

RIO TINTO

## PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2018-2027 (PSBLSJ)

SUIVI DES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES AU  
LAC SAINT-JEAN – NOUVELLE STRUCTURE EN LAC AU  
COMPLEXE DU LAC ASKEEN 2013.14.01 (AN 0, 2024)

LAC SAINT-JEAN (QUÉBEC)

FÉVRIER 2025

RÉFÉRENCE WSP : CA0033338-7358\_003\_R\_REV0  
RÉFÉRENCE CLIENT : 3106203670

RAPPORT (VERSION FINALE)







RIO TINTO

PROGRAMME DE STABILISATION  
DES BERGES DU LAC SAINT-  
JEAN 2018-2027 (PSBLSJ)  
SUIVI DES COMMUNAUTÉS  
D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES AU LAC  
SAINT-JEAN – NOUVELLE STRUCTURE  
EN LAC AU COMPLEXE DU LAC  
ASKEEN 2013.14.01 (AN 0, 2024)

LAC SAINT-JEAN (QUÉBEC)

RAPPORT (VERSION FINALE)

RÉFÉRENCE WSP : CA0033338-7358\_003\_R\_REV0  
RÉFÉRENCE CLIENT : 3106203670

FÉVRIER 2025

WSP CANADA INC.  
125, RUE RACINE EST  
CHICOUTIMI (QUÉBEC) G7H 1R5  
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-418-698-4488  
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-698-6677

[WSP.COM](http://WSP.COM)



---

# SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

---

Stéphanie Cimon, biologiste, Ph.D.

5 février 2025

---

Date

RÉVISÉ PAR

---



Dominic Gauthier, biologiste, B.Sc.

5 février 2025

---

Date

# LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Rio Tinto, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

---

# CLIENT

## RIO TINTO

Chargé de projet, Services ingénierie  
PSBLSJ Mathieu Gauthier, ing.

Conseillère séniore PSBLSJ et Grands  
projets Partenaires externes Caroline Jolette, ing.

---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Mathieu Noël, biologiste, M. Env., MBA
Chargé de projet	Luc Bouchard, biologiste, M. Sc.
Assistante de projet et rédaction	Stéphanie Cimon, biologiste, Ph.D.
Révision	Dominic Gauthier, biologiste, B. Sc.
Travaux de terrain	Marie-Claude Julien, technicienne de la faune Carl Gauthier, technicien de la faune Jérémie Gauthier-Boutin, biologiste, B. Sc. Philippe Careau, technicien en environnement Cédric Dubé, technicien de la faune Léo Semerdjian, technicien en écologie aquatique Dominic Dupont, technicien de la faune Charles Otis, technicien de la faune
Cartographie	Raphaël Bouchard, technicien forestier

## RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2025. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ). Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean – Nouvelle structure en lac au complexe du lac Askeen 2013.14.01 (an 0, 2024). Lac saint-Jean (Québec). Rapport produit pour Rio Tinto. Référence WSP : CA0033338-7358\_003\_R\_Rev0. 84 pages et annexes.

## Relecture et édition

Lynda Bussières, adjointe administrative

## SOUS-TRAITANTS

Identification des invertébrés benthiques    GDG Environnement Ltée

Qualité des sédiments AGAT Laboratoires de Québec

# SOMMAIRE

À la suite des différentes rencontres de discussions tenues avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), dans le cadre du renouvellement du décret du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ), Rio Tinto s'est engagé (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 et la diversité 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 vise à déterminer si les travaux ont un effet sur les assemblages d'invertébrés benthiques. Pour ce faire, le site exposé aux travaux est comparé à trois sites témoins pour chacune des profondeurs. Le suivi ne vise pas à comparer les sites, 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. Il sera ainsi 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 le Ministère. Par la suite, le suivi se poursuit chaque année suivant les travaux, et ce, pendant un minimum de trois ans (an 1, an 2 et an 3) selon un protocole d'échantillonnage qui a été établi en collaboration avec le MELCCFP et approuvé par ce même ministère.

Il a été proposé et accepté de débuter le suivi à compter de l'année 2024 pour un troisième des six volets, soit la nouvelle structure en lac dans la municipalité de Sainte-Monique, au parc national de la Pointe-Taillon, soit le site 2013.14.01. À l'hiver 2025, il est prévu de construire 17 îlots de pierres et de placer les arbres tombés du site entre les îlots et la berge (technique mixte) avec une restauration partielle du cordon littoral (annexe B).

Le présent document constitue le premier rapport de suivi (an 0/état de référence) des invertébrés benthiques pour la nouvelle structure en lac. Les abondances des invertébrés benthiques (nombre d'organismes par échantillon) se sont avérées nettement plus faibles pour la zone de marnage supérieure comparativement à la zone profonde (2<sup>e</sup> rang) et la zone de marnage inférieure (1<sup>er</sup> rang). La richesse taxonomique (nombre de taxons par échantillon) était plus faible pour la zone de marnage supérieure comparativement à la zone de marnage inférieure (2<sup>e</sup> rang) et la zone profonde (1<sup>er</sup> rang). De manière générale, les indicateurs utilisés ne présentaient pas de différence entre les sites pour la zone de marnage supérieure, tandis que plusieurs descripteurs des communautés (abondance, richesse, diversité, équitabilité et dominants) présentent des variations en zone de marnage inférieure et en zone profonde démontrant une variabilité importante entre les sites.

Les résultats de l'année de référence démontrent une variabilité spatiale importante des conditions en lac. Néanmoins, comme l'objectif de cette étude vise à documenter les changements dans les communautés benthiques avant et après les travaux à l'intérieur d'un même site et non à comparer les sites, cette variabilité spatiale n'affectera pas la poursuite du suivi pour les trois prochaines années tel que planifié.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>Contexte et objectifs .....</b>	<b>1</b>
1.1	Contexte .....	1
1.2	Objectifs et hypothèses .....	2
<b>2</b>	<b>Méthodologie .....</b>	<b>5</b>
2.1	Zone d'étude .....	5
2.1.1	Site « exposé » .....	5
2.1.2	Sites témoins .....	6
2.2	Échantillonnage .....	7
2.2.1	Période d'inventaire .....	7
2.2.2	Méthode d'échantillonnage .....	8
2.3	Laboratoire .....	20
2.3.1	Tri et contrôles de qualité .....	20
2.3.2	Identification et saisie des données .....	21
2.4	Indicateurs d'effets et analyses statistiques .....	21
2.4.1	Indicateurs d'effets .....	21
2.4.2	Analyses statistiques .....	27
<b>3</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>31</b>
3.1	Caractéristiques des sites .....	31
3.2	Zone de marnