	12

ANALYSE EN LABORATOIRE

1. Lavage et Tri

Au laboratoire, les échantillons ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant des ouvertures de mailles de 4000, 2000, 1000 et 500 μm . Les fractions grossières retenues par les tamis de 4000 et 2000 μm ont été triées en totalité à l'aide d'une loupe éclairante. Pour ce qui est des fractions plus fines (1000 et 500 μm), l'approche dépendait de la composition des échantillons.

1.1. Échantillons sable et gravier

La plupart des échantillons étaient composés d'une forte quantité de sable et de gravier. Pour faciliter le tri de ces échantillons, nous avons tout d'abord séparé la partie organique et la partie sable (inorganique).

La méthode utilisée est l'*élutriation*. Cette méthode qui combine lavage et décantation, consiste à rincer et mettre en suspension les sédiments plus légers (organiques) en les brassant. On prélève ensuite la partie organique plus légère pendant qu'elle flotte encore. Le tri de la partie organique de la fraction fine a été effectué en totalité pour la majorité des échantillons sous un binoculaire.

L'efficacité de l'élutriation a été vérifiée sur la partie inorganique (sable/gravier) de plusieurs échantillons. Aucun organisme n'y a été trouvé.

1.2. Échantillons organiques

Plus d'une dizaine d'échantillons contenaient beaucoup de matière organique, avec de la matière fibreuse. Pour huit d'entre eux, nous avons procédé à un sous-échantillonnage des fractions fines. Les fractions grossières ont été triées au complet.

1.2.1. Méthode de sous-échantillonnage

La méthode utilisée était basé sur le poids des sous-échantillons. Elle consistait à homogénéiser le refus du tamis dans un tamis à maille de 500 μm , d'en retirer l'eau et de

prélever une fraction qui était pesée pour estimer la proportion (%) à analyser. Le sous-échantillon correspondait à la quantité de matériel qui pouvait être analysée dans un temps raisonnable de 8 à 10 heures.

Au moins 25 % de l'échantillon était trié. La ou les autres fractions sont conservées pour d'éventuels tests de contrôle de qualité. La liste des échantillons sous-échantillonnés est donnée au tableau 1. Le nombre d'organismes retrouvés dans les sous-échantillons a été ramené au nombre total contenu dans l'échantillon en multipliant par l'inverse de la fraction analysée.

Les organismes récoltés dans les échantillons ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxinomiques. Ils ont été conservés dans l'alcool à 70% glycérolé à 5% pour une identification ultérieure.

2. Contrôle de qualité du tri

Un contrôle de qualité du tri a été effectué sur 10 % des échantillons (12) et consistait en un tri des matières organiques conservées par une autre personne que le trieur d'origine. Les résultats du contrôle de qualité du tri sont présentés au tableau 2. Le critère de tri accepté implique qu'au plus 10 % du nombre total d'organismes aient été manqués.

3. Contrôle de qualité du fractionnement

Pour valider la méthode de sous-échantillonnage, nous avons effectué une analyse de variabilité sur un échantillon (tableau 3). Ce contrôle de qualité du fractionnement a été réalisé sur 10% des échantillons fractionnés (1 échantillon). Ainsi, le tri de trois fractions de 33% de l'échantillon a été effectué. Les 3 fractions ont donc été triées au complet.

L'erreur a été estimée avec la formule suivante :

$(\text{nombre estimé par la fraction} / \text{nombre estimé dans l'échantillon complet} \times 100) - 100$

Le critère d'un protocole de fractionnement implique que les nombres d'organismes dénombrés dans les 3 fractions ne doivent pas différer de plus de 20 % entre chacune.

Les résultats du contrôle de qualité du fractionnement sont présentés au tableau 3.

4. Identification

L'évaluation taxinomique des organismes benthiques a été effectuée à partir des clés d'identification citées dans Merritt *et al.* (2008) et dans Thorp et Covich (2010). Les organismes ont été identifiés à la famille sauf les nématodes qui demandent une méthodologie d'échantillonnage et de préservation particulière pour une identification plus précise. Dans le cas des organismes zooplanctoniques, ils ont été laissés à Copepoda ou Cladocera. L'Ostracoda était abîmé donc n'a pas été identifié plus loin.

5. Collection de référence

La collection de référence a été complétée par quelques individus de taxons non rencontrés en 2018. Ces spécimens ont été conservés dans une solution d'alcool à 70 % glycérol afin que l'identification soit validée par un taxinomiste indépendant, Mr Fernand Therrien. Les nouveaux taxons (14) représentés dans la collection de référence sont donnés au tableau 4. et les résultats de leur validation sont présentés à l'annexe 1.

Note : Selon le site de référence ITIS (<https://www.itis.gov/>), la famille des Macromiidae est maintenant regroupée dans celle des Corduliidae.

6. Saisie des données

Les données de dénombrement (nombre d'organismes benthiques identifiés) ont été saisies dans un fichier EXCEL sous forme de matrice qui présente les taxons sur les lignes et les échantillons sur les colonnes (tableau 5).

7. Références

Merritt, R. W., Cummins, K. W. et M.B.Berg, eds. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 4rd ed., Kendall/Hunt, Dubuque, IA, 1158 pp.

Thorp, J. H., Covich A. P. 2010. Ecology and classification of North American freshwater invertebrates, Third edition. Elsevier Science. 1088 pp.

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des échantillons (fractions fines) fractionnés lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2019).

Échantillon	Station	% de sous-échantillonnage
BEN 019	ERPR MI2	25%
BEN 020	ERPR MI3	33%
BEN 021	ERPR MI4	33%
BEN 022	ERPR MI5	25%
BEN 088	TRPR1 MI1	50%
BEN 089	TRPR1 MI2	33%
BEN 090	TRPR1 MI3	33%
BEN 106	TRPR2 MI4	50%

Tableau 2 : Contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2019).

Échantillon	Station	Nombre total d'organismes triés	Nombre oublié	% manqué
BEN 014	ERPR PF2	53	3	5,7%
BEN 019 (T)	ERPR MI2	108	5	4,6%
BEN 019 (25%)	ERPR MI2	358	32	8,9%
BEN 026	TRPL1 PF4	17	1	5,9%
BEN 064	ERPR MS2	438	21	4,8%
BEN 066	ERPR MS4	677	38	5,6%
BEN 067	ERPR MS5	459	24	5,2%
BEN 068	TRPR1 PF1	89	7	7,9%
BEN 075	TRPR3 MS3	53	1	1,9%
BEN 097	TRPR2 MS5	120	2	1,7%
BEN 104	TRPR2 MI2	416	29	7,0%
BEN 109	TRPL3 MS2	7	0	0,0%
BEN 125	TRPL1 MS3	8	0	0,0%

Tableau 3 : Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2019).

Échantillon_Station	BEN018_ERPR MI1			
	Fraction (%)	Nbre trié	Nombre estimé	Erreur (%)*
	33,3	224	672,01	6,5
	33,3	194	582,01	-7,8
	33,3	213	639,01	1,3
Total dans l'échantillon	100	631	-	-
Erreur absolue (moyenne du sous-échantillon)	-	-	-	5,2

* Erreur= (nombre estimé par la fraction /nombre trié ou estimé dans l'échantillon complet X 100) - 100

Tableau 4 : Collection de référence complémentaire des organismes benthiques récoltés (Lac St-Jean, 2019).

Taxon	No de fiole
NEMERTEA	
Tetrastemmatidae	37
MOLLUSCA	
Gastropoda	
Hydrobiidae	32
Planorbidae	33
Valvatidae	34
ARTHROPODA	
Chelicerata	
Arachnida	
Acari	
Prostigmata	
Oxidae	35
Unionicolidae	36
Insecta	
Odonata	
Corduliidae	38
Gomphidae	39
Ephemeroptera	
Ephemeridae	40
Megaloptera	
Sialidae	41
Trichoptera	
Dipseudopsidae	42
Polycentropodidae	43
Coleoptera	
Elmidae	44
Lepidoptera	
Crambidae	45

ANNEXE 1

Résultats de la validation de la collection de référence

Tableau . Collection de référence complémentaire des organismes benthiques				
récoltés dans le cadre du projet du Lac St-Jean en 2019				
Taxon	No de fiole	Identification correcte	Identification fausse	Remarques
NEMERTEA				
Tetrastemmatidae	37	x		
MOLLUSCA				
Gastropoda				
Hydrobiidae	32	x		
Planorbidae	33	x		
Valvatidae	34	x		
ARTHROPODA				
Chelicerata				
Arachnida				
Acari				
Prostigmata				
Oxidae	35	x		
Unionicolidae	36	x		
Insecta				
Odonata				
Corduliidae	38		x	spécimen de Macromiidae
Gomphidae	39	x		
Ephemeroptera				
Ephemeridae	40	x		
Leptophlebiidae	46	x		
Megaloptera				
Sialidae	41	x		
Trichoptera				
Dipseudopsidae	42	x		
Polycentropodidae	43	x		
Coleoptera				
Elmidae	44	x		
Lepidoptera				
Crambidae	45	x		
Validé par Fernand Therrien le 26 novembre 2019				

F. Therrien



G.D.G. Environnement Ltée

430, rue St-Laurent
Trois-Rivières (Québec) G8T 6H3
T: (888) 567-8567 Fax (819) 373-6832
gdg.environnement@gdg.ca www.gdg.ca

Contact:

Marie-Laure Escudero
Marie-Laure.Escudero@gdg.ca
Cell.: 819-244-6194

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Chargée de projet	.....	Marie-Laure Escudero (Ph.D., Mcb.A.)
Contrôle de qualité	.....	Carol-Ann Leblanc (DEC)
Taxonomie	.....	Fernand Therrien (M.Sc.) Taxonomiste Sénior Responsable du contrôle de qualité Identification
	.....	Simon Pratte (DEC)
Lavage et tri	.....	Jean-François Houde (B.Sc.)
	.....	Joël Boudreault (MPh.)
	.....	Carol-Ann Leblanc (DEC)

Table des matières

ANALYSE EN LABORATOIRE	4
1. Lavage et Tri	4
1.1. Échantillons sable et gravier	4
1.2. Échantillons organiques.....	4
1.2.1. Méthode de sous-échantillonnage	4
2. Contrôle de qualité du tri	5
3. Contrôle de qualité du fractionnement	5
4. Identification	6
5. Collection de référence	6
6. Saisie des données	6
7. Références.....	6
TABLEAUX.....	7
ANNEXE 1.....	12

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste des échantillons (fractions fines) fractionnés lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2020).	8
Tableau 2 : Contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2020).	9
Tableau 3 : Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2020).	10
Tableau 4 : Collection de référence complémentaire des organismes benthiques récoltés (Lac St-Jean, 2020).....	11

ANALYSE EN LABORATOIRE

1. Lavage et Tri

Au laboratoire, les échantillons ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant des ouvertures de mailles de 4000, 2000, 1000 et 500 μm . Les fractions grossières retenues par les tamis de 4000 et 2000 μm ont été triées en totalité à l'aide d'une loupe éclairante. Pour ce qui est des fractions plus fines (1000 et 500 μm), l'approche dépendait de la composition des échantillons.

1.1. Échantillons sable et gravier

La plupart des échantillons étaient composés d'une forte quantité de sable et de gravier. Pour faciliter le tri de ces échantillons, nous avons tout d'abord séparé la partie organique et la partie sable (inorganique).

La méthode utilisée est l'*élutriation*. Cette méthode qui combine lavage et décantation, consiste à rincer et mettre en suspension les sédiments plus légers (organiques) en les brassant. On prélève ensuite la partie organique plus légère pendant qu'elle flotte encore. Le tri de la partie organique de la fraction fine a été effectué en totalité pour la majorité des échantillons sous un binoculaire.

L'efficacité de l'élutriation a été vérifiée sur la partie inorganique (sable/gravier) de plusieurs échantillons. Aucun organisme n'y a été trouvé.

1.2. Échantillons organiques

Neuf échantillons contenaient beaucoup de matière organique. Pour six d'entre eux, nous avons procédé à un sous-échantillonnage des fractions fines. Les fractions grossières ont été triées au complet.

1.2.1. Méthode de sous-échantillonnage

La méthode utilisée était basée sur le poids des sous-échantillons. Elle consistait à homogénéiser le refus du tamis dans un tamis à maille de 500 μm , d'en retirer l'eau et de

prélever une fraction qui était pesée pour estimer la proportion (%) à analyser. Le sous-échantillon correspondait à la quantité de matériel qui pouvait être analysée dans un temps raisonnable de 8 à 10 heures.

Au moins 25 % de l'échantillon était trié. La ou les autres fractions sont conservées pour d'éventuels tests de contrôle de qualité. La liste des échantillons sous-échantillonnés est donnée au tableau 1. Le nombre d'organismes retrouvés dans les sous-échantillons a été ramené au nombre total contenu dans l'échantillon en multipliant par l'inverse de la fraction analysée.

Les organismes récoltés dans les échantillons ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxinomiques. Ils ont été conservés dans l'alcool à 70% glycérolisé à 5% pour une identification ultérieure.

2. Contrôle de qualité du tri

Un contrôle de qualité du tri a été effectué sur 10 % des échantillons (12).

Ce contrôle de qualité du tri a été effectué par une autre personne que le trieur d'origine et consistait en un tri des matières organiques et inorganiques conservées afin de s'assurer qu'au plus 10% a été manqué par le trieur d'origine, et qu'aucun groupe taxonomique n'a été oublié lors du tri initial, et ce, même si les organismes manqués d'un groupe en particulier constituent moins de 10 % du nombre total des organismes.

Les résultats du contrôle de qualité du tri sont présentés au tableau 2.

3. Contrôle de qualité du fractionnement

Pour valider la méthode de sous-échantillonnage, nous avons effectué une analyse de variabilité sur un échantillon (tableau 3). Ce contrôle de qualité du fractionnement a été réalisé sur 10% des échantillons fractionnés (1 échantillon). Ainsi, le tri de trois fractions de 33% de l'échantillon a été effectué. Les 3 fractions ont donc été triées au complet.

L'erreur a été estimée avec la formule suivante :

$(\text{Nombre estimé par la fraction} / \text{nombre estimé dans l'échantillon complet} \times 100) - 100$

Le critère d'un protocole de fractionnement implique que les nombres d'organismes dénombrés dans les 3 fractions ne doivent pas différer de plus de 20 % entre chacune.

Les résultats du contrôle de qualité du fractionnement sont présentés au tableau 3.

4. Identification

L'évaluation taxinomique des organismes benthiques a été effectuée à partir des clés d'identification citées dans Merritt *et al.* (2008) et dans Thorp et Covich (2010). Les organismes ont été identifiés à la famille sauf les nématodes qui demandent une méthodologie d'échantillonnage et de préservation particulière pour une identification plus précise.

5. Collection de référence

La collection de référence a été complétée par quelques individus de taxons non rencontrés en 2018 et 2019. Ces spécimens ont été conservés dans une solution d'alcool à 70 % glycérol afin que l'identification soit validée par un taxonomiste indépendant, Mr Fernand Therrien. Les nouveaux taxons (8) représentés dans la collection de référence sont donnés au tableau 4 et les résultats de leur validation sont présentés à l'annexe 1.

6. Saisie des données

Les données de dénombrement (nombre d'organismes benthiques identifiés) ont été saisies dans un fichier EXCEL sous forme de matrice qui présente les taxons sur les lignes et les échantillons sur les colonnes (tableau 5).

7. Références

Merritt, R. W., Cummins, K. W. et M.B.Berg, eds. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 4rd ed., Kendall/Hunt, Dubuque, IA, 1158 pp.

Thorp, J. H., Covich A. P. 2010. Ecology and classification of North American freshwater invertebrates, Third edition. Elsevier Science. 1088 pp.

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des échantillons (fractions fines) fractionnés lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2020).

Échantillon	Station	% de sous-échantillonnage
BEN 258	TRPL2 MS3	33%
BEN 259	TRPL2 MS4	40%
BEN 293	ERPR MI4	50%
BEN 294	ERPR MI4	25%
BEN 295	ERPR MI5	33%
BEN 306	TRPR1 MI1	40%

Tableau 2 : Contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2020).

Échantillon	Station	Nombre total d'organismes triés	Nombre oublié	% manqué
BEN 251	TRPL1 PF1	17	0	0,0%
BEN 252	TRPL1 PF2	15	0	0,0%
BEN 253	TRPL1 PF3	21	1	4,7%
BEN 282	TRPL3 PF2	83	2	2,4%
BEN 283	TRPL3 PF3	76	2	2,6%
BEN 310	TRPR1 MI5	78	1	1,3%
BEN 311	TRPR1 PF1	45	3	6,7%
BEN 312	TRPR1 PF2	7	0	0,0%
BEN 313	TRPR1 PF3	16	1	6,2%
BEN 334	TRPR3 MS4	48	1	2,1%
BEN 335	TRPR3 MS5	125	1	0,8%
BEN 338	TRPR3 MI3	164	6	3,6%

Tableau 3 : Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques (Lac St-Jean, 2020).

Échantillon_Station	BEN301_TRPR1 MS1			
	Fraction (%)	Nbre trié	Nombre estimé	Erreur (%)
	33.3	35	105.00	-0.9
	33.3	36	108.00	1.9
	33.3	36	108.00	1.9
Total dans l'échantillon	100	106	-	-
Erreur absolue (moyenne du sous-échantillon)	-	-	-	1.6
Erreur min (%)	-	-	-	0.9
Erreur max (%)	-	-	-	1.9

* Erreur= (nombre estimé par la fraction /nombre trié ou estimé dans l'échantillon complet X 100) - 100

Tableau 4 : Collection de référence complémentaire des organismes benthiques récoltés (Lac St-Jean, 2020).

Taxon	No de fiole
PLATYHELMINTHES	
Trepaxonemata	
Neophora	
Dugesiidae	47
BRYOZOA	
Phylactolaemata	
Cristatellidae	48
Pectinatellidae	49
MOLLUSCA	
Gastropoda	
Lymnaeidae	50
ARTHROPODA	
Crustacea	
Malacostraca	
Isopoda	
Asellidae	51
Uniramia	
Insecta	
Ephemeroptera	
Heptageniidae	52
Plecoptera	
Perlodidae	53
Diptera	
Brachycera	
Tabanidae	54

ANNEXE 1

Résultats de la validation de la collection de référence

Taxon	No de fiole	Identification correcte	Identification fausse	Remarques
PLATYHELMINTHES				
Trepaxonemata				
Neoophora				
Dugesiidae	47	X		
BRYOZOA				
Phylactolaemata				
Cristatellidae	48	X		
Pectinatellidae	49	X		
MOLLUSCA				
Gastropoda				
Lymnaeidae	50	X		
ARTHROPODA				
Crustacea				
Isopoda				
Asellidae	51	X		
Uniramia				
Ephemeroptera				
Heptageniidae	52	X		
Plecoptera				
Perlodidae	53	X		
Diptera				
Brachycera				
Tabanidae	54	X		

F. Therrien

ANNEXE

5

LISTES DES TAXONS OBSERVÉS EN 2019 ET 2020

Tableau A-1. Liste des taxons identifiés 2018-2020

Taxon	Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-classe	Ordre	Sous-ordre	Famille
Spongillidae	PORIFERA		Demospongiae		Haplosclerida		Spongillidae
Dugesidae	PLATYHELMINTHES		Trepaxonemata		Neophora		Dugesidae
Cristatellidae	ECTOPROCTA ou BRYOZOA		Phylactolaemata		Plumatellida		Cristatellidae
Pectinatellidae	ECTOPROCTA ou BRYOZOA		Phylactolaemata		Plumatellida		Pectinatellidae
Paludicellidae	ECTOPROCTA ou BRYOZOA		Gymnolaemata		Ctenostomata		Paludicellidae
Unionidae	MOLLUSCA		Bivalvia		Unionoida		Unionidae
Pisidiidae ¹	MOLLUSCA		Bivalvia		Veneroida		Pisidiidae
Sphaeriidae	MOLLUSCA		Bivalvia		Veneroida		Sphaeriidae
Lymnaeidae	MOLLUSCA		Gastropoda		Basommatophora		Lymnaeidae
Planorbidae	MOLLUSCA		Gastropoda		Basommatophora		Planorbidae
Valvatidae	MOLLUSCA		Gastropoda		Basommatophora		Valvatidae
Hydrobiidae	MOLLUSCA		Gastropoda		Neotaenioglossa	Neotaenioglossa	Hydrobiidae
Sabellidae	ANNELIDA		Polychaeta		Sabellida	Sabellida	Sabellidae
Enchytraeidae	ANNELIDA	Clitellata	Clitellata		Lumbriculida	Lumbriculida	Enchytraeidae
Lumbriculidae	ANNELIDA	Clitellata	Clitellata		Lumbriculida	Lumbriculida	Lumbriculidae
Naididae	ANNELIDA	Clitellata	Clitellata		Haplotaxida	Tubificida	Naididae
Tubificidae ²	ANNELIDA	Clitellata	Clitellata		Haplotaxida	Tubificida	Tubificidae
Glossiphoniidae	ANNELIDA	Clitellata	Clitellata		Hirudinida	Hirudinida	Glossiphoniidae
NEMATODA	NEMATODA						
Acari abîmés ³	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari			
Arrenuridae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Arrenuridae
Hygrobatidae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Hygrobatidae
Lebertiidae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Lebertiidae
Limnesiidae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Limnesiidae
Mideopsidae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Mideopsidae
Oxidae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Oxidae
Unionicolidae	ARTHROPODA	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Trombidiformes	Unionicolidae
Asellidae	ARTHROPODA	Crustacea	Malacostraca		Isopoda	Isopoda	Asellidae
Cladocera ³	ARTHROPODA	Crustacea	Branchiopoda		Diplostraca	Cladocera	
Copepoda ³	ARTHROPODA	Crustacea	Hexanauplia		Copepoda		
Cyclopidae ³	ARTHROPODA	Crustacea	Maxillopoda		Cyclopoida		
Daphniidae ³	ARTHROPODA	Crustacea	Branchiopoda		Diplostraca	Cladocera	Daphniidae
Ostracoda ³	ARTHROPODA	Crustacea	Crustacea		Ostracoda		

Tableau A-1. Liste des taxons identifiés 2018-2020 (suite)

Taxon	Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-classe	Ordre	Sous-ordre	Famille
Corduliidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Odonata		Corduliidae
Gomphidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Odonata		Gomphidae
Baetiscidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		Baetiscidae
Caenidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		Caenidae
Ephemerellidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera	Pannota	Ephemerellidae
Ephemeridae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		Ephemeridae
Ephemeroptera	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		Ephemeroptera
Ephemeroptera abimés ³	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		
Heptageniidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		Heptageniidae
Leptophlebiidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera		Leptophlebiidae
Metretopodidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Ephemeroptera	Pisciforma	Metretopodidae
Sialidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Megaloptera		Sialidae
Dipseudopsidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Dipseudopsidae
Hydropsychidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Hydropsychidae
Hydroptilidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Hydroptilidae
Leptoceridae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Leptoceridae
Molannidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Molannidae
Philopotamidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Philopotamidae
Phryganeidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Phryganeidae
Polycentropodidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		Polycentropodidae
Trichoptera	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Trichoptera		
Elmidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Coleoptera		Elmidae
Crambidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Lepidoptera		Crambidae
Ceratopogonidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Diptera	Nematocera	Ceratopogonidae
Chironomidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Diptera	Nematocera	Chironomidae
Empididae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Diptera	Brachycera	Empididae
Tabanidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Diptera	Brachycera	Tabanidae
Corixidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Hemiptera		Corixidae
Perlodidae	ARTHROPODA	Hexapoda	Insecta		Plecoptera		Perlodidae
Tetrastemmatidae	NEMERTEA		Enopla		Hoploneurata		Tetrastemmatidae

¹ Ce taxon a été combiné (additionné) au taxon Sphaeriidae

² Ce taxon a été combiné (additionné) au taxon Naididae

³ Ces taxons ont été exclus des analyses.

ANNEXE

6

SORTIES STATISTIQUES DU
LOGICIEL PRIMER ET
PERMANOVA

1 ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE

1.1 STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

1.1.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP MS fthrt BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	5649.8	5649.8	4.2971	0.002	953
AV	1	3583.3	3583.3	3.0057	0.021	999
ExxAV	1	1214.5	1214.5	1.0188	0.383	998
Pooled(1)	18	23666	1314.8	1.1029	0.317	997
Pooled(2)	18	21459	1192.2			
Total	39	55849				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAv	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAv	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	289	17
S(Av)	159.41	12.626
S(ExxAv)	2.9831	1.7272
V(St(Si(Ex)))	61.314	7.8303
V(Res)	1192.2	34.528

1.1.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP MS fthrt BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: ExpositionAvant.apres

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 7.2446 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.004

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ExposeAvant, TemoinAvant)	3.6203	0.003
(ExposeAvant, ExposeApres)	2.1123	0.125
(ExposeAvant, TemoinApres)	4.0375	0.004
(TemoinAvant, ExposeApres)	1.0177	0.412
(TemoinAvant, TemoinApres)	2.0746	0.087
(ExposeApres, TemoinApres)	2.1034	0.119

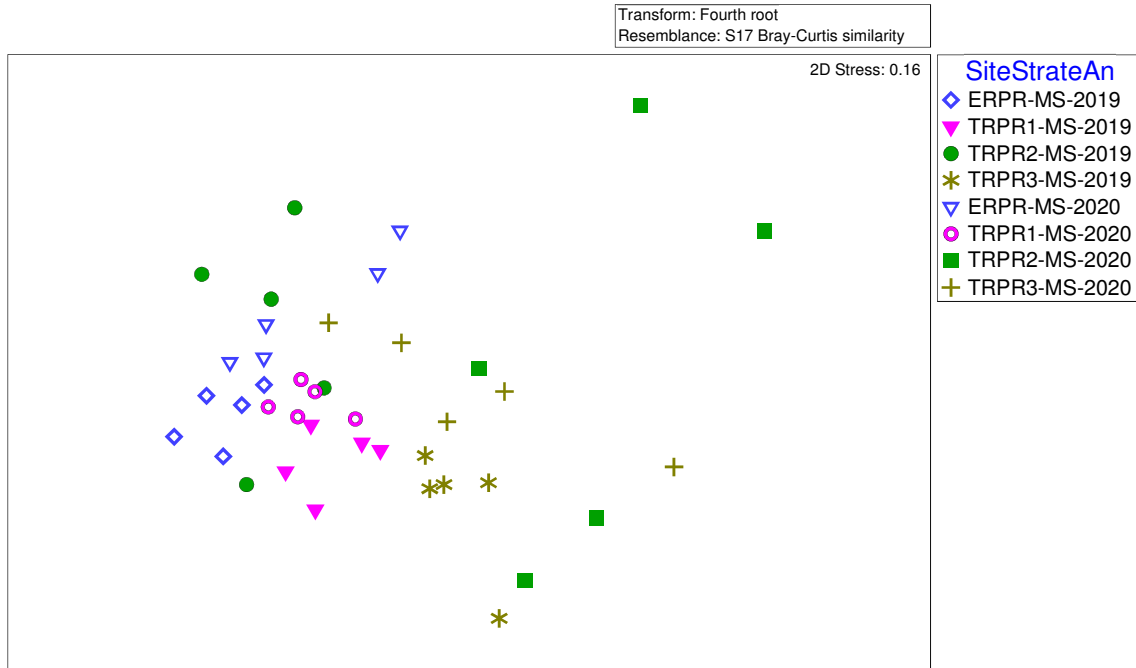
MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ExposeAvant	5	17.152	2.0903

TemoinAvant	15	31.131	2.092
ExposeApres	5	26.76	4.0398
TemoinApres	15	38.627	2.9458

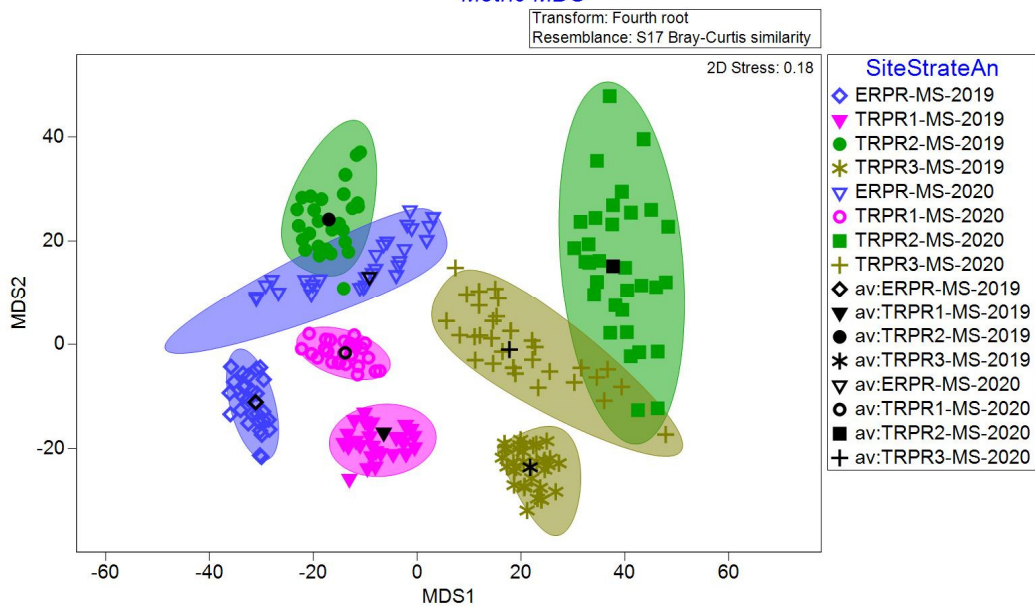
1.1.3 NMDS

Non-metric MDS



1.1.4 BOOTSTRAP AVERAGES

Metric MDS



1.1.5 SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

One-Way Analysis

Data worksheet

Name: SP MS fourth root

Data type: Abundance

Sample selection: All

Variable selection: All

Parameters

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Cut off for low contributions: 70.00%

Factor Groups

Sample	SiteStrateAn
ERPR-MS1-2019	ERPR-MS-2019
ERPR-MS2-2019	ERPR-MS-2019
ERPR-MS3-2019	ERPR-MS-2019
ERPR-MS4-2019	ERPR-MS-2019
ERPR-MS5-2019	ERPR-MS-2019
TRPR1-MS1-2019	TRPR1-MS-2019
TRPR1-MS2-2019	TRPR1-MS-2019
TRPR1-MS3-2019	TRPR1-MS-2019
TRPR1-MS4-2019	TRPR1-MS-2019
TRPR1-MS5-2019	TRPR1-MS-2019
TRPR2-MS1-2019	TRPR2-MS-2019
TRPR2-MS2-2019	TRPR2-MS-2019
TRPR2-MS3-2019	TRPR2-MS-2019
TRPR2-MS4-2019	TRPR2-MS-2019
TRPR2-MS5-2019	TRPR2-MS-2019
TRPR3-MS1-2019	TRPR3-MS-2019
TRPR3-MS2-2019	TRPR3-MS-2019
TRPR3-MS3-2019	TRPR3-MS-2019
TRPR3-MS4-2019	TRPR3-MS-2019
TRPR3-MS5-2019	TRPR3-MS-2019
ERPR-MS1-2020	ERPR-MS-2020
ERPR-MS2-2020	ERPR-MS-2020
ERPR-MS3-2020	ERPR-MS-2020
ERPR-MS4-2020	ERPR-MS-2020
ERPR-MS5-2020	ERPR-MS-2020
TRPR1-MS1-2020	TRPR1-MS-2020
TRPR1-MS2-2020	TRPR1-MS-2020
TRPR1-MS3-2020	TRPR1-MS-2020
TRPR1-MS4-2020	TRPR1-MS-2020
TRPR1-MS5-2020	TRPR1-MS-2020
TRPR2-MS1-2020	TRPR2-MS-2020
TRPR2-MS2-2020	TRPR2-MS-2020
TRPR2-MS3-2020	TRPR2-MS-2020
TRPR2-MS4-2020	TRPR2-MS-2020
TRPR2-MS5-2020	TRPR2-MS-2020
TRPR3-MS1-2020	TRPR3-MS-2020
TRPR3-MS2-2020	TRPR3-MS-2020
TRPR3-MS3-2020	TRPR3-MS-2020
TRPR3-MS4-2020	TRPR3-MS-2020
TRPR3-MS5-2020	TRPR3-MS-2020

Group ERPR-MS-2019
Average similarity: 72.82

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	6.05	15.67	19.77	21.52	21.52
Sphaeriidae	4.44	11.85	11.98	16.28	37.80
Naididae	4.66	11.48	8.53	15.76	53.56
Valvatidae	4.03	10.53	12.03	14.46	68.02
NEMATODA	2.67	6.98	12.15	9.58	77.61

Group TRPR1-MS-2019
Average similarity: 68.17

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.59	19.83	11.81	29.08	29.08
Sphaeriidae	4.25	17.85	5.36	26.18	55.27
Valvatidae	3.40	14.55	5.13	21.35	76.62

Group TRPR2-MS-2019
Average similarity: 60.59

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.80	15.68	8.29	25.88	25.88
Valvatidae	3.92	13.52	9.90	22.32	48.20
Ephemeridae	3.44	10.98	7.91	18.12	66.32
Ceratopogonidae	1.86	4.34	1.14	7.16	73.48

Group TRPR3-MS-2019
Average similarity: 68.68

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	3.41	27.25	9.71	39.67	39.67
Chironomidae	2.44	20.13	4.90	29.31	68.98
Valvatidae	1.74	8.49	1.14	12.36	81.34

Group ERPR-MS-2020
Average similarity: 57.66

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.00	13.75	3.99	23.84	23.84
Valvatidae	2.87	9.03	5.67	15.66	39.50
Ceratopogonidae	2.47	7.52	5.68	13.04	52.54
Naididae	2.60	4.24	1.12	7.35	59.89

ANNEXE

NEMATODA	2.00	4.14	1.15	7.18	67.07
Leptoceridae	1.72	3.91	1.14	6.78	73.85

Group TRPR1-MS-2020
Average similarity: 76.50

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.16	14.42	9.53	18.85	18.85
Valvatidae	3.49	11.20	8.61	14.64	33.49
Sphaeriidae	3.36	10.73	6.20	14.02	47.51
Leptoceridae	2.54	8.75	8.74	11.43	58.95
Ceratopogonidae	2.17	7.36	9.19	9.62	68.57
NEMATODA	2.20	7.01	6.15	9.16	77.73

Group TRPR2-MS-2020
Average similarity: 36.76

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Valvatidae	1.65	16.84	0.96	45.80	45.80
Chironomidae	1.70	7.98	0.62	21.72	67.52
Hydrobiidae	1.41	6.64	0.59	18.07	85.59

Group TRPR3-MS-2020
Average similarity: 49.35

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	3.06	16.56	3.06	33.56	33.56
Valvatidae	2.17	12.12	2.76	24.57	58.12
Chironomidae	2.12	5.25	1.14	10.64	68.76
Ceratopogonidae	2.00	5.11	1.12	10.36	79.12

Groups ERPR-MS-2019 & TRPR1-MS-2019
Average dissimilarity = 38.74

Species	Group ERPR-MS-2019	Group TRPR1-MS-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	4.66	1.54	5.58	2.45	14.41	14.41
Caenidae	2.36	0.00	4.18	3.77	10.80	25.20
Chironomidae	6.05	4.59	2.73	1.60	7.04	32.24
NEMATODA	2.67	1.21	2.73	1.30	7.04	39.28

ANNEXE

Ceratopogonidae	2.16		2.57	1.43	6.63	45.91
Hydrobiidae	1.28	1.19	2.30	1.14	5.93	51.84
Arrenuridae	0.98	0.00	1.86	1.19	4.80	56.64
Lumbriculidae	0.63	0.00	1.49	0.70	3.86	60.50
Leptoceridae	1.51	0.39	1.48	0.97	3.83	64.33
Valvatidae	4.03	1.64	1.44	1.53	3.72	68.04
Lebertiidae	0.33	3.40	1.41	0.89	3.64	71.68
		0.72				

Groups ERPR-MS-2019 & TRPR2-MS-2019

Average dissimilarity = 46.24

Species	Group ERPR- MS-2019	Group TRPR2- MS-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	4.66	0.33	7.09	3.35	15.34	15.34
Ephemeridae	0.00	3.44	5.56	5.45	12.01	27.35
Sphaeriidae	4.44	1.67	4.57	1.67	9.88	37.23
Hydrobiidae	1.28	2.01	2.96	1.35	6.41	43.64
Caenidae	2.36	0.76	2.60	1.54	5.61	49.25
Chironomidae	6.05	4.80	2.30	1.27	4.97	54.22
Phryganeidae	0.39	1.37	2.12	1.15	4.58	58.80
Limnesiidae	0.33	1.37	2.05	1.21	4.44	63.24
Ceratopogonidae	2.16	1.86	1.85	0.95	4.00	67.23
Arrenuridae	0.98	0.00	1.68	1.18	3.64	70.87

Groups TRPR1-MS-2019 & TRPR2-MS-2019

Average dissimilarity = 46.28

Species	Group TRPR1- MS-2019	Group TRPR2- MS-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ephemeridae	0.00	3.44	7.22	5.48	15.61	15.61
Sphaeriidae	4.25	1.67	5.67	1.48	12.24	27.85
Hydrobiidae	0.00	2.01	4.05	1.07	8.75	36.60

ANNEXE

Naididae	1.54		2.90	1.42	6.28	42.87
		0.33				
Phryganeidae	0.33		2.78	1.20	6.00	48.88
		1.37				
Limnesiidae	0.39		2.63	1.14	5.68	54.56
		1.37				
NEMATODA	1.21		2.58	1.16	5.58	60.14
		1.80				
Ceratopogonidae	1.19		2.51	1.16	5.42	65.55
		1.86				
Leptoceridae	1.64		2.14	1.10	4.62	70.17
		1.18				

Groups ERPR-MS-2019 & TRPR3-MS-2019

Average dissimilarity = 57.89

Species	Group ERPR- MS-2019	Group TRPR3- MS-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	4.66	0.00	10.12	4.75	17.47	17.47
Chironomidae	6.05	2.44	7.78	4.67	13.44	30.92
NEMATODA	2.67	0.00	5.80	7.46	10.02	40.93
Caenidae	2.36	0.00	5.06	3.88	8.74	49.67
Valvatidae	4.03	1.74	5.06	1.78	8.74	58.41
Hydrobiidae	1.28	0.00	2.78	1.13	4.80	63.22
Ceratopogonidae	2.16	1.64	2.72	1.22	4.69	67.91
Sphaeriidae	4.44	3.41	2.34	1.49	4.04	71.95

Groups TRPR1-MS-2019 & TRPR3-MS-2019

Average dissimilarity = 42.40

Species	Group TRPR1- MS-2019	Group TRPR3- MS-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	4.59	2.44	6.67	3.27	15.73	15.73
Valvatidae	3.40	1.74	5.70	1.34	13.44	29.17
Naididae	1.54	0.00	4.88	1.74	11.51	40.68
NEMATODA	1.21	0.00	3.51	1.17	8.29	48.97
Sphaeriidae	4.25	3.41	3.40	1.39	8.02	56.99
Ceratopogonidae	1.19	1.64	3.39	1.17	7.99	64.98

ANNEXE

Leptoceridae	1.64		3.23	1.13	7.62	72.60
		1.05				

Groups TRPR2-MS-2019 & TRPR3-MS-2019
Average dissimilarity = 59.72

Species	Group TRPR2-MS-2019 Av.Abund	Group TRPR3-MS-2019 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Ephemeraidae	3.44	0.00	9.12	5.36	15.27	15.27
Chironomidae	4.80	2.44	6.16	2.73	10.31	25.58
Valvatidae	3.92	1.74	6.00	1.60	10.04	35.62
Sphaeriidae	1.67	3.41	5.20	1.23	8.71	44.33
Hydrobiidae	2.01	0.00	5.07	1.08	8.48	52.82
NEMATODA	1.80	0.00	4.51	1.76	7.55	60.37
Phryganeidae	1.37	0.00	3.73	1.17	6.25	66.62
Limnesiidae	1.37	0.00	3.39	1.17	5.67	72.29

Groups ERPR-MS-2019 & ERPR-MS-2020
Average dissimilarity = 42.93

Species	Group ERPR-MS-2019 Av.Abund	Group ERPR-MS-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	4.44	1.74	4.73	1.40	11.02	11.02
Naididae	4.66	2.60	4.03	1.23	9.38	20.40
Chironomidae	6.05	4.00	3.22	2.35	7.49	27.89
Caenidae	2.36	1.48	2.29	1.15	5.33	33.22
Planorbidae	0.00	1.39	2.18	1.19	5.09	38.31
Valvatidae	4.03	2.87	1.97	1.61	4.59	42.90
Hydrobiidae	1.28	1.37	1.95	1.15	4.54	47.44
Molannidae	0.39	1.12	1.69	1.16	3.93	51.37
Ephemeraidae	0.00	1.19	1.66	1.18	3.86	55.23
NEMATODA	2.67	2.00	1.65	0.91	3.85	59.08
Arrenuridae	0.98	0.00	1.65	1.16	3.84	62.92

ANNEXE

Hygrobatidae	0.33		1.55	1.11	3.62	66.54
Lebertiidae	0.33	1.05	1.50	1.11	3.50	70.04
		1.09				

Groups TRPR1-MS-2019 & ERPR-MS-2020

Average dissimilarity = 46.42

Species	Group TRPR1- MS-2019	Group ERPR- MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	4.25	1.74	6.07	1.31	13.08	13.08
Naididae	1.54	2.60	3.38	1.46	7.29	20.37
Planorbidae	0.00	1.39	2.82	1.19	6.08	26.46
Hydrobiidae	0.00	1.37	2.76	1.14	5.95	32.41
NEMATODA	1.21	2.00	2.74	1.25	5.90	38.31
Ceratopogonidae	1.19	2.47	2.61	1.36	5.62	43.94
Caenidae	0.00	1.48	2.56	1.19	5.52	49.45
Molannidae	0.00	1.12	2.20	1.15	4.73	54.18
Hygrobatidae	0.00	1.05	2.14	1.16	4.62	58.80
Ephemeridae	0.00	1.19	2.07	1.18	4.45	63.25
Lebertiidae	0.72	1.09	1.97	1.07	4.25	67.50
Leptoceridae	1.64	1.72	1.75	0.77	3.77	71.27

Groups TRPR2-MS-2019 & ERPR-MS-2020

Average dissimilarity = 46.47

Species	Group TRPR2- MS-2019	Group ERPR- MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ephemeridae	3.44	1.19	4.45	1.48	9.58	9.58
Naididae	0.33	2.60	4.03	1.54	8.68	18.26
Hydrobiidae	2.01	1.37	3.40	1.33	7.31	25.57
Sphaeriidae	1.67	1.74	3.18	1.19	6.83	32.40
Phryganeidae	1.37	0.00	2.57	1.14	5.52	37.92
Planorbidae	0.00	1.39	2.54	1.18	5.46	43.38

ANNEXE

Limnesiidae	1.37		2.37	1.11	5.09	48.47
		0.46				
Caenidae	0.76		2.33	1.14	5.01	53.49
		1.48				
NEMATODA	1.80		2.17	1.05	4.66	58.15
		2.00				
Valvatidae	3.92		2.10	1.38	4.51	62.65
		2.87				
Leptoceridae	1.18		1.96	1.09	4.21	66.86
		1.72				
Molannidae	0.33		1.89	1.10	4.06	70.92
		1.12				

Groups TRPR3-MS-2019 & ERPR-MS-2020

Average dissimilarity = 59.29

Species	Group TRPR3-MS-2019	Group ERPR-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	3.41	1.74	6.01	1.20	10.13	10.13
Naididae	0.00	2.60	5.86	1.74	9.88	20.01
NEMATODA	0.00	2.00	4.75	1.85	8.02	28.03
Chironomidae	2.44	4.00	4.20	2.35	7.09	35.12
Planorbidae	0.00	1.39	3.55	1.17	5.99	41.10
Hydrobiidae	0.00	1.37	3.49	1.11	5.88	46.98
Valvatidae	1.74	2.87	3.32	1.16	5.60	52.58
Caenidae	0.00	1.48	3.08	1.19	5.19	57.78
Leptoceridae	1.05	1.72	2.85	1.15	4.80	62.58
Hygrobatidae	0.00	1.05	2.70	1.14	4.56	67.13
Ceratopogonidae	1.64	2.47	2.65	1.08	4.48	71.61

Groups ERPR-MS-2019 & TRPR1-MS-2020

Average dissimilarity = 38.95

Species	Group ERPR-MS-2019	Group TRPR1-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	4.66	1.78	4.72	1.92	12.13	12.13
Caenidae	2.36	0.00	3.76	3.65	9.65	21.78
Chironomidae	6.05	4.16	3.02	2.15	7.75	29.53

ANNEXE

Limnesiidae	0.33		2.87	2.26	7.36	36.89
		2.11				
Hydrobiidae	1.28		2.06	1.14	5.30	42.19
		0.00				
Hygrobatidae	0.33		1.95	1.48	5.01	47.20
		1.44				
Sphaeriidae	4.44		1.82	1.51	4.68	51.88
		3.36				
Arrenuridae	0.98		1.66	1.19	4.26	56.14
		0.00				
Leptoceridae	1.51		1.62	1.34	4.15	60.30
		2.54				
Ceratopogonidae	2.16		1.45	1.10	3.73	64.02
		2.17				
Molannidae	0.39		1.44	0.89	3.69	67.72
		0.86				
Corduliidae	0.43		1.28	0.92	3.29	71.01
		0.66				

Groups TRPR1-MS-2019 & TRPR1-MS-2020
Average dissimilarity = 32.70

Species	Group TRPR1-MS-2019	Group TRPR1-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Limnesiidae	0.39		3.72	2.01	11.37	11.37
		2.11				
Hygrobatidae	0.00		2.88	1.88	8.82	20.19
		1.44				
NEMATODA	1.21		2.49	1.17	7.63	27.82
		2.20				
Sphaeriidae	4.25		2.38	1.51	7.27	35.09
		3.36				
Ceratopogonidae	1.19		2.22	1.18	6.78	41.87
		2.17				
Naididae	1.54		2.00	1.05	6.13	47.99
		1.78				
Leptoceridae	1.64		1.96	0.93	6.00	53.99
		2.54				
Lebertiidae	0.72		1.84	0.98	5.62	59.62
		0.72				
Molannidae	0.00		1.63	0.80	4.99	64.61
		0.86				
Corduliidae	0.33		1.44	0.86	4.40	69.01
		0.66				
Valvatidae	3.40		1.43	1.36	4.38	73.39
		3.49				

Groups TRPR2-MS-2019 & TRPR1-MS-2020
Average dissimilarity = 40.64

Group TRPR2-MS-2019	Group TRPR1-MS-2020
---------------------	---------------------

ANNEXE

Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Ephemeriidae	3.44	0.66	5.12	2.61	12.60	12.60
Hydrobiidae	2.01	0.00	3.59	1.06	8.83	21.43
Sphaeriidae	1.67	3.36	3.55	1.29	8.74	30.17
Naididae	0.33	1.78	2.90	1.62	7.13	37.30
Phryganeidae	1.37	0.00	2.58	1.18	6.34	43.64
Leptoceridae	1.18	2.54	2.51	1.42	6.17	49.81
Hygrobatidae	0.33	1.44	2.25	1.46	5.55	55.36
Limnesiidae	1.37	2.11	2.16	1.11	5.30	60.66
Chironomidae	4.80	4.16	1.72	1.48	4.23	64.89
NEMATODA	1.80	2.20	1.67	0.93	4.10	68.99
Molannidae	0.33	0.86	1.63	0.91	4.01	73.00

Groups TRPR3-MS-2019 & TRPR1-MS-2020

Average dissimilarity = 48.89

Species	Group TRPR3-MS-2019	Group TRPR1-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
NEMATODA	0.00	2.20	5.74	5.09	11.75	11.75
Limnesiidae	0.00	2.11	5.57	4.32	11.39	23.14
Valvatidae	1.74	3.49	4.77	1.47	9.76	32.89
Chironomidae	2.44	4.16	4.50	3.45	9.21	42.10
Naididae	0.00	1.78	4.42	1.89	9.05	51.15
Leptoceridae	1.05	2.54	3.92	1.61	8.01	59.16
Hygrobatidae	0.00	1.44	3.59	1.87	7.34	66.49
Ceratopogonidae	1.64	2.17	2.27	0.99	4.64	71.13

Groups ERPR-MS-2020 & TRPR1-MS-2020

Average dissimilarity = 38.38

Species	Group ERPR-MS-2020	Group TRPR1-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				

ANNEXE

Sphaeriidae	1.74		3.96	1.25	10.32	10.32
		3.36				
Limnesiidae	0.46		3.33	1.93	8.66	18.98
		2.11				
Naididae	2.60		3.03	1.40	7.90	26.88
		1.78				
Planorbidae	1.39		2.50	1.18	6.51	33.39
		0.00				
Hydrobiidae	1.37		2.44	1.15	6.36	39.75
		0.00				
Caenidae	1.48		2.31	1.18	6.01	45.76
		0.00				
Molannidae	1.12		2.00	1.17	5.22	50.98
		0.86				
Ephemeridae	1.19		1.83	1.15	4.78	55.76
		0.66				
Lebertiidae	1.09		1.75	1.07	4.55	60.31
		0.72				
Leptoceridae	1.72		1.72	0.82	4.49	64.80
		2.54				
NEMATODA	2.00		1.70	0.97	4.43	69.24
		2.20				
Hygrobatidae	1.05		1.60	0.96	4.16	73.40
		1.44				

Groups ERPR-MS-2019 & TRPR2-MS-2020

Average dissimilarity = 72.84

Species	Group ERPR- MS-2019	Group TRPR2- MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	6.05		10.40	2.36	14.28	14.28
		1.70				
Naididae	4.66		10.30	3.31	14.14	28.43
		0.33				
Sphaeriidae	4.44		7.51	2.10	10.31	38.73
		1.33				
NEMATODA	2.67		6.29	6.84	8.64	47.37
		0.00				
Valvatidae	4.03		5.52	2.52	7.58	54.95
		1.65				
Caenidae	2.36		5.49	3.85	7.53	62.48
		0.00				
Ceratopogonidae	2.16		4.54	1.75	6.23	68.71
		0.33				
Leptoceridae	1.51		3.69	1.78	5.07	73.78
		0.00				

Groups TRPR1-MS-2019 & TRPR2-MS-2020

Average dissimilarity = 65.25

Species	Group TRPR1- MS-2019	Group TRPR2- MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				

ANNEXE

Sphaeriidae	4.25		10.81	1.69	16.57	16.57
		1.33				
Chironomidae	4.59		10.69	1.60	16.38	32.95
		1.70				
Valvatidae	3.40		6.17	1.71	9.45	42.40
		1.65				
Leptoceridae	1.64		5.57	1.85	8.54	50.94
		0.00				
Naididae	1.54		4.96	1.39	7.60	58.54
		0.33				
Hydrobiidae	0.00		4.72	1.12	7.24	65.78
		1.41				
Ceratopogonidae	1.19		4.15	1.12	6.37	72.14
		0.33				

Groups TRPR2-MS-2019 & TRPR2-MS-2020

Average dissimilarity = 70.67

Species	Group TRPR2-MS-2019	Group TRPR2-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ephemeraeidae	3.44	0.00	10.12	4.95	14.32	14.32
Chironomidae	4.80	1.70	9.41	1.63	13.31	27.64
Valvatidae	3.92	1.65	6.62	2.30	9.37	37.01
Hydrobiidae	2.01	1.41	5.42	1.37	7.68	44.69
NEMATODA	1.80	0.00	4.96	1.74	7.02	51.71
Ceratopogonidae	1.86	0.33	4.72	1.59	6.68	58.39
Sphaeriidae	1.67	1.33	4.56	1.17	6.46	64.85
Phryganeidae	1.37	0.00	4.17	1.15	5.90	70.75

Groups TRPR3-MS-2019 & TRPR2-MS-2020

Average dissimilarity = 58.71

Species	Group TRPR3-MS-2019	Group TRPR2-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	3.41	1.33	12.49	1.38	21.28	21.28
Chironomidae	2.44	1.70	8.00	1.04	13.63	34.91
Ceratopogonidae	1.64	0.33	7.66	1.44	13.06	47.96
Hydrobiidae	0.00	1.41	7.08	1.09	12.06	60.03

ANNEXE

Valvatidae	1.74		6.06	0.95	10.33	70.35
		1.65				

Groups ERPR-MS-2020 & TRPR2-MS-2020

Average dissimilarity = 69.22

Species	Group ERPR-MS-2020 Av.Abund	Group TRPR2-MS-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.00	1.70	7.26	1.23	10.48	10.48
Ceratopogonidae	2.47	0.33	6.14	2.49	8.87	19.35
Naididae	2.60	0.33	6.02	1.61	8.69	28.05
NEMATODA	2.00	0.00	5.24	1.81	7.56	35.61
Leptoceridae	1.72	0.00	4.56	1.72	6.59	42.20
Sphaeriidae	1.74	1.33	4.42	1.21	6.38	48.58
Planorbidae	1.39	0.39	3.73	1.12	5.39	53.97
Hydrobiidae	1.37	1.41	3.70	1.02	5.35	59.32
Caenidae	1.48	0.00	3.33	1.18	4.81	64.12
Valvatidae	2.87	1.65	3.17	1.21	4.57	68.70
Molannidae	1.12	0.00	3.06	1.10	4.41	73.11

Groups TRPR1-MS-2020 & TRPR2-MS-2020

Average dissimilarity = 70.99

Species	Group TRPR1-MS-2020 Av.Abund	Group TRPR2-MS-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.16	1.70	7.48	1.46	10.53	10.53
Leptoceridae	2.54	0.00	7.39	5.61	10.41	20.94
NEMATODA	2.20	0.00	6.36	4.65	8.96	29.90
Sphaeriidae	3.36	1.33	6.25	1.49	8.80	38.71
Limnesiidae	2.11	0.00	6.17	3.99	8.69	47.39
Ceratopogonidae	2.17	0.33	5.51	2.31	7.76	55.15
Valvatidae	3.49	1.65	5.07	1.83	7.14	62.29
Naididae	1.78	0.33	4.45	1.61	6.26	68.55

ANNEXE

Hygrobataidae	1.44		3.94	1.84	5.56	74.10
		0.00				

Groups ERPR-MS-2019 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 58.29

Species	Group ERPR-MS-2019 Av.Abund	Group TRPR3-MS-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	6.05	2.12	8.01	1.79	13.75	13.75
Naididae	4.66	0.72	7.85	2.25	13.47	27.21
NEMATODA	2.67	0.33	4.66	2.48	7.99	35.20
Caenidae	2.36	0.00	4.50	3.15	7.71	42.92
Valvatidae	4.03	2.17	3.62	2.72	6.21	49.13
Ceratopogonidae	2.16	2.00	2.78	1.25	4.77	53.90
Sphaeriidae	4.44	3.06	2.78	1.89	4.76	58.66
Hydrobiidae	1.28	1.15	2.21	1.10	3.80	62.45
Leptoceridae	1.51	1.21	2.11	1.05	3.61	66.07
Arrenuridae	0.98	0.00	2.01	1.14	3.45	69.52
Molannidae	0.39	1.05	1.94	1.12	3.32	72.84

Groups TRPR1-MS-2019 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 51.21

Species	Group TRPR1-MS-2019 Av.Abund	Group TRPR3-MS-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.59	2.12	7.68	1.28	15.00	15.00
Ceratopogonidae	1.19	2.00	3.64	1.32	7.10	22.10
Sphaeriidae	4.25	3.06	3.54	1.28	6.91	29.01
Valvatidae	3.40	2.17	3.47	1.61	6.78	35.79
Naididae	1.54	0.72	3.41	1.11	6.65	42.45
Leptoceridae	1.64	1.21	3.07	1.00	5.99	48.44
NEMATODA	1.21	0.33	2.95	1.07	5.76	54.20
Molannidae	0.00	1.05	2.69	1.16	5.25	59.45

ANNEXE

Hydrobiidae	0.00		2.61	1.17	5.10	64.55
		1.15				
Hygrobatidae	0.00		2.00	0.78	3.90	68.45
		0.72				
Lebertiidae	0.72		1.89	0.76	3.69	72.14
		0.00				

Groups TRPR2-MS-2019 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 57.44

Species	Group TRPR2-MS-2019	Group TRPR3-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	4.80		7.01	1.36	12.21	12.21
		2.12				
Epheméridae	3.44		6.41	1.66	11.16	23.37
		0.88				
Valvatidae	3.92		4.14	2.29	7.20	30.57
		2.17				
Hydrobiidae	2.01		4.10	1.15	7.15	37.72
		1.15				
Sphaeriidae	1.67		3.86	1.16	6.72	44.44
		3.06				
NEMATODA	1.80		3.66	1.43	6.37	50.81
		0.33				
Phryganeidae	1.37		3.25	1.10	5.65	56.46
		0.00				
Ceratopogonidae	1.86		3.16	1.23	5.51	61.96
		2.00				
Limnesiidae	1.37		2.87	1.09	5.00	66.96
		0.39				
Leptoceridae	1.18		2.59	1.04	4.51	71.47
		1.21				

Groups TRPR3-MS-2019 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 44.98

Species	Group TRPR3-MS-2019	Group TRPR3-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	2.44		5.23	0.89	11.62	11.62
		2.12				
Ceratopogonidae	1.64		4.76	1.09	10.59	22.21
		2.00				
Leptoceridae	1.05		3.99	0.97	8.87	31.08
		1.21				
Valvatidae	1.74		3.58	0.89	7.95	39.03
		2.17				
Molannidae	0.33		3.50	1.06	7.77	46.80
		1.05				
Hydrobiidae	0.00		3.40	1.15	7.57	54.37
		1.15				

ANNEXE

Hygrobatidae	0.00		2.74	0.77	6.10	60.47
		0.72				
Sphaeriidae	3.41		2.35	1.11	5.23	65.69
		3.06				
Ephemeridae	0.00		2.20	0.78	4.88	70.57
		0.88				

Groups ERPR-MS-2020 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 53.16

Species	Group ERPR- MS-2020	Group TRPR3- MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	4.00		5.34	1.09	10.04	10.04
		2.12				
Sphaeriidae	1.74		4.58	1.20	8.61	18.65
		3.06				
Naididae	2.60		4.56	1.39	8.58	27.23
		0.72				
NEMATODA	2.00		3.89	1.51	7.31	34.55
		0.33				
Ceratopogonidae	2.47		2.91	1.12	5.48	40.02
		2.00				
Planorbidae	1.39		2.88	1.07	5.42	45.44
		0.76				
Hydrobiidae	1.37		2.76	1.08	5.20	50.64
		1.15				
Caenidae	1.48		2.74	1.15	5.16	55.80
		0.00				
Leptoceridae	1.72		2.64	1.00	4.96	60.76
		1.21				
Ephemeridae	1.19		2.44	1.17	4.59	65.35
		0.88				
Molannidae	1.12		2.18	0.99	4.11	69.46
		1.05				
Hygrobatidae	1.05		2.18	0.98	4.11	73.57
		0.72				

Groups TRPR1-MS-2020 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 47.35

Species	Group TRPR1- MS-2020	Group TRPR3- MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	4.16		5.52	1.23	11.66	11.66
		2.12				
NEMATODA	2.20		4.46	2.00	9.42	21.08
		0.33				
Limnesiidae	2.11		4.04	1.76	8.53	29.61
		0.39				
Leptoceridae	2.54		3.50	1.09	7.40	37.01
		1.21				
Naididae	1.78		3.18	1.25	6.72	43.73
		0.72				

ANNEXE

Valvatidae	3.49		2.98	1.86	6.29	50.02
		2.17				
Ceratopogonidae	2.17		2.72	1.18	5.75	55.76
		2.00				
Molannidae	0.86		2.42	1.15	5.12	60.88
		1.05				
Hygrobatidae	1.44		2.38	1.11	5.02	65.90
		0.72				
Hydrobiidae	0.00		2.28	1.16	4.81	70.71
		1.15				

Groups TRPR2-MS-2020 & TRPR3-MS-2020

Average dissimilarity = 60.25

Species	Group TRPR2-MS-2020	Group TRPR3-MS-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	1.33	3.06	8.63	1.03	14.32	14.32
Chironomidae	1.70	2.12	7.05	1.14	11.70	26.02
Ceratopogonidae	0.33	2.00	6.24	1.57	10.36	36.38
Hydrobiidae	1.41	1.15	5.55	0.95	9.22	45.59
Molannidae	0.00	1.05	4.15	1.12	6.89	52.49
Leptoceridae	0.00	1.21	3.89	1.09	6.46	58.95
Hygrobatidae	0.00	0.72	3.20	0.76	5.31	64.26
Planorbidae	0.39	0.76	3.15	0.73	5.23	69.49
Valvatidae	1.65	2.17	2.89	0.81	4.80	74.29

1.2 COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

1.2.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP MS preabs BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
EX	1	4307.8	4307.8	3.8162	0.004	958
AV	1	2382.7	2382.7	1.9907	0.098	999
ExxAV	1	999.23	999.23	0.83486	0.521	999
Pooled(1)	18	20319	1128.8	0.94315	0.622	997
Pooled(2)	18	21544	1196.9			
Total	39	49870				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
EX	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 \cdot S(\text{Ex})$
AV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 15 \cdot S(\text{AV})$
ExxAV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 7.5 \cdot S(\text{ExxAV})$
Pooled(1)	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 \cdot V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
EX	1*EX	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*AV	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	211.93	14.558
S(AV)	79.052	8.8911
S(ExxAV)	-26.354	-5.1336
V(St(Si(Ex)))	-34.024	-5.833
V(Res)	1196.9	34.596

1.2.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP MS preabs BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: ExpositionAvant.apres

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 4.7511 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.029

PAIRWISE COMPARISONS

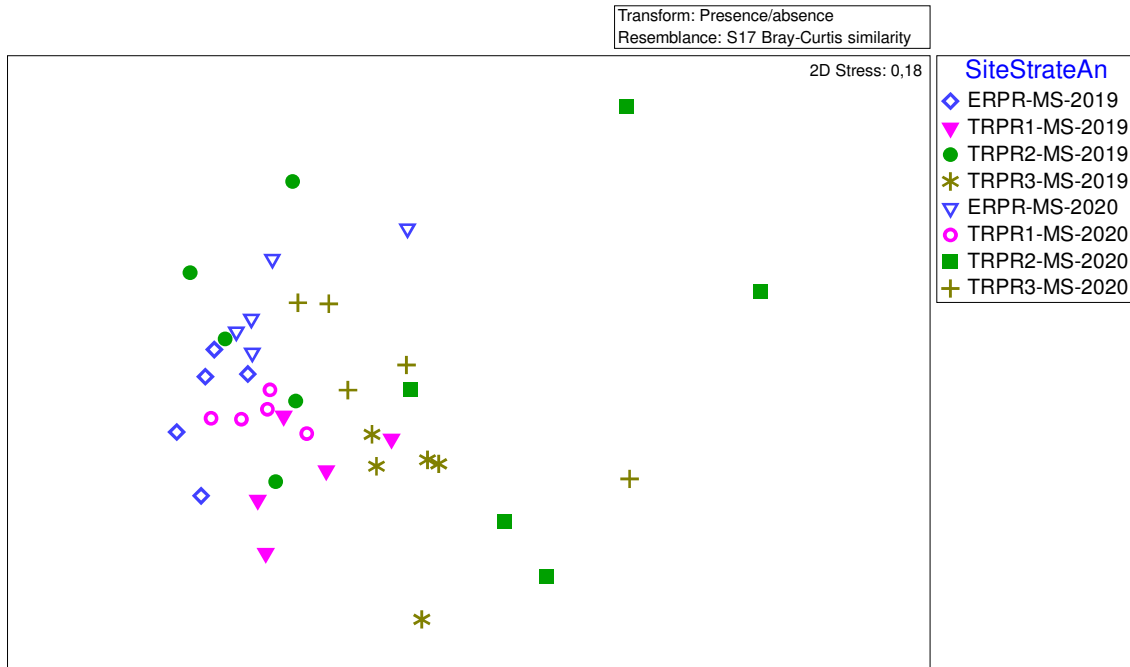
Groups	t	P(perm)
(ExposeAvant, TemoinAvant)	2.4468	0.055
(ExposeAvant, ExposeApres)	0.95996	0.456
(ExposeAvant, TemoinApres)	3.0549	0.014
(TemoinAvant, ExposeApres)	0.93179	0.437
(TemoinAvant, TemoinApres)	2.0964	0.077
(ExposeApres, TemoinApres)	1.9642	0.148

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ExposeAvant	5	19.428	3.0301
TemoinAvant	15	29.155	2.0505
ExposeApres	5	24.965	4.9074
TemoinApres	15	36.983	3.1208

1.2.3 NMDS

Non-metric MDS



1.3 DOMINANCE

1.3.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem21

Data type: Distance

Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	EX	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	14434	14434	4.7287	0.039	962
Av	1	24565	24565	5.2458	0.027	999
ExxAV	1	3594.8	3594.8	0.76769	0.411	998
Pooled(1)	18	54944	3052.4	0.65185	0.856	999
Pooled(2)	18	84289	4682.7			
Total	39	1.7842E+05				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAV	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	758.78	27.546
S(Av)	1325.5	36.407
S(ExxAv)	-145.05	-12.044
V(St(Si(Ex)))	-815.14	-28.551
V(Res)	4682.7	68.43

1.3.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem21
Data type: Distance
Selection: All

Group factor: ExpositionAnnee
Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 5.0473 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.007

PAIRWISE COMPARISONS

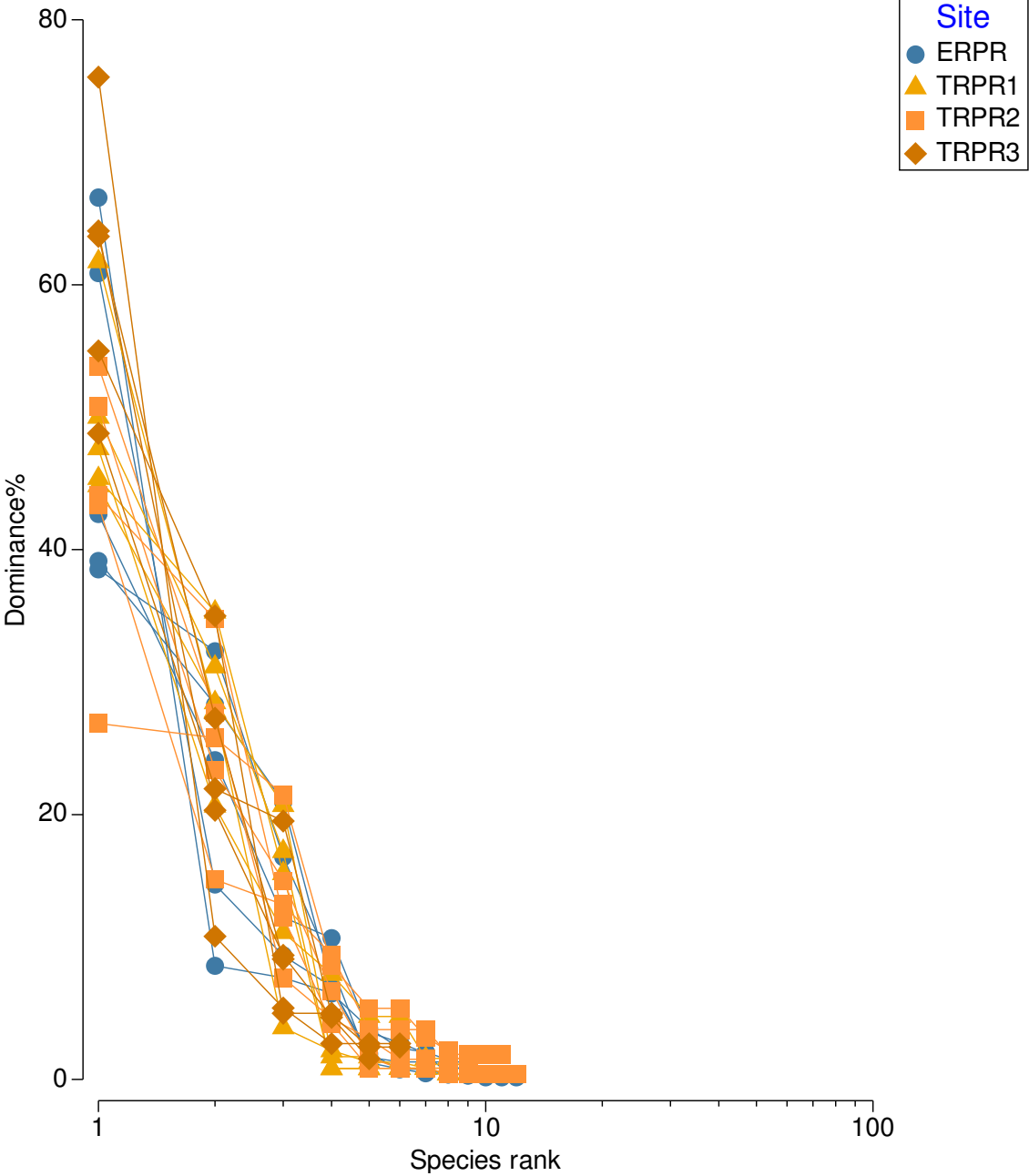
Groups	t	P(perm)
(Expose2019,Temoïn2019)	0.71792	0.723
(Expose2019,Expose2020)	3.0926	0.01
(Expose2019,Temoïn2020)	2.1888	0.055
(Temoïn2019,Expose2020)	3.1098	0.007
(Temoïn2019,Temoïn2020)	2.0707	0.034
(Expose2020,Temoïn2020)	1.6094	0.181

MEANS AND STANDARD ERRORS

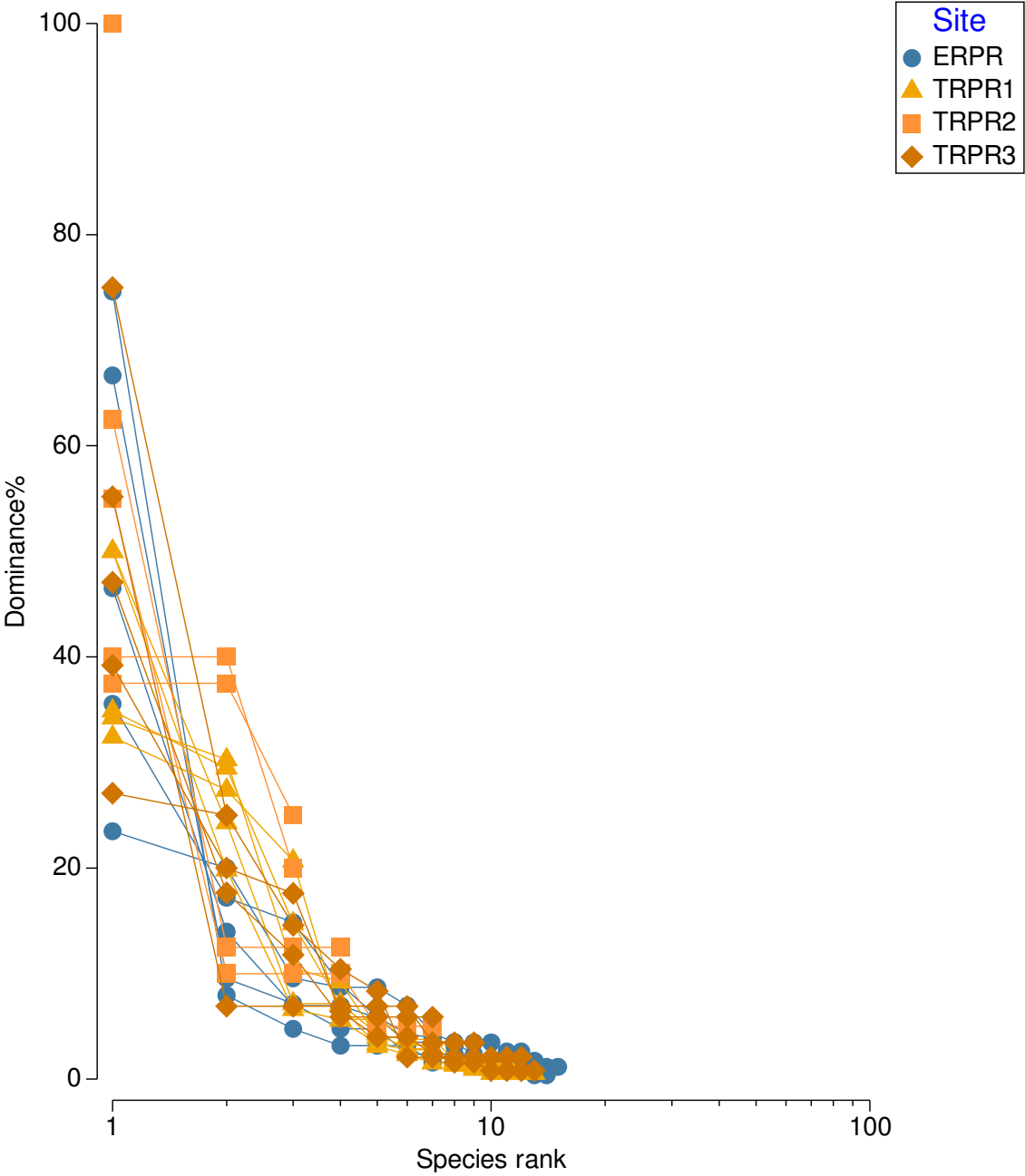
Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	24.766	1.6841
Temoïn2019	15	33.997	7.2715
Expose2020	5	86.029	19.738
Temoïn2020	15	56.829	8.2888

1.3.3 DOMINANCE PLOTS

2019



2020



1.4 VARIABLES UNIDIMENSIONNELLES

1.4.1 EPT/C

1.4.2 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem3

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAv

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAv

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	0.060977	0.060977	1.0196	0.367	963
Av	1	0.19961	0.19961	2.0837	0.176	999
ExxAv	1	0.034842	0.034842	0.36371	0.554	999
Pooled(1)	18	1.0765	0.059806	0.62431	0.791	998
Pooled(2)	18	1.7243	0.095796			
Total	39	3.0596				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 \cdot S(\text{Ex})$
Av	$1 \cdot V(\text{Res}) + 15 \cdot S(\text{Av})$

ExxAv $1 \cdot V(\text{Res}) + 7.5 \cdot S(\text{ExxAv})$
 Pooled(1) $1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
 Pooled(2) $1 \cdot V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*EX	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAv	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	7.8031E-05	0.0088335
S(Av)	0.0069209	0.083192
S(ExxAv)	-0.0081272	-0.090151
V(St(Si(Ex)))	-0.017995	-0.13414
V(Res)	0.095796	0.30951

1.4.3 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem3
 Data type: Distance
 Selection: All
 Transform: Fourth root
 Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee
 Number of permutations: 999

Number of groups: 4
 Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2.1804 df1: 3 df2: 36
 P(perm): 0.174

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019, Temoin2019)	2.5996	0.028
(Expose2019, Expose2020)	2.5808	0.048
(Expose2019, Temoin2020)	1.9663	0.06
(Temoin2019, Expose2020)	1.3092	0.331
(Temoin2019, Temoin2020)	0.38879	0.729
(Expose2020, Temoin2020)	0.85896	0.479

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	0.043766	0.013402
Temoin2019	15	0.25933	0.04683
Expose2020	5	0.14784	0.038036
Temoin2020	15	0.23154	0.053984

2 ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE

2.1 STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

2.1.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP MI fthrt BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	3777.1	3777.1	3.6456	0.011	963
AV	1	1932.6	1932.6	2.9087	0.018	998
ExxAV	1	855.99	855.99	1.2883	0.294	999
Pooled(1)	18	18650	1036.1	1.5594	0.022	998
Pooled(2)	18	11959	664.42			
Total	39	38776				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAv	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAv	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	182.74	13.518
S(Av)	84.545	9.1949
S(ExxAv)	25.544	5.0541
V(St(Si(Ex)))	185.84	13.632
V(Res)	664.42	25.776

2.1.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP MI fthrt BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: ExpositionAvant.apres

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 5.735 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.006

PAIRWISE COMPARISONS

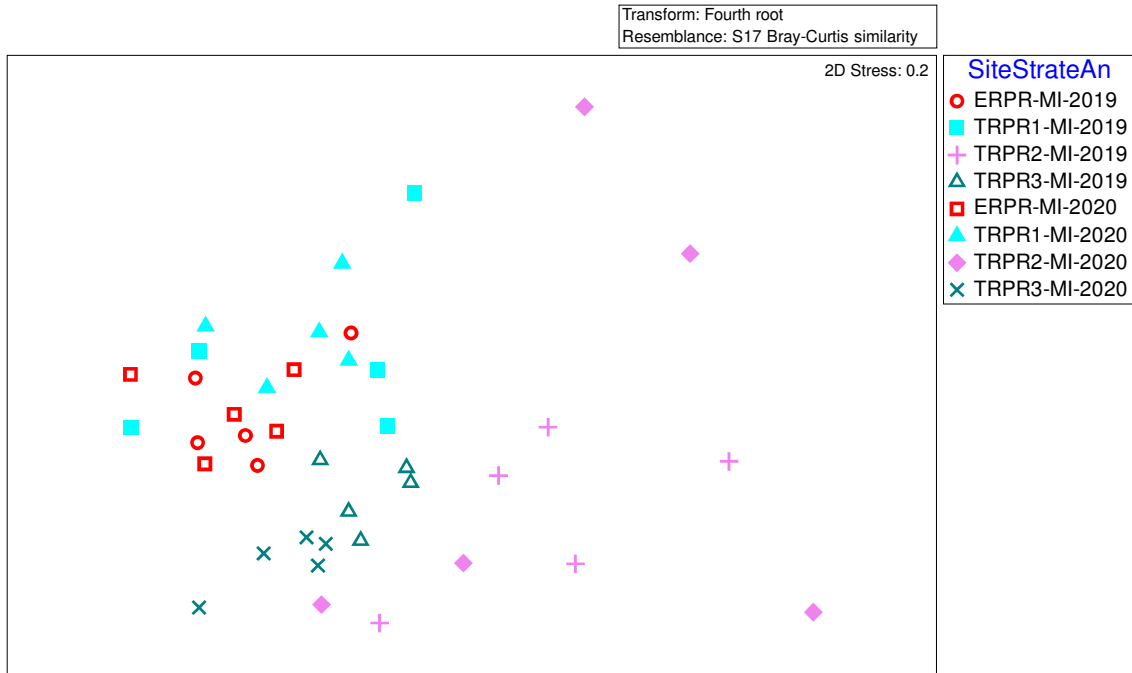
Groups	t	P(perm)
(ExposeAvant, TemoinAvant)	2.7072	0.024
(ExposeAvant, ExposeApres)	0.79283	0.483
(ExposeAvant, TemoinApres)	2.4578	0.055
(TemoinAvant, ExposeApres)	3.585	0.005
(TemoinAvant, TemoinApres)	0.7407	0.538
(ExposeApres, TemoinApres)	3.0238	0.014

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ExposeAvant	5	18.347	2.5813
TemoinAvant	15	27.851	1.8239
ExposeApres	5	16.143	1.0318
TemoinApres	15	30.215	2.6191

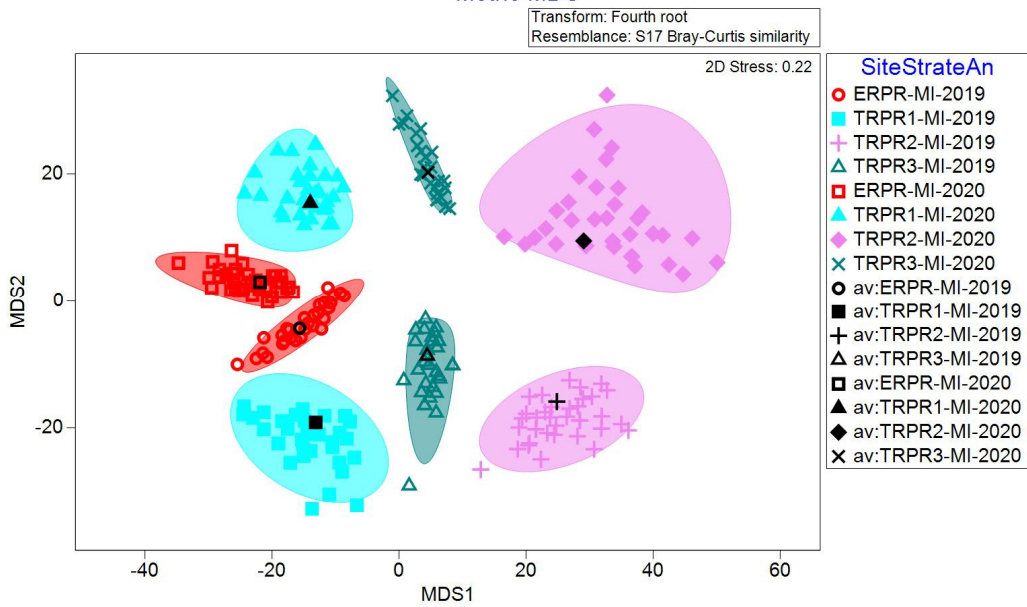
2.1.3 NMDS

Non-metric MDS



2.1.4 BOOTSTRAP AVERAGES

Metric MDS



2.1.5 SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

One-Way Analysis

Data worksheet

Name: SP MI fourth root

Data type: Abundance

Sample selection: All

Variable selection: All

Parameters

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Cut off for low contributions: 70.00%

Factor Groups

Sample	SiteStrateAn
ERPR-MI1-2019	ERPR-MI-2019
ERPR-MI2-2019	ERPR-MI-2019
ERPR-MI3-2019	ERPR-MI-2019
ERPR-MI4-2019	ERPR-MI-2019
ERPR-MI5-2019	ERPR-MI-2019
TRPR1-MI1-2019	TRPR1-MI-2019
TRPR1-MI2-2019	TRPR1-MI-2019
TRPR1-MI3-2019	TRPR1-MI-2019
TRPR1-MI4-2019	TRPR1-MI-2019
TRPR1-MI5-2019	TRPR1-MI-2019
TRPR2-MI1-2019	TRPR2-MI-2019
TRPR2-MI2-2019	TRPR2-MI-2019
TRPR2-MI3-2019	TRPR2-MI-2019
TRPR2-MI4-2019	TRPR2-MI-2019
TRPR2-MI5-2019	TRPR2-MI-2019
TRPR3-MI1-2019	TRPR3-MI-2019
TRPR3-MI2-2019	TRPR3-MI-2019
TRPR3-MI3-2019	TRPR3-MI-2019
TRPR3-MI4-2019	TRPR3-MI-2019
TRPR3-MI5-2019	TRPR3-MI-2019
ERPR-MI1-2020	ERPR-MI-2020
ERPR-MI2-2020	ERPR-MI-2020
ERPR-MI3-2020	ERPR-MI-2020
ERPR-MI4-2020	ERPR-MI-2020
ERPR-MI5-2020	ERPR-MI-2020
TRPR1-MI1-2020	TRPR1-MI-2020
TRPR1-MI2-2020	TRPR1-MI-2020
TRPR1-MI3-2020	TRPR1-MI-2020
TRPR1-MI4-2020	TRPR1-MI-2020
TRPR1-MI5-2020	TRPR1-MI-2020
TRPR2-MI1-2020	TRPR2-MI-2020
TRPR2-MI2-2020	TRPR2-MI-2020
TRPR2-MI3-2020	TRPR2-MI-2020
TRPR2-MI4-2020	TRPR2-MI-2020
TRPR2-MI5-2020	TRPR2-MI-2020
TRPR3-MI1-2020	TRPR3-MI-2020
TRPR3-MI2-2020	TRPR3-MI-2020
TRPR3-MI3-2020	TRPR3-MI-2020
TRPR3-MI4-2020	TRPR3-MI-2020
TRPR3-MI5-2020	TRPR3-MI-2020

Group ERPR-MI-2019

Average similarity: 70.73

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Naididae	6.17	15.18	7.01	21.47	21.47
Chironomidae	5.86	13.69	13.64	19.35	40.82
Sphaeriidae	4.84	11.37	7.38	16.07	56.89
Valvatidae	2.48	5.67	3.11	8.02	64.91
Leptoceridae	2.06	3.42	1.14	4.84	69.75
Ephemeraidae	1.68	3.31	1.15	4.68	74.43

Group TRPR1-MI-2019

Average similarity: 63.68

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	6.27	17.25	6.05	27.09	27.09
Valvatidae	2.92	8.62	4.21	13.53	40.62
Naididae	3.66	8.05	3.99	12.64	53.26
Sphaeriidae	2.74	7.01	4.93	11.00	64.26
Ceratopogonidae	2.49	6.81	6.86	10.69	74.95

Group TRPR2-MI-2019

Average similarity: 63.51

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Valvatidae	4.32	14.18	4.82	22.32	22.32
Sphaeriidae	4.47	13.65	3.41	21.50	43.82
Hydrobiidae	3.51	10.37	4.44	16.32	60.14
Chironomidae	2.64	7.53	3.05	11.85	72.00

Group TRPR3-MI-2019

Average similarity: 72.12

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.35	11.53	17.22	15.99	15.99
Sphaeriidae	3.72	9.72	8.38	13.48	29.47
Ceratopogonidae	3.26	8.98	26.39	12.45	41.92
Valvatidae	3.28	8.88	19.09	12.32	54.24
Leptoceridae	2.91	7.39	7.48	10.24	64.49
Ephemeraidae	2.61	5.68	3.29	7.87	72.36

Group ERPR-MI-2020

Average similarity: 74.54

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Naididae	6.93	15.36	19.75	20.61	20.61
Chironomidae	4.77	10.52	28.22	14.11	34.72
Sphaeriidae	4.35	9.66	23.15	12.96	47.68
Dipseudopsidae	2.85	6.47	9.80	8.68	56.36
NEMATODA	2.88	6.30	10.67	8.45	64.81
Hydrobiidae	2.42	5.12	8.42	6.87	71.68

Group TRPR1-MI-2020

Average similarity: 72.18

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	4.90	11.83	9.66	16.38	16.38
Naididae	3.47	6.99	3.38	9.68	26.06
Valvatidae	2.45	6.25	6.52	8.66	34.72
Ceratopogonidae	2.42	6.24	9.97	8.64	43.36
NEMATODA	2.45	6.09	5.02	8.44	51.80
Leptoceridae	2.35	5.65	10.96	7.82	59.62
Dipseudopsidae	1.97	5.14	10.58	7.12	66.74
Sphaeriidae	2.41	4.97	1.15	6.89	73.63

Group TRPR2-MI-2020

Average similarity: 47.69

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Hydrobiidae	3.78	14.53	3.84	30.46	30.46
Sphaeriidae	3.33	12.65	3.04	26.52	56.98
Tetrastemmatidae	1.86	5.06	1.10	10.62	67.60
Naididae	2.15	4.93	1.13	10.33	77.93

Group TRPR3-MI-2020

Average similarity: 75.79

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	4.70	10.16	11.20	13.41	13.41
Chironomidae	4.24	8.76	6.82	11.55	24.96
Ephemeridae	3.80	8.28	10.08	10.93	35.89
Tetrastemmatidae	3.62	7.85	8.47	10.36	46.25
Ceratopogonidae	3.44	6.93	10.13	9.15	55.40
Naididae	3.10	6.73	8.84	8.88	64.28
Polycentropodidae	2.61	5.42	9.15	7.15	71.42

Groups ERPR-MI-2019 & TRPR1-MI-2019

Average dissimilarity = 36.43

Species	Group ERPR-MI-2019	Group TRPR1-MI-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	6.17	3.66	4.07	1.46	11.17	11.17
Sphaeriidae	4.84	2.74	3.24	1.93	8.88	20.05
Lumbriculidae	1.80	2.02	2.37	1.28	6.50	26.55
Dipseudopsidae	1.55	0.51	2.29	1.13	6.27	32.83
Ephemeridae	1.68	0.33	2.23	1.55	6.11	38.94
Caenidae	1.93	1.30	2.08	1.40	5.72	44.66
NEMATODA	1.64	1.90	1.97	1.15	5.42	50.08
Chironomidae	5.86	6.27	1.96	1.24	5.37	55.45
Hydrobiidae	1.64	0.82	1.76	1.13	4.84	60.29
Leptoceridae	2.06	2.10	1.76	0.94	4.83	65.12
Limnesiidae	0.95	0.79	1.66	1.04	4.55	69.68
Molannidae	1.21	0.33	1.64	1.17	4.49	74.16

Groups ERPR-MI-2019 & TRPR2-MI-2019

Average dissimilarity = 48.17

Species	Group ERPR-MI-2019	Group TRPR2-MI-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	6.17	2.13	6.45	1.90	13.38	13.38
Chironomidae	5.86	2.64	4.82	2.65	10.00	23.38
Valvatidae	2.48	4.32	2.74	2.84	5.68	29.06
Hydrobiidae	1.64	3.51	2.71	1.76	5.62	34.68
Caenidae	1.93	0.46	2.51	1.46	5.22	39.90
Lumbriculidae	1.80	1.51	2.47	1.19	5.12	45.03
Dipseudopsidae	1.55	0.00	2.44	1.15	5.07	50.09
NEMATODA	1.64	0.33	2.26	1.22	4.69	54.78
Ceratopogonidae	1.76	0.72	2.20	1.23	4.56	59.34

ANNEXE

Planorbidae	0.00		2.17	1.74	4.50	63.84
		1.52				
Ephemeridae	1.68		1.97	1.17	4.10	67.94
		0.90				
Leptoceridae	2.06		1.78	0.90	3.70	71.64
		2.08				

Groups TRPR1-MI-2019 & TRPR2-MI-2019

Average dissimilarity = 49.75

Species	Group TRPR1-MI-2019	Group TRPR2-MI-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	6.27		5.92	2.64	11.90	11.90
		2.64				
Hydrobiidae	0.82		4.47	1.95	8.98	20.88
		3.51				
Naididae	3.66		3.35	1.11	6.73	27.61
		2.13				
Sphaeriidae	2.74		3.21	1.56	6.46	34.07
		4.47				
Ceratopogonidae	2.49		3.08	1.55	6.18	40.25
		0.72				
NEMATODA	1.90		2.84	1.55	5.70	45.95
		0.33				
Lumbriculidae	2.02		2.39	1.12	4.80	50.75
		1.51				
Valvatidae	2.92		2.39	2.25	4.80	55.55
		4.32				
Planorbidae	0.43		2.18	1.35	4.39	59.94
		1.52				
Leptoceridae	2.10		2.06	0.92	4.15	64.09
		2.08				
Caenidae	1.30		2.02	1.17	4.06	68.15
		0.46				
Crambidae	1.15		1.76	1.16	3.55	71.70
		0.00				

Groups ERPR-MI-2019 & TRPR3-MI-2019

Average dissimilarity = 36.99

Species	Group ERPR-MI-2019	Group TRPR3-MI-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	6.17		5.34	3.66	14.43	14.43
		2.32				
Dipseudopsidae	1.55		2.21	1.18	5.99	20.41
		0.00				
Lumbriculidae	1.80		2.16	1.37	5.84	26.25
		1.15				
Chironomidae	5.86		2.13	1.64	5.77	32.02
		4.35				
Ceratopogonidae	1.76		2.00	1.69	5.42	37.44
		3.26				

ANNEXE

NEMATODA	1.64		2.00	1.32	5.42	42.86
		0.72				
Sphaeriidae	4.84		1.76	2.03	4.76	47.62
		3.72				
Ephemeridae	1.68		1.66	1.32	4.50	52.12
		2.61				
Unionidae	0.00		1.54	1.18	4.15	56.27
		1.09				
Leptoceridae	2.06		1.52	0.87	4.11	60.39
		2.91				
Limnesiidae	0.95		1.49	1.11	4.02	64.41
		0.66				
Molannidae	1.21		1.46	1.11	3.95	68.37
		0.72				
Polycentropodidae	0.79		1.42	1.02	3.85	72.22
		0.82				

Groups TRPR1-MI-2019 & TRPR3-MI-2019

Average dissimilarity = 38.42

Species	Group TRPR1-MI-2019		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ephemeridae	0.33	2.61	3.52	1.86	9.16	9.16
Chironomidae	6.27	4.35	2.73	1.49	7.09	16.25
Naididae	3.66	2.32	2.33	1.23	6.06	22.31
NEMATODA	1.90	0.72	2.25	1.46	5.84	28.16
Hydrobiidae	0.82	1.85	2.12	1.22	5.51	33.67
Lumbriculidae	2.02	1.15	1.99	1.24	5.18	38.85
Sphaeriidae	2.74	3.72	1.94	1.64	5.04	43.89
Caenidae	1.30	2.00	1.89	1.33	4.91	48.80
Leptoceridae	2.10	2.91	1.76	0.85	4.59	53.39
Crambidae	1.15	0.00	1.60	1.19	4.17	57.56
Unionidae	0.33	1.09	1.59	1.10	4.14	61.70
Ceratopogonidae	2.49	3.26	1.46	2.01	3.79	65.49
Limnesiidae	0.79	0.66	1.43	1.00	3.73	69.22
Sialidae	0.00	0.82	1.25	0.77	3.24	72.47

Groups TRPR2-MI-2019 & TRPR3-MI-2019

Average dissimilarity = 42.63

ANNEXE

Species	Group TRPR2- MI-2019	Group TRPR3- MI-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ceratopogonidae	0.72	3.26	4.15	2.15	9.74	9.74
Ephemeridae	0.90	2.61	3.13	1.46	7.34	17.08
Caenidae	0.46	2.00	2.77	1.98	6.50	23.57
Chironomidae	2.64	4.35	2.73	2.02	6.40	29.97
Hydrobiidae	3.51	1.85	2.51	1.32	5.88	35.85
Lumbriculidae	1.51	1.15	2.02	1.22	4.73	40.58
Planorbidae	1.52	0.33	2.00	1.45	4.69	45.27
Leptoceridae	2.08	2.91	1.83	0.83	4.30	49.57
Naididae	2.13	2.32	1.81	1.01	4.25	53.82
Valvatidae	4.32	3.28	1.62	2.31	3.80	57.63
Corduliidae	1.15	0.39	1.60	1.12	3.75	61.37
Unionidae	0.72	1.09	1.58	1.08	3.71	65.08
Sphaeriidae	4.47	3.72	1.56	1.75	3.65	68.73
Phryganeidae	0.98	0.00	1.43	1.17	3.36	72.09

Groups ERPR-MI-2019 & ERPR-MI-2020

Average dissimilarity = 28.95

Species	Group ERPR-MI- 2019	Group ERPR-MI- 2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Lumbriculidae	1.80	1.43	2.03	1.28	7.02	7.02
NEMATODA	1.64	2.88	1.82	1.01	6.28	13.30
Dipseudopsidae	1.55	2.85	1.72	1.17	5.94	19.23
Chironomidae	5.86	4.77	1.62	1.50	5.60	24.83
Oxidae	0.00	1.31	1.58	1.15	5.45	30.29
Caenidae	1.93	1.23	1.57	1.25	5.42	35.70
Molannidae	1.21	0.82	1.44	1.17	4.98	40.68
Valvatidae	2.48	2.07	1.40	1.23	4.83	45.51
Polycentropodidae	0.79	0.82	1.28	1.03	4.44	49.95

ANNEXE

Naididae	6.17		1.26	1.47	4.36	54.30
		6.93				
Spongillidae	0.33		1.20	1.09	4.15	58.45
		0.98				
Sphaeriidae	4.84		1.18	1.76	4.08	62.53
		4.35				
Leptoceridae	2.06		1.18	1.13	4.06	66.59
		2.02				
Limnesiidae	0.95		1.17	0.79	4.03	70.62
		0.00				

Groups TRPR1-MI-2019 & ERPR-MI-2020

Average dissimilarity = 40.11

Species	Group TRPR1- MI-2019	Group ERPR-MI- 2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	3.66		4.69	1.70	11.70	11.70
		6.93				
Dipseudopsidae	0.51		3.37	2.03	8.39	20.09
		2.85				
Sphaeriidae	2.74		2.37	1.84	5.92	26.01
		4.35				
Hydrobiidae	0.82		2.25	1.48	5.61	31.62
		2.42				
Ephemeridae	0.33		2.10	1.51	5.25	36.87
		1.73				
Chironomidae	6.27		2.01	1.18	5.01	41.88
		4.77				
Lumbriculidae	2.02		1.87	1.17	4.66	46.54
		1.43				
Oxidae	0.00		1.72	1.13	4.28	50.82
		1.31				
Caenidae	1.30		1.68	1.23	4.20	55.02
		1.23				
Valvatidae	2.92		1.56	1.09	3.90	58.91
		2.07				
NEMATODA	1.90		1.48	1.01	3.68	62.60
		2.88				
Crambidae	1.15		1.46	1.19	3.64	66.24
		0.00				
Leptoceridae	2.10		1.33	1.12	3.33	69.57
		2.02				
Spongillidae	0.33		1.31	1.07	3.27	72.84
		0.98				

Groups TRPR2-MI-2019 & ERPR-MI-2020

Average dissimilarity = 50.00

Species	Group TRPR2- MI-2019	Group ERPR-MI- 2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.13		7.03	2.26	14.07	14.07
		6.93				

ANNEXE

Dipseudopsidae	0.00		4.05	5.19	8.09	22.16
		2.85				
NEMATODA	0.33		3.63	2.85	7.26	29.42
		2.88				
Valvatidae	4.32		3.13	1.71	6.27	35.68
		2.07				
Chironomidae	2.64		3.04	2.36	6.08	41.76
		4.77				
Ceratopogonidae	0.72		2.31	1.55	4.62	46.38
		2.25				
Ephemeridae	0.90		1.95	1.28	3.90	50.27
		1.73				
Lumbriculidae	1.51		1.89	1.08	3.77	54.04
		1.43				
Planorbidae	1.52		1.83	1.44	3.66	57.71
		0.39				
Caenidae	0.46		1.76	1.14	3.53	61.24
		1.23				
Oxidae	0.00		1.76	1.13	3.52	64.76
		1.31				
Hydrobiidae	3.51		1.47	1.41	2.93	67.69
		2.42				
Spongillidae	0.00		1.46	1.15	2.92	70.61
		0.98				

Groups TRPR3-MI-2019 & ERPR-MI-2020

Average dissimilarity = 40.15

Species	Group TRPR3- MI-2019	Group ERPR-MI- 2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.32		5.98	4.86	14.89	14.89
		6.93				
Dipseudopsidae	0.00		3.71	8.95	9.25	24.14
		2.85				
NEMATODA	0.72		2.84	2.14	7.07	31.21
		2.88				
Valvatidae	3.28		1.67	1.11	4.15	35.36
		2.07				
Oxidae	0.00		1.62	1.15	4.05	39.41
		1.31				
Ephemeridae	2.61		1.62	1.21	4.03	43.44
		1.73				
Lumbriculidae	1.15		1.58	1.22	3.95	47.39
		1.43				
Unionidae	1.09		1.44	1.18	3.59	50.98
		0.00				
Spongillidae	0.00		1.34	1.19	3.33	54.30
		0.98				
Polycentropodidae	0.82		1.33	1.02	3.32	57.62
		0.82				
Ceratopogonidae	3.26		1.33	2.23	3.31	60.94
		2.25				
Caenidae	2.00		1.31	1.21	3.25	64.19
		1.23				
Molannidae	0.72		1.27	1.01	3.16	67.35
		0.82				

ANNEXE

Leptoceridae	2.91	2.02	1.18	1.48	2.94	70.29
--------------	------	------	------	------	------	-------

Groups ERPR-MI-2019 & TRPR1-MI-2020

Average dissimilarity = 35.53

Species	Group ERPR-MI-2019 Av.Abund	Group TRPR1-MI-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Naididae	6.17	3.47	3.79	1.61	10.66	10.66
Sphaeriidae	4.84	2.41	3.21	1.69	9.02	19.69
Caenidae	1.93	0.33	2.30	1.71	6.46	26.15
Lumbriculidae	1.80	1.11	2.13	1.34	5.98	32.13
Chironomidae	5.86	4.90	1.90	1.54	5.35	37.48
NEMATODA	1.64	2.45	1.81	1.10	5.10	42.57
Limnesiidae	0.95	1.68	1.78	1.26	5.02	47.60
Tetrastemmatidae	0.00	1.11	1.58	1.18	4.44	52.03
Dipseudopsidae	1.55	1.97	1.55	1.68	4.38	56.41
Cristatellidae	0.00	0.98	1.34	1.18	3.77	60.18
Leptoceridae	2.06	2.35	1.33	1.00	3.74	63.92
Molannidae	1.21	1.31	1.32	1.24	3.72	67.65
Ephemeridae	1.68	1.85	1.29	0.98	3.63	71.27

Groups TRPR1-MI-2019 & TRPR1-MI-2020

Average dissimilarity = 38.10

Species	Group TRPR1-MI-2019 Av.Abund	Group TRPR1-MI-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Dipseudopsidae	0.51	1.97	2.64	2.46	6.94	6.94
Ephemeridae	0.33	1.85	2.51	1.45	6.58	13.53
Naididae	3.66	3.47	2.45	1.24	6.44	19.97
Chironomidae	6.27	4.90	2.38	1.34	6.24	26.21
Lumbriculidae	2.02	1.11	1.99	1.27	5.23	31.44
Limnesiidae	0.79	1.68	1.85	1.36	4.86	36.31

ANNEXE

Sphaeriidae	2.74		1.76	1.41	4.63	40.94
		2.41				
Tetrastemmatidae	0.00		1.75	1.16	4.58	45.52
		1.11				
Hydrobiidae	0.82		1.72	1.23	4.52	50.04
		1.48				
Caenidae	1.30		1.71	1.12	4.48	54.52
		0.33				
Molannidae	0.33		1.67	1.37	4.38	58.91
		1.31				
Crambidae	1.15		1.58	1.19	4.16	63.07
		0.00				
Leptoceridae	2.10		1.54	0.99	4.04	67.10
		2.35				
Cristatellidae	0.00		1.48	1.16	3.88	70.98
		0.98				

Groups TRPR2-MI-2019 & TRPR1-MI-2020

Average dissimilarity = 52.34

Species	Group TRPR2-MI-2019		Group TRPR1-MI-2020		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund		Av.Abund					
Chironomidae	2.64		4.90		3.52	1.91	6.72	6.72
NEMATODA	0.33		2.45		3.34	2.27	6.38	13.10
Sphaeriidae	4.47		2.41		3.13	1.44	5.98	19.07
Dipseudopsidae	0.00		1.97		3.06	5.05	5.85	24.92
Hydrobiidae	3.51		1.48		3.03	1.99	5.79	30.71
Naididae	2.13		3.47		2.90	1.06	5.53	36.25
Valvatidae	4.32		2.45		2.87	3.94	5.49	41.74
Ceratopogonidae	0.72		2.42		2.81	1.58	5.36	47.10
Limnesiidae	0.33		1.68		2.28	1.54	4.36	51.46
Ephemeridae	0.90		1.85		2.27	1.18	4.34	55.80
Planorbidae	1.52		0.00		2.21	1.76	4.23	60.03
Lumbriculidae	1.51		1.11		1.99	1.27	3.80	63.83
Molannidae	0.39		1.31		1.87	1.52	3.57	67.40
Tetrastemmatidae	0.79		1.11		1.68	1.13	3.22	70.61

Groups TRPR3-MI-2019 & TRPR1-MI-2020

Average dissimilarity = 38.53

ANNEXE

Species	Group TRPR3- MI-2019	Group TRPR1- MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Dipseudopsidae	0.00	1.97	2.78	9.28	7.23	7.23
NEMATODA	0.72	2.45	2.50	1.67	6.49	13.72
Caenidae	2.00	0.33	2.42	2.22	6.29	20.01
Naididae	2.32	3.47	2.01	1.14	5.21	25.21
Sphaeriidae	3.72	2.41	1.83	1.02	4.74	29.95
Limnesiidae	0.66	1.68	1.80	1.44	4.67	34.62
Ephemeridae	2.61	1.85	1.77	1.24	4.59	39.21
Tetrastemmatidae	0.00	1.11	1.63	1.19	4.23	43.44
Unionidae	1.09	0.00	1.57	1.19	4.07	47.51
Hydrobiidae	1.85	1.48	1.42	1.14	3.68	51.19
Molannidae	0.72	1.31	1.40	1.22	3.64	54.82
Lumbriculidae	1.15	1.11	1.39	1.07	3.60	58.43
Cristatellidae	0.00	0.98	1.38	1.19	3.59	62.02
Spongillidae	0.00	0.98	1.35	1.19	3.51	65.53
Chironomidae	4.35	4.90	1.28	1.22	3.32	68.85
Sialidae	0.82	0.33	1.24	0.88	3.21	72.06

Groups ERPR-MI-2020 & TRPR1-MI-2020

Average dissimilarity = 34.92

Species	Group ERPR-MI- 2020	Group TRPR1- MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	6.93	3.47	4.50	2.05	12.89	12.89
Sphaeriidae	4.35	2.41	2.44	1.55	6.99	19.88
Limnesiidae	0.00	1.68	2.15	1.89	6.14	26.03
Oxidae	1.31	0.00	1.61	1.15	4.60	30.63
Lumbriculidae	1.43	1.11	1.56	1.23	4.47	35.10
Caenidae	1.23	0.33	1.52	1.14	4.37	39.46
Tetrastemmatidae	0.00	1.11	1.48	1.18	4.23	43.70

ANNEXE

Molannidae	0.82		1.40	1.37	4.02	47.71
Ephemeridae	1.73	1.31	1.37	1.10	3.92	51.64
Valvatidae	2.07	1.85	1.37	1.34	3.91	55.55
Hydrobiidae	2.42	2.45	1.24	1.14	3.55	59.11
Cristatellidae	0.33	1.48	1.18	1.10	3.38	62.48
Dipseudopsidae	2.85	0.98	1.14	2.92	3.26	65.74
Chironomidae	4.77	1.97	1.12	1.30	3.20	68.94
Gomphidae	0.82	4.90	1.03	0.79	2.95	71.89
		0.00				

Groups ERPR-MI-2019 & TRPR2-MI-2020

Average dissimilarity = 55.30

Species	Group ERPR-MI-2019	Group TRPR2-MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	5.86	1.47	7.55	2.36	13.66	13.66
Naididae	6.17	2.15	7.16	1.98	12.95	26.61
Hydrobiidae	1.64	3.78	3.54	1.77	6.39	33.00
Tetrastemmatidae	0.00	1.86	3.05	1.78	5.51	38.51
Valvatidae	2.48	0.79	2.99	1.59	5.41	43.92
Sphaeriidae	4.84	3.33	2.79	1.75	5.04	48.96
Lumbriculidae	1.80	0.88	2.76	1.18	5.00	53.96
Ceratopogonidae	1.76	0.98	2.69	1.41	4.86	58.82
Dipseudopsidae	1.55	0.33	2.58	1.23	4.66	63.48
Caenidae	1.93	0.79	2.53	1.35	4.58	68.06
Leptoceridae	2.06	1.12	2.46	1.28	4.44	72.50

Groups TRPR1-MI-2019 & TRPR2-MI-2020

Average dissimilarity = 58.81

Species	Group TRPR1-MI-2019	Group TRPR2-MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	6.27	1.47	9.21	2.38	15.66	15.66

ANNEXE

Hydrobiidae	0.82		5.68	1.87	9.66	25.31
		3.78				
Valvatidae	2.92		4.03	1.78	6.86	32.17
		0.79				
Naididae	3.66		3.84	1.23	6.53	38.70
		2.15				
Ceratopogonidae	2.49		3.67	1.82	6.24	44.94
		0.98				
Tetrastemmatidae	0.00		3.45	1.69	5.87	50.82
		1.86				
Lumbriculidae	2.02		3.03	1.42	5.15	55.97
		0.88				
Leptoceridae	2.10		2.79	1.31	4.75	60.72
		1.12				
NEMATODA	1.90		2.40	1.34	4.08	64.80
		0.98				
Sphaeriidae	2.74		2.23	1.14	3.79	68.59
		3.33				
Caenidae	1.30		2.22	1.17	3.77	72.37
		0.79				

Groups TRPR2-MI-2019 & TRPR2-MI-2020
Average dissimilarity = 50.78

Species	Group TRPR2-MI-2019		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Valvatidae	4.32		7.01	2.58	13.81	13.81
		0.79				
Chironomidae	2.64		3.41	1.49	6.72	20.53
		1.47				
Naididae	2.13		2.92	1.15	5.75	26.28
		2.15				
Tetrastemmatidae	0.79		2.90	1.24	5.70	31.99
		1.86				
Leptoceridae	2.08		2.84	1.30	5.60	37.59
		1.12				
Planorbidae	1.52		2.81	1.66	5.54	43.13
		0.00				
Sphaeriidae	4.47		2.69	1.33	5.29	48.42
		3.33				
Lumbriculidae	1.51		2.66	1.13	5.25	53.66
		0.88				
Ephemeridae	0.90		2.09	1.02	4.12	57.78
		0.88				
Ceratopogonidae	0.72		2.01	1.00	3.97	61.75
		0.98				
Corduliidae	1.15		1.97	1.12	3.87	65.62
		0.33				
NEMATODA	0.33		1.90	1.03	3.74	69.36
		0.98				
Hydrobiidae	3.51		1.87	1.48	3.69	73.05
		3.78				

Groups TRPR3-MI-2019 & TRPR2-MI-2020
Average dissimilarity = 53.13

ANNEXE

Species	Group TRPR3- MI-2019	Group TRPR2- MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	4.35	1.47	5.32	1.81	10.02	10.02
Ceratopogonidae	3.26	0.98	4.38	1.67	8.25	18.26
Valvatidae	3.28	0.79	4.31	2.33	8.12	26.38
Ephemeridae	2.61	0.88	3.61	1.46	6.80	33.18
Leptoceridae	2.91	1.12	3.40	1.45	6.41	39.59
Hydrobiidae	1.85	3.78	3.36	1.42	6.32	45.91
Tetrastemmatidae	0.00	1.86	3.16	1.81	5.95	51.86
Caenidae	2.00	0.79	2.58	1.41	4.85	56.71
Naididae	2.32	2.15	2.14	1.19	4.04	60.74
Lumbriculidae	1.15	0.88	2.06	1.20	3.87	64.62
Unionidae	1.09	0.00	1.98	1.16	3.73	68.34
Limnesiidae	0.66	0.88	1.69	1.04	3.18	71.52

Groups ERPR-MI-2020 & TRPR2-MI-2020

Average dissimilarity = 54.25

Species	Group ERPR-MI- 2020	Group TRPR2- MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	6.93	2.15	7.76	2.37	14.31	14.31
Chironomidae	4.77	1.47	5.37	2.00	9.89	24.20
Dipseudopsidae	2.85	0.33	3.94	3.31	7.26	31.46
NEMATODA	2.88	0.98	2.95	2.04	5.45	36.90
Tetrastemmatidae	0.00	1.86	2.82	1.80	5.21	42.11
Ceratopogonidae	2.25	0.98	2.73	1.87	5.04	47.15
Valvatidae	2.07	0.79	2.63	1.34	4.84	51.99
Ephemeridae	1.73	0.88	2.26	1.37	4.16	56.15
Hydrobiidae	2.42	3.78	2.14	1.56	3.95	60.10
Lumbriculidae	1.43	0.88	2.10	1.16	3.86	63.97

ANNEXE

Oxidae	1.31		1.95	1.13	3.59	67.56
Caenidae	1.23	0.00	1.85	1.13	3.42	70.98
		0.79				

Groups TRPR1-MI-2020 & TRPR2-MI-2020
Average dissimilarity = 53.45

Species	Group TRPR1-MI-2020		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	4.90	1.47	6.18	1.93	11.57	11.57
Hydrobiidae	1.48	3.78	3.92	1.96	7.33	18.90
Naididae	3.47	2.15	3.30	1.16	6.17	25.07
Ceratopogonidae	2.42	0.98	3.28	1.80	6.14	31.21
Valvatidae	2.45	0.79	2.87	1.58	5.38	36.59
Dipseudopsidae	1.97	0.33	2.80	2.25	5.25	41.84
Ephemeraidae	1.85	0.88	2.71	1.30	5.07	46.91
NEMATODA	2.45	0.98	2.55	1.50	4.78	51.68
Leptoceridae	2.35	1.12	2.44	1.24	4.57	56.26
Limnesiidae	1.68	0.88	2.42	1.40	4.53	60.78
Sphaeriidae	2.41	3.33	2.35	1.16	4.39	65.18
Molannidae	1.31	0.00	2.27	1.85	4.25	69.43
Tetrastemmatidae	1.11	1.86	2.08	1.34	3.89	73.32

Groups ERPR-MI-2019 & TRPR3-MI-2020
Average dissimilarity = 38.34

Species	Group ERPR-MI-2019		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Tetrastemmatidae	0.00	3.62	4.53	8.32	11.81	11.81
Naididae	6.17	3.10	3.87	3.51	10.09	21.90
Ephemeraidae	1.68	3.80	2.61	2.51	6.80	28.70
Polycentropodidae	0.79	2.61	2.25	1.83	5.87	34.57
Chironomidae	5.86	4.24	2.17	1.65	5.67	40.24

ANNEXE

Ceratopogonidae	1.76		1.99	1.49	5.18	45.42
		3.44				
Lumbriculidae	1.80		1.97	1.53	5.13	50.55
		2.39				
NEMATODA	1.64		1.87	1.16	4.88	55.43
		0.46				
Unionidae	0.00		1.78	1.90	4.65	60.08
		1.45				
Dipseudopsidae	1.55		1.62	1.34	4.21	64.29
		1.72				
Caenidae	1.93		1.55	1.11	4.04	68.33
		1.42				
Hydrobiidae	1.64		1.41	1.23	3.68	72.01
		1.88				

Groups TRPR1-MI-2019 & TRPR3-MI-2020

Average dissimilarity = 46.56

Species	Group TRPR1- MI-2019	Group TRPR3- MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Tetrastemmatidae	0.00		4.94	6.26	10.62	10.62
		3.62				
Ephemeridae	0.33		4.75	3.80	10.20	20.82
		3.80				
Polycentropodidae	0.00		3.55	5.26	7.63	28.45
		2.61				
Sphaeriidae	2.74		2.83	1.89	6.07	34.52
		4.70				
Chironomidae	6.27		2.64	1.37	5.67	40.19
		4.24				
NEMATODA	1.90		2.30	1.55	4.94	45.13
		0.46				
Dipseudopsidae	0.51		2.16	1.60	4.63	49.77
		1.72				
Hydrobiidae	0.82		2.01	1.34	4.32	54.09
		1.88				
Caenidae	1.30		1.87	1.28	4.02	58.11
		1.42				
Naididae	3.66		1.87	1.60	4.01	62.13
		3.10				
Valvatidae	2.92		1.76	1.26	3.78	65.91
		1.70				
Unionidae	0.33		1.69	1.45	3.63	69.54
		1.45				
Ceratopogonidae	2.49		1.52	1.51	3.26	72.81
		3.44				

Groups TRPR2-MI-2019 & TRPR3-MI-2020

Average dissimilarity = 48.66

Group TRPR2- MI-2019	Group TRPR3- MI-2020
-------------------------	----------------------------

ANNEXE

Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Epheméridae	0.90	3.80	4.18	2.11	8.60	8.60
Tetrastemmatidae	0.79	3.62	3.99	2.26	8.21	16.81
Ceratopogonidae	0.72	3.44	3.88	2.11	7.97	24.77
Valvatidae	4.32	1.70	3.72	2.32	7.65	32.42
Polycentropodidae	0.00	2.61	3.65	4.88	7.49	39.92
Hydrobiidae	3.51	1.88	2.55	1.60	5.25	45.17
Dipseudopsidae	0.00	1.72	2.35	1.77	4.84	50.01
Chironomidae	2.64	4.24	2.28	1.72	4.68	54.69
Naididae	2.13	3.10	2.05	1.12	4.21	58.90
Planorbidae	1.52	0.00	2.02	1.76	4.16	63.06
Caenidae	0.46	1.42	1.99	1.09	4.09	67.15
Lumbriculidae	1.51	2.39	1.97	1.19	4.05	71.20

Groups TRPR3-MI-2019 & TRPR3-MI-2020
Average dissimilarity = 34.40

Species	Group TRPR3-MI-2019	Group TRPR3-MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Tetrastemmatidae	0.00	3.62	4.66	10.49	13.55	13.55
Polycentropodidae	0.82	2.61	2.39	1.70	6.96	20.51
Dipseudopsidae	0.00	1.72	2.17	1.83	6.30	26.81
Valvatidae	3.28	1.70	2.08	1.58	6.05	32.86
Lumbriculidae	1.15	2.39	1.67	1.27	4.87	37.73
Epheméridae	2.61	3.80	1.67	1.57	4.85	42.58
Hydrobiidae	1.85	1.88	1.57	1.27	4.57	47.15
Caenidae	2.00	1.42	1.35	1.27	3.92	51.07
Sphaeriidae	3.72	4.70	1.31	1.58	3.82	54.89
Naididae	2.32	3.10	1.24	1.90	3.60	58.49
Unionidae	1.09	1.45	1.16	1.08	3.37	61.86
Molannidae	0.72	0.72	1.16	0.97	3.36	65.22

ANNEXE

Sialidae	0.82		1.14	0.89	3.32	68.54
		0.33				
NEMATODA	0.72		1.10	0.92	3.20	71.74
		0.46				

Groups ERPR-MI-2020 & TRPR3-MI-2020

Average dissimilarity = 39.53

Species	Group ERPR-MI-2020		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	6.93	3.10	4.54	4.84	11.48	11.48
Tetrastemmatidae	0.00	3.62	4.28	9.22	10.82	22.30
NEMATODA	2.88	0.46	2.94	2.32	7.43	29.73
Ephemeraidae	1.73	3.80	2.45	1.95	6.19	35.92
Polycentropodidae	0.82	2.61	2.15	1.56	5.45	41.37
Unionidae	0.00	1.45	1.69	1.91	4.26	45.63
Lumbriculidae	1.43	2.39	1.57	1.28	3.97	49.61
Valvatidae	2.07	1.70	1.51	1.27	3.83	53.44
Dipseudopsidae	2.85	1.72	1.49	1.31	3.78	57.21
Oxidae	1.31	0.00	1.49	1.15	3.77	60.98
Caenidae	1.23	1.42	1.47	1.23	3.73	64.71
Ceratopogonidae	2.25	3.44	1.37	1.45	3.46	68.18
Hydrobiidae	2.42	1.88	1.34	1.39	3.40	71.58

Groups TRPR1-MI-2020 & TRPR3-MI-2020

Average dissimilarity = 39.36

Species	Group TRPR1-MI-2020		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Polycentropodidae	0.00	2.61	3.31	7.04	8.42	8.42
Tetrastemmatidae	1.11	3.62	3.14	2.82	7.98	16.40
Sphaeriidae	2.41	4.70	2.89	1.76	7.34	23.74
NEMATODA	2.45	0.46	2.70	2.13	6.87	30.60
Ephemeraidae	1.85	3.80	2.47	1.70	6.28	36.88

ANNEXE

Limnesiidae	1.68		1.91	1.50	4.86	41.75
		0.46				
Unionidae	0.00		1.82	1.92	4.61	46.36
		1.45				
Caenidae	0.33		1.79	1.18	4.54	50.90
		1.42				
Lumbriculidae	1.11		1.70	1.26	4.32	55.22
		2.39				
Naididae	3.47		1.67	1.75	4.25	59.47
		3.10				
Hydrobiidae	1.48		1.39	1.15	3.53	63.00
		1.88				
Chironomidae	4.90		1.37	1.23	3.48	66.48
		4.24				
Ceratopogonidae	2.42		1.25	1.39	3.18	69.66
		3.44				
Molannidae	1.31		1.24	1.22	3.14	72.80
		0.72				

Groups TRPR2-MI-2020 & TRPR3-MI-2020
Average dissimilarity = 50.94

Species	Group TRPR2- MI-2020	Group TRPR3- MI-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ephemeraidae	0.88	3.80	4.75	2.10	9.33	9.33
Chironomidae	1.47	4.24	4.57	1.85	8.98	18.31
Ceratopogonidae	0.98	3.44	4.09	1.77	8.04	26.34
Hydrobiidae	3.78	1.88	3.22	1.53	6.32	32.66
Polycentropodidae	0.66	2.61	3.00	2.06	5.89	38.56
Tetrastemmatidae	1.86	3.62	2.84	1.44	5.57	44.13
Lumbriculidae	0.88	2.39	2.78	1.62	5.46	49.58
Naididae	2.15	3.10	2.30	1.22	4.51	54.09
Leptoceridae	1.12	2.45	2.29	1.26	4.49	58.58
Dipseudopsidae	0.33	1.72	2.28	1.55	4.48	63.06
Sphaeriidae	3.33	4.70	2.22	1.45	4.36	67.42
Unionidae	0.00	1.45	2.21	1.87	4.35	71.77

2.2 COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

2.2.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP MI preabs BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	1370.3	1370.3	1.7196	0.116	958
Av	1	1814.9	1814.9	2.8494	0.018	999
ExxAV	1	780.93	780.93	1.226	0.281	999
Pooled(1)	18	14343	796.85	1.251	0.121	999
Pooled(2)	18	11465	636.95			
Total	39	31132				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAV	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAV})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAv	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	38.229	6.1829
S(Av)	78.531	8.8618
S(ExxAv)	19.197	4.3814
V(St(Si(Ex)))	79.946	8.9413
V(Res)	636.95	25.238

2.2.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP MI preabs BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: ExpositionAvant.apres

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2.198 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.237

PAIRWISE COMPARISONS

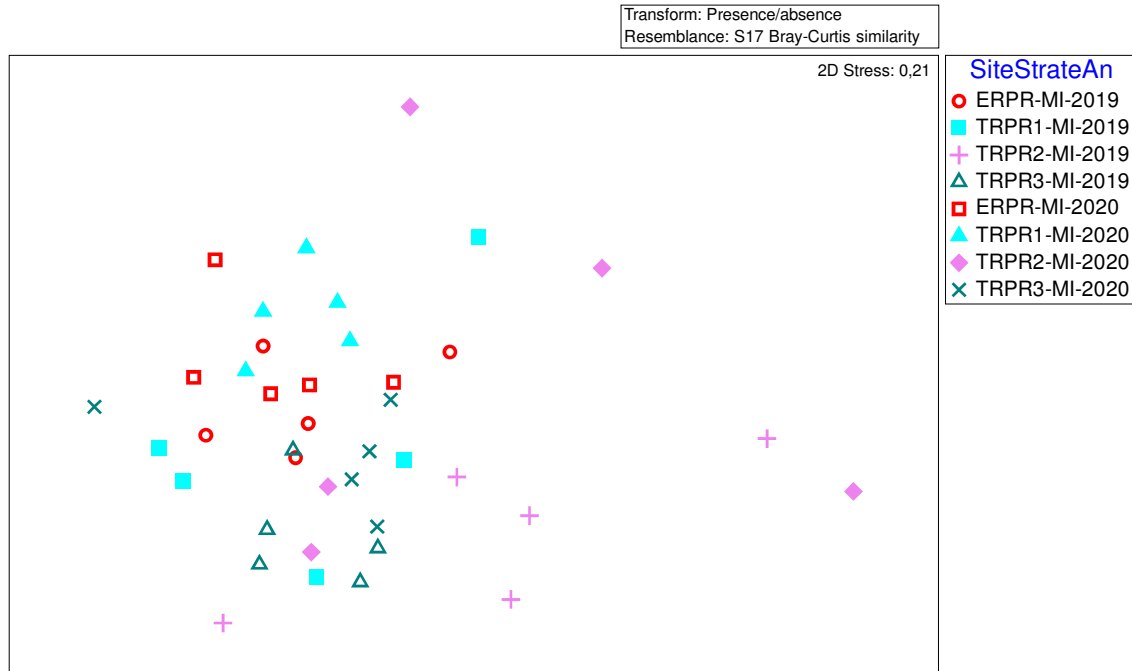
Groups	t	P(perm)
(ExposeAvant, TemoinAvant)	1.9984	0.096
(ExposeAvant, ExposeApres)	0.37121	0.708
(ExposeAvant, TemoinApres)	1.3399	0.294
(TemoinAvant, ExposeApres)	2.6748	0.023
(TemoinAvant, TemoinApres)	0.096684	0.938
(ExposeApres, TemoinApres)	1.6965	0.178

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ExposeAvant	5	18.365	3.5586
TemoinAvant	15	25.948	1.8499
ExposeApres	5	16.917	1.5926
TemoinApres	15	25.618	2.8658

2.2.3 NMDS

Non-metric MDS



2.3 DOMINANCE

2.3.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem12

Data type: Distance

Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool Terms
Pooled(1) St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2) Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	6.8602E+05	6.8602E+05	6.6699	0.012	971
Av	1	2.0981E+05	2.0981E+05	3.3685	0.073	997
ExxAV	1	94115	94115	1.511	0.241	999
Pooled(1)	18	1.8514E+06	1.0285E+05	1.6513	0.136	998
Pooled(2)	18	1.1211E+06	62285			
Total	39	4.1938E+06				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source EMS
Ex $1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av $1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAV $1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1) $1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2) $1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	38877	197.17
S(Av)	9834.8	99.171
S(ExxAv)	4244	65.146
V(St(Si(Ex)))	20284	142.42
V(Res)	62285	249.57

2.3.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem12
Data type: Distance
Selection: All

Group factor: ExpositionAnnee
Number of permutations: 999

Number of groups: 4
Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 3.3827 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.029

PAIRWISE COMPARISONS

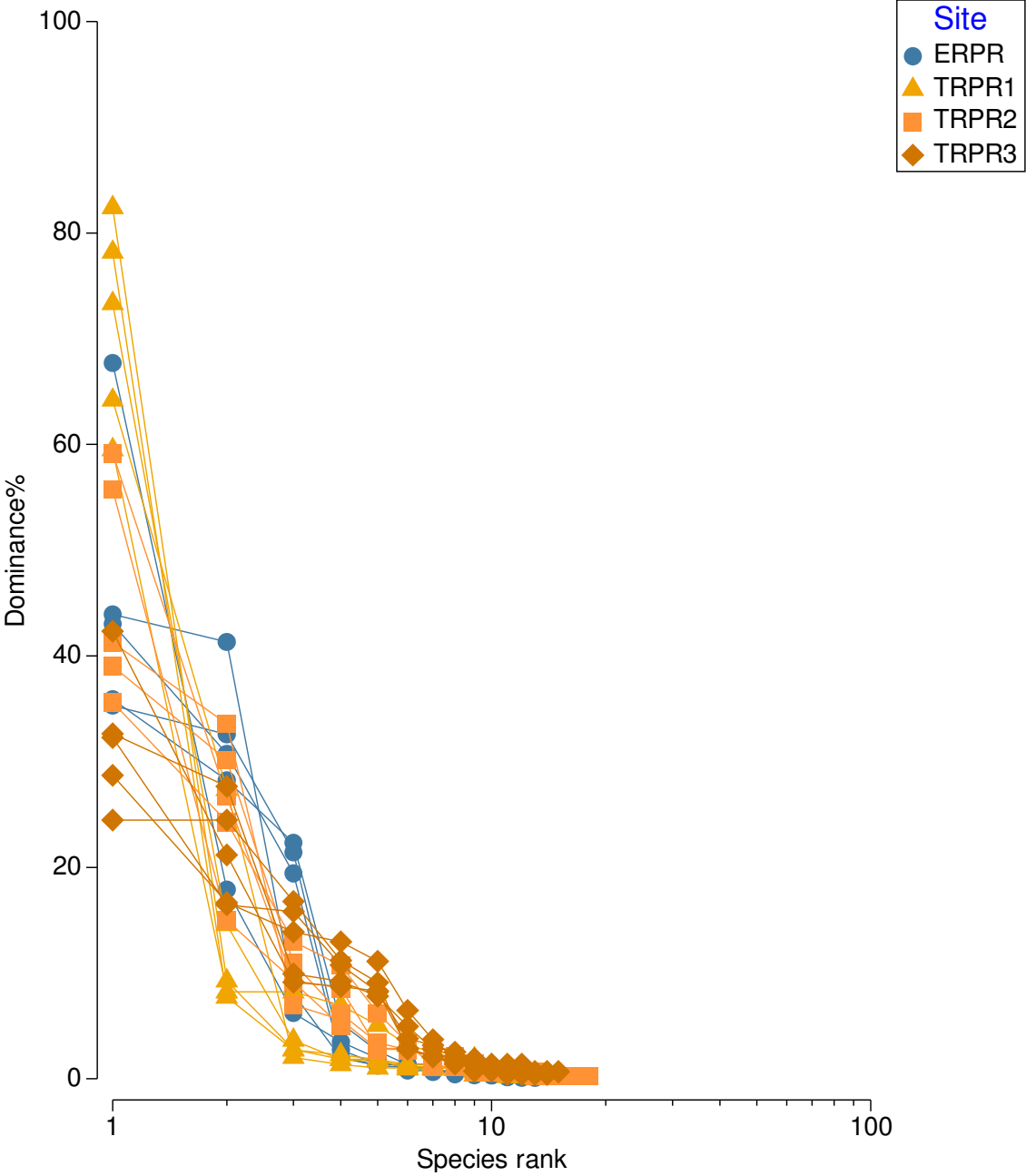
Groups	t	P(perm)
(Expose2019,Temoïn2019)	1.9326	0.049
(Expose2019,Expose2020)	0.29429	0.718
(Expose2019,Temoïn2020)	2.2173	0.031
(Temoïn2019,Expose2020)	2.0245	0.047
(Temoïn2019,Temoïn2020)	0.96204	0.316
(Expose2020,Temoïn2020)	2.2886	0.025

MEANS AND STANDARD ERRORS

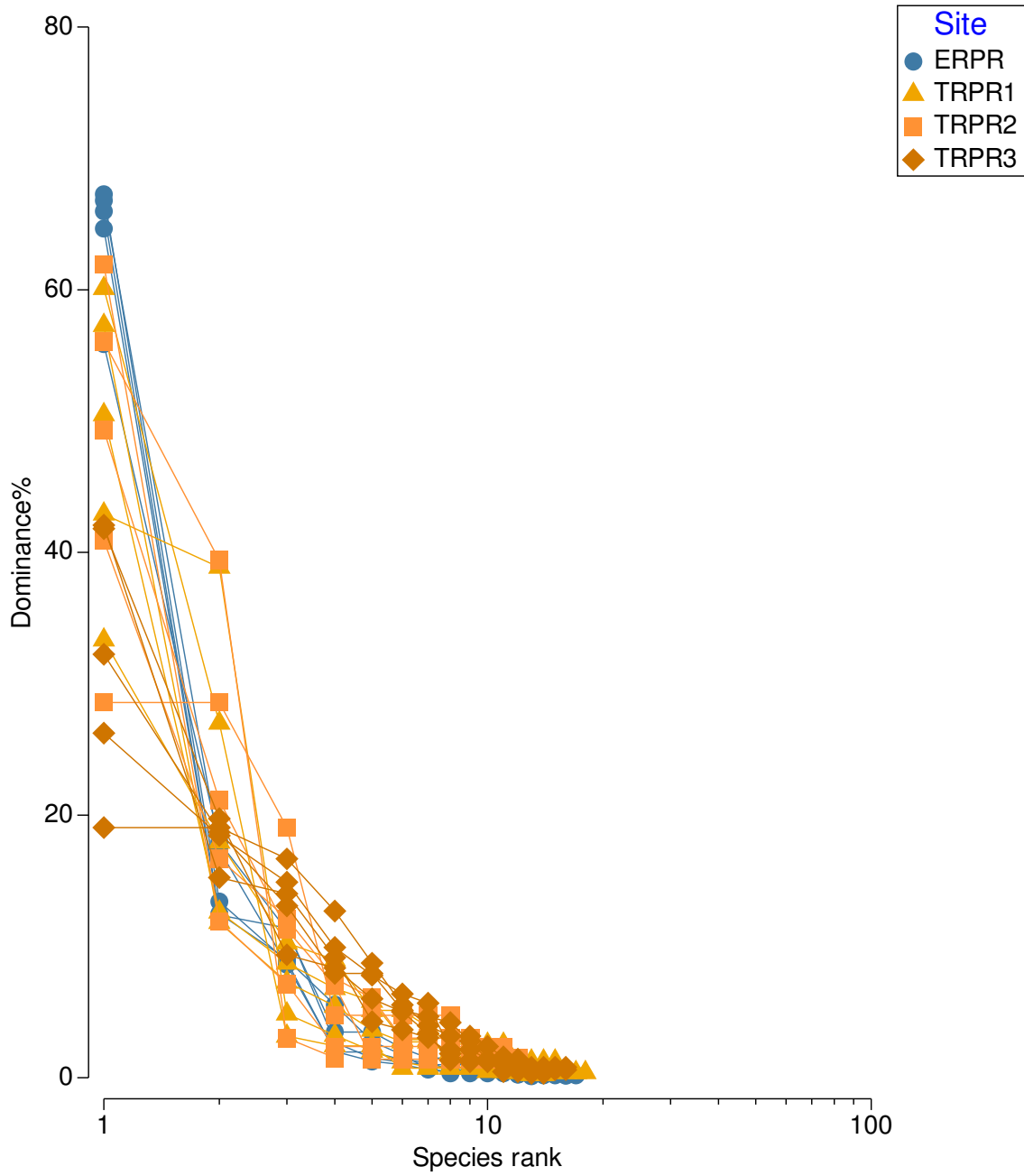
Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	103.91	16.243
Temoïn2019	15	233.09	37.561
Expose2020	5	98.784	6.331
Temoïn2020	15	291.5	47.7

2.3.3 DOMINANCE PLOTS

2019



2020



2.4 VARIABLES UNIDIMENSIONNELLES

2.4.1 RICHESSE

2.4.2 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP MI Richesse eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	3.0083	3.0083	0.31073	0.655	46
AV	1	25.208	25.208	2.4256	0.166	995
ExxAV	1	4.4083	4.4083	0.42418	0.527	996
Pooled(1)	18	174.27	9.6815	0.93158	0.558	999
Pooled(2)	18	187.07	10.393			
Total	39	389.78				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
EX	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{EX}))) + 15 * S(\text{EX})$
AV	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{AV})$
ExxAV	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAV})$

Pooled(1) $1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
 Pooled(2) $1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
EX	1*EX	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*AV	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	-0.44488	-0.66699
S(AV)	0.98772	0.99384
S(ExxAV)	-0.7979	-0.89325
V(St(Si(Ex)))	-0.35556	-0.59628
V(Res)	10.393	3.2238

2.4.2.1 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP MI Richesse eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0.36618 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.906

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019, Temoin2019)	0.60826	0.665
(Expose2019, Expose2020)	0.14268	0.886
(Expose2019, Temoin2020)	0.87198	0.633
(Temoin2019, Expose2020)	0.53659	0.692
(Temoin2019, Temoin2020)	0.30083	0.809
(Expose2020, Temoin2020)	0.79781	0.634

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	1.6	0.4
Temoin2019	15	2.2756	0.61745
Expose2020	5	1.68	0.39294
Temoin2020	15	2.5333	0.59415

2.4.3 DIVERSITÉ DE SHANNON

2.4.3.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP MI Shannon eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	1.4597	1.4597	3.6967	0.071	964
Av	1	0.076351	0.076351	0.40751	0.519	996
ExxAv	1	0.38616	0.38616	2.061	0.179	996
Pooled(1)	18	7.1074	0.39486	2.1075	0.073	998
Pooled(2)	18	3.3725	0.18736			
Total	39	12.785				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAv	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18

AV	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	0.070987	0.26643
S(Av)	-0.0074006	-0.086027
S(ExxAV)	0.026506	0.16281
V(St(Si(Ex)))	0.10375	0.3221
V(Res)	0.18736	0.43285

2.4.3.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP MI Shannon eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2.9638 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.075

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019, Temoin2019)	2.012	0.091
(Expose2019, Expose2020)	1.1392	0.273
(Expose2019, Temoin2020)	1.2131	0.298
(Temoin2019, Expose2020)	2.6966	0.011
(Temoin2019, Temoin2020)	0.95907	0.416
(Expose2020, Temoin2020)	1.8611	0.084

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	0.23477	0.069257
Temoin2019	15	0.53689	0.082405
Expose2020	5	0.1386	0.048276
Temoin2020	15	0.42309	0.085377

2.4.4 EPT

2.4.4.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem5

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	1.4802	1.4802	0.90202	0.369	958
AV	1	0.30139	0.30139	0.29192	0.588	998
ExxAV	1	0.049809	0.049809	0.048245	0.837	996
Pooled(1)	18	29.538	1.641	1.5894	0.157	998
Pooled(2)	18	18.584	1.0324			
Total	39	50.233				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
AV	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{AV})$
ExxAV	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAV})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*AV	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	-0.010719	-0.10353
S(Av)	-0.048736	-0.22076
S(ExxAv)	-0.13102	-0.36196
V(St(Si(Ex)))	0.30428	0.55162
V(Res)	1.0324	1.0161

2.4.4.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem5

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1.8371 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.251

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019, Temoin2019)	1.2077	0.284
(Expose2019, Expose2020)	1.155	0.462
(Expose2019, Temoin2020)	1.594	0.176
(Temoin2019, Expose2020)	1.6562	0.089
(Temoin2019, Temoin2020)	0.27587	0.828
(Expose2020, Temoin2020)	2.1106	0.033

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	0.38746	0.13968
Temoin2019	15	0.893	0.23338
Expose2020	5	0.20858	0.0669
Temoin2020	15	0.97886	0.20588

2.4.5 EPT/C

2.4.5.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem6

Data type: Distance
 Selection: All
 Transform: Fourth root
 Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)
 Fixed effects sum to zero for mixed terms
 Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
 Si(Ex)xAv

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAv

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	0.15558	0.15558	1.3458	0.258	968
AV	1	0.09494	0.09494	0.94948	0.348	999
ExxAV	1	0.0011136	0.0011136	0.011137	0.817	999
Pooled(1)	18	2.0809	0.11561	1.1562	0.385	999
Pooled(2)	18	1.7998	0.099991			
Total	39	4.1155				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
AV	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAV	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	0.0026649	0.051623
S(Av)	-0.00033674	-0.018351
S(ExxAv)	-0.013184	-0.11482

V(St(Si(Ex)))	0.0078072	0.088358
V(Res)	0.099991	0.31621

2.4.5.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem6

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 5.1454 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.011

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019, Temoin2019)	2.9184	0.014
(Expose2019, Expose2020)	0.5936	0.681
(Expose2019, Temoin2020)	2.1159	0.049
(Temoin2019, Expose2020)	3.1288	0.006
(Temoin2019, Temoin2020)	1.1213	0.324
(Expose2020, Temoin2020)	2.3275	0.037

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	0.056866	0.027165
Temoin2019	15	0.34476	0.055296
Expose2020	5	0.038615	0.0144
Temoin2020	15	0.25857	0.053394

3 ZONE PROFONDE

3.1 STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

3.1.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP PF fthrt BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	3578.9	3578.9	2.993	0.008	965
Av	1	4102.3	4102.3	3.5473	0.003	997
ExxAV	1	2246.4	2246.4	1.9425	0.096	999
Pooled(1)	18	21524	1195.8	1.034	0.447	996
Pooled(2)	18	20816	1156.5			
Total	39	54499				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$

ExxAV $1 \cdot V(\text{Res}) + 7.5 \cdot S(\text{ExxAv})$
 Pooled(1) $1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
 Pooled(2) $1 \cdot V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*EX	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	158.88	12.605
S(Av)	196.39	14.014
S(ExxAv)	145.32	12.055
V(St(Si(Ex)))	19.653	4.4331
V(Res)	1156.5	34.007

3.1.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP PF fthrt BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: ExpositionAvant.apres

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1.0282 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.547

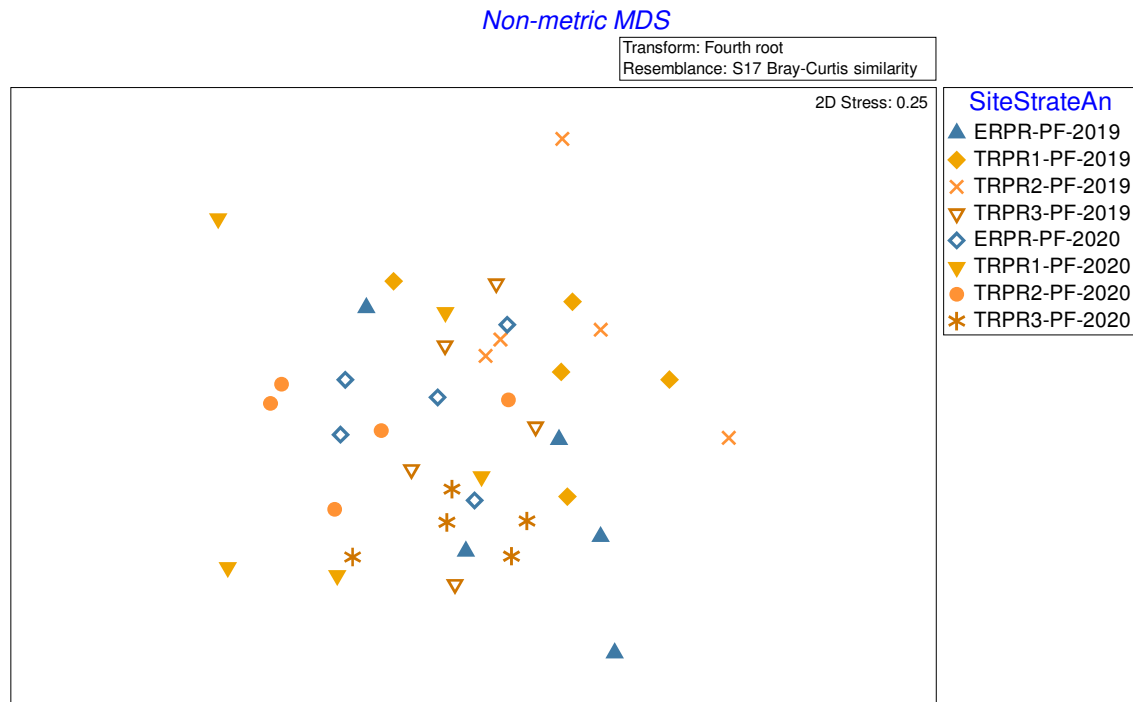
PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ExposeAvant, TemoinAvant)	0.89209	0.442
(ExposeAvant, ExposeApres)	0.43489	0.713
(ExposeAvant, TemoinApres)	1.0443	0.43
(TemoinAvant, ExposeApres)	1.3746	0.268
(TemoinAvant, TemoinApres)	0.17662	0.877
(ExposeApres, TemoinApres)	1.5477	0.257

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ExposeAvant	5	28.282	3.6541
TemoinAvant	15	32.437	2.388
ExposeApres	5	26.282	2.7908
TemoinApres	15	33.024	2.3148

3.1.3 NMDS



3.1.4 SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

One-Way Analysis

Data worksheet

Name: SP PF fourth root

Data type: Abundance

Sample selection: All

Variable selection: All

Parameters

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Cut off for low contributions: 70.00%

Factor Groups

Sample	SiteStrateAn
ERPR-PF1-2019	ERPR-PF-2019
ERPR-PF2-2019	ERPR-PF-2019
ERPR-PF3-2019	ERPR-PF-2019
ERPR-PF4-2019	ERPR-PF-2019
ERPR-PF5-2019	ERPR-PF-2019
TRPR1-PF1-2019	TRPR1-PF-2019
TRPR1-PF2-2019	TRPR1-PF-2019
TRPR1-PF3-2019	TRPR1-PF-2019
TRPR1-PF4-2019	TRPR1-PF-2019
TRPR1-PF5-2019	TRPR1-PF-2019
TRPR2-PF1-2019	TRPR2-PF-2019
TRPR2-PF2-2019	TRPR2-PF-2019

TRPR2-PF3-2019 TRPR2-PF-2019
 TRPR2-PF4-2019 TRPR2-PF-2019
 TRPR2-PF5-2019 TRPR2-PF-2019
 TRPR3-PF1-2019 TRPR3-PF-2019
 TRPR3-PF2-2019 TRPR3-PF-2019
 TRPR3-PF3-2019 TRPR3-PF-2019
 TRPR3-PF4-2019 TRPR3-PF-2019
 TRPR3-PF5-2019 TRPR3-PF-2019
 ERPR-PF1-2020 ERPR-PF-2020
 ERPR-PF2-2020 ERPR-PF-2020
 ERPR-PF3-2020 ERPR-PF-2020
 ERPR-PF4-2020 ERPR-PF-2020
 ERPR-PF5-2020 ERPR-PF-2020
 TRPR1-PF1-2020 TRPR1-PF-2020
 TRPR1-PF2-2020 TRPR1-PF-2020
 TRPR1-PF3-2020 TRPR1-PF-2020
 TRPR1-PF4-2020 TRPR1-PF-2020
 TRPR1-PF5-2020 TRPR1-PF-2020
 TRPR2-PF1-2020 TRPR2-PF-2020
 TRPR2-PF2-2020 TRPR2-PF-2020
 TRPR2-PF3-2020 TRPR2-PF-2020
 TRPR2-PF4-2020 TRPR2-PF-2020
 TRPR2-PF5-2020 TRPR2-PF-2020
 TRPR3-PF1-2020 TRPR3-PF-2020
 TRPR3-PF2-2020 TRPR3-PF-2020
 TRPR3-PF3-2020 TRPR3-PF-2020
 TRPR3-PF4-2020 TRPR3-PF-2020
 TRPR3-PF5-2020 TRPR3-PF-2020

Group ERPR-PF-2019

Average similarity: 54.74

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	4.06	20.17	6.16	36.85	36.85
Chironomidae	3.94	18.63	5.13	34.04	70.90

Group TRPR1-PF-2019

Average similarity: 54.56

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	3.61	22.80	5.71	41.79	41.79
Sphaeriidae	2.33	9.35	1.08	17.14	58.93
Leptoceridae	2.04	9.21	1.11	16.87	75.80

Group TRPR2-PF-2019

Average similarity: 55.77

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Leptoceridae	2.62	27.88	6.51	49.98	49.98
Sphaeriidae	2.17	13.77	1.03	24.70	74.68

Group TRPR3-PF-2019

Average similarity: 61.92

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	3.19	22.37	6.34	36.12	36.12
Chironomidae	2.82	20.26	4.79	32.72	68.84
Limnesiidae	1.44	9.98	1.13	16.11	84.96

Group ERPR-PF-2020

Average similarity: 58.69

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	2.78	22.96	4.30	39.12	39.12
Chironomidae	2.32	18.11	4.14	30.85	69.97
Naididae	1.62	8.91	1.11	15.18	85.14

Group TRPR1-PF-2020

Average similarity: 42.76

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	2.81	28.24	2.51	66.06	66.06
Sphaeriidae	1.44	4.86	0.61	11.37	77.43

Group TRPR2-PF-2020

Average similarity: 59.76

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	2.37	21.94	7.69	36.72	36.72
Chironomidae	2.07	20.92	4.42	35.00	71.72

Group TRPR3-PF-2020

Average similarity: 71.89

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	3.42	19.33	6.77	26.88	26.88
Sphaeriidae	3.00	15.59	7.01	21.69	48.57
Molannidae	1.85	10.07	4.58	14.01	62.58
Limnesiidae	1.74	9.71	7.02	13.50	76.08

Groups ERPR-PF-2019 & TRPR1-PF-2019

Average dissimilarity = 47.98

ANNEXE

Species	Group ERPR-PF-2019	Group TRPR1-PF-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.36	0.94	5.80	1.27	12.10	12.10
Sphaeriidae	4.06	2.33	5.55	1.23	11.56	23.66
Leptoceridae	0.95	2.04	4.82	1.18	10.05	33.71
Ceratopogonidae	1.42	0.78	3.86	1.14	8.05	41.76
Unionidae	0.39	1.21	3.82	1.06	7.96	49.72
NEMATODA	0.43	1.21	3.66	1.08	7.62	57.34
Mideopsidae	0.51	0.78	3.23	0.87	6.73	64.07
Lumbriculidae	1.00	0.72	3.19	1.03	6.64	70.71

Groups ERPR-PF-2019 & TRPR2-PF-2019

Average dissimilarity = 60.04

Species	Group ERPR-PF-2019	Group TRPR2-PF-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.36	0.00	8.95	1.68	14.91	14.91
Chironomidae	3.94	1.74	8.11	1.69	13.51	28.42
Sphaeriidae	4.06	2.17	7.19	1.31	11.97	40.39
Leptoceridae	0.95	2.62	6.99	1.33	11.65	52.03
Ceratopogonidae	1.42	0.33	5.04	1.21	8.39	60.43
Dipseudopsidae	0.98	0.33	3.64	0.92	6.06	66.49
Hydrobiidae	1.08	0.33	3.57	0.88	5.94	72.43

Groups TRPR1-PF-2019 & TRPR2-PF-2019

Average dissimilarity = 52.37

Species	Group TRPR1-PF-2019	Group TRPR2-PF-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae	3.61	1.74	8.01	1.77	15.29	15.29
Sphaeriidae	2.33	2.17	6.34	1.17	12.10	27.39

ANNEXE

Unionidae	1.21		5.66	1.19	10.80	38.19
		0.00				
NEMATODA	1.21		5.25	1.17	10.03	48.22
		0.00				
Mideopsidae	0.78		4.04	0.89	7.71	55.93
		0.46				
Ceratopogonidae	0.78		3.54	0.89	6.76	62.70
		0.33				
Naididae	0.94		3.44	0.77	6.57	69.27
		0.00				
Leptoceridae	2.04		3.40	0.72	6.49	75.76
		2.62				

Groups ERPR-PF-2019 & TRPR3-PF-2019

Average dissimilarity = 51.30

Species	Group ERPR-PF-2019	Group TRPR3-PF-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.36	0.00	8.34	1.69	16.25	16.25
Limnesiidae	0.00	1.44	5.28	1.73	10.28	26.53
Chironomidae	3.94	2.82	4.80	1.41	9.36	35.89
Sphaeriidae	4.06	3.19	4.63	1.76	9.02	44.91
Ceratopogonidae	1.42	1.21	4.34	1.15	8.46	53.37
Leptoceridae	0.95	1.18	4.28	1.16	8.34	61.72
Dipseudopsidae	0.98	0.00	3.14	0.79	6.12	67.84
Hydrobiidae	1.08	0.00	2.99	0.75	5.84	73.67

Groups TRPR1-PF-2019 & TRPR3-PF-2019

Average dissimilarity = 48.98

Species	Group TRPR1-PF-2019	Group TRPR3-PF-2019	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	2.33	3.19	5.75	1.16	11.75	11.75
Leptoceridae	2.04	1.18	5.26	1.33	10.74	22.49
Unionidae	1.21	0.00	5.21	1.18	10.64	33.13
Limnesiidae	0.33	1.44	5.11	1.43	10.43	43.56
NEMATODA	1.21	0.33	4.61	1.15	9.41	52.96
Ceratopogonidae	0.78	1.21	4.25	1.11	8.67	61.64

ANNEXE

Chironomidae	3.61		4.16	1.38	8.49	70.12
		2.82				

Groups TRPR2-PF-2019 & TRPR3-PF-2019
Average dissimilarity = 46.38

Species	Group TRPR2-PF-2019 Av.Abund	Group TRPR3-PF-2019 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	2.17	3.19	7.70	1.20	16.60	16.60
Leptoceridae	2.62	1.18	7.25	1.44	15.63	32.23
Limnesiidae	0.39	1.44	6.58	1.44	14.18	46.41
Chironomidae	1.74	2.82	6.25	1.25	13.48	59.89
Ceratopogonidae	0.33	1.21	5.46	1.16	11.78	71.67

Groups ERPR-PF-2019 & ERPR-PF-2020
Average dissimilarity = 47.69

Species	Group ERPR-PF-2019 Av.Abund	Group ERPR-PF-2020 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	3.94	2.32	5.62	1.66	11.78	11.78
Naididae	2.36	1.62	5.10	1.31	10.69	22.47
Ceratopogonidae	1.42	0.74	4.42	1.16	9.27	31.74
Leptoceridae	0.95	1.31	4.34	1.06	9.10	40.84
Sphaeriidae	4.06	2.78	4.21	1.83	8.82	49.66
Dipseudopsidae	0.98	0.00	3.11	0.79	6.52	56.18
NEMATODA	0.43	0.74	3.03	0.86	6.35	62.53
Hydrobiidae	1.08	0.00	2.96	0.74	6.22	68.75
Lumbriculidae	1.00	0.00	2.74	0.76	5.74	74.49

Groups TRPR1-PF-2019 & ERPR-PF-2020
Average dissimilarity = 48.43

Group TRPR1-PF-2019	Group ERPR-PF-2020
---------------------	--------------------

ANNEXE

Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Leptoceridae	2.04	1.31	5.29	1.09	10.93	10.93
Chironomidae	3.61	2.32	5.24	1.97	10.82	21.75
Naididae	0.94	1.62	5.13	1.36	10.60	32.34
Unionidae	1.21	0.33	4.79	1.13	9.89	42.24
NEMATODA	1.21	0.74	4.23	1.06	8.73	50.97
Sphaeriidae	2.33	2.78	4.18	0.93	8.63	59.60
Ceratopogonidae	0.78	0.74	3.56	0.94	7.34	66.94
Mideopsidae	0.78	0.00	3.05	0.78	6.30	73.24

Groups TRPR2-PF-2019 & ERPR-PF-2020

Average dissimilarity = 51.50

Species	Group TRPR2-PF-2019	Group ERPR-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	0.00	1.62	7.66	1.88	14.88	14.88
Leptoceridae	2.62	1.31	7.48	1.10	14.52	29.40
Sphaeriidae	2.17	2.78	5.98	1.05	11.62	41.02
Chironomidae	1.74	2.32	4.23	1.06	8.22	49.24
Ceratopogonidae	0.33	0.74	3.86	0.86	7.50	56.74
NEMATODA	0.00	0.74	3.43	0.76	6.66	63.41
Molannidae	0.00	0.72	3.22	0.77	6.25	69.65
Lebertiidae	0.66	0.00	3.03	0.78	5.87	75.53

Groups TRPR3-PF-2019 & ERPR-PF-2020

Average dissimilarity = 44.47

Species	Group TRPR3-PF-2019	Group ERPR-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	0.00	1.62	7.03	1.87	15.81	15.81
Limnesiidae	1.44	0.39	6.23	1.41	14.00	29.82
Leptoceridae	1.18	1.31	5.37	1.14	12.07	41.89

ANNEXE

Ceratopogonidae	1.21		4.91	1.11	11.05	52.94
		0.74				
Sphaeriidae	3.19		4.03	1.17	9.06	61.99
		2.78				
Molannidae	0.51		3.94	0.91	8.85	70.85
		0.72				

Groups ERPR-PF-2019 & TRPR1-PF-2020

Average dissimilarity = 63.77

Species	Group ERPR-PF-2019	Group TRPR1-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	4.06	1.44	10.46	1.55	16.41	16.41
Naididae	2.36	0.00	9.01	1.53	14.13	30.54
Ceratopogonidae	1.42	0.72	4.85	1.10	7.61	38.15
Chironomidae	3.94	2.81	4.79	1.37	7.50	45.66
Ephemeridae	0.00	1.41	4.54	1.13	7.12	52.78
Leptoceridae	0.95	0.66	3.89	1.02	6.10	58.88
Dipseudopsidae	0.98	0.00	3.34	0.77	5.24	64.12
Hydrobiidae	1.08	0.00	3.14	0.74	4.92	69.04
NEMATODA	0.43	0.66	2.99	0.83	4.69	73.73

Groups TRPR1-PF-2019 & TRPR1-PF-2020

Average dissimilarity = 59.79

Species	Group TRPR1-PF-2019	Group TRPR1-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	2.33	1.44	7.19	1.18	12.02	12.02
Leptoceridae	2.04	0.66	7.08	1.41	11.83	23.86
Unionidae	1.21	0.00	5.73	1.11	9.58	33.44
Ephemeridae	0.00	1.41	4.94	1.16	8.27	41.71
NEMATODA	1.21	0.66	4.79	1.05	8.01	49.72
Chironomidae	3.61	2.81	3.93	1.27	6.58	56.30
Ceratopogonidae	0.78	0.72	3.81	0.91	6.38	62.68
Naididae	0.94	0.00	3.44	0.75	5.76	68.43

ANNEXE

Mideopsidae	0.78		3.36	0.75	5.61	74.05
		0.00				

Groups TRPR2-PF-2019 & TRPR1-PF-2020
Average dissimilarity = 62.07

	Group TRPR2-PF-2019	Group TRPR1-PF-2020				
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Leptoceridae	2.62	0.66	11.88	1.61	19.14	19.14
Sphaeriidae	2.17	1.44	9.63	1.07	15.51	34.64
Ephemeraidae	0.00	1.41	6.24	1.16	10.06	44.70
Chironomidae	1.74	2.81	6.18	1.18	9.96	54.67
Ceratopogonidae	0.33	0.72	3.90	0.84	6.29	60.95
Lebertiidae	0.66	0.00	3.41	0.74	5.49	66.45
Cristatellidae	0.00	0.66	3.18	0.79	5.13	71.58

Groups TRPR3-PF-2019 & TRPR1-PF-2020
Average dissimilarity = 52.86

	Group TRPR3-PF-2019	Group TRPR1-PF-2020				
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	3.19	1.44	10.56	1.19	19.98	19.98
Limnesiidae	1.44	0.33	6.93	1.25	13.12	33.10
Ephemeraidae	0.00	1.41	5.76	1.16	10.90	44.00
Leptoceridae	1.18	0.66	5.59	1.02	10.57	54.56
Ceratopogonidae	1.21	0.72	5.45	1.05	10.31	64.88
Chironomidae	2.82	2.81	3.86	1.37	7.31	72.19

Groups ERPR-PF-2020 & TRPR1-PF-2020
Average dissimilarity = 53.68

	Group ERPR-PF-2020	Group TRPR1-PF-2020				
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%

ANNEXE

Sphaeriidae	2.78		8.88	1.09	16.54	16.54
Naididae	1.62	1.44	7.81	1.62	14.56	31.10
Leptoceridae	1.31	0.00	5.86	1.02	10.92	42.02
Ephemeridae	0.72	0.66	5.70	1.16	10.63	52.64
Ceratopogonidae	0.74	1.41	4.32	0.88	8.04	60.69
NEMATODA	0.74	0.72	4.21	0.88	7.83	68.52
Molannidae	0.72	0.66	3.63	0.81	6.77	75.29
		0.33				

Groups ERPR-PF-2019 & TRPR2-PF-2020

Average dissimilarity = 56.49

Species	Group ERPR-PF-2019	Group TRPR2-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.36	0.66	7.49	1.59	13.25	13.25
Chironomidae	3.94	2.07	6.92	2.09	12.24	25.50
Sphaeriidae	4.06	2.37	6.30	2.19	11.15	36.65
Ephemeridae	0.00	1.51	5.91	1.69	10.47	47.11
Ceratopogonidae	1.42	0.66	4.86	1.22	8.60	55.71
Dipseudopsidae	0.98	0.66	4.01	1.08	7.09	62.80
Leptoceridae	0.95	0.43	3.65	0.87	6.47	69.27
Hydrobiidae	1.08	0.00	3.16	0.75	5.60	74.87

Groups TRPR1-PF-2019 & TRPR2-PF-2020

Average dissimilarity = 59.85

Species	Group TRPR1-PF-2019	Group TRPR2-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Leptoceridae	2.04	0.43	7.56	1.47	12.63	12.63
Chironomidae	3.61	2.07	6.63	2.63	11.08	23.71
Ephemeridae	0.00	1.51	6.51	1.81	10.88	34.59
Unionidae	1.21	0.00	5.68	1.18	9.49	44.09
NEMATODA	1.21	0.00	5.27	1.17	8.81	52.90

ANNEXE

Sphaeriidae	2.33		5.13	1.31	8.58	61.48
		2.37				
Naididae	0.94		4.35	1.07	7.27	68.75
		0.66				
Ceratopogonidae	0.78		3.81	0.99	6.37	75.12
		0.66				

Groups TRPR2-PF-2019 & TRPR2-PF-2020

Average dissimilarity = 56.87

Species	Group TRPR2-PF-2019		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Leptoceridae	2.62		12.77	2.15	22.45	22.45
		0.43				
Ephemeridae	0.00		8.73	1.82	15.35	37.79
		1.51				
Sphaeriidae	2.17		6.84	1.24	12.02	49.82
		2.37				
Chironomidae	1.74		4.39	1.05	7.72	57.54
		2.07				
Ceratopogonidae	0.33		3.84	0.86	6.75	64.29
		0.66				
Dipseudopsidae	0.33		3.77	0.86	6.62	70.91
		0.66				

Groups TRPR3-PF-2019 & TRPR2-PF-2020

Average dissimilarity = 49.46

Species	Group TRPR3-PF-2019		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Ephemeridae	0.00		7.89	1.79	15.95	15.95
		1.51				
Limnesiidae	1.44		6.62	1.41	13.39	29.34
		0.33				
Leptoceridae	1.18		6.06	1.15	12.24	41.59
		0.43				
Sphaeriidae	3.19		5.45	1.20	11.01	52.60
		2.37				
Ceratopogonidae	1.21		5.32	1.13	10.75	63.35
		0.66				
Chironomidae	2.82		4.67	1.54	9.45	72.80
		2.07				

Groups ERPR-PF-2020 & TRPR2-PF-2020

Average dissimilarity = 43.87

Group ERPR-PF-2020	Group TRPR2-PF-2020
--------------------	---------------------

ANNEXE

Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Ephemeridae	0.72	1.51	6.20	1.18	14.12	14.12
Leptoceridae	1.31	0.43	6.04	1.06	13.76	27.88
Naididae	1.62	0.66	5.91	1.31	13.48	41.36
Ceratopogonidae	0.74	0.66	4.23	0.95	9.65	51.01
Sphaeriidae	2.78	2.37	3.67	1.49	8.36	59.37
NEMATODA	0.74	0.00	3.45	0.76	7.87	67.24
Molannidae	0.72	0.00	3.23	0.77	7.37	74.61

Groups TRPR1-PF-2020 & TRPR2-PF-2020
Average dissimilarity = 51.63

Species	Group TRPR1-PF-2020	Group TRPR2-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	1.44	2.37	8.54	1.09	16.54	16.54
Ephemeridae	1.41	1.51	7.22	1.07	13.99	30.53
Leptoceridae	0.66	0.43	4.47	0.84	8.66	39.19
Ceratopogonidae	0.72	0.66	4.43	0.94	8.57	47.76
Chironomidae	2.81	2.07	4.27	2.44	8.28	56.04
Naididae	0.00	0.66	3.90	0.73	7.55	63.59
Dipseudopsidae	0.00	0.66	3.43	0.75	6.64	70.23

Groups ERPR-PF-2019 & TRPR3-PF-2020
Average dissimilarity = 51.35

Species	Group ERPR-PF-2019	Group TRPR3-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	2.36	0.76	5.66	1.42	11.03	11.03
Limnesiidae	0.00	1.74	5.16	3.55	10.04	21.08
Molannidae	0.39	1.85	4.73	1.86	9.20	30.28
Ephemeridae	0.00	1.61	4.61	1.83	8.98	39.26
Leptoceridae	0.95	1.31	3.50	1.56	6.81	46.07

ANNEXE

Ceratopogonidae	1.42		3.45	1.14	6.72	52.79
Sphaeriidae	4.06	1.15	3.10	1.51	6.04	58.83
Lumbriculidae	1.00	3.00	2.99	1.06	5.83	64.66
Dipseudopsidae	0.98	0.66	2.62	0.79	5.10	69.76
Hydrobiidae	1.08	0.00	2.56	0.75	4.99	74.75
		0.00				

Groups TRPR1-PF-2019 & TRPR3-PF-2020

Average dissimilarity = 51.41

Species	Group TRPR1-PF-2019	Group TRPR3-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Molannidae	0.00	1.85	5.93	3.90	11.53	11.53
Ephemeridae	0.00	1.61	4.98	1.91	9.69	21.22
Limnesiidae	0.33	1.74	4.68	1.83	9.11	30.33
Leptoceridae	2.04	1.31	4.08	1.52	7.94	38.27
NEMATODA	1.21	0.00	3.90	1.17	7.60	45.86
Unionidae	1.21	0.33	3.90	1.14	7.58	53.45
Sphaeriidae	2.33	3.00	3.75	1.02	7.30	60.75
Naididae	0.94	0.76	3.29	1.02	6.39	67.14
Ceratopogonidae	0.78	1.15	3.24	1.09	6.30	73.44

Groups TRPR2-PF-2019 & TRPR3-PF-2020

Average dissimilarity = 57.57

Species	Group TRPR2-PF-2019	Group TRPR3-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Molannidae	0.00	1.85	7.32	3.72	12.71	12.71
Chironomidae	1.74	3.42	6.56	1.66	11.39	24.10
Ephemeridae	0.00	1.61	6.10	1.92	10.59	34.69
Limnesiidae	0.39	1.74	5.75	2.01	9.98	44.67
Leptoceridae	2.62	1.31	5.32	1.51	9.25	53.92

ANNEXE

Sphaeriidae	2.17		4.89	1.10	8.50	62.42
		3.00				
Ceratopogonidae	0.33		3.95	1.16	6.86	69.28
		1.15				
Tetrastemmatidae	0.00		2.86	0.79	4.97	74.25
		0.66				

Groups TRPR3-PF-2019 & TRPR3-PF-2020

Average dissimilarity = 40.16

Species	Group TRPR3-PF-2019		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Molannidae	0.51		6.08	2.33	15.13	15.13
		1.85				
Ephemeridae	0.00		5.69	1.91	14.17	29.30
		1.61				
Ceratopogonidae	1.21		3.84	1.12	9.57	38.87
		1.15				
Chironomidae	2.82		3.38	1.48	8.41	47.28
		3.42				
Sphaeriidae	3.19		3.36	1.26	8.37	55.65
		3.00				
Leptoceridae	1.18		3.31	1.11	8.24	63.88
		1.31				
Tetrastemmatidae	0.00		2.65	0.79	6.60	70.48
		0.66				

Groups ERPR-PF-2020 & TRPR3-PF-2020

Average dissimilarity = 43.66

Species	Group ERPR-PF-2020		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Limnesiidae	0.39		5.56	1.93	12.73	12.73
		1.74				
Molannidae	0.72		4.59	1.31	10.51	23.24
		1.85				
Naididae	1.62		4.46	1.30	10.22	33.46
		0.76				
Ephemeridae	0.72		4.45	1.26	10.19	43.65
		1.61				
Chironomidae	2.32		4.09	1.97	9.38	53.03
		3.42				
Leptoceridae	1.31		3.85	1.22	8.82	61.85
		1.31				
Ceratopogonidae	0.74		3.62	1.10	8.28	70.13
		1.15				

Groups TRPR1-PF-2020 & TRPR3-PF-2020

Average dissimilarity = 51.01

Species	Group TRPR1-PF-2020	Group TRPR3-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Sphaeriidae	1.44	3.00	7.16	1.26	14.04	14.04
Molannidae	0.33	1.85	6.28	1.67	12.31	26.34
Limnesiidae	0.33	1.74	5.85	1.62	11.46	37.80
Ephemeridae	1.41	1.61	4.65	1.12	9.11	46.91
Ceratopogonidae	0.72	1.15	3.88	1.08	7.61	54.52
Leptoceridae	0.66	1.31	3.64	1.04	7.13	61.65
Tetrastemmatidae	0.33	0.66	3.02	0.81	5.92	67.57
Chironomidae	2.81	3.42	2.80	1.22	5.50	73.07

Groups TRPR2-PF-2020 & TRPR3-PF-2020

Average dissimilarity = 47.86

Species	Group TRPR2-PF-2020	Group TRPR3-PF-2020	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Molannidae	0.00	1.85	7.34	3.62	15.34	15.34
Limnesiidae	0.33	1.74	5.70	1.79	11.91	27.25
Chironomidae	2.07	3.42	5.28	2.76	11.04	38.29
Leptoceridae	0.43	1.31	4.66	1.63	9.75	48.04
Ceratopogonidae	0.66	1.15	3.83	1.13	8.00	56.04
Sphaeriidae	2.37	3.00	3.35	1.56	7.01	63.05
Naididae	0.66	0.76	3.33	0.99	6.97	70.01

3.2 COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

3.2.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP PF preabs BC

Data type: Similarity

Selection: All
 Transform: Presence/absence
 Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)
 Fixed effects sum to zero for mixed terms
 Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
 Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	3339.7	3339.7	3.0301	0.018	957
AV	1	2900.7	2900.7	2.5835	0.047	999
ExxAV	1	1344.7	1344.7	1.1977	0.309	999
Pooled(1)	18	19840	1102.2	0.98169	0.542	999
Pooled(2)	18	20210	1122.8			
Total	39	50244				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 \cdot S(\text{Ex})$
AV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 15 \cdot S(\text{AV})$
ExxAV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 7.5 \cdot S(\text{ExxAV})$
Pooled(1)	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 \cdot V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*AV	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	149.17	12.213
S(AV)	118.53	10.887
S(ExxAV)	29.588	5.4395
V(St(Si(Ex)))	-10.279	-3.2061

V(Res) 1122.8 33.508

3.2.2 *PERMDISP*

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP PF preabs BC

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: ExpositionAvant.apres

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0.68671 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.68

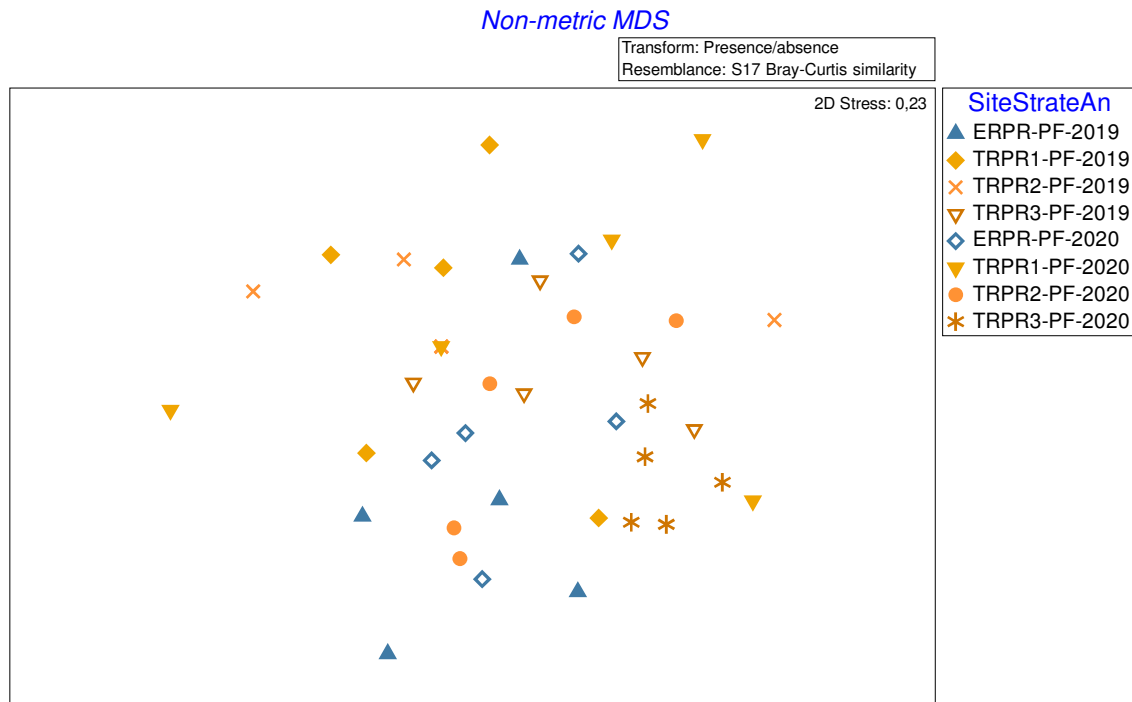
PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ExposeAvant, TemoinAvant)	0.20402	0.859
(ExposeAvant, ExposeApres)	0.96071	0.369
(ExposeAvant, TemoinApres)	0.5899	0.687
(TemoinAvant, ExposeApres)	1.0271	0.393
(TemoinAvant, TemoinApres)	0.5207	0.636
(ExposeApres, TemoinApres)	1.3873	0.307

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ExposeAvant	5	29.215	2.8565
TemoinAvant	15	30.217	2.6416
ExposeApres	5	25.113	3.1737
TemoinApres	15	32.193	2.7223

3.2.3 NMDS



3.3 DOMINANCE

3.3.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem13

Data type: Distance

Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool Terms
Pooled(1) St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2) Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	36485	36485	1.38	0.26	974
Av	1	19574	19574	0.98239	0.33	999
ExxAV	1	-3379.2	-3379.2	Negative		
Pooled(1)	18	4.7589E+05	26438	1.3269	0.219	998
Pooled(2)	18	3.5864E+05	19925			
Total	39	9.0186E+05				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source EMS
Ex $1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
Av $1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{Av})$
ExxAV $1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAv})$
Pooled(1) $1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2) $1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
Av	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	669.75	25.88
S(Av)	-23.388	-4.8361
S(ExxAv)	-3107.2	-55.742
V(St(Si(Ex)))	3256.8	57.068
V(Res)	19925	141.15

3.3.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem13
Data type: Distance
Selection: All

Group factor: ExpositionAnnee
Number of permutations: 999

Number of groups: 4
Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2.7294 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.12

PAIRWISE COMPARISONS

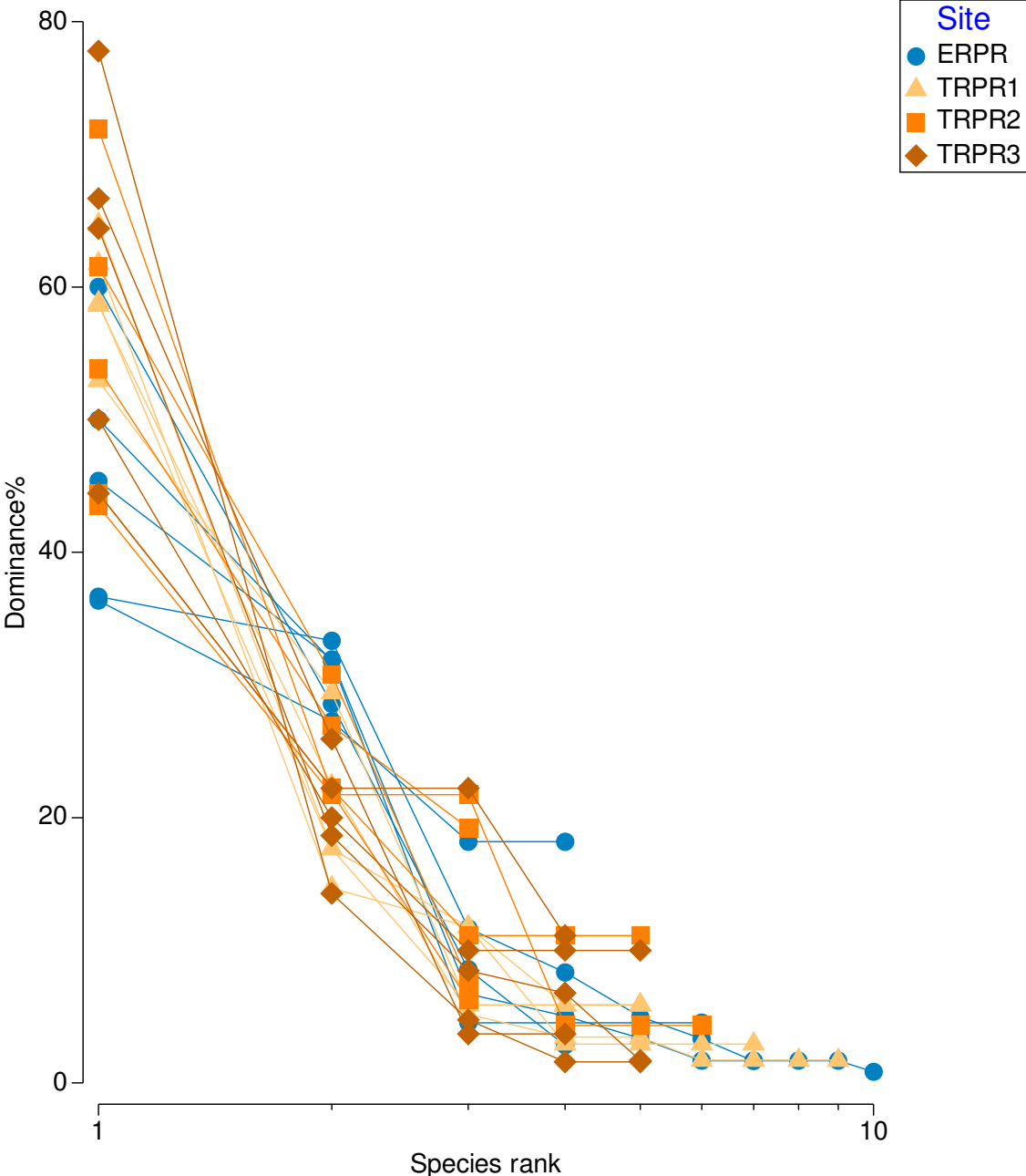
Groups	t	P(perm)
(Expose2019,Temoïn2019)	0.92094	0.371
(Expose2019,Expose2020)	1.2197	0.624
(Expose2019,Temoïn2020)	0.55494	0.684
(Temoïn2019,Expose2020)	2.5528	0.076
(Temoïn2019,Temoïn2020)	1.8375	0.098
(Expose2020,Temoïn2020)	1.3697	0.335

MEANS AND STANDARD ERRORS

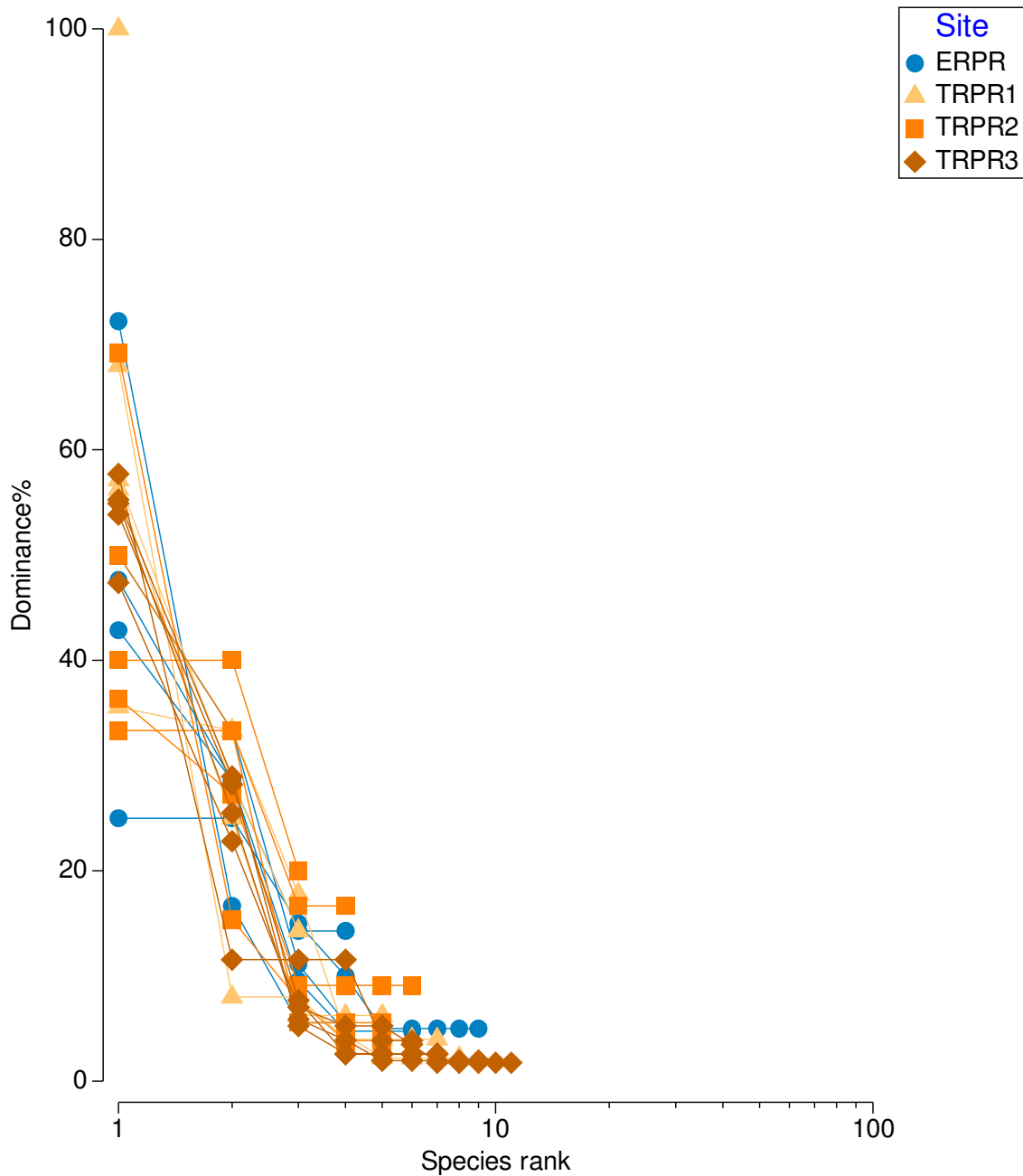
Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	101.44	22.645
Temoïn2019	15	77.81	12.755
Expose2020	5	201.14	78.542
Temoïn2020	15	123.3	21.221

3.3.3 DOMINANCE PLOTS

2019



2020



3.4 VARIABLES UNIDIMENSIONNELLES

3.4.1 ÉQUITABILITÉ

3.4.1.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP PF Equitabilite eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)

Si(Ex)xAv

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAv

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	0.013797	0.013797	0.78883	0.39	967
AV	1	0.0049612	0.0049612	0.3865	0.574	999
ExxAv	1	0.00062186	0.00062186	0.048446	0.833	999
Pooled(1)	18	0.31483	0.017491	1.3626	0.29	999
Pooled(2)	18	0.23105	0.012836			
Total	39	0.56371				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 \cdot S(\text{Ex})$
AV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 15 \cdot S(\text{Av})$
ExxAv	$1 \cdot V(\text{Res}) + 7.5 \cdot S(\text{ExxAv})$
Pooled(1)	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 \cdot V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*Av	1*Pooled(2)	1	18
ExxAv	1*ExxAv	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Ex)	-0.00024623	-0.015692

S(Av)	-0.000525	-0.022913
S(ExxAv)	-0.0016286	-0.040356
V(St(Si(Ex)))	0.0023273	0.048243
V(Res)	0.012836	0.1133

3.4.1.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP PF Equitabilite eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0.10406 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.962

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019,Temoin2019)	0.37814	0.713
(Expose2019,Expose2020)	0.073816	0.931
(Expose2019,Temoin2020)	0.22842	0.837
(Temoin2019,Expose2020)	0.47478	0.668
(Temoin2019,Temoin2020)	0.23869	0.826
(Expose2020,Temoin2020)	0.32885	0.778

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	0.090708	0.032825
Temoin2019	15	0.10453	0.018086
Expose2020	5	0.087357	0.031352
Temoin2020	15	0.098633	0.01686

3.4.2 CONTRIBUTION DES DOMINANTS

3.4.2.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP PF Dominant eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)
 Fixed effects sum to zero for mixed terms
 Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
 Si(Ex)xAV

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAV

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	710.35	710.35	3.2093	0.088	967
AV	1	8.8107	8.8107	0.054378	0.817	996
ExxAV	1	64.909	64.909	0.4006	0.513	997
Pooled(1)	18	3984.2	221.34	1.3661	0.272	999
Pooled(2)	18	2916.5	162.03			
Total	39	7741.2				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 * S(\text{Ex})$
AV	$1 * V(\text{Res}) + 15 * S(\text{AV})$
ExxAV	$1 * V(\text{Res}) + 7.5 * S(\text{ExxAV})$
Pooled(1)	$1 * V(\text{Res}) + 2 * V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 * V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*AV	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	32.6	5.7097
S(AV)	-10.214	-3.196
S(ExxAV)	-12.949	-3.5985
V(St(Si(Ex)))	29.657	5.4459
V(Res)	162.03	12.729

3.4.2.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP PF Dominant eucli

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0.38281 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0.822

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(Expose2019,Temoi2019)	0.23092	0.824
(Expose2019,Expose2020)	0.59495	0.709
(Expose2019,Temoi2020)	0.66034	0.575
(Temoi2019,Expose2020)	0.71072	0.499
(Temoi2019,Temoi2020)	0.88396	0.423
(Expose2020,Temoi2020)	0.046865	0.965

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	7.4546	2.3874
Temoi2019	15	8.1305	1.4869
Expose2020	5	10.889	5.2555
Temoi2020	15	11.179	3.1115

3.5 PER-ANOVA ABONDANCES SANS CHIRONOMIDES

3.5.1 PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: SP PF eucli abondan sans chiro fourth root

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)
 Fixed effects sum to zero for mixed terms
 Permutation method: Permutation of residuals under a reduced model
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Exposition	Ex	Fixed	2
Site	Si	Random	4
Avant.apres	Av	Fixed	2
Station	St	Random	20

Excluded terms

Avant.apresxStation(Site(Exposition))

Pooled terms

Si(Ex)
 Si(Ex)xAv

Terms whose SS and df were combined

Pool	Terms
Pooled(1)	St(Si(Ex)) + Si(Ex)
Pooled(2)	Res + Si(Ex)xAv

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ex	1	4,1515	4,1515	5,1088	0,033	965
AV	1	7,2038	7,2038	13,952	0,002	999
ExxAv	1	1,084	1,084	2,0995	0,164	997
Pooled(1)	18	14,627	0,81261	1,5739	0,156	999
Pooled(2)	18	9,2937	0,51632			
Total	39	35,397				

Details of the expected mean squares (EMS) for the model

Source	EMS
Ex	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex}))) + 15 \cdot S(\text{Ex})$
AV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 15 \cdot S(\text{AV})$
ExxAV	$1 \cdot V(\text{Res}) + 7,5 \cdot S(\text{ExxAV})$
Pooled(1)	$1 \cdot V(\text{Res}) + 2 \cdot V(\text{St}(\text{Si}(\text{Ex})))$
Pooled(2)	$1 \cdot V(\text{Res})$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares

Source	Numerator	Denominator	Num. df	Den. df
Ex	1*Ex	1*Pooled(1)	1	18
AV	1*AV	1*Pooled(2)	1	18
ExxAV	1*ExxAV	1*Pooled(2)	1	18
St(Si(Ex))	1*Pooled(1)	1*Pooled(2)	18	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq. root
S(Ex)	0,22259	0,4718
S(AV)	0,44583	0,66771
S(ExxAV)	0,075693	0,27512
V(St(Si(Ex)))	0,14815	0,3849
V(Res)	0,51632	0,71855

3.5.2 PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: SP PF eucli abundan sans chiro fourth root

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: ExpositionAnnee

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 40

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,81824 df1: 3 df2: 36

P(perm): 0,602

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
Expose2019	5	0,63517	0,18067
Temoin2019	15	0,44715	0,12587
Expose2020	5	0,29246	0,15765
Temoin2020	15	0,68213	0,18284

ANNEXE

7

GRANULOMÉTRIE ET CARBONE
ORGANIQUE TOTAL,
CERTIFICATS D'ANALYSES



NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC.
1890, AVE CHARLES-NORMAND
BAIE-COMEAU, QC G4Z0A8
(418) 296-8911

À L'ATTENTION DE: Luc Bouchard

N° DE PROJET: 201-08448

N° BON DE TRAVAIL: 20M657240

ANALYSE DES SOLS VÉRIFIÉ PAR: Marie-Flora Coustou, Report Writer

DATE DU RAPPORT: 21 oct. 2020

NOMBRE DE PAGES: 8

VERSION*: 1

Pour tout complément d'information concernant cette analyse, veuillez contacter votre chargé(e) de projet client au (514) 337-1000.

*Notes

Avis de non-responsabilité:

- L'ensemble des travaux réalisés dans le présent document ont été effectués en utilisant des protocoles normalisés reconnus, ainsi que des pratiques et des méthodes généralement acceptées. En vue d'améliorer la performance, les méthodes analytiques d'AGAT pourraient comprendre des modifications issues des méthodes de référence spécifiées.
- Tous les échantillons seront éliminés dans les 30 jours suivant l'analyse, sauf accord contraire expressément convenu par écrit. Veuillez contacter votre chargé(e) de projet client si vous avez besoin d'un délai d'entreposage supplémentaire pour vos échantillons.
- La responsabilité d'AGAT en ce qui concerne tout retard, exécution ou non-exécution de ces services s'applique uniquement envers le client et ne s'étend à aucune autre tierce partie. À moins qu'il n'en soit par ailleurs convenu expressément par écrit, la responsabilité d'AGAT se limite au coût réel de l'analyse ou des analyses spécifiques incluses dans les services.
- Sauf accord écrit préalable d'AGAT Laboratoires, ce certificat ne doit être reproduit que dans sa totalité.
- Les résultats d'analyse communiqués ci-joint ne concernent que les échantillons reçus par le laboratoire.
- L'application des lignes directrices est fournie « en l'état » sans garantie de quelque nature que ce soit, ni expresse ni tacite, y compris, mais sans s'y limiter, les garanties de qualité marchande, d'aptitude à un usage particulier ou de non-contrefaçon. AGAT n'assume aucune responsabilité à l'égard de toute erreur ou omission dans les directives que contient ce document.
- Toutes les informations rapportables sont disponibles sur demande auprès d'AGAT Laboratoires, conformément aux normes ISO/IEC 17025:2017, DR-12-PALA et/ou NELAP.



NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC.

PRÉLEVÉ PAR: Antoine Therrien / Carl Gauthier

À L'ATTENTION DE: Luc Bouchard

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac Saint-Jean

Analyses inorganiques (sédiments)

DATE DE RÉCEPTION: 2020-09-30

DATE DU RAPPORT: 2020-10-21

Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		TRPR3-MS1	DUP-2	TRPR3-MI2	TRPR3-PF1	ERPL-MI5	ERPL-PF10	TRPL2-MS5	TRPL2-MI5	
	MATRICE:	DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	
Unités	C / N	LDR	1498203	1498212	1498213	1498214	1498215	1498216	1498217	1498218	
Carbone organique total	%		0.05	0.12	0.29	0.25	0.25	0.14	0.12	0.13	0.20
Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		TRPL2-PF6	TRPL1-MI1	TRPL3-MS4	TRPL3-MI4	ERPL-MS1B	TRPL1-MS1B	TRPL1-PF1	ERPR-PF1	
	MATRICE:	DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	
Unités	C / N	LDR	1498219	1498220	1498221	1498222	1498223	1498226	1498227	1498228	
Carbone organique total	%		0.05	0.12	0.25	0.18	0.24	0.19	0.20	0.18	0.19
Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		TRPR1-MS1	TRPR1-MI1	TRPR1-PF1	ERPR-MS1	ERPR-MI1	TRPR2-MS1	TRPR2-MI1	TRPR2-PF1	
	MATRICE:	DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	
Unités	C / N	LDR	1498230	1498231	1498232	1498233	1498234	1498235	1498236	1498237	
Carbone organique total	%		0.05	1.64	0.92	0.51	0.24	3.10	0.18	0.25	0.22
Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		TRPR3-PF4	DUP-1							
	MATRICE:	DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	Sédiment	Sédiment							
Unités	C / N	LDR	1498245	1498246							
Carbone organique total	%		0.05	0.24							

Commentaires: LDR - Limite de détection rapportée; C / N - Critères Normes

1498203-1498246 Une LDR plus élevée indique qu'une dilution a été effectuée afin de réduire la concentration des analytes ou de réduire l'interférence de la matrice.

Certifié par:



La procédure des Laboratoires AGAT concernant les signatures et les signataires se conforme strictement aux exigences d'accréditation ISO 17025:2005 comme le requiert, lorsque applicable, CALA, CCN et MDDELCC. Toutes les signatures sur les certificats d'AGAT sont protégées par des mots de passe et les signataires rencontrent les exigences des domaines d'accréditation ainsi que les exigences régionales approuvées par CALA, CCN et MDDELCC.



NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC.

PRÉLEVÉ PAR: Antoine Therrien / Carl Gauthier

À L'ATTENTION DE: Luc Bouchard

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac Saint-Jean

Analyses inorganiques - Granulométrie

DATE DE RÉCEPTION: 2020-09-30

DATE DU RAPPORT: 2020-10-21

				IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:	TRPR3-MS1	DUP-2	TRPR3-MI2	TRPR3-PF1	ERPL-MI5	ERPL-PF10	TRPL2-MS5	TRPL2-MI5
				MATRICE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
				DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	2020-09-23	2020-09-23	2020-09-20	2020-09-20	2020-09-22	2020-09-22	2020-09-22	2020-09-22
Paramètre	Unités	C / N	LDR	1498203	1498212	1498213	1498214	1498215	1498216	1498217	1498218	1498218
Granulométrie (Wentworth)	NA		NA	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe
				IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:	TRPL2-PF6	TRPL1-MI1	TRPL3-MS4	TRPL3-MI4	ERPL-MS1B	TRPL1-MS1B	TRPL1-PF1	ERPR-PF1
				MATRICE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
				DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	2020-09-22	2020-09-21	2020-09-21	2020-09-21	2020-09-25	2020-09-25	2020-09-25	2020-09-24
Paramètre	Unités	C / N	LDR	1498219	1498220	1498221	1498222	1498223	1498226	1498227	1498228	1498228
Granulométrie (Wentworth)	NA		NA	annexe	Annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe
				IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:	TRPR1-MS1	TRPR1-MI1	TRPR1-PF1	ERPR-MS1	ERPR-MI1	TRPR2-MS1	TRPR2-MI1	TRPR2-PF1
				MATRICE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
				DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	2020-09-24	2020-09-24	2020-09-24	2020-09-23	2020-09-23	2020-09-23	2020-09-23	2020-09-23
Paramètre	Unités	C / N	LDR	1498230	1498231	1498232	1498233	1498234	1498235	1498236	1498237	1498237
Granulométrie (Wentworth)	NA		NA	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe	annexe
				IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:	TRPR3-PF4	DUP-1						
				MATRICE:	Sédiment	Sédiment						
				DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	2020-09-21	2020-09-21						
Paramètre	Unités	C / N	LDR	1498245	1498246							
Granulométrie (Wentworth)	NA		NA	annexe	annexe							

Commentaires: LDR - Limite de détection rapportée; C / N - Critères Normes

Certifié par:



La procédure des Laboratoires AGAT concernant les signatures et les signataires se conforme strictement aux exigences d'accréditation ISO 17025:2005 comme le requiert, lorsque applicable, CALA, CCN et MDDELCC. Toutes les signatures sur les certificats d'AGAT sont protégées par des mots de passe et les signataires rencontrent les exigences des domaines d'accréditation ainsi que les exigences régionales approuvées par CALA, CCN et MDDELCC.

Contrôle de qualité

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC.

N° BON DE TRAVAIL: 20M657240

N° DE PROJET: 201-08448

À L'ATTENTION DE: Luc Bouchard

PRÉLEVÉ PAR: Antoine Therrien / Carl Gauthier

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac Saint-Jean

Analyse des Sols															
Date du rapport: 2020-10-21			DUPLICATA			MATÉRIAU DE RÉFÉRENCE			BLANC FORTIFIÉ			ÉCH. FORTIFIÉ			
PARAMÈTRE	Lot	N° éch.	Dup #1	Dup #2	% d'écart	Blanc de méthode	% Récup.	Limites		% Récup.	Limites		% Récup.	Limites	
								Inf.	Sup.		Inf.	Sup.		Inf.	Sup.

Analyses inorganiques (sédiments)

Carbone organique total	1498203	1498203	0.12	0.15	NA	< 0.05	103%	80%	120%	NA	80%	120%	109%	70%	130%
-------------------------	---------	---------	------	------	----	--------	------	-----	------	----	-----	------	------	-----	------

Commentaires: NA : Non applicable

NA dans l'écart du duplicata indique que l'écart n'a pu être calculé car l'un ou les deux résultats sont < 5x LDR.

NA dans le pourcentage de récupération de l'échantillon fortifié indique que le résultat n'est pas fourni en raison de la concentration trop élevée par rapport à l'ajout.

NA dans le blanc fortifié ou le MRC indique qu'il n'est pas requis par la procédure.

Le pourcentage de récupération du MRC peut être en dehors du critère d'acceptabilité s'il est conforme à l'écart du certificat du matériau de référence.

Analyses inorganiques (sédiments)

Carbone organique total	1498233	1498233	0.26	0.24	NA	< 0.05	113%	80%	120%	NA	80%	120%	91%	70%	130%
-------------------------	---------	---------	------	------	----	--------	------	-----	------	----	-----	------	-----	-----	------

Commentaires: NA : Non applicable

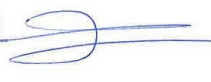
NA dans l'écart du duplicata indique que l'écart n'a pu être calculé car l'un ou les deux résultats sont < 5x LDR.

NA dans le pourcentage de récupération de l'échantillon fortifié indique que le résultat n'est pas fourni en raison de la concentration trop élevée par rapport à l'ajout.

NA dans le blanc fortifié ou le MRC indique qu'il n'est pas requis par la procédure.

Le pourcentage de récupération du MRC peut être en dehors du critère d'acceptabilité s'il est conforme à l'écart du certificat du matériau de référence.

Certifié par:



 CHIMISTE
 Marie-Flora Coustou
 2015-119
 QUÉBEC

La procédure des Laboratoires AGAT concernant les signatures et les signataires se conforme strictement aux exigences d'accréditation ISO 17025:2005 comme le requiert, lorsque applicable, CALA, CCN et MDDELCC. Toutes les signatures sur les certificats d'AGAT sont protégées par des mots de passe et les signataires rencontrent les exigences des domaines d'accréditation ainsi que les exigences régionales approuvées par CALA, CCN et MDDELCC. Les pourcentages de différence relative sont calculés à partir des données brutes. Il se peut que le pourcentage de différence relative ne reflète pas les valeurs dupliquées rapportées en raison de l'arrondissement des résultats finaux.

Sommaire de méthode

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC.

N° DE PROJET: 201-08448

PRÉLEVÉ PAR: Antoine Therrien / Carl Gauthier

N° BON DE TRAVAIL: 20M657240

À L'ATTENTION DE: Luc Bouchard

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac Saint-Jean

PARAMÈTRE	PRÉPARÉ LE	ANALYSÉ LE	AGAT P.O.N.	RÉFÉRENCE DE LITTÉRATURE	TECHNIQUE ANALYTIQUE
Analyse des Sols					
Carbone organique total	2020-10-06	2020-10-06	INOR-101-6057F	MA. 405-C 1.1	TITRAGE
Granulométrie (Wentworth)	2020-10-01	2020-10-19	INOR-161-6031F, non accrédité MELCC	MA. 100 - Gran. 2.0	TAMISAGE



AGAT

Laboratoires

350 rue Franquet, Ville de Québec,

Québec, G1P 4P3

Tél.: 418.266.5511 Téléc.: 418.653.2335

fragatlabs.com
À l'usage exclusif du laboratoire

 Bon de travail AGAT: **20M657240**

 Nb. de glacières: **70**

 Température à l'arrivée: **70**
 Glace Bloc réfrigérant Aucun

 Scélé légal intact: Oui Non N/A

Délais d'analyse requis (jours ouvrables)
Environnemental: Régulier: 5 à 7 jours 10 à 15 jours
 Urgent: Même jour < 10 jours

 1 jour 2 jours 3 jours

Date Requite:

Chaîne de traçabilité Environnement

Eau potable RQEP (réseau) – Veuillez utiliser le formulaire du MDDELCC

Information pour le rapport

 Compagnie : **WSP Canada inc.**
 Adresse : **1890 Charles - Normand, Baie-Comeau**
G4Z 0A8
 Téléphone : **418-589-8911** Téléc. : _____
 Projet : **201-08448**
 Lieu de prélèvement : **Lac Saint-Jean**
 Prélevé par : **Antoine Therrien/Carl Gauthier**

Rapport envoyé à

 1. Nom: **Luc Bouchard**
 Courriel: **luc.bouchard@wsp.com**
 2. Nom: _____
 Courriel: _____

Critères à respecter

 PRTC ABC RESC
 CCME
 Eau consommation
 Eau résurg. Surface
 Eau résurg. Salée
 CMM Sanitaire Pluvial
 Autre.

Format de rapport

 Portrait (échantillon/page) Paysage (échantillons/page)

Facturé à Même adresse : Oui Non

 Compagnie : _____
 Contact : _____
 Courriel : _____
 Adresse : _____
 Bon de commande : _____ Soumission : _____

Commentaires:

Matrice (légende) EP Eau potable EB Eau brute EPI Eau de piscine
 S Sol B Boue SE Sédiment ES Eau de surface AF Affluent
 SL Solide EU Eau usée EF Effluent ST Eau souterraine A Air

IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON	PRÉLEVEMENT		MATRICE	NB DE CONTENANTS
	DATE (AA/MM/JJ)	HEURE		
TRPR3-MS1	20-09-23	10:00	SE	2
DUP2	20-09-23	12:25	SE	2
TRPR3-MI2	20-09-20	16:55	SE	2
TRPR3-PF1	20-09-20	15:00	SE	2
ERPL-MI5	20-09-22	17:00	SE	2
ERPL-PF10	20-09-22	15:20	SE	2
TRPL2-MS5	20-09-22	14:50	SE	2
TRPL2-MI5	20-09-22	12:16	SE	2
TRPL2-PF6	20-09-22	10:20	SE	2
TRPL1-MI1	20-09-21	16:25	SE	2
TRPL3-MS4	20-09-21	11:15	SE	2
TRPL3-MI4	20-09-21	12:50	SE	2

Hydrocarbures pétroliers C10-C50	HAP	BTEX	HAM	HAC-HAM	THM	Chlorobenzènes	Phthalates	COSV	BPC: Congénères	Aroclor	CBNC	Éthylène glycol	Formaldéhyde	Huiles et graisses: Minérales	Totales	Pesticides: OC	OP	Herbicides	Diquat / Paraquat	Glyphosate	Phénols (GC-MS)	Indice phénolique (4AAP)	Métaux - Sol	Hg	Se	CrVI	Métaux - ST	Hg	CrVI	CrIII	U	Métaux: Filtré sur terrain	Filtré au lab	Métaux (spécifier):	Dureté totale	Alcalinité	Bromates	Conductivité	Chlorures	Fluorures	Sulfates	Bromures	Cyanures: Totaux	Disponibles	Oxydables	DCO	COT	NH ₃ + NH ₄	NTK	NO ₂ + NO ₃	P total	Solides: Totaux	Dissous	MES	MESV	Sulfures: Eau	Soufre total - Sol	pH	NO ₂	NO ₃	o-P04	COD	Absorbance UV	Couleur	Turbidité	DBO ₅	DBO ₅ Carbonée	Coliformes: Totaux	Fécaux	E.coli	Microbiologie (autre):	HY/MS: Dioxines/Furanes	HAP	BPC	CMM 2008-47: Sanitaire	Pluvial	NP	NPE	RMD	REIMR art.	Granulométrie
----------------------------------	-----	------	-----	---------	-----	----------------	------------	------	-----------------	---------	------	-----------------	--------------	-------------------------------	---------	----------------	----	------------	-------------------	------------	-----------------	--------------------------	--------------	----	----	------	-------------	----	------	-------	---	----------------------------	---------------	---------------------	---------------	------------	----------	--------------	-----------	-----------	----------	----------	------------------	-------------	-----------	-----	-----	-----------------------------------	-----	-----------------------------------	---------	-----------------	---------	-----	------	---------------	--------------------	----	-----------------	-----------------	-------	-----	---------------	---------	-----------	------------------	---------------------------	--------------------	--------	--------	------------------------	-------------------------	-----	-----	------------------------	---------	----	-----	-----	------------	----------------------

 Échantillon remis par (nom en lettres moulées et signature)
Charles Otis / Charles Otis

 Date (AA/MM/JJ) Heure
20-09-28

 Échantillon reçu par (nom en lettres moulées et signature)
DIC REÇU LE
21 COM 29 SEP. 2020

 Date (AA/MM/JJ) Heure
30.08.20

 Page ____ de ____
 N°: **84295**



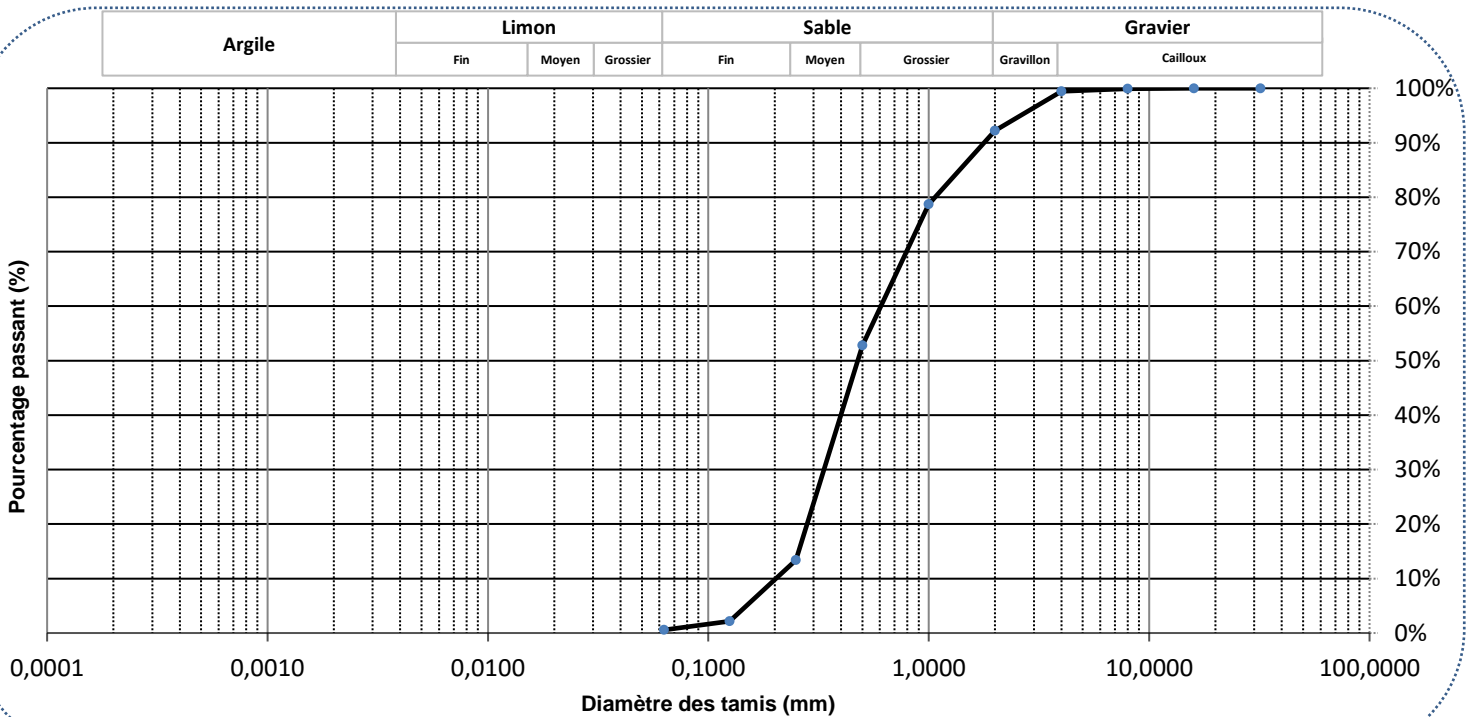
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 1498228 Votre référence : ERPR-PF1
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	99,9%
4	99,4%
2	92,2%
1	78,7%
0,500	52,8%
0,250	13,4%
0,125	2,1%
0,063	0,6%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 7,76% Limon,Argile (<63um) 0,57%
 Sable (0.063-<2mm) : 91,67%

Date : 2020-10-23



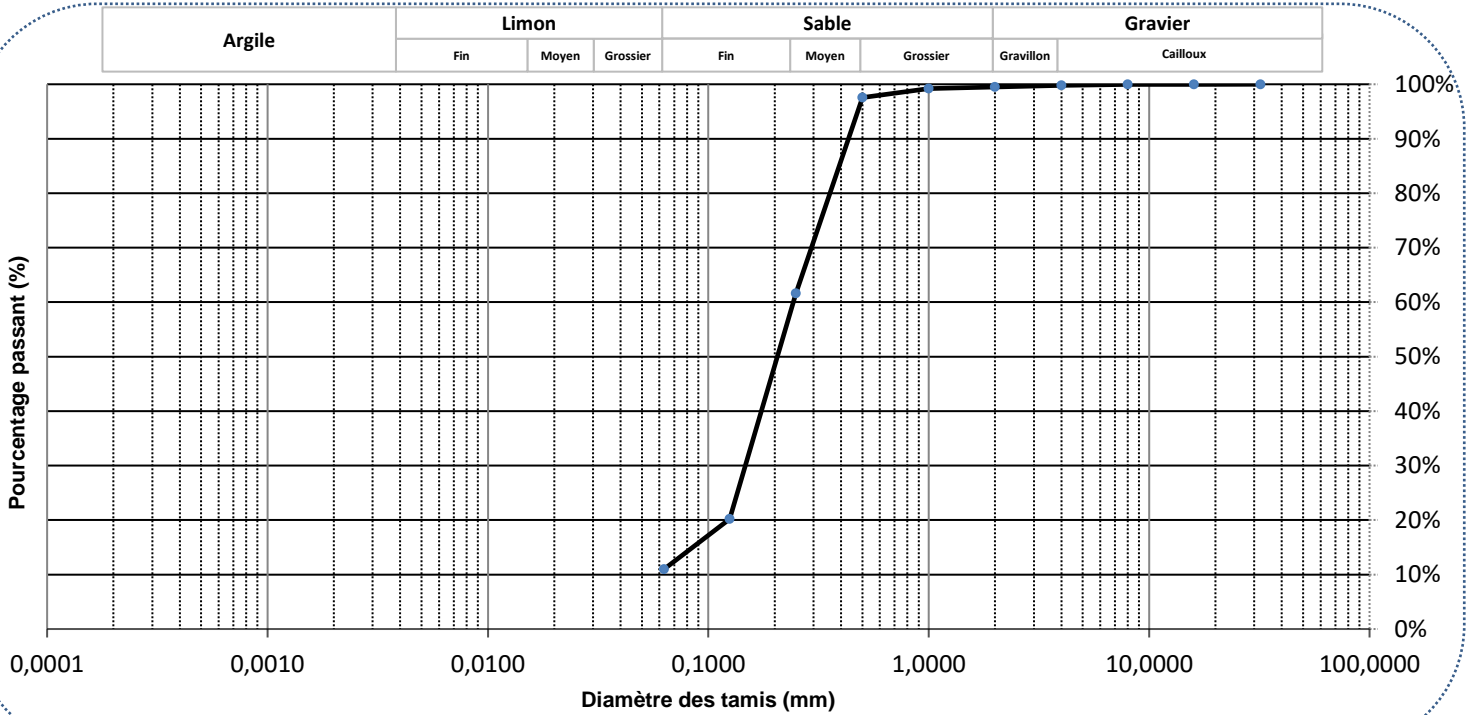
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 1498230 Votre référence : TRPR1-MS1
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	99,9%
4	99,8%
2	99,5%
1	99,2%
0,500	97,6%
0,250	61,6%
0,125	20,2%
0,063	11,0%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0,50% Limon, Argile (<63µm) 10,99%
 Sable (0.063-<2mm) : 88,51%

Date : 2020-10-23



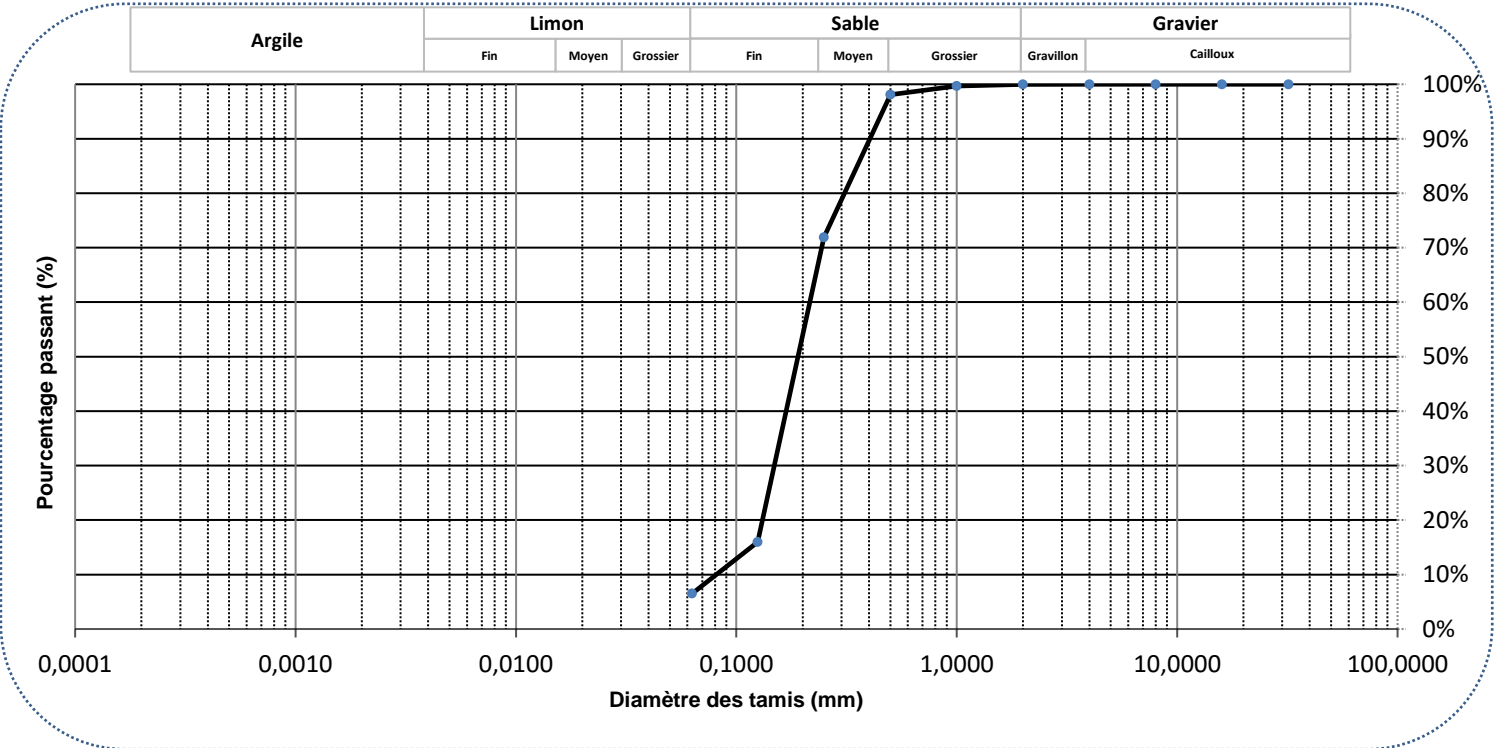
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 1498231 Votre référence : TRPR1-MI1
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	100,0%
4	100,0%
2	100,0%
1	99,7%
0,500	98,1%
0,250	71,9%
0,125	16,0%
0,063	6,5%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0,03% Limon,Argile (<63um) 6,39%
 Sable (0.063-<2mm) : 93,46%

Date : 2020-10-23



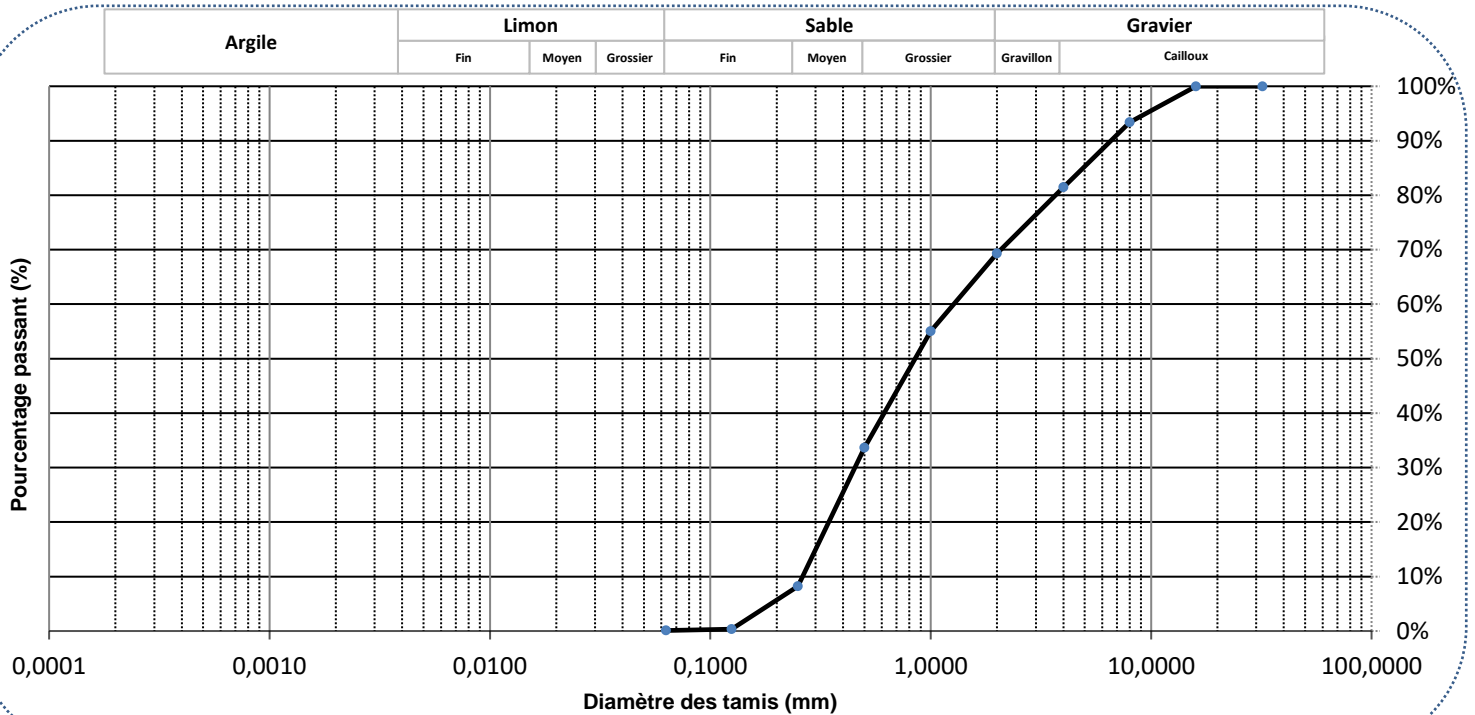
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC.
 No échantillon : 1498235 Votre référence : TRPR2-MS1
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	93,4%
4	81,5%
2	69,3%
1	55,0%
0,500	33,6%
0,250	8,2%
0,125	0,4%
0,063	0,1%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 30,69% Limon, Argile (<63µm) 0,09%
 Sable (0.063-<2mm) : 69,21%

Date : 2020-10-06



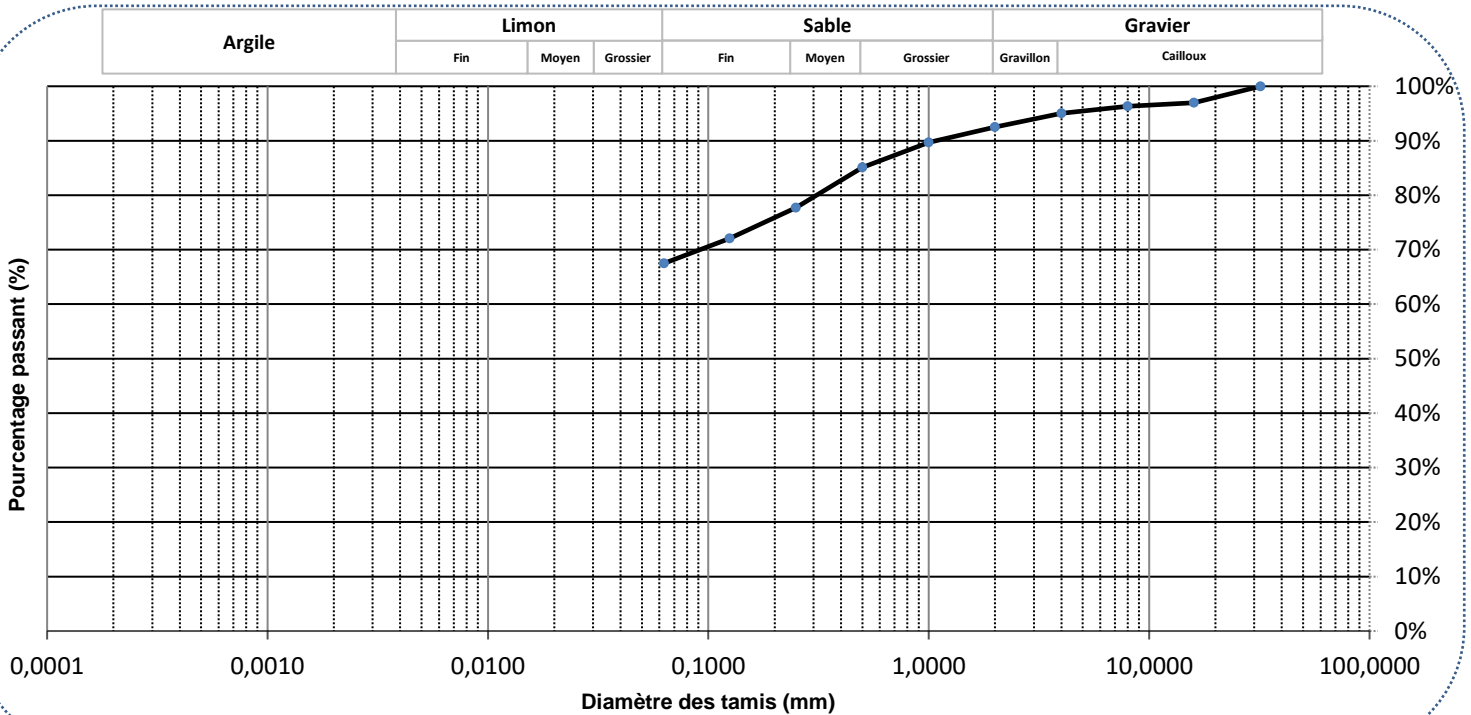
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC.
No échantillon : 1498236 Votre référence : TRPR2-MI1
Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	97,0%
8	96,4%
4	95,0%
2	92,5%
1	89,7%
0,500	85,1%
0,250	77,7%
0,125	72,1%
0,063	67,5%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μ m)	Pourcentage Passant (%)
--	-------------------------------



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 7,46% Limon,Argile (<63um) 67,50%
Sable (0.063-<2mm) : 25,04%

Date : 2020-10-23



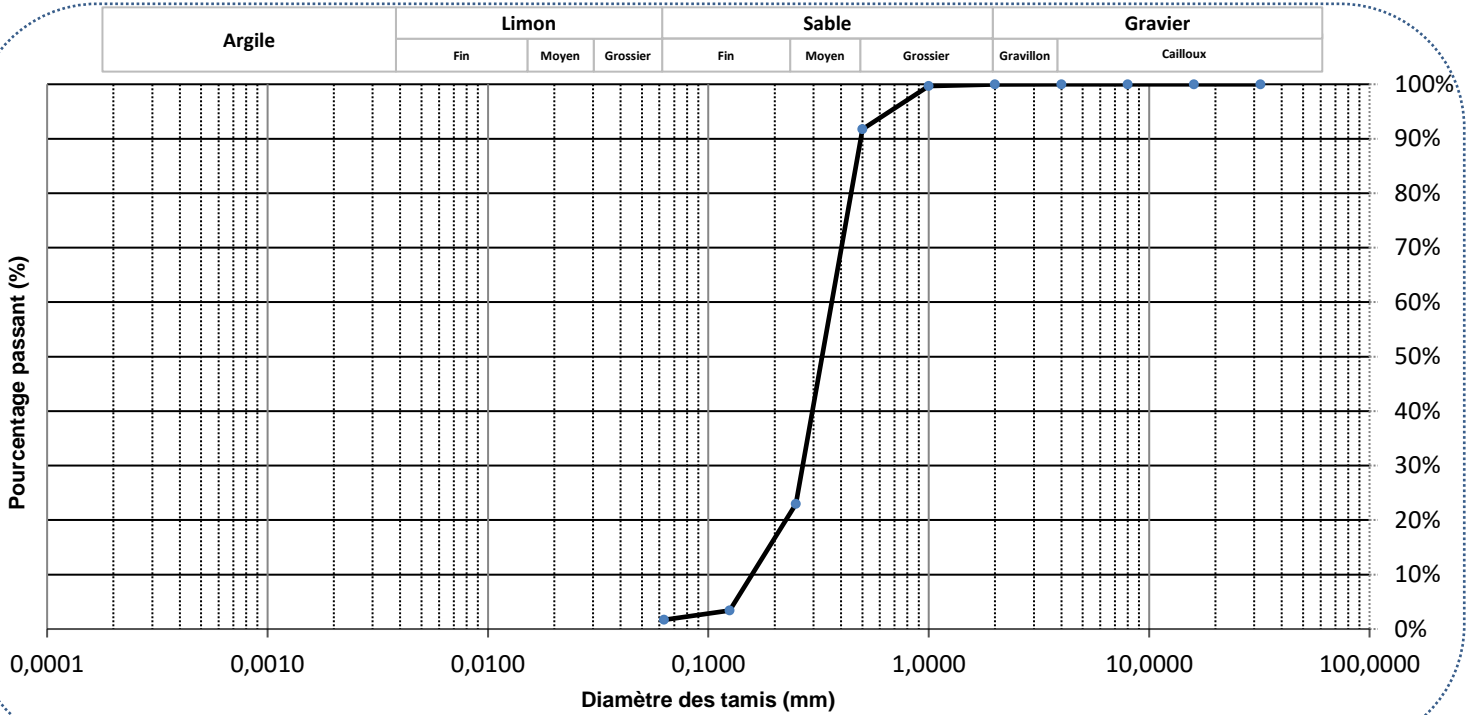
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail :	20M657240	Client :	WSP CANADA INC
No échantillon :	1498203	Votre référence :	TRPR3-MS1
Version du certificat :			

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	100,0%
4	100,0%
2	100,0%
1	99,7%
0,500	91,7%
0,250	23,0%
0,125	3,4%
0,063	1,7%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0,04% Limon, Argile (<63µm) 0,34%
 Sable (0.063-<2mm) : 98,27%

Date : 2020-10-06



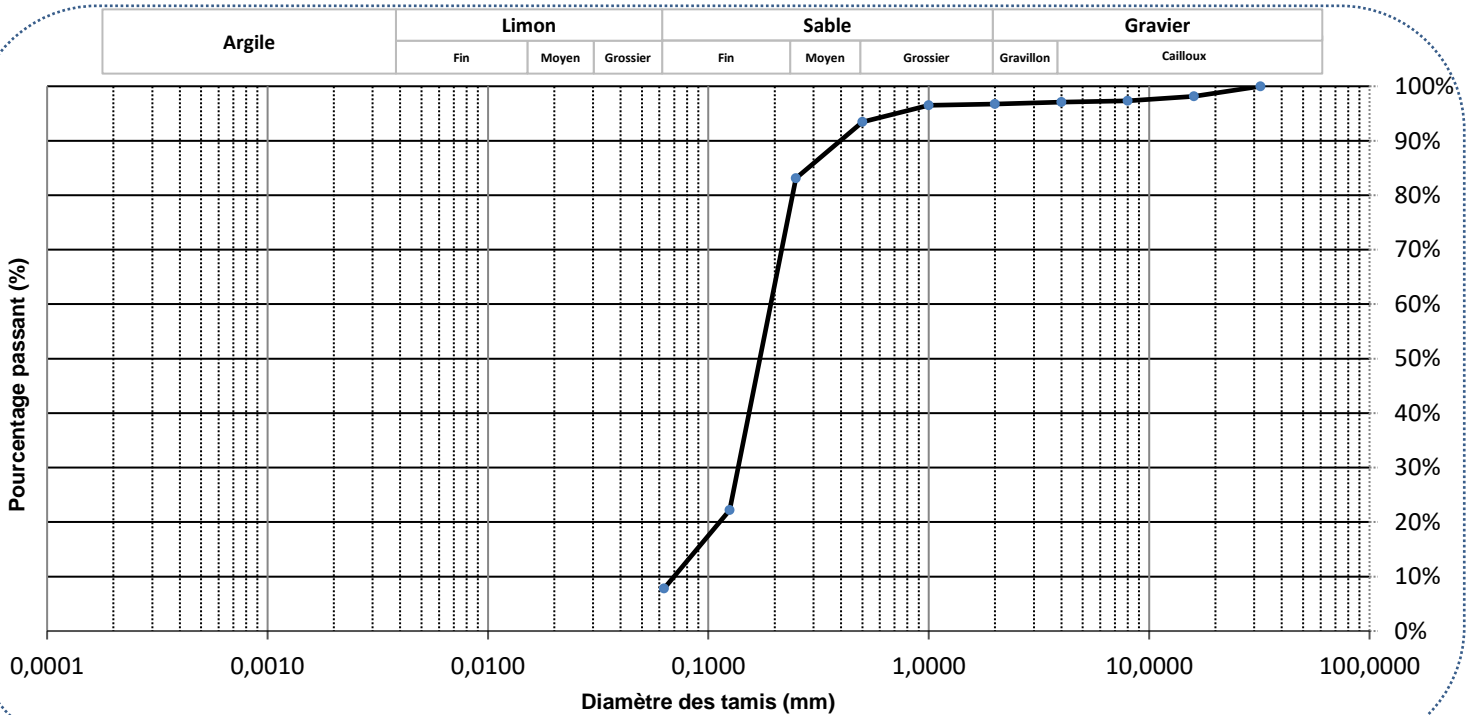
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC
No échantillon : 1498213 Votre référence : TRPR3-MI2
Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	98,1%
8	97,3%
4	97,1%
2	96,7%
1	96,5%
0,500	93,5%
0,250	83,1%
0,125	22,2%
0,063	7,8%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μm)	Pourcentage Passant (%)
---	-------------------------------



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 3,27%
Sable (0.063-<2mm) : 88,91%

Limon, Argile (<63 μm) 7,62%

Date : 2020-10-23



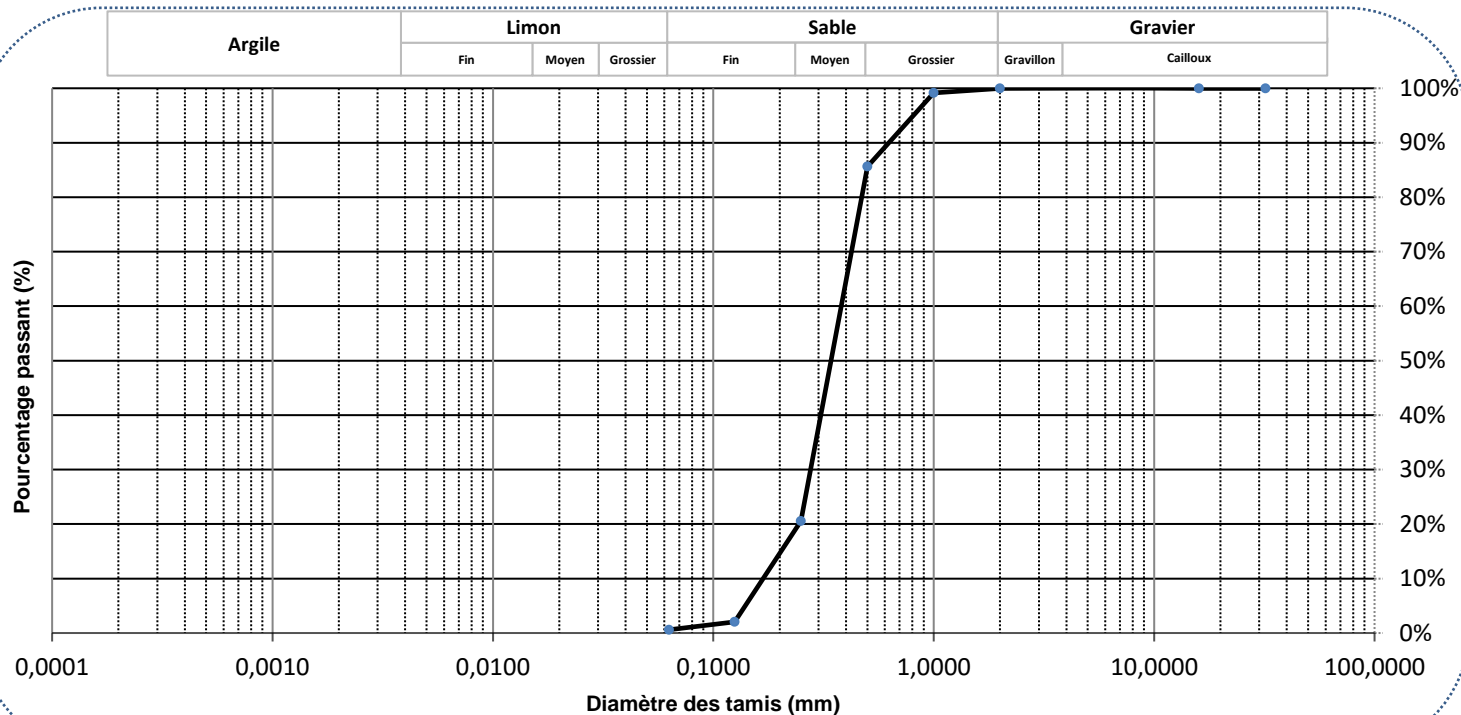
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 1498214 Votre référence : TRPR3-PF1
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	100,0%
4	100,0%
2	100,0%
1	99,2%
0,500	85,6%
0,250	20,5%
0,125	2,0%
0,063	0,6%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0,02% Limon, Argile (<63µm) 0,50%
 Sable (0.063-<2mm) : 99,38%

Date : 2020-10-14



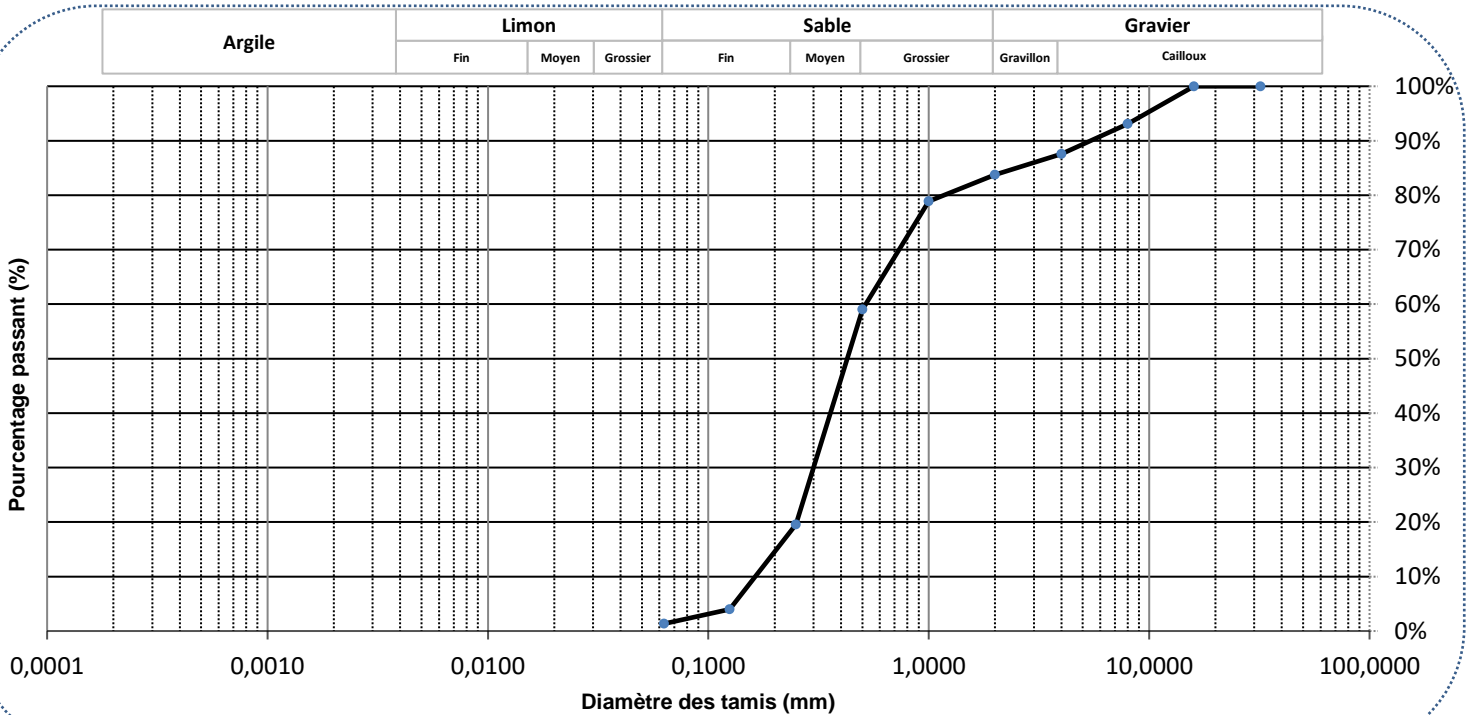
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 20M657240 Client : WSP CANADA INC
No échantillon : 1498233 Votre référence : ERPR-MS1
Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	100,0%
8	93,1%
4	87,6%
2	83,8%
1	78,9%
0,500	59,0%
0,250	19,6%
0,125	4,0%
0,063	1,3%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μ m)	Pourcentage Passant (%)
--	-------------------------------



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 16,24% Limon, Argile (<63 μ m) 1,23%
Sable (0.063-<2mm) : 82,41%

Date : 2020-10-23



NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC
125, RUE RACINE EST
CHICOUTIMI, QC G7H1R5
(418) 698-4488

À L'ATTENTION DE: JEROME PLOURDE

N° DE PROJET: Suivi invertèbres LSJ 191-11118-00

N° BON DE TRAVAIL: 19A516476

ANALYSE DES SOLS VÉRIFIÉ PAR: Francois Boutin, Chimiste

DATE DU RAPPORT: 2019-10-03

VERSION*: 1

NOMBRE DE PAGES: 7

Si vous désirez de l'information concernant cette analyse, S.V.P. contacter votre chargé de projets au (418) 266-5511.

*NOTES

Nous disposerons des échantillons dans les 30 jours suivants les analyses. S.V.P. Contactez le laboratoire si vous désirez avoir un délai d'entreposage.



Certificat d'analyse

N° BON DE TRAVAIL: 19A516476

N° DE PROJET: Suivi invertèbres LSJ 191-11118-00

350, rue Franquet
 Québec, Québec
 CANADA G1P 4P3
 TEL (418)266-5511
 FAX (418)653-2335
<http://www.agatlabs.com>

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC

PRÉLEVÉ PAR: Marie-Claude Julien

À L'ATTENTION DE: JEROME PLOURDE

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac-Saint-Jean

Analyses inorganiques (sédiments)

DATE DE RÉCEPTION: 2019-09-11

DATE DU RAPPORT: 2019-10-03

Paramètre	Unités	C / N	LDR	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		ERPRM1	TRPL1MI1	TRPL2PF6	TRPR1MI1	TRPL1MS5	ERPLMI5
				ERPLMS5	TRPL2MS5						
				MATRICE:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
				DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:	2019-09-04	2019-09-06	2019-09-08	2019-09-04	2019-09-06	2019-09-08	2019-09-06
Carbone organique total	%				517117	517123	517124	517125	517126	517127	517129
					0.05	0.42	0.54	2.66	1.35	1.12	0.30
					0.23	0.27	0.27	<0.05	<0.05	<0.05	0.08
					0.05	0.07	0.42	0.26	0.27	<0.05	<0.05
					0.05	0.24	0.14	0.06	0.06	<0.05	<0.05

Commentaires: LDR - Limite de détection rapportée; C / N - Critères Normes

517117-517145 Une LDR plus élevée indique qu'une dilution a été effectuée afin de réduire la concentration des analytes ou de réduire l'interférence de la matrice.

Certifié par:



La procédure des Laboratoires AGAT concernant les signatures et les signataires se conforme strictement aux exigences d'accréditation ISO 17025:2005 comme le requiert, lorsque applicable, CALA, CCN et MDDELCC. Toutes les signatures sur les certificats d'AGAT sont protégées par des mots de passe et les signataires rencontrent les exigences des domaines d'accréditation ainsi que les exigences régionales approuvées par CALA, CCN et MDDELCC.



Certificat d'analyse

N° BON DE TRAVAIL: 19A516476

N° DE PROJET: Suivi invertèbres LSJ 191-11118-00

350, rue Franquet
 Québec, Québec
 CANADA G1P 4P3
 TEL (418)266-5511
 FAX (418)653-2335
<http://www.agatlabs.com>

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC

PRÉLEVÉ PAR: Marie-Claude Julien

À L'ATTENTION DE: JEROME PLOURDE

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac-Saint-Jean

Analyses inorganiques - Granulométrie

DATE DE RÉCEPTION: 2019-09-11

DATE DU RAPPORT: 2019-10-03

IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		ERPLMS5	TRPL2MS5	ERPRM1	TRPL1MI1	TRPL2PF6	TRPR1MI1	TRPL1MS5	ERPLMI5		
MATRICE:		Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment		
DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:		2019-09-04	2019-09-06	2019-09-08	2019-09-04	2019-09-06	2019-09-08	2019-09-04	2019-09-06		
Paramètre	Unités	C / N	LDR	517117	517123	517124	517125	517126	517127	517128	517129
Granulométrie (Wentworth)	NA	NA	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe
IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		TRPL3MS5	TRPL1PF5	TRPL3MI1	TRPL3PF5	ERPRPF5	TRPR2MS5	TRPR3MS5	TRPR1MS5		
MATRICE:		Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment		
DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:		2019-09-07	2019-09-04	2019-09-07	2019-09-07	2019-09-09	2019-09-09	2019-09-08	2019-09-09		
Paramètre	Unités	C / N	LDR	517130	517131	517132	517133	517134	517135	517136	517137
Granulométrie (Wentworth)	NA	NA	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe
IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:		ERPRMS5	TRPR2MI1	TRPR1PF5	TRPL2MI1	TRPR3PF1	TRPR2PF5	ERPLPF10	TRPR3MI1		
MATRICE:		Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment		
DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:		2019-09-09	2019-09-08	2019-09-09	2019-09-06	2019-09-08	2019-09-09	2019-09-06	2019-09-08		
Paramètre	Unités	C / N	LDR	517138	517139	517140	517141	517142	517143	517144	517145
Granulométrie (Wentworth)	NA	NA	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe

Commentaires: LDR - Limite de détection rapportée; C / N - Critères Normes

Certifié par:



La procédure des Laboratoires AGAT concernant les signatures et les signataires se conforme strictement aux exigences d'accréditation ISO 17025:2005 comme le requiert, lorsque applicable, CALA, CCN et MDDELCC. Toutes les signatures sur les certificats d'AGAT sont protégées par des mots de passe et les signataires rencontrent les exigences des domaines d'accréditation ainsi que les exigences régionales approuvées par CALA, CCN et MDDELCC.

Contrôle de qualité

 NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC
 N° DE PROJET: Suivi invertèbres LSJ 191-11118-00
 PRÉLEVÉ PAR: Marie-Claude Julien

 N° BON DE TRAVAIL: 19A516476
 À L'ATTENTION DE: JEROME PLOURDE
 LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac-Saint-Jean

Analyse des Sols

Date du rapport: 2019-10-03			DUPLICATA			MATÉRIAU DE RÉFÉRENCE			BLANC FORTIFIÉ			ÉCH. FORTIFIÉ			
PARAMÈTRE	Lot	N° éch.	Dup #1	Dup #2	% d'écart	Blanc de méthode	% Récup.	Limites		% Récup.	Limites		% Récup.	Limites	
								Inf.	Sup.		Inf.	Sup.		Inf.	Sup.

Analyses inorganiques (sédiments)

Carbone organique total	513503	513503	26	30	14.3	< 0.05	106%	80%	120%	NA	80%	120%	105%	80%	120%
-------------------------	--------	--------	----	----	------	--------	------	-----	------	----	-----	------	------	-----	------

Commentaires: NA : Non applicable

NA dans l'écart du duplicata indique que l'écart n'a pu être calculé car l'un ou les deux résultats sont < 5x LDR.

NA dans le pourcentage de récupération de l'échantillon fortifié indique que le résultat n'est pas fourni en raison de l'hétérogénéité de l'échantillon ou de la concentration trop élevée par rapport à l'ajout.

NA dans le blanc fortifié ou le MRC indique qu'il n'est pas requis par la procédure.

Le pourcentage de récupération du MRC peut être en dehors du critère d'acceptabilité de 80-120%, s'il est conforme à l'écart du certificat du matériau de référence.

Analyses inorganiques (sédiments)

Carbone organique total	517127	517127	0.46	0.47	2.2	< 0.05	100%	80%	120%	NA	80%	120%	99%	80%	120%
-------------------------	--------	--------	------	------	-----	--------	------	-----	------	----	-----	------	-----	-----	------

Commentaires: NA : Non applicable

NA dans l'écart du duplicata indique que l'écart n'a pu être calculé car l'un ou les deux résultats sont < 5x LDR.

NA dans le pourcentage de récupération de l'échantillon fortifié indique que le résultat n'est pas fourni en raison de l'hétérogénéité de l'échantillon ou de la concentration trop élevée par rapport à l'ajout.

NA dans le blanc fortifié ou le MRC indique qu'il n'est pas requis par la procédure.

Le pourcentage de récupération du MRC peut être en dehors du critère d'acceptabilité de 80-120%, s'il est conforme à l'écart du certificat du matériau de référence.

Certifié par:




La procédure des Laboratoires AGAT concernant les signatures et les signataires se conforme strictement aux exigences d'accréditation ISO 17025:2005 comme le requiert, lorsque applicable, CALA, CCN et MDDELCC. Toutes les signatures sur les certificats d'AGAT sont protégées par des mots de passe et les signataires rencontrent les exigences des domaines d'accréditation ainsi que les exigences régionales approuvées par CALA, CCN et MDDELCC. Les pourcentages de différence relative sont calculés à partir des données brutes. Il se peut que le pourcentage de différence relative ne reflète pas les valeurs dupliquées rapportées en raison de l'arrondissement des résultats finaux.



Sommaire de méthode

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC

N° BON DE TRAVAIL: 19A516476

N° DE PROJET: Suivi invertébrés LSJ 191-11118-00

À L'ATTENTION DE: JEROME PLOURDE

PRÉLEVÉ PAR: Marie-Claude Julien

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: Lac-Saint-Jean

PARAMÈTRE	PRÉPARÉ LE	ANALYSÉ LE	AGAT P.O.N.	RÉFÉRENCE DE LITTÉRATURE	TECHNIQUE ANALYTIQUE
Analyse des Sols					
Carbone organique total	2019-09-16	2019-09-18	INOR-101-6057F	MA. 405-C 1.1	TITRAGE
Granulométrie (Wentworth)	2019-09-26	2019-10-02	INOR-161-6031F, non accrédité MELCC	MA. 100 - Gran. 2.0	TAMISAGE



AGAT Laboratoires

350 rue Franquet, Ville de Québec,
Québec, G1P 4P3
Tél.: 418.266.5511 Téléc.: 418.653.2335
fr.agatlabs.com

Chaîne de traçabilité Environnement

Information pour le rapport

Compagnie : WSP Ganach Inc.
Adresse : 125, rue Racine est
Chicoutimi
Téléphone : 581-543-0128 Téléc. : 581-1118-00
Projet : Suivi invertebrés
Lieu de prélèvement : Lac Saint-Jean
Prélevé par : Marc-Claude Julien

Facturé à

Compagnie : WSP Ganach Inc.
Contact : Jerome Plourd
Courriel : 91-1118-00
Adresse : _____
Même adresse : Oui Non

Bon de commande : _____
Soumission : _____

Commentaires:

2 de 2

Matrice (légende)	PRÉLÈVEMENT			EPI	Eau de piscine
	EP	EB	ES		
S Sol	SE	ES	ES	AF	Affluent
SL Solide	EU	EF	ST	A	Air

IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON	PRÉLÈVEMENT		MATRICE	NB. DE CONTENANTS
	DATE (AA/MM/JJ)	HEURE		
ERPR PF5	19/09/09		SE	2
TRPR2 MS5	19/09/09		SE	2
TRPR3 MS5	19/09/09		SE	2
TRPR1 MS5	19/09/09		SE	2
ERPR MS5	19/09/09		SE	2
TRPR2 MI1	19/09/08		SE	2
TRPR1 PF5	19/09/09		SE	2
TRPL2 MI1	19/09/06		SE	2
TRPR3 PF1	19/09/08		SE	2
TRPR2 PF5	19/09/09		SE	2
ERPL PF10	19/09/06		SE	2
TRPR3 MI1	19/09/08		SE	2

Echantillon remis par (nom en lettres moulées et signature)

Date (AA/MM/JJ) Heure

Echantillon remis par (nom en lettres moulées et signature)

Date (AA/MM/JJ) Heure

Eau potable ROEP (réseau) - Veuillez utiliser le formulaire du MDEELCC

Rapport envoyé à

1. Nom: Jerome Plourd
Courriel: jerome.plourd@wsp.com
2. Nom: _____
Courriel: _____

Format de rapport

Portrait (échantillon/page) Paysage (échantillons/page)
 PRTC ABC RESC
 CCME
 Eau consommation
 Eau résurg. Surface
 Eau résurg. Salée
CMM Sanitaire Pluvial
 Autre.

Critères à respecter

Haute Résolution: 10 à 15 jours
 Régulier: 5 à 7 jours
 Urgent: Même jour
 1 jour
 2 jours
 3 jours
Date Requisé: décembre 2019

À l'usage exclusif du laboratoire
Bon de travail AGAT: 19A516476
Nb. de glacières: 2
Température à l'arrivée: 5°C 5°C 5°C

Scellé légal intact: Oui Non N/A
 Bloc réfrigérant Aucun

COURT DELAI DE CONSERVATION		Métaux (spécifier):		Métaux - Sol		Métaux - ST		Métaux: Filtre sur terrain		Métaux: Filtre au lab	
Hydrocarbures pétroliers C10-C50		HAP		BTEX		HAM		HAC-HAM		THM	
		Chlorobenzènes		Phthalates		COSV		Aroclor		CBNC	
		BPC: Congénères		Formaldéhyde							
		Huiles et graisses: Minérales		Totales							
		Pesticides: OC		OP		Herbicides					
		Diquat / Paraquat		Glyphosate							
		Phénols (GC-MS)		Indice phénolique (4AP)							
		Métaux - Sol		Hg		Se		CVI			
		Métaux - ST		Hg		CVI		U			
		Métaux: Filtre sur terrain									
		Durété totale									
		Alcalinité		Bromates		Conductivité					
		Chlorures		Fluorures		Sulfates		Bromures			
		Cyanures: Total		Disponibles		Oxydables					
		DCO		COT							
		NH ₃ + NH ₄		NTR		NO ₂ + NO ₃		P total			
		Solides: Total		Dissous		MES		MESV			
		Sulfures - Eau		Soufre total - Sol							
		pH		NO ₂		NO ₃		o-P4		COD	
		Absorbance UV		Couleur		Turbidité					
		DBO ₅ Carbonée									
		Coliformes: Total		Fécaux		E.coli					
		Microbiologie (autre):									
		HR/MS: Dioxines/Furanes		HAP		BPC					
		CMM 2008-47: Sanitaire		Pluvial		NPE					
		RMD		REIM art							

Echantillon remis par (nom en lettres moulées et signature)
Date (AA/MM/JJ) Heure
Echantillon reçu par (nom en lettres moulées et signature)
Date (AA/MM/JJ) Heure



GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

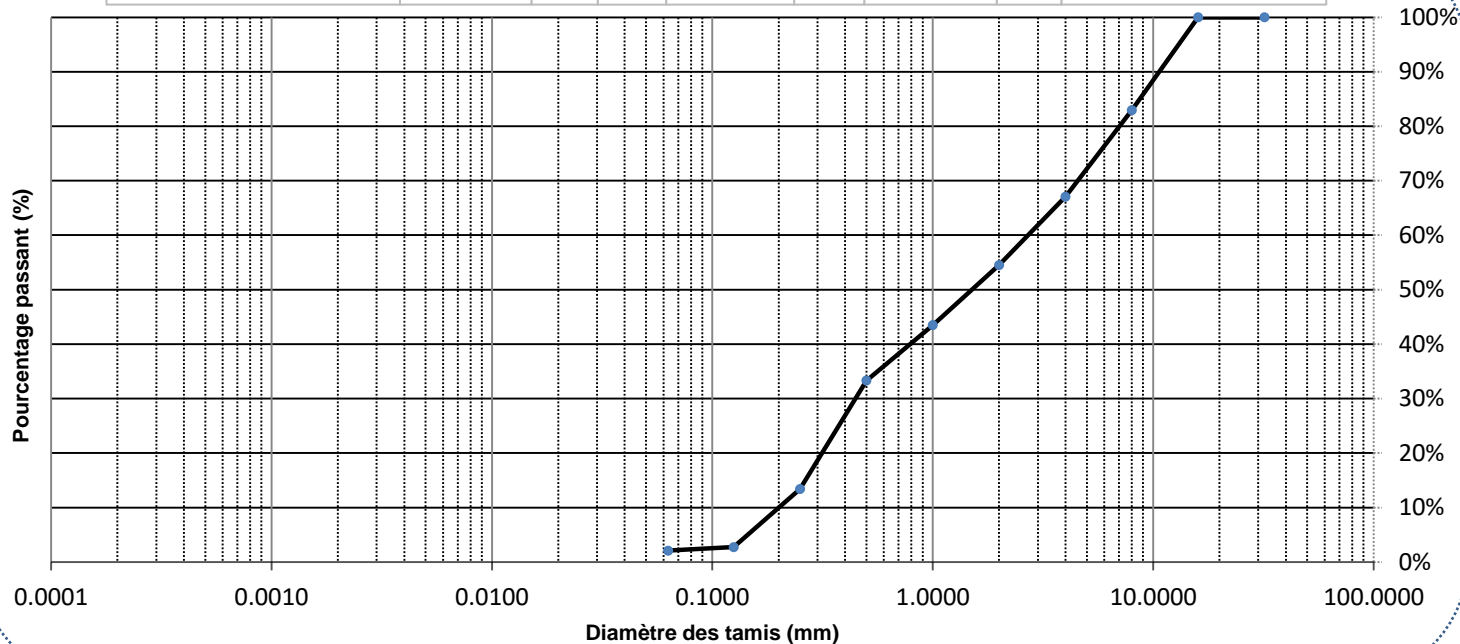
Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 517135 Votre référence : TRPR2MS5
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	83.0%
4	67.1%
2	54.5%
1	43.5%
0.500	33.3%
0.250	13.4%
0.125	2.7%
0.063	2.1%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)

Argile	Limon			Sable			Gravier	
	Fin	Moyen	Grossier	Fin	Moyen	Grossier	Gravillon	Cailloux



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 45.49% Limon,Argile (<63um) 2.08%
 Sable (0.063-<2mm) : 52.43%

Tamis oranges

Date : 2019-10-01



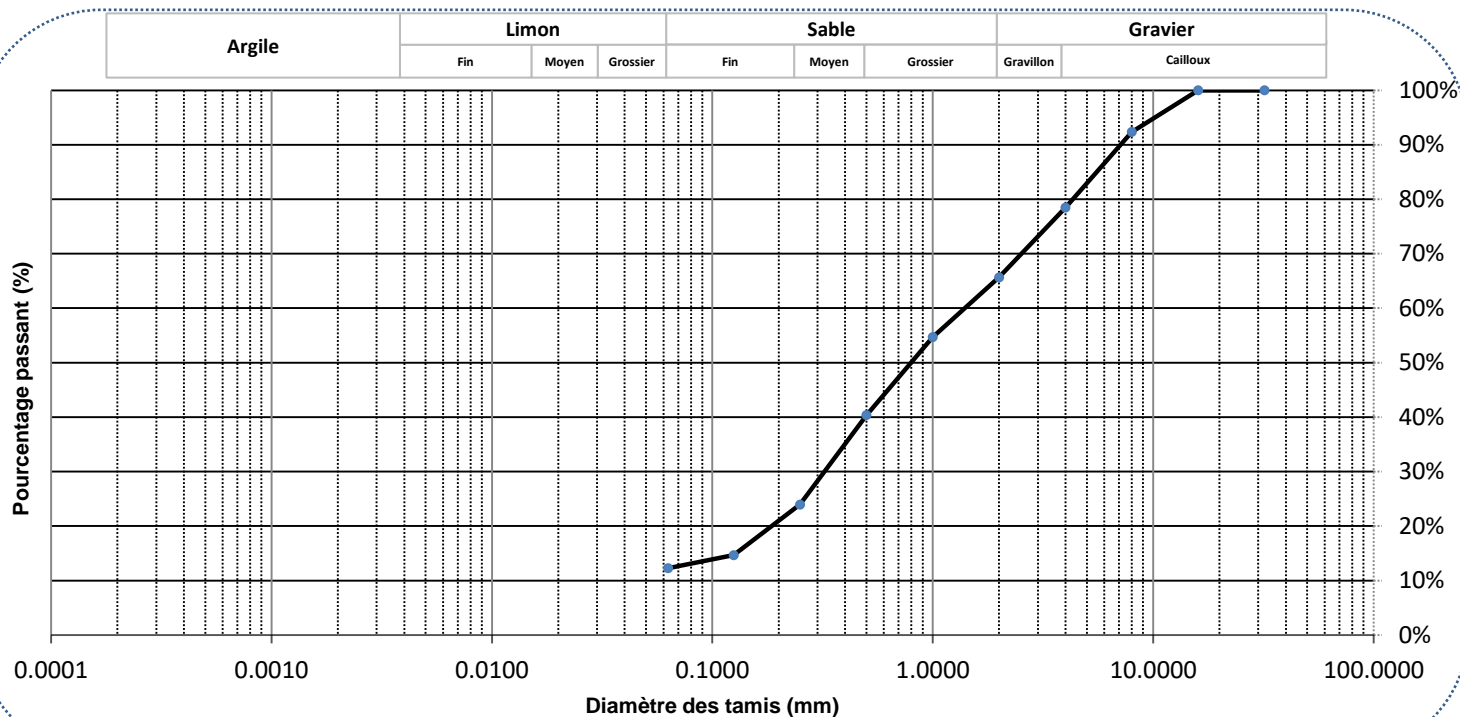
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 517139 Votre référence : TRPR2MI1
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	92.4%
4	78.5%
2	65.6%
1	54.7%
0.500	40.4%
0.250	23.9%
0.125	14.7%
0.063	12.3%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 34.35% Limon, Argile (<63 μm) 12.27%
 Sable (0.063-<2mm) : 53.37%

Tamis oranges

Date : 2019-10-03



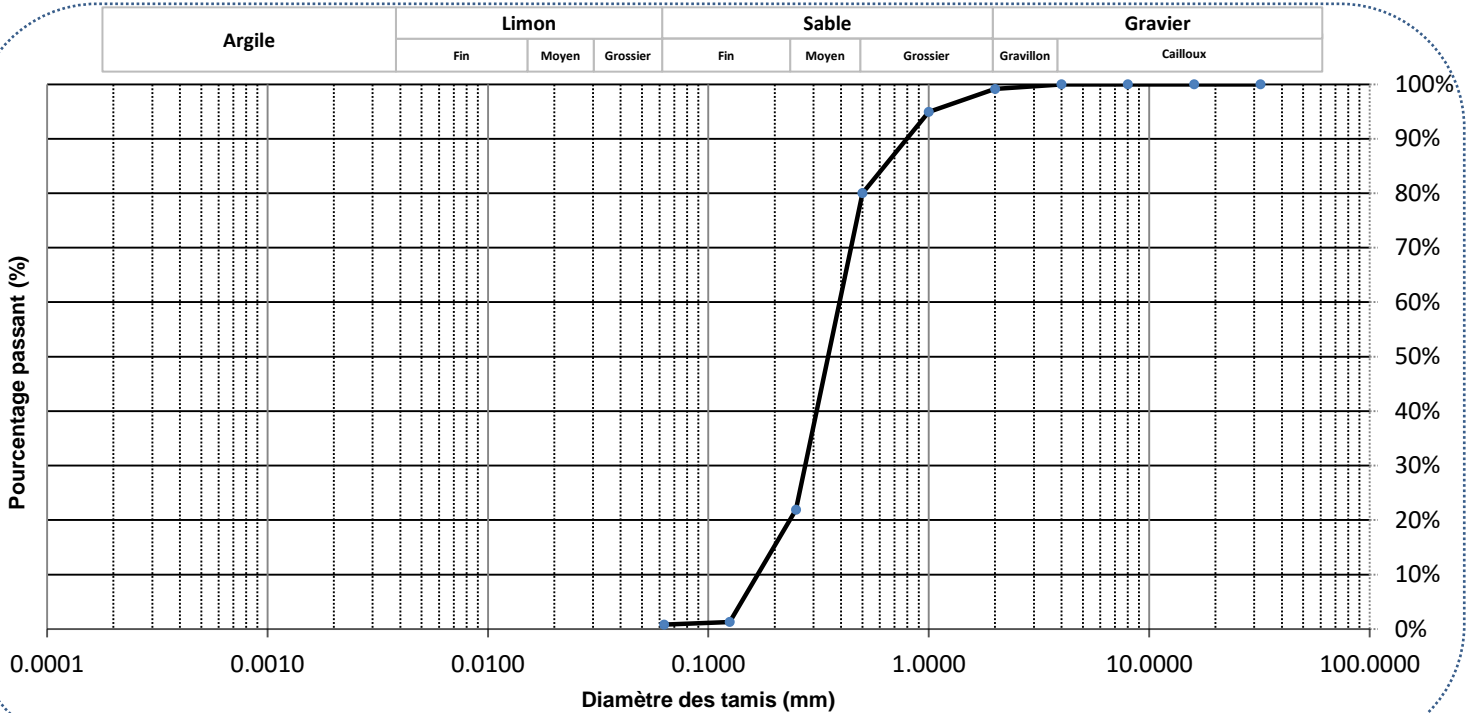
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 517143 Votre référence : TRPR2PF5
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	99.1%
1	94.9%
0.500	80.0%
0.250	21.9%
0.125	1.3%
0.063	0.8%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μ m)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0.87% Limon,Argile (<63um) 0.82%
 Sable (0.063-<2mm) : 98.32%

Tamis rouges

Date : 2019-10-03



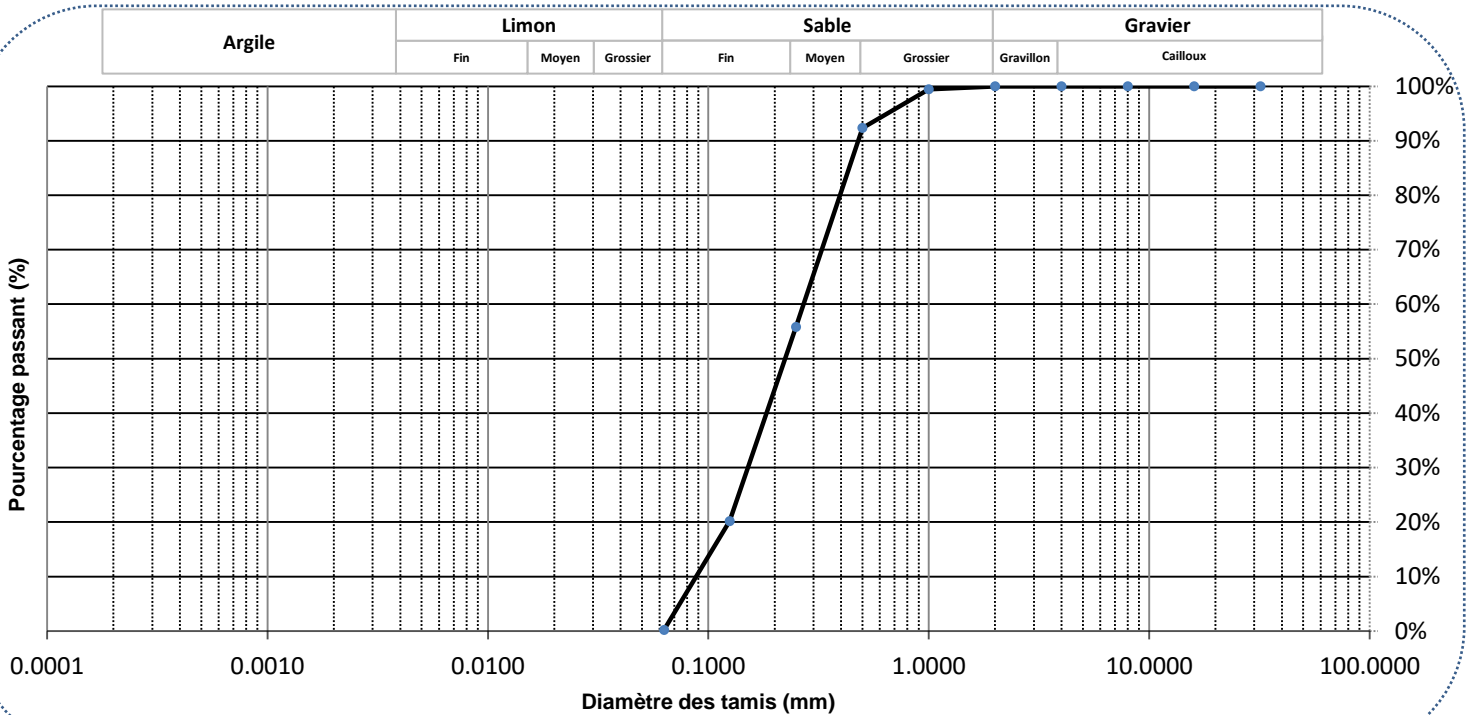
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 517136 Votre référence : TRPR3MS5
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	99.5%
0.500	92.4%
0.250	55.8%
0.125	20.2%
0.063	0.2%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0.00% Limon, Argile (<63µm) 0.20%
 Sable (0.063-<2mm) : 99.80%

Tamis rouges

Date : 2019-10-01



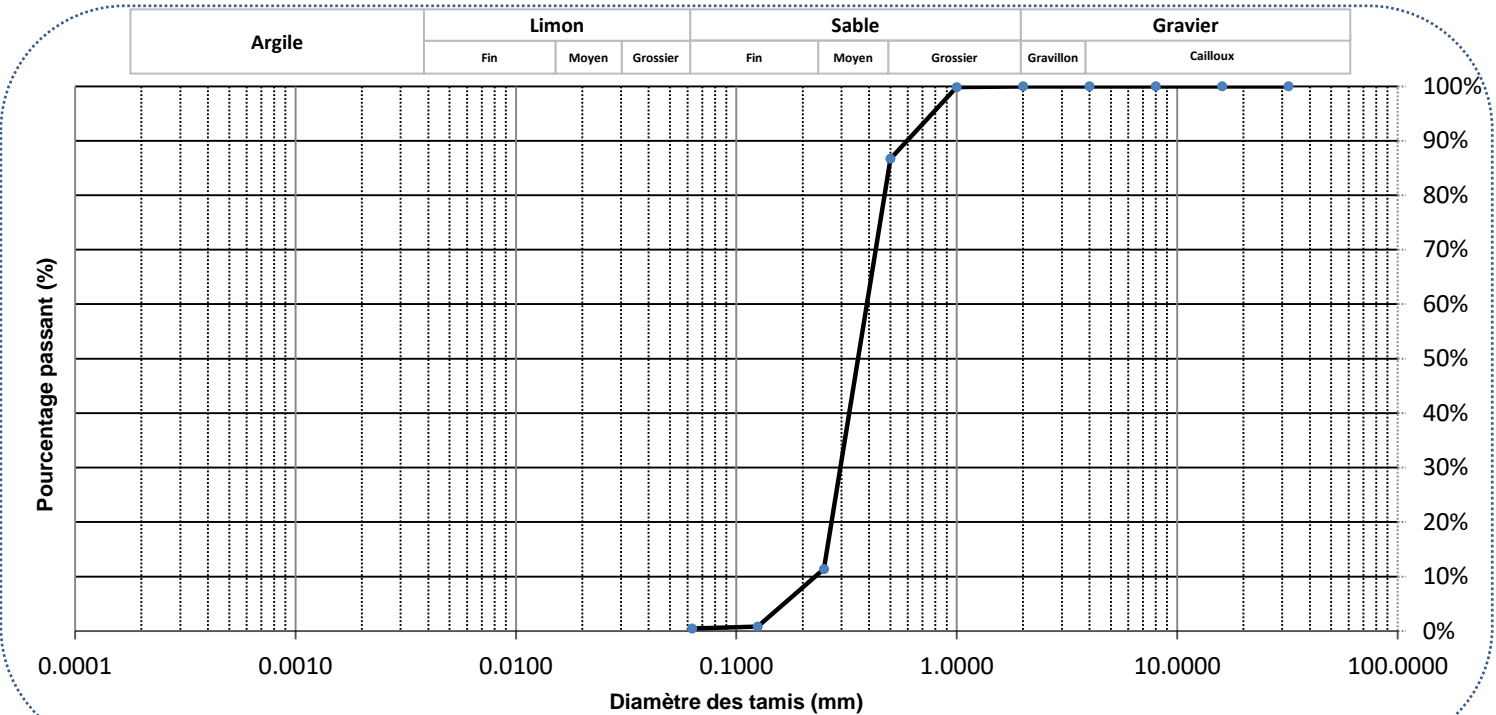
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
No échantillon : 517142 Votre référence : TRPR3PF1
Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	99.8%
0.500	86.7%
0.250	11.4%
0.125	0.8%
0.063	0.5%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μm)	Pourcentage Passant (%)
---	-------------------------------



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0.00% Limon, Argile (<63 μm) 0.46%
Sable (0.063-<2mm) : 99.54%

Tamis oranges

Date : 2019-10-03



GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

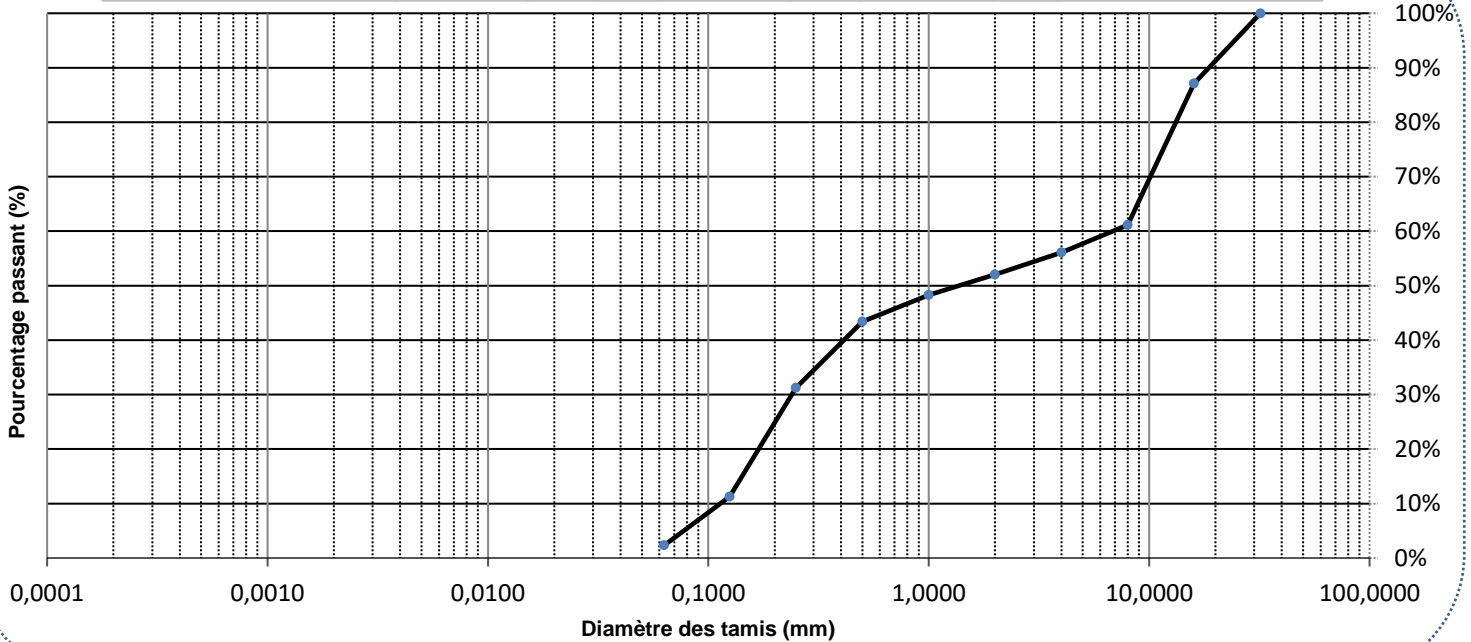
Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 517138 Votre référence : ERPRMS5
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100,0%
16	87,1%
8	61,2%
4	56,1%
2	52,0%
1	48,3%
0,500	43,4%
0,250	31,2%
0,125	11,3%
0,063	2,3%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (µm)	Pourcentage Passant (%)

Argile	Limon			Sable			Gravier	
	Fin	Moyen	Grossier	Fin	Moyen	Grossier	Gravillon	Cailloux



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 47,98% Limon,Argile (<63µm) 2,31%
 Sable (0.063-<2mm) : 49,71%

Tamis rouges

Date : 2020-01-21



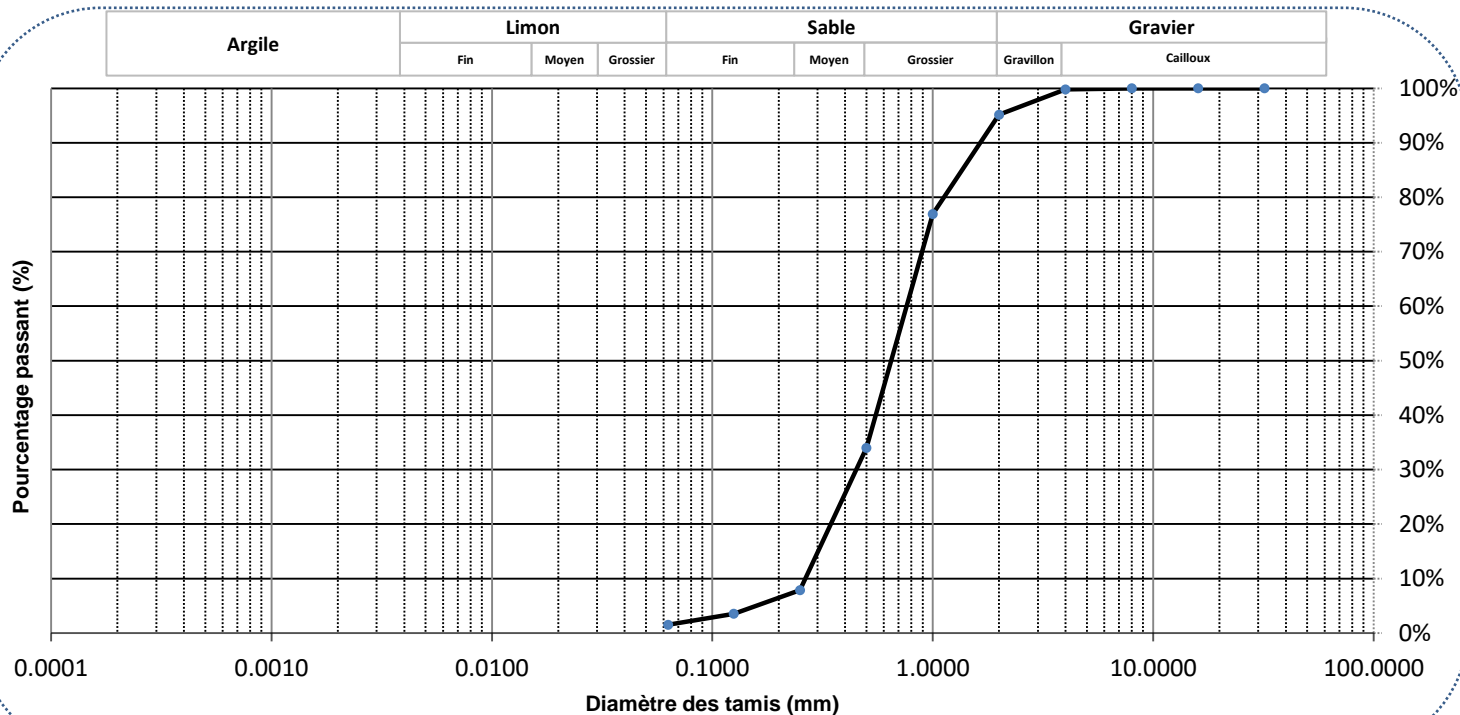
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
No échantillon : 517134 Votre référence : ERPRPF5
Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	99.8%
2	95.1%
1	76.9%
0.500	34.0%
0.250	7.9%
0.125	3.5%
0.063	1.5%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μm)	Pourcentage Passant (%)
---	-------------------------------



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 4.86% Limon, Argile (<63 μm) 1.50%
Sable (0.063-<2mm) : 93.63%

Tamis rouges

Date : 2019-10-01



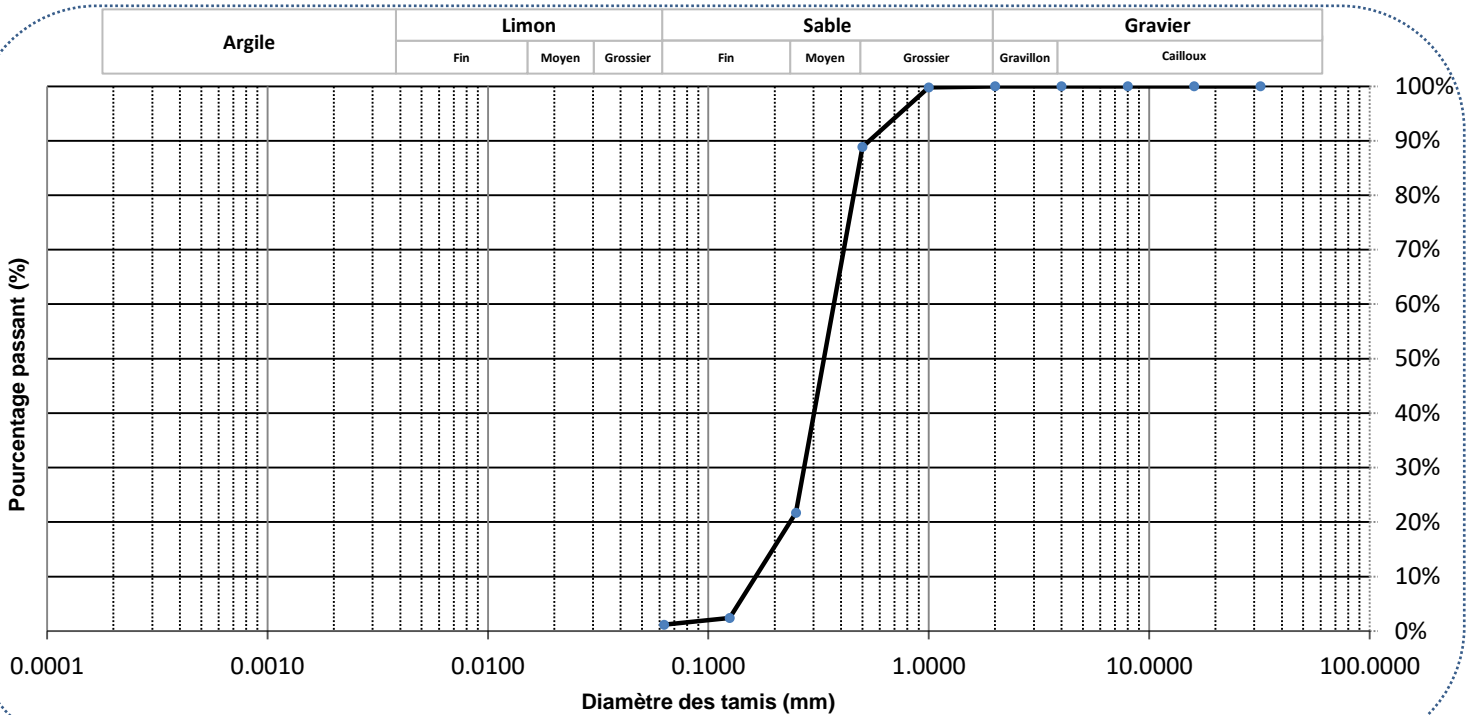
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail : 19A516476 Client : WSP CANADA INC
 No échantillon : 517137 Votre référence : TRPR1MS5
 Version du certificat :

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	99.8%
0.500	88.9%
0.250	21.7%
0.125	2.4%
0.063	1.1%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires : Gravier (2-32mm) : 0.00% Limon,Argile (<63um) 1.14%
 Sable (0.063-<2mm) : 98.86%

Tamis oranges

Date : 2019-10-03



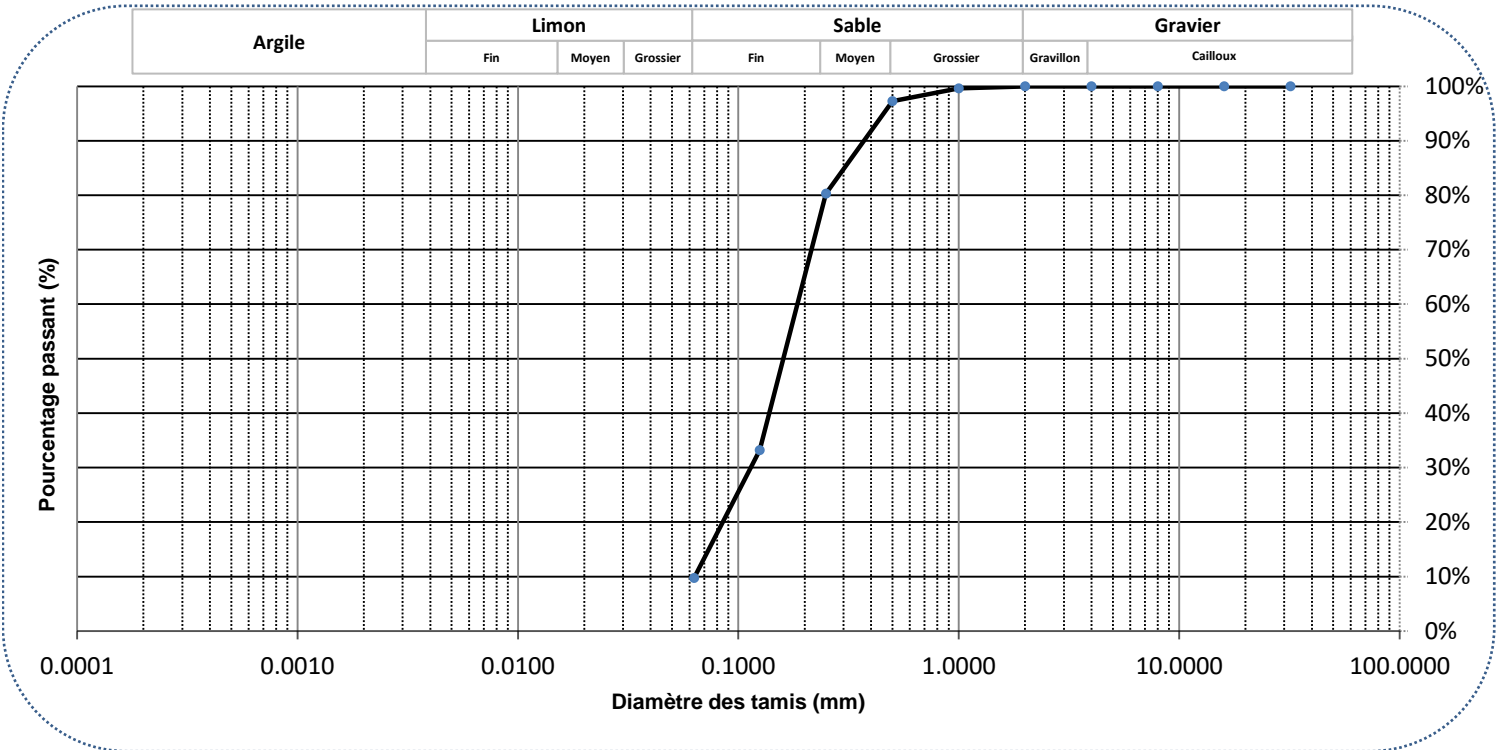
GRANULOMÉTRIE - SÉDIMENTOMÉTRIE

Classification Wentworth

No bon de travail :	19Q516476	Client :	WSP CANADA INC
No échantillon :	517127	Votre référence :	TRPR1MI1
Version du certificat :			

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	99.6%
0.500	97.3%
0.250	80.3%
0.125	33.2%
0.063	9.7%

Sédimentométrie Diamètre équivalent (μm)	Pourcentage Passant (%)



Commentaires :
 Gravier (2-32mm) : 0.00% Limon, Argile (<63 μm) : 9.75%
 Sable (0.063-<2mm) : 90.26%

Tamis oranges

Date : 2019-09-30

ANNEXE

8

SORTIES STATISTIQUES DU LOGICIEL SYSTAT

Saint-Prime

Strate MS

ABONDANCES_FOURTHROOT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : ABONDANCES_FOURTHROOT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2

Columns in X : 9

Columns in Z : 20

No. of Observations : 40

Fit Statistics

Final L-L : -59,757

-2L-L : 119,514

AIC : 131,514

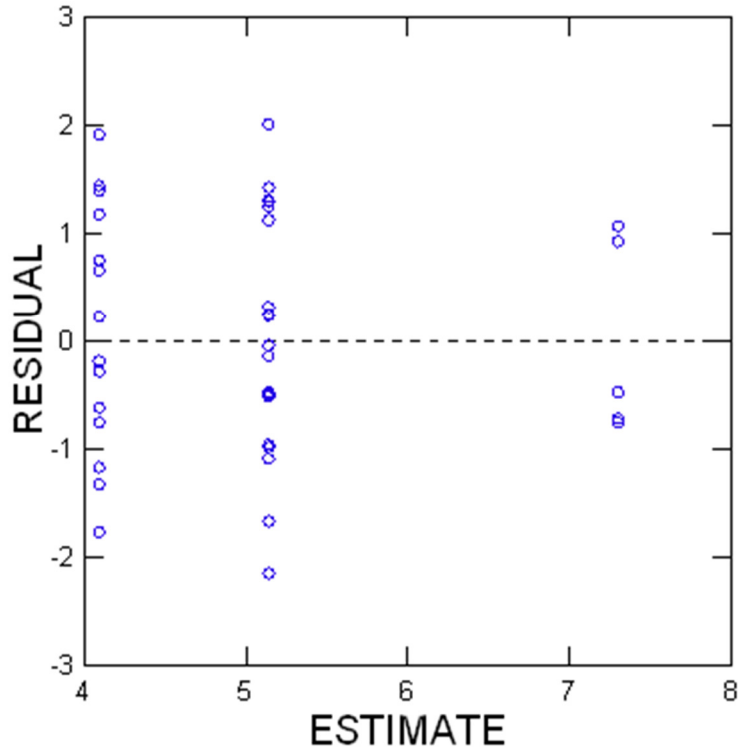
AIC(Corrected) : 134,059

BIC : 141,647

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,066
Error variance	Variance Parameter	1,097

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	17,585	0,001
EXPOSITION\$	1	18	15,707	0,001
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	2,111	0,163

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

RICHESSE

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			

Variables	Levels				
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : RICHESSE
 Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$
 Fixed Covariate(s) : Intercept
 Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))
 Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
 Columns in X : 9
 Columns in Z : 20
 No. of Observations : 40

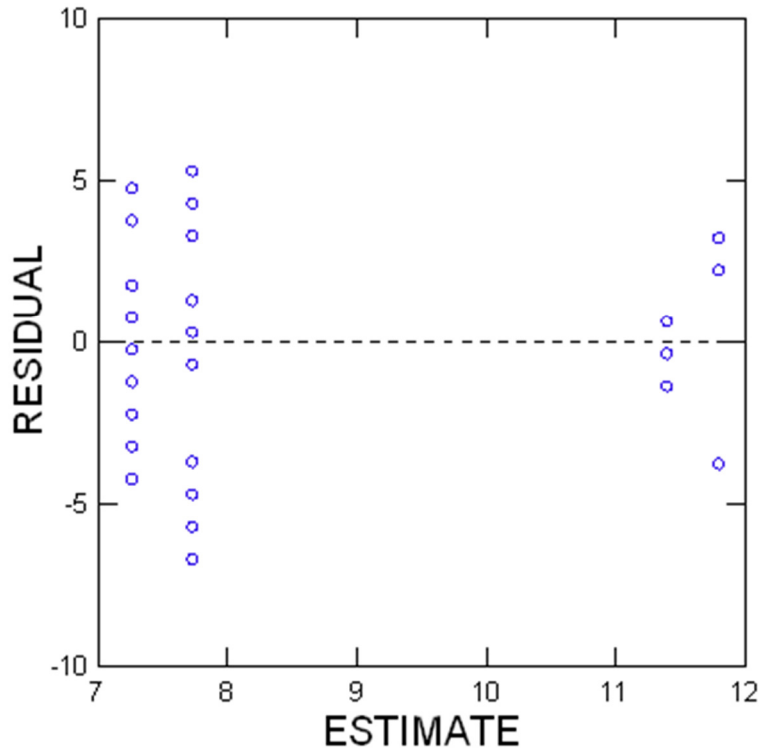
Fit Statistics

Final L-L : -102,398
 -2L-L : 204,797
 AIC : 216,797
 AIC(Corrected) : 219,342
 BIC : 226,930

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	9,797

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,144	0,709
EXPOSITION\$	1	18	12,869	0,002
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,001	0,977

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

SHANNON

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : SHANNON

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

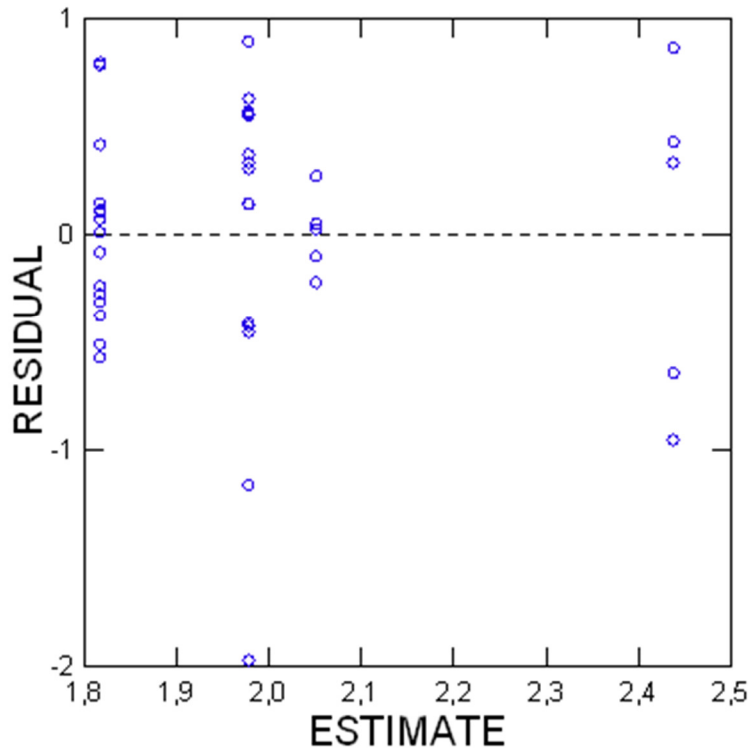
Fit Statistics

Final L-L : -34,695
-2L-L : 69,390
AIC : 81,390
AIC(Corrected) : 83,936
BIC : 91,523

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	0,332

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	1,695	0,209
EXPOSITION\$	1	18	2,716	0,117
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,288	0,598

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EVENNESS

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EVENNESS

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 39

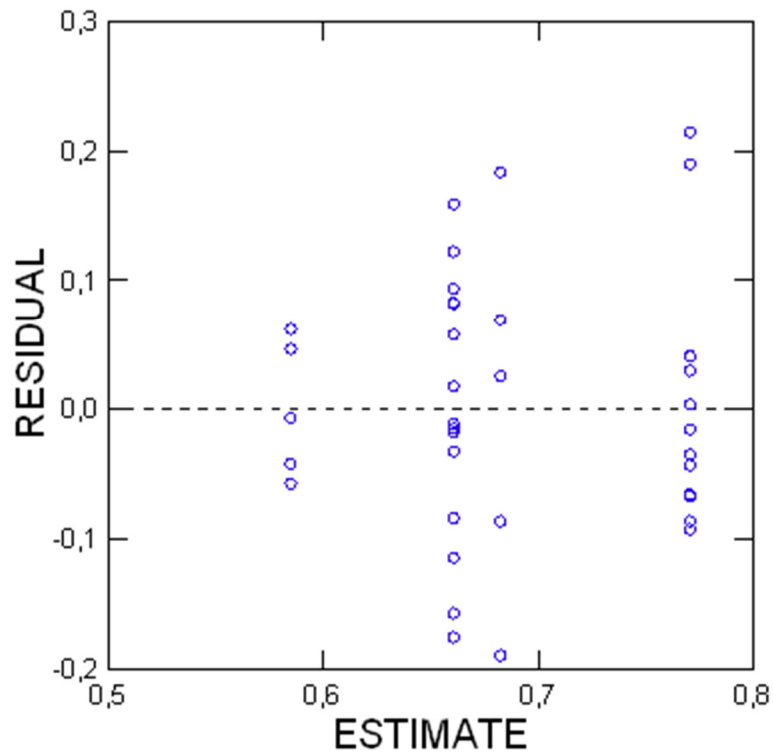
Fit Statistics

Final L-L : 37,607
-2L-L : -75,213
AIC : -63,213
AIC(Corrected) : -60,588
BIC : -53,232

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	0,003
Error variance	Variance Parameter	0,006

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	17	13,836	0,002
EXPOSITION\$	1	18	4,002	0,061
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	17	0,049	0,828

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPT_SQRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPT_SQRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

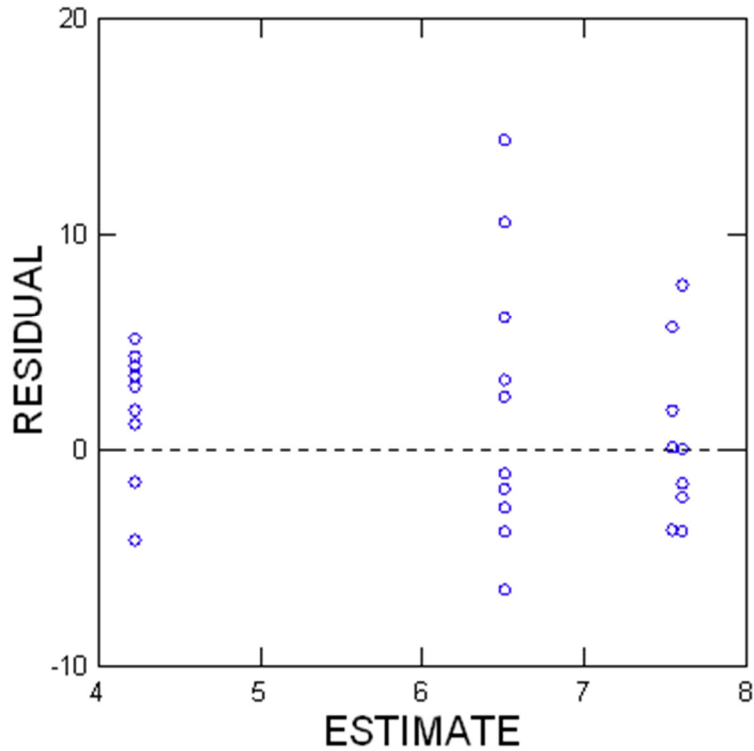
Fit Statistics

Final L-L : -118,318
-2L-L : 236,635
AIC : 248,635
AIC(Corrected) : 251,180
BIC : 258,768

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	21,715

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,475	0,500
EXPOSITION\$	1	18	1,683	0,211
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,426	0,522

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPT_FRTHRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPT_FRTHRT
 Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$
 Fixed Covariate(s) : Intercept
 Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))
 Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

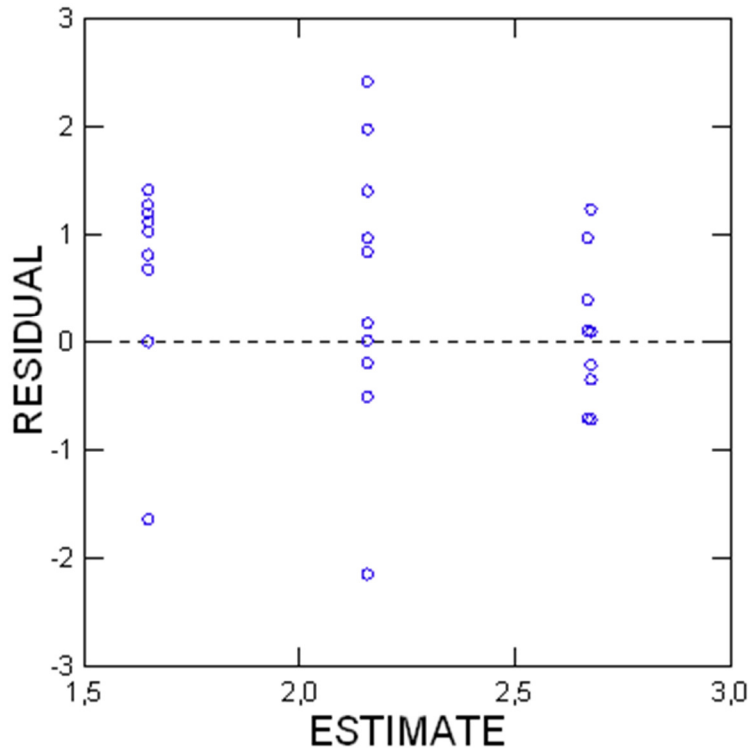
Fit Statistics

Final L-L : -63,034
-2L-L : 126,068
AIC : 138,068
AIC(Corrected) : 140,613
BIC : 148,201

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	1,369

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,366	0,553
EXPOSITION\$	1	18	3,241	0,089
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,344	0,565

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

CHIRONOMIDE_SQRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : CHIRONOMIDE_SQRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

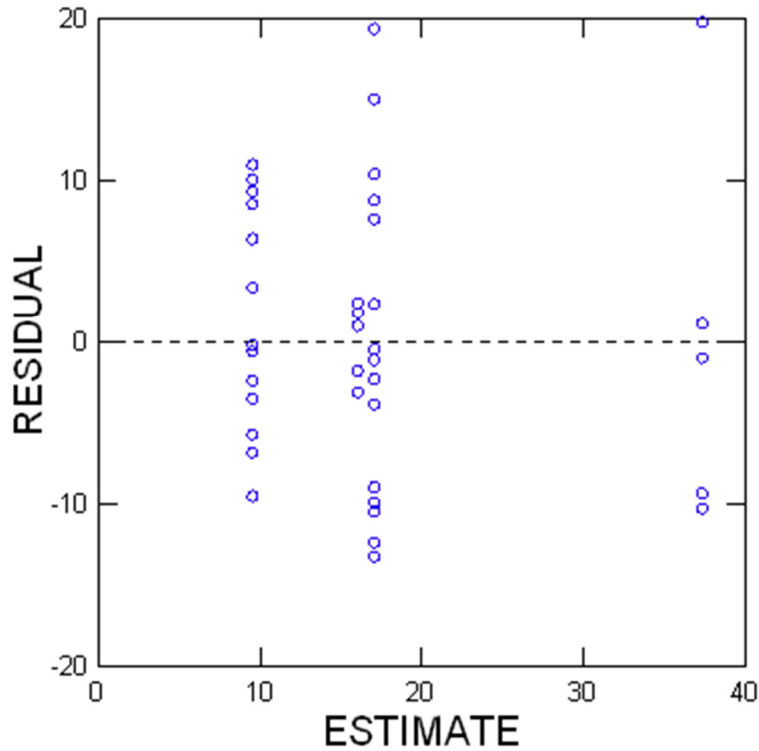
Fit Statistics

Final L-L : -142,081
-2L-L : 284,161
AIC : 296,161
AIC(Corrected) : 298,707
BIC : 306,294

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	13,694
Error variance	Variance Parameter	58,857

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	26,430	0,000
EXPOSITION\$	1	18	15,605	0,001
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	6,031	0,024

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

CHIRONOMIDE_FRTHRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : CHIRONOMIDE_FRTHRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

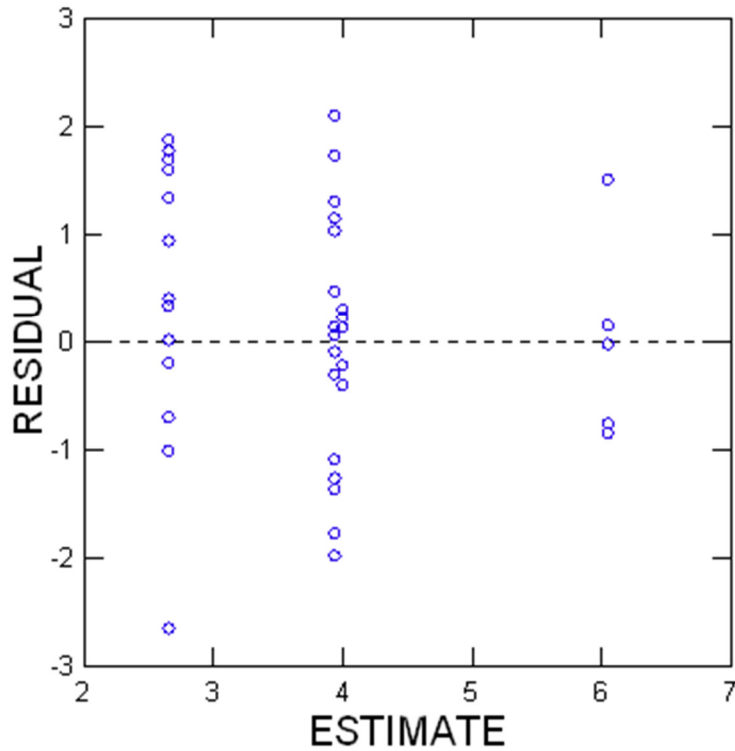
Fit Statistics

Final L-L : -65,897
-2L-L : 131,794
AIC : 143,794
AIC(Corrected) : 146,340
BIC : 153,928

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,405
Error variance	Variance Parameter	1,225

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	17,011	0,001
EXPOSITION\$	1	18	11,012	0,004
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,907	0,354

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPTC_FRTHRT(1)

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPTC_FRTHRT(1)

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 38

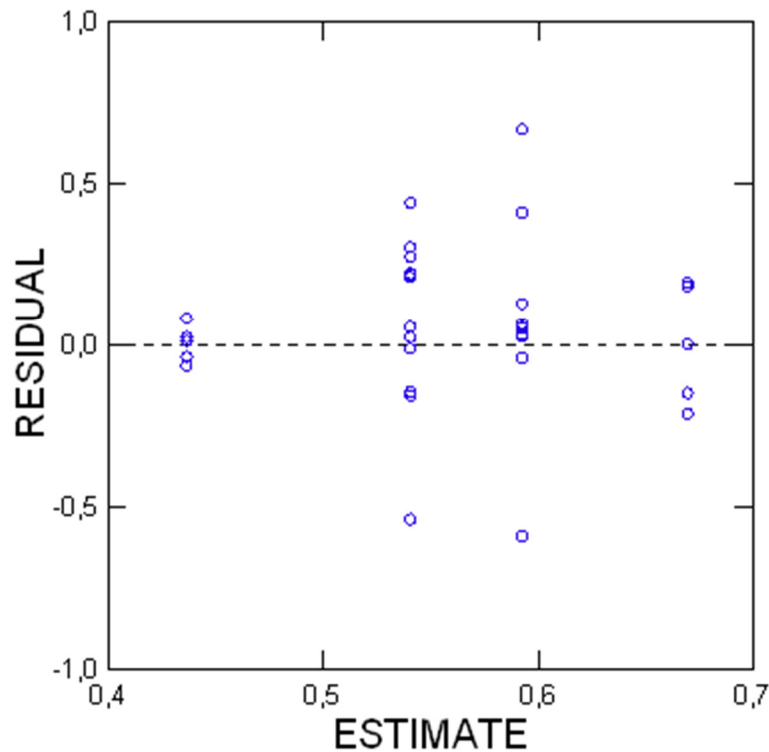
Fit Statistics

Final L-L : -8,481
-2L-L : 16,963
AIC : 28,963
AIC(Corrected) : 31,672
BIC : 38,788

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	0,091

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	16	1,631	0,220
EXPOSITION\$	1	18	0,015	0,905
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	16	0,658	0,429

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

DOMINANT1

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MS1	ERPR-MS2	ERPR-MS3	ERPR-MS4	ERPR-MS5
	TRPR1-MS1	TRPR1-MS2	TRPR1-MS3	TRPR1-MS4	TRPR1-MS5
	TRPR2-MS1	TRPR2-MS2	TRPR2-MS3	TRPR2-MS4	TRPR2-MS5
	TRPR3-MS1	TRPR3-MS2	TRPR3-MS3	TRPR3-MS4	TRPR3-MS5
STRATE\$ (1 levels)	MS				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : DOMINANT1

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

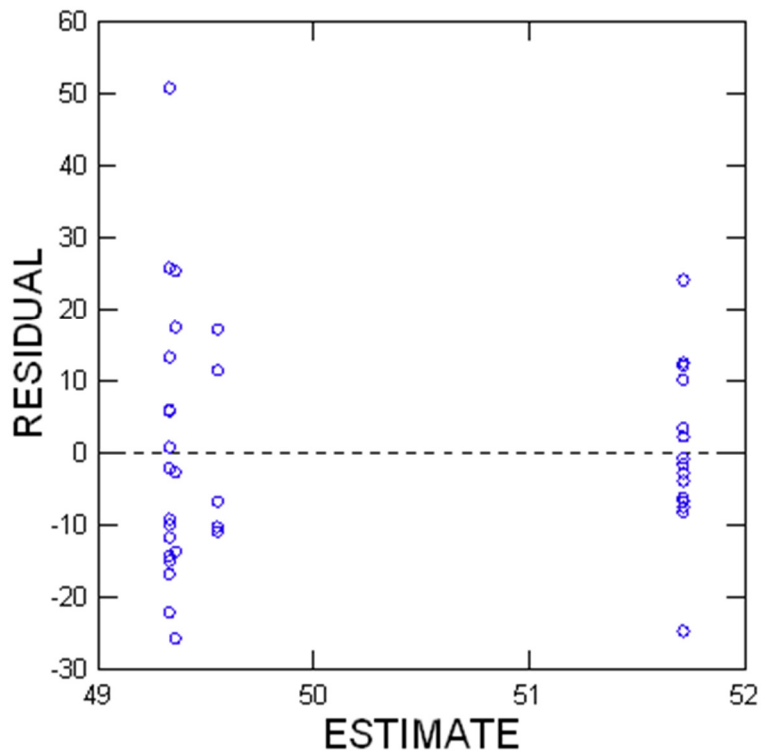
Fit Statistics

Final L-L : -165,878
-2L-L : 331,756
AIC : 343,756
AIC(Corrected) : 346,302
BIC : 353,889

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	234,165

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,053	0,820
EXPOSITION\$	1	18	0,036	0,851
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,038	0,847

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

Test homogénéité des variances

Levene's Test

Variable		F-Ratio	df	p-Value
ABONDANCE	Based on Mean	2,527	1, 38	0,120
	Based on Median	7,131	1, 38	0,011
ABONDANCES_FOURTHROOT	Based on Mean	0,035	1, 38	0,853
	Based on Median	0,011	1, 38	0,917
EVENNESS	Based on Mean	0,029	1, 37	0,865
	Based on Median	0,032	1, 37	0,860
EPT	Based on Mean	0,003	1, 38	0,959
	Based on Median	0,002	1, 38	0,961
EPT_SQRT	Based on Mean	0,459	1, 38	0,502
	Based on Median	0,406	1, 38	0,528
CHIRONOMIDAE	Based on Mean	3,767	1, 38	0,060
	Based on Median	6,195	1, 38	0,017
CHIRONOMIDE_SQRT	Based on Mean	0,421	1, 38	0,520
	Based on Median	1,303	1, 38	0,261
EPTC	Based on Mean	1,090	1, 35	0,304
	Based on Median	1,023	1, 35	0,319

Variable		F-Ratio	df	p-Value
CHIRONOMIDE_FRTHRT	Based on Mean	0,212	1, 38	0,648
	Based on Median	0,486	1, 38	0,490
EPTC_FRTHRT(1)	Based on Mean	3,345	1, 36	0,076
	Based on Median	2,727	1, 36	0,107
ABONDANCE	Based on Mean	2,527	1, 38	0,120
	Based on Median	7,131	1, 38	0,011
ABONDANCES_FOURTHROOT	Based on Mean	0,035	1, 38	0,853
	Based on Median	0,011	1, 38	0,917
DOMINANT1	Based on Mean	0,724	1, 38	0,400
	Based on Median	0,460	1, 38	0,502

Variable		F-Ratio	df	p-Value
SHANNON	Based on Mean	0,016	1, 38	0,901
	Based on Median	0,123	1, 38	0,728

Variable		F-Ratio	df	p-Value
RICHESSSE	Based on Mean	0,537	1, 38	0,468
	Based on Median	1,889	1, 38	0,177

Variable		F-Ratio	df	p-Value
EPT_FRTHRT	Based on Mean	2,376	1, 38	0,132
	Based on Median	3,153	1, 38	0,084

Test normalité des résidus

Dominant

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,108	0,272

EPTC_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	38	0,154	0,024

CHIRO_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,091	0,530

CHIRO_SQRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,122	0,137

EPT_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,118	0,166

EPT_SQRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,153	0,020

Eveness

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	39	0,110	0,266

Shannon

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,104	0,328

Richesse

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,100	0,379

Abondance_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,114	0,208

Saint-Prime

Strate MI

ABONDANCES_FOURTHROOT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : ABONDANCE_FRTHRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2

Columns in X : 9

Columns in Z : 20

No. of Observations : 40

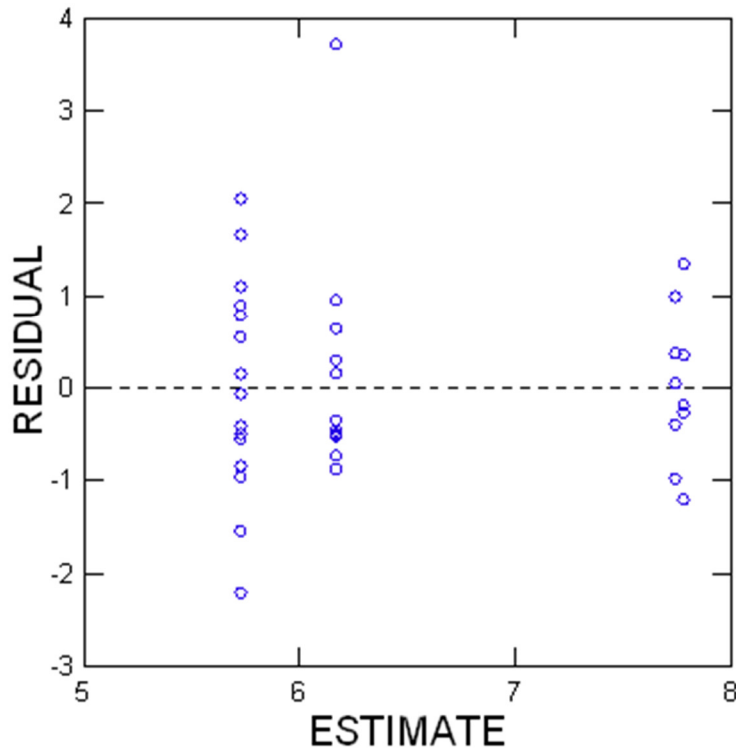
Fit Statistics

Final L-L : -58,700
-2L-L : 117,400
AIC : 129,400
AIC(Corrected) : 131,945
BIC : 139,533

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	1,102

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,392	0,539
EXPOSITION\$	1	18	22,377	0,000
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,278	0,605

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

RICHESSE

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : RICHESSE

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

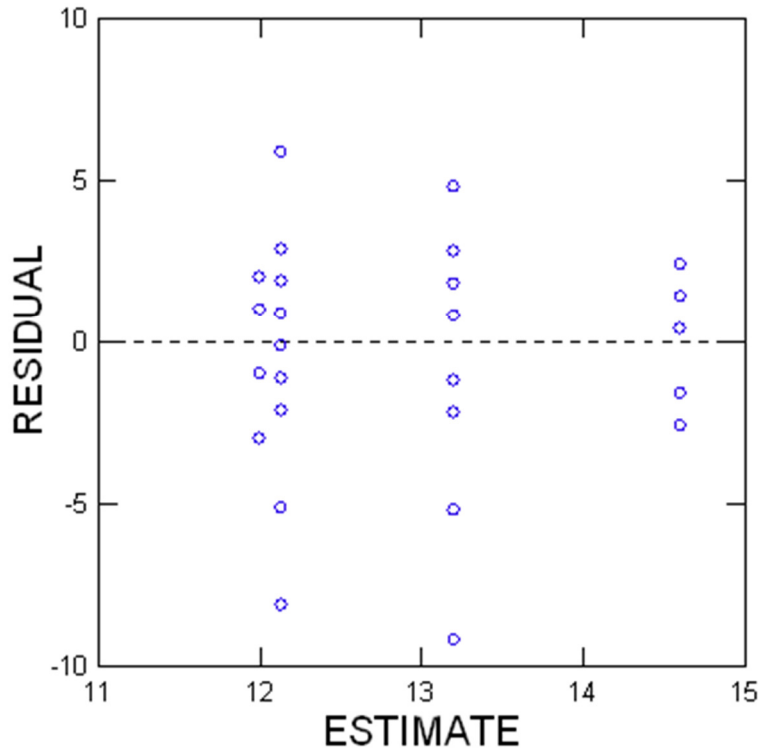
Fit Statistics

Final L-L : -100,776
-2L-L : 201,552
AIC : 213,552
AIC(Corrected) : 216,097
BIC : 223,685

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	0,000
Error variance	Variance Parameter	9,033

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	2,791	0,112
EXPOSITION\$	1	18	0,333	0,571
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,488	0,494

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

SHANNON

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : SHANNON

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

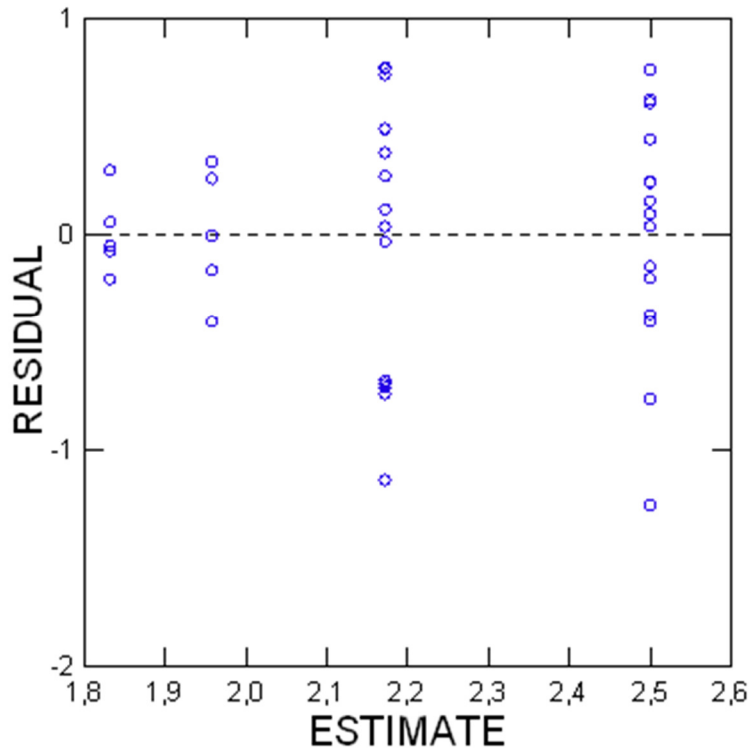
Fit Statistics

Final L-L : -28,611
-2L-L : 57,221
AIC : 69,221
AIC(Corrected) : 71,767
BIC : 79,355

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,093
Error variance	Variance Parameter	0,169

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,453	0,510
EXPOSITION\$	1	18	4,107	0,058
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	2,290	0,148

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

EVENNESS

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EVENNESS

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

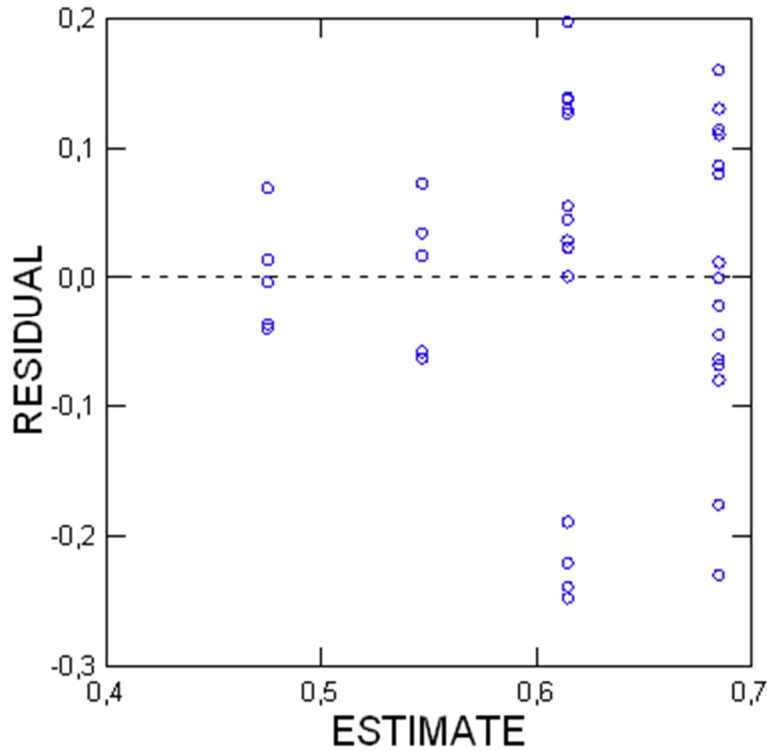
Fit Statistics

Final L-L : 35,001
-2L-L : -70,002
AIC : -58,002
AIC(Corrected) : -55,457
BIC : -47,869

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,008
Error variance	Variance Parameter	0,005

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,001	0,978
EXPOSITION\$	1	18	6,748	0,018
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	7,834	0,012

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

EPT_SQRT

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPT_SQRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
 Columns in X : 9
 Columns in Z : 20
 No. of Observations : 40

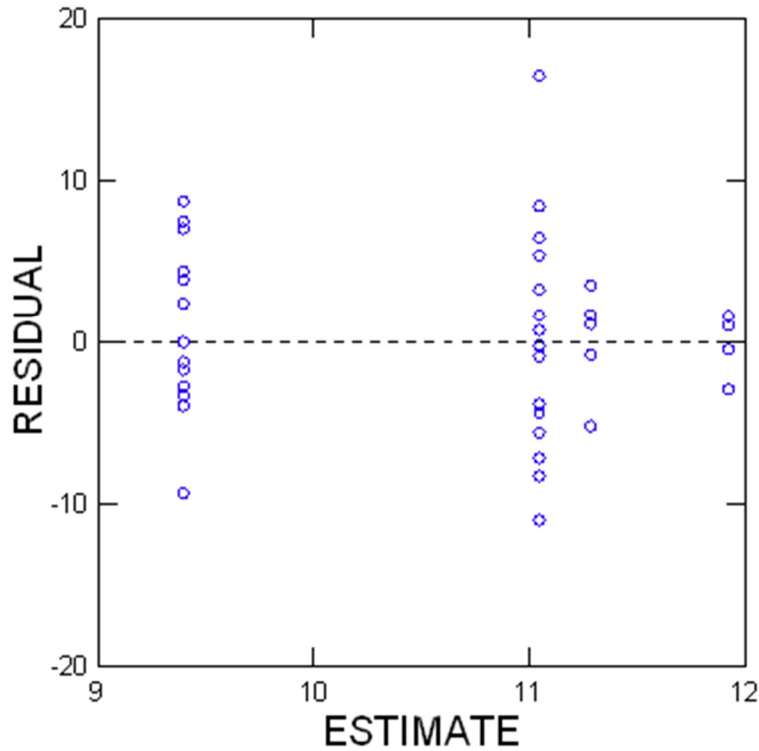
Fit Statistics

Final L-L : -124,188
 -2L-L : 248,377
 AIC : 260,377
 AIC(Corrected) : 262,922
 BIC : 270,510

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$))	Variance Parameter	9,696
Error variance	Variance Parameter	20,999

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,468	0,503
EXPOSITION\$	1	18	0,355	0,559
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,091	0,766

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

EPT_FRTHRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPT_FRTHROOT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

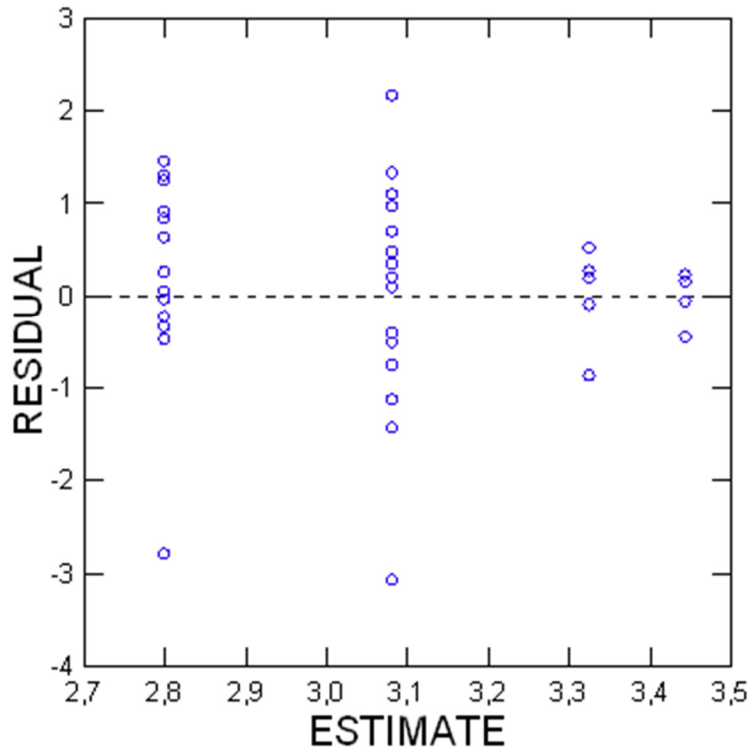
Fit Statistics

Final L-L : -59,923
-2L-L : 119,845
AIC : 131,845
AIC(Corrected) : 134,391
BIC : 141,978

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,274
Error variance	Variance Parameter	0,929

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	0,324	0,576
EXPOSITION\$	1	18	1,002	0,330
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,054	0,820

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

CHIRONOMIDE_SQRT

N/D

CHIRONOMIDE_FRTHRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : CHIRONOMIDE_FTHT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

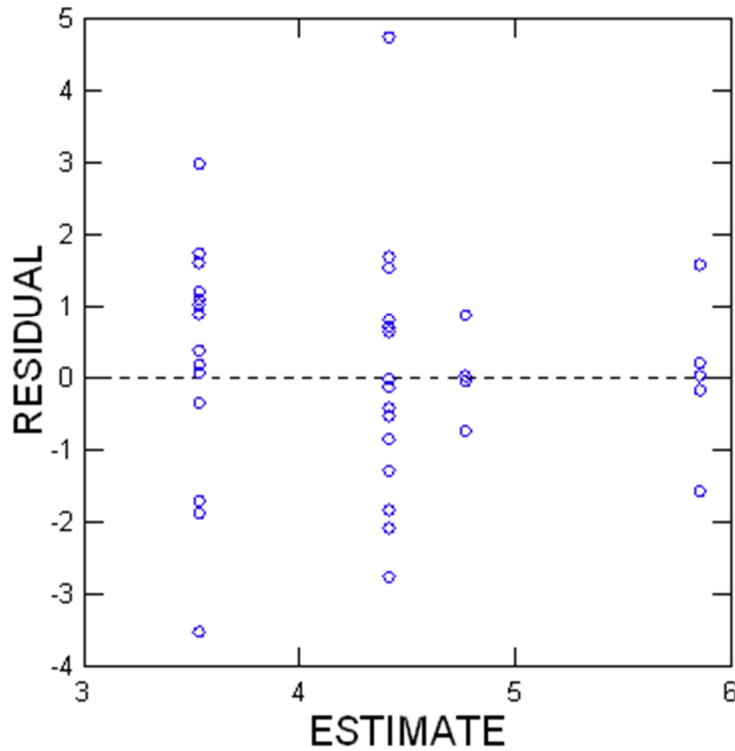
Fit Statistics

Final L-L : -72,527
-2L-L : 145,054
AIC : 157,054
AIC(Corrected) : 159,600
BIC : 167,187

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	1,404
Error variance	Variance Parameter	1,206

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	6,032	0,024
EXPOSITION\$	1	18	3,347	0,084
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	0,067	0,799

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

EPTC_SQRT(1)

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPTC_SQRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 38

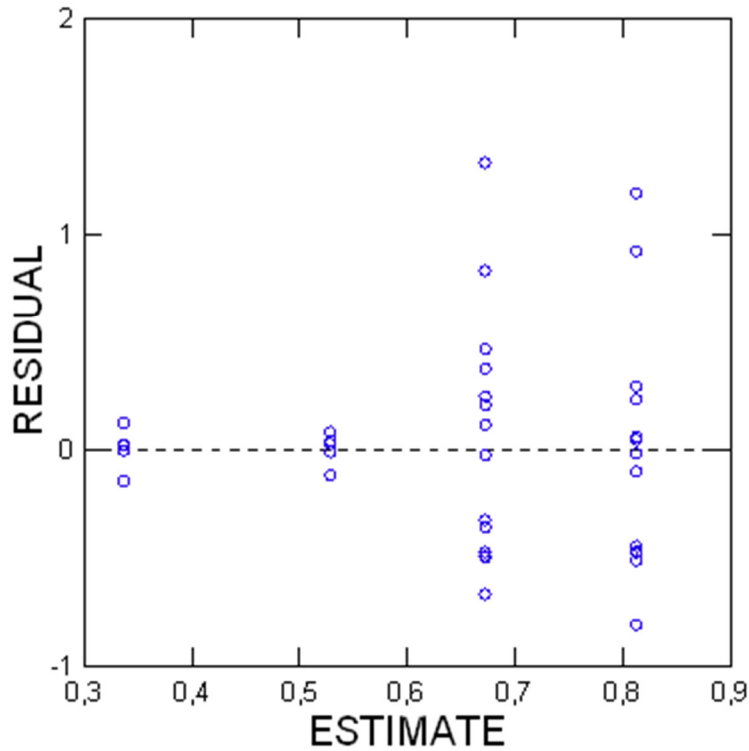
Fit Statistics

Final L-L : -25,368
-2L-L : 50,736
AIC : 62,736
AIC(Corrected) : 65,446
BIC : 72,562

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,066
Error variance	Variance Parameter	0,166

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	16	1,219	0,286
EXPOSITION\$	1	18	2,383	0,140
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	16	0,029	0,867

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

EPTC_FRTHRT(1)

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPTC_FTHRT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 38

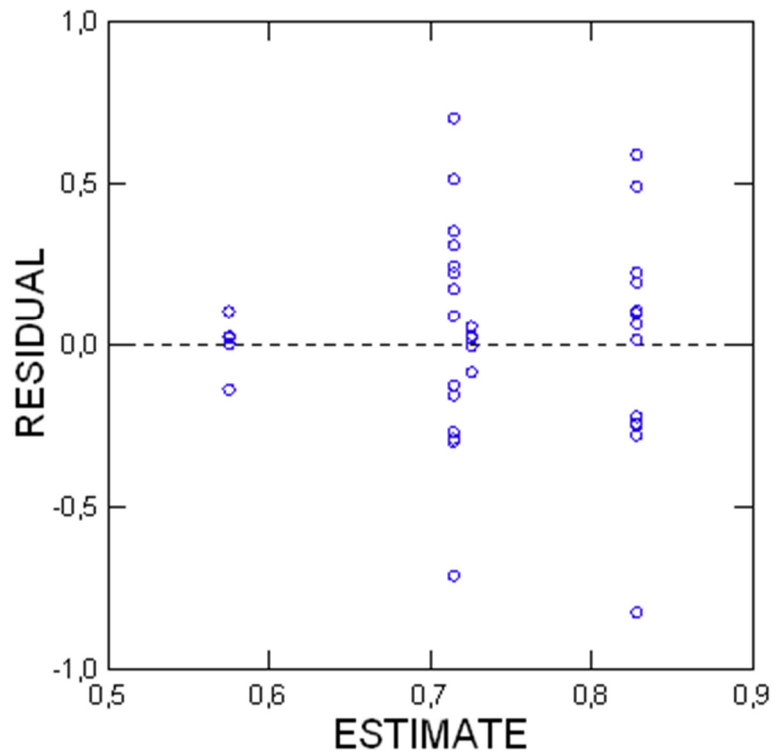
Fit Statistics

Final L-L : -11,407
-2L-L : 22,815
AIC : 34,815
AIC(Corrected) : 37,524
BIC : 44,640

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,016
Error variance	Variance Parameter	0,092

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	16	1,382	0,257
EXPOSITION\$	1	18	0,874	0,362
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	16	0,027	0,871

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

DOMINANT1

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-MI1	ERPR-MI2	ERPR-MI3	ERPR-MI4	ERPR-MI5
	TRPR1-MI1	TRPR1-MI2	TRPR1-MI3	TRPR1-MI4	TRPR1-MI5
	TRPR2-MI1	TRPR2-MI2	TRPR2-MI3	TRPR2-MI4	TRPR2-MI5
	TRPR3-MI1	TRPR3-MI2	TRPR3-MI3	TRPR3-MI4	TRPR3-MI5
STRATE\$ (1 levels)	MI				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : DOMINANT

Fixed Factor(s) : AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

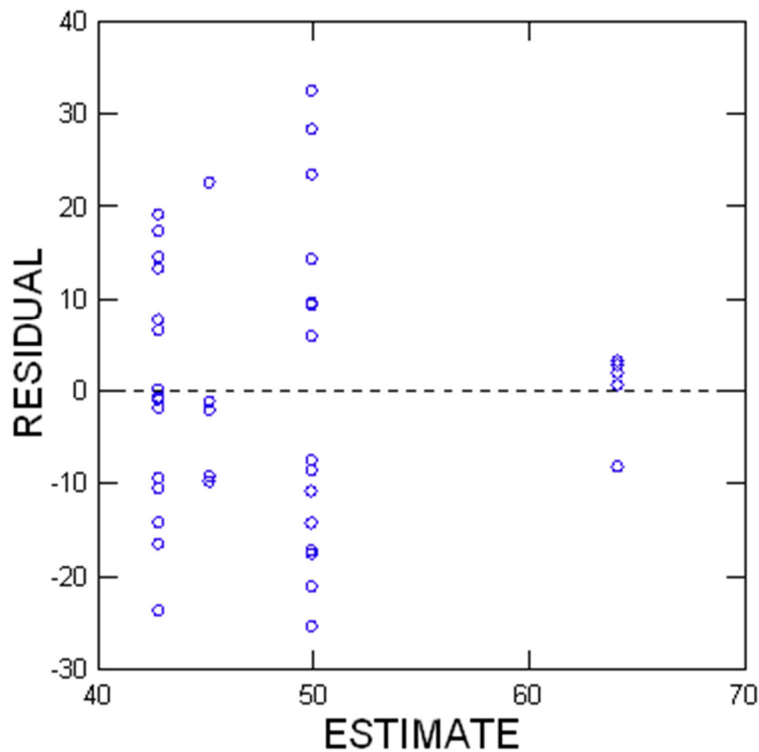
Fit Statistics

Final L-L : -160,423
-2L-L : 320,846
AIC : 332,846
AIC(Corrected) : 335,392
BIC : 342,979

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	99,427
Error variance	Variance Parameter	104,692

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
AVANT_APRES\$	1	18	2,509	0,131
EXPOSITION\$	1	18	1,690	0,210
AVANT_APRES\$*EXPOSITION\$	1	18	12,143	0,003

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Conditional residuals and marginal residuals have been saved.

Test homogénéité des variances

Levene's Test

Variable		F-Ratio	df	p-Value
ABONDANCE_FRTHRT	Based on Mean	0,173	1, 38	0,679
	Based on Median	0,383	1, 38	0,540
RICHESSSE	Based on Mean	0,861	1, 38	0,359
	Based on Median	0,850	1, 38	0,362
EPT_SQRT	Based on Mean	6,689	1, 38	0,014
	Based on Median	6,988	1, 38	0,012
EPT_FRTHROOT	Based on Mean	4,557	1, 38	0,039
	Based on Median	5,647	1, 38	0,023
EPTC_SQRT	Based on Mean	6,204	1, 36	0,017
	Based on Median	10,429	1, 36	0,003
EPTC_FTHRT	Based on Mean	9,877	1, 36	0,003
	Based on Median	7,829	1, 36	0,008
EPTC	Based on Mean	3,926	1, 36	0,055
	Based on Median	4,982	1, 36	0,032
CHIRONOMIDAE	Based on Mean	0,035	1, 38	0,853
	Based on Median	0,003	1, 38	0,956
DOMINANT	Based on Mean	0,214	1, 38	0,647

Variable		F-Ratio	df	p-Value
	Based on Median	0,134	1, 38	0,716
CHIRONOMIDE_FRTHRT	Based on Mean	1,146	1, 38	0,291
	Based on Median	1,839	1, 38	0,183
ABONDANCE_FRTHRT	Based on Mean	0,173	1, 38	0,679
	Based on Median	0,383	1, 38	0,540
RICHESSSE	Based on Mean	0,861	1, 38	0,359
	Based on Median	0,850	1, 38	0,362

Variable		F-Ratio	df	p-Value
SHANNON	Based on Mean	4,682	1, 38	0,037
	Based on Median	5,168	1, 38	0,029

Variable		F-Ratio	df	p-Value
EVENNESS	Based on Mean	1,654	1, 38	0,206
	Based on Median	3,674	1, 38	0,063

Test normalité des résidus

Dominant

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,112	0,226

EPTC_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	38	0,135	0,079

EPTC_SQRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	38	0,167	0,009

CHIRO_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,091	0,534

CHIRO_SQRT

N/D

EPT_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,164	0,008

EPT_SQRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,082	0,718

Eveness

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,104	0,323

Shannon

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,097	0,427

Richesse

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,158	0,014

Abondance_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,131	0,083

Saint-Prime

Strate PF

ABONDANCES_FOURTHROOT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : ABONDANCE_FTHRT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2

Columns in X : 9

Columns in Z : 20

No. of Observations : 40

Fit Statistics

Final L-L : -42,874

-2L-L : 85,748

AIC : 97,748

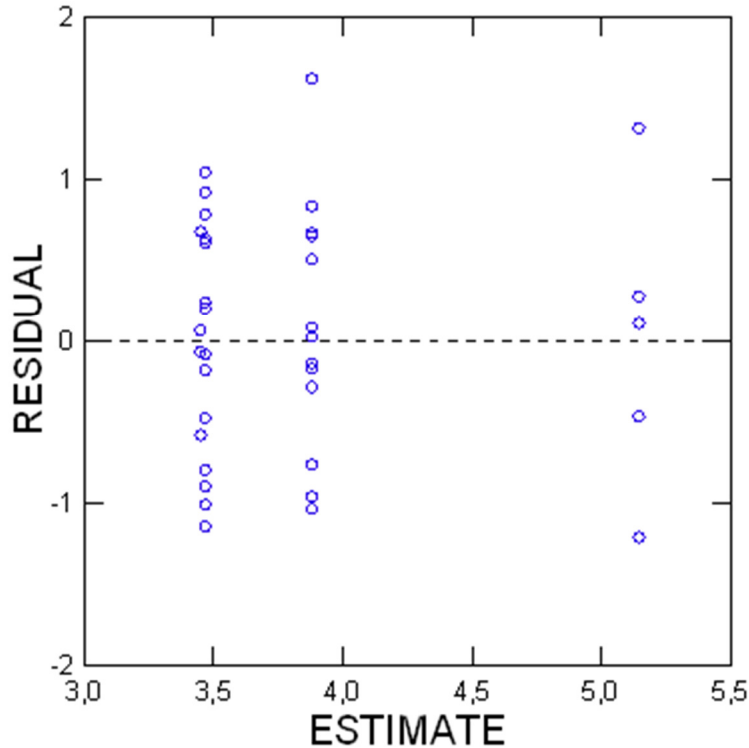
AIC(Corrected) : 100,294

BIC : 107,882

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,047
Error variance	Variance Parameter	0,455

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	5,314	0,033
AVANT_APRES\$	1	18	18,317	0,000
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	6,773	0,018

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

RICHESSE

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	

Variables	Levels				
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : RICHESSE
 Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$
 Fixed Covariate(s) : Intercept
 Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))
 Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
 Columns in X : 9
 Columns in Z : 20
 No. of Observations : 40

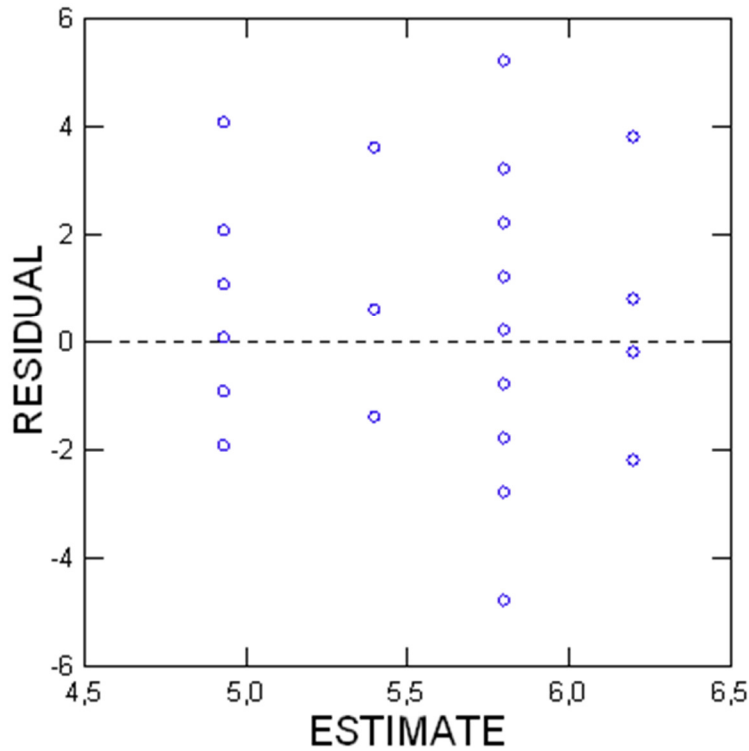
Fit Statistics

Final L-L : -85,465
 -2L-L : 170,931
 AIC : 182,931
 AIC(Corrected) : 185,476
 BIC : 193,064

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,520
Error variance	Variance Parameter	3,713

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	0,296	0,593
AVANT_APRES\$	1	18	0,002	0,963
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	1,403	0,252

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

SHANNON

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : SHANNON

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

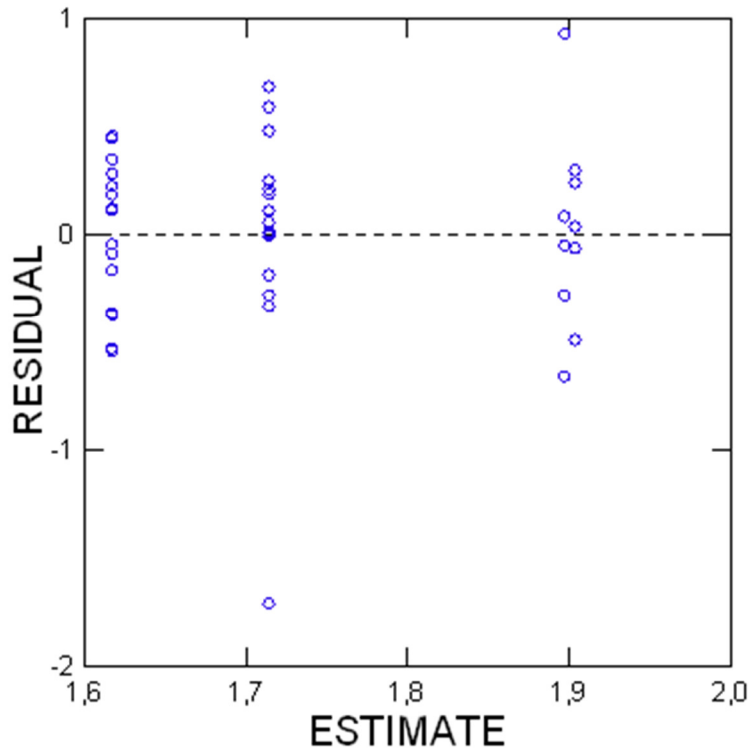
Fit Statistics

Final L-L : -23,890
-2L-L : 47,780
AIC : 59,780
AIC(Corrected) : 62,326
BIC : 69,914

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	0,006
Error variance	Variance Parameter	0,187

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	2,066	0,168
AVANT_APRES\$	1	18	0,082	0,778
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	0,108	0,747

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EVENNESS

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EVENNESS

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 39

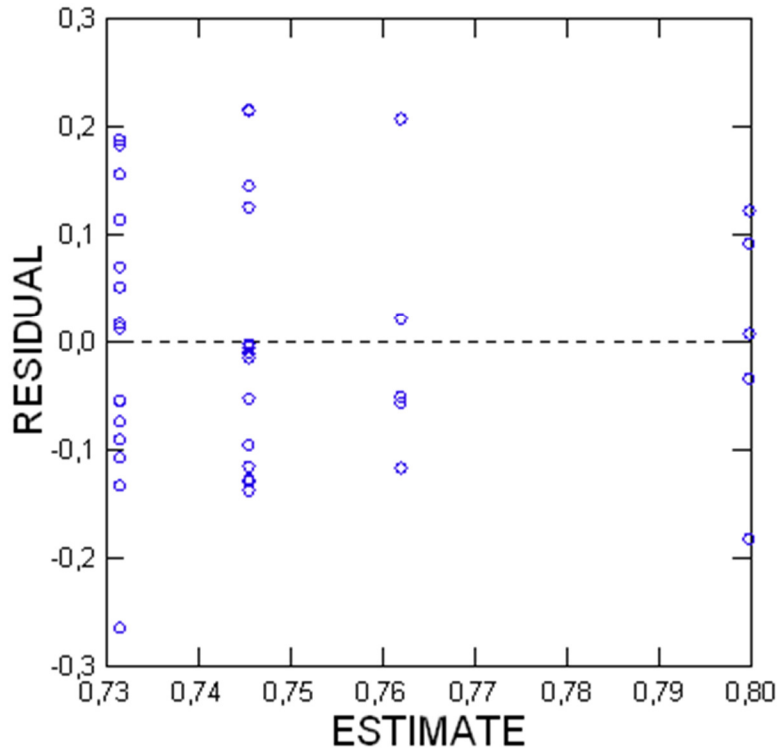
Fit Statistics

Final L-L : 27,725
-2L-L : -55,450
AIC : -43,450
AIC(Corrected) : -40,825
BIC : -33,468

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	0,002
Error variance	Variance Parameter	0,012

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	0,794	0,385
AVANT_APRES\$	1	17	0,420	0,526
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	17	0,088	0,770

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPT_SQRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPT_SQRT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

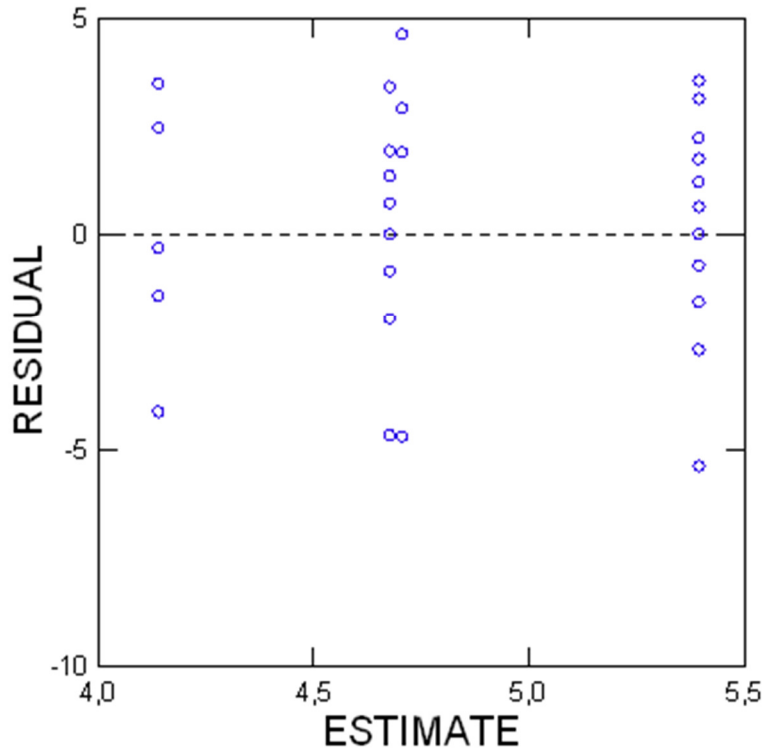
Fit Statistics

Final L-L : -95,440
-2L-L : 190,880
AIC : 202,880
AIC(Corrected) : 205,425
BIC : 213,013

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	0,594
Error variance	Variance Parameter	6,349

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	0,374	0,549
AVANT_APRES\$	1	18	0,485	0,495
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	0,007	0,935

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPT_FRTHRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPT_FRTHRT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

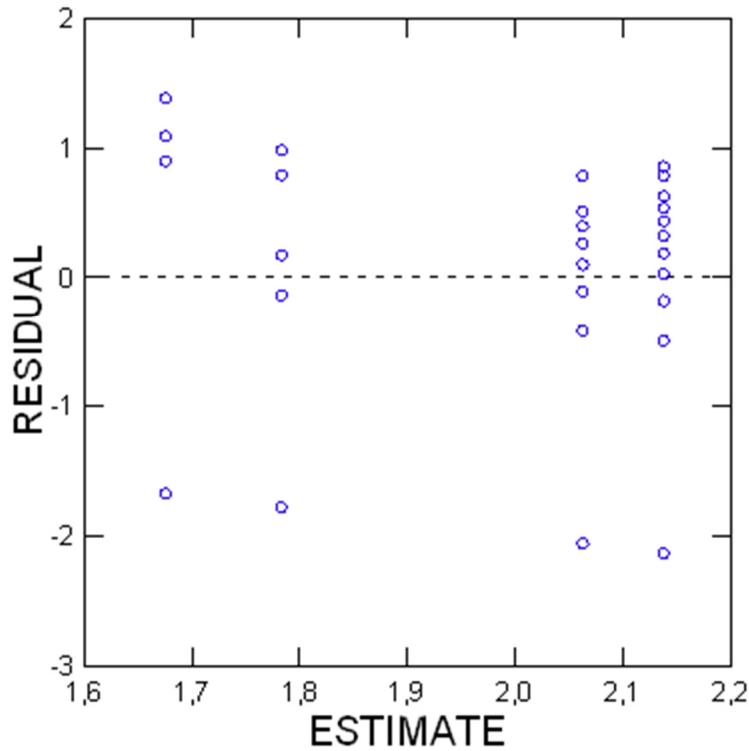
Fit Statistics

Final L-L : -52,657
-2L-L : 105,314
AIC : 117,314
AIC(Corrected) : 119,860
BIC : 127,448

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,120
Error variance	Variance Parameter	0,704

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	1,093	0,310
AVANT_APRES\$	1	18	0,003	0,958
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	0,089	0,769

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

CHIRONOMIDE_SQRT

N/D

CHIRONOMIDE_FRTHRT

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : CHIRONOMIDE_FTHT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

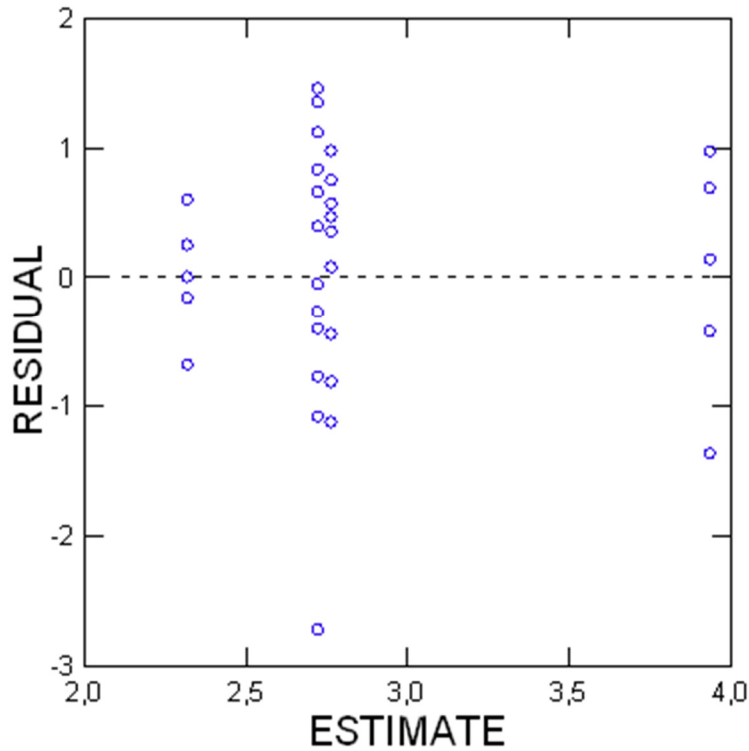
Fit Statistics

Final L-L : -49,856
-2L-L : 99,712
AIC : 111,712
AIC(Corrected) : 114,257
BIC : 121,845

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,072
Error variance	Variance Parameter	0,640

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	1,410	0,251
AVANT_APRES\$	1	18	7,261	0,015
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	8,051	0,011

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPTC_SQRT(1)

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPTC_SQRT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 39

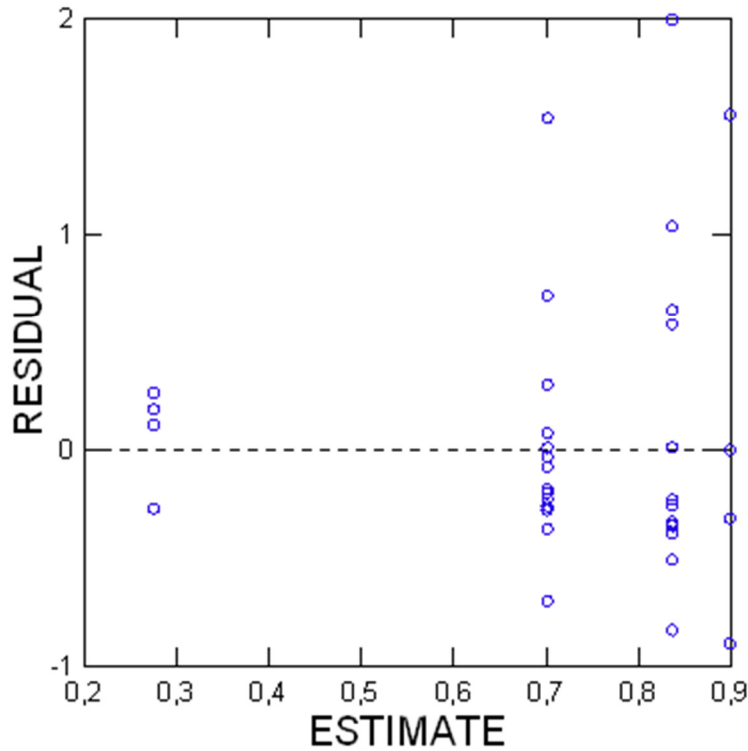
Fit Statistics

Final L-L : -36,085
-2L-L : 72,171
AIC : 84,171
AIC(Corrected) : 86,796
BIC : 94,152

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,152
Error variance	Variance Parameter	0,249

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	0,445	0,513
AVANT_APRES\$	1	17	1,772	0,201
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	17	4,275	0,054

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

EPTC_FRTHRT(1)

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : EPTC_FTHRT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 39

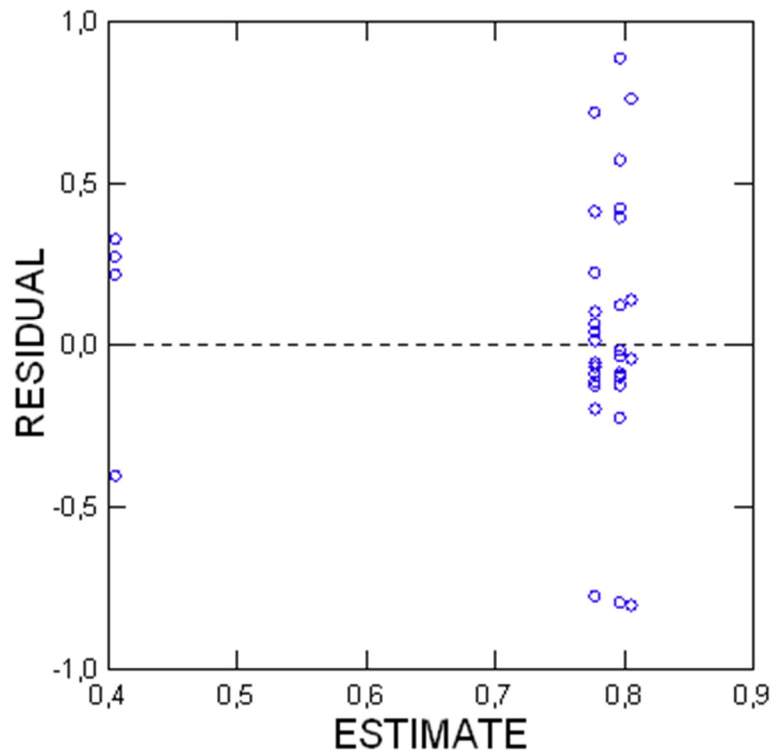
Fit Statistics

Final L-L : -17,080
-2L-L : 34,160
AIC : 46,160
AIC(Corrected) : 48,785
BIC : 56,141

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))	Variance Parameter	0,067
Error variance	Variance Parameter	0,088

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	1,104	0,307
AVANT_APRES\$	1	17	3,036	0,100
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	17	3,688	0,072

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

DOMINANT1

▼ Mixed Models Analysis

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels				
STATION\$ (20 levels)	ERPR-PF1	ERPR-PF2	ERPR-PF3	ERPR-PF4	ERPR-PF5
	TRPR1-PF1	TRPR1-PF2	TRPR1-PF3	TRPR1-PF4	TRPR1-PF5
	TRPR2-PF1	TRPR2-PF2	TRPR2-PF3	TRPR2-PF4	TRPR2-PF5
	TRPR3-PF1	TRPR3-PF2	TRPR3-PF3	TRPR3-PF4	TRPR3-PF5
STRATE\$ (1 levels)	PF				
SITE\$ (4 levels)	ERPR	TRPR1	TRPR2	TRPR3	
EXPOSITION\$ (2 levels)	Expose	Temoin			
AVANT_APRES\$ (2 levels)	Apres	Avant			

Dependent Variable : DOMINANT

Fixed Factor(s) : EXPOSITION\$, AVANT_APRES\$, EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$

Fixed Covariate(s) : Intercept

Random Factor(s) : EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$)))

Estimation Method : Maximum Likelihood (ML)

Dimensions

Covariance Parameters : 2
Columns in X : 9
Columns in Z : 20
No. of Observations : 40

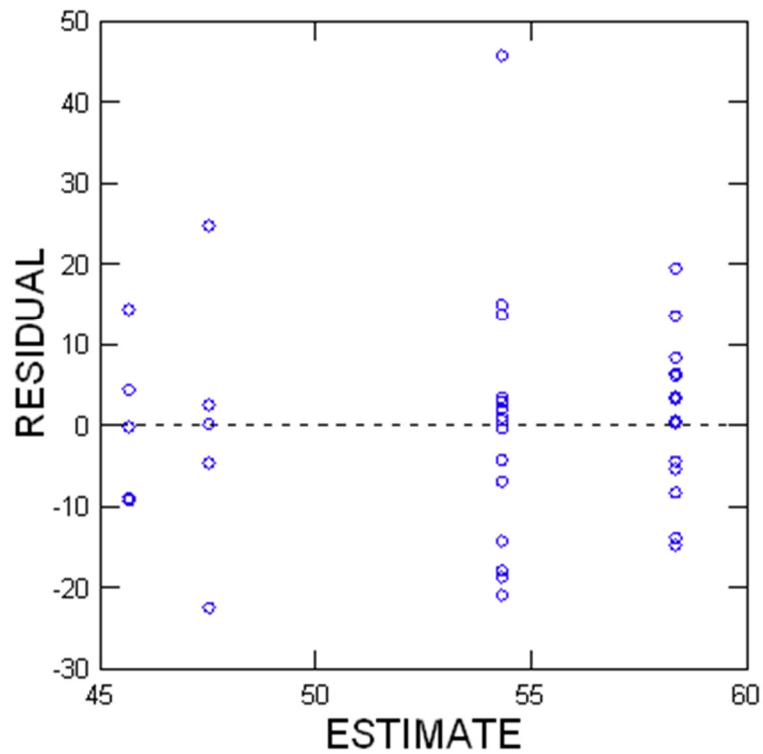
Fit Statistics

Final L-L : -159,525
-2L-L : 319,050
AIC : 331,050
AIC(Corrected) : 333,596
BIC : 341,184

Estimates of Covariance Components		
Random Effect	Description	Estimate
EXPOSITION\$(SITE\$(STRATE\$(STATION\$\$\$)))	Variance Parameter	26,692
Error variance	Variance Parameter	145,825

Type III Tests for Fixed Effects				
Effect	Numerator df	Denominator df	F-Ratio	p-Value
EXPOSITION\$	1	18	3,566	0,075
AVANT_APRES\$	1	18	0,060	0,809
EXPOSITION\$*AVANT_APRES\$	1	18	0,445	0,513

Plot of Residuals vs. Predicted Values



Data, conditional residuals, and marginal residuals have been saved.

Test homogénéité des variances

Variable		F-Ratio	df	p-Value
ABONDANCE_FTHRT	Based on Mean	1,555	1, 38	0,220
	Based on Median	2,138	1, 38	0,152
RICHESSSE	Based on Mean	0,182	1, 38	0,672
	Based on Median	0,294	1, 38	0,591
EPT_SQRT	Based on Mean	6,130	1, 38	0,018
	Based on Median	5,239	1, 38	0,028
CHIRONOMIDAE	Based on Mean	7,397	1, 38	0,010
	Based on Median	4,087	1, 38	0,050
EPT	Based on Mean	4,423	1, 38	0,042
	Based on Median	4,371	1, 38	0,043
EPT_FTHRT	Based on Mean	5,418	1, 38	0,025
	Based on Median	3,853	1, 38	0,057
EPTC_SQRT	Based on Mean	0,051	1, 37	0,823
	Based on Median	0,000	1, 37	0,992
CHIRONOMIDE_FTHRT	Based on Mean	0,619	1, 38	0,436
	Based on Median	0,506	1, 38	0,481
EPTC	Based on Mean	0,043	1, 37	0,838
	Based on Median	0,035	1, 37	0,853

Variable		F-Ratio	df	p-Value
EPTC_FTHRT	Based on Mean	0,673	1, 37	0,417
	Based on Median	0,533	1, 37	0,470
ABONDANCE_FTHRT	Based on Mean	1,555	1, 38	0,220
	Based on Median	2,138	1, 38	0,152
RICHESSSE	Based on Mean	0,182	1, 38	0,672
	Based on Median	0,294	1, 38	0,591
DOMINANT	Based on Mean	0,024	1, 38	0,878
	Based on Median	0,032	1, 38	0,859

Variable		F-Ratio	df	p-Value
SHANNON	Based on Mean	0,003	1, 38	0,959
	Based on Median	0,003	1, 38	0,955

Variable		F-Ratio	df	p-Value
EVENNESS	Based on Mean	0,101	1, 37	0,753
	Based on Median	0,092	1, 37	0,763

Test normalité des résidus

Dominant

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,155	0,017

EPTC_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	39	0,133	0,079

EPTC_SQRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	39	0,200	0,000

CHIRO_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,105	0,303

CHIRO_SQRT

N/D

EPT_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,188	0,001

EPT_SQRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,126	0,109

Eveness

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	39	0,149	0,029

Shannon

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,134	0,067

Richesse

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,091	0,530

Abondance_FRTHRT

Variable	N of Cases	Maximum Difference	Lilliefors Probability (2-Tail)
CRESIDUAL	40	0,091	0,541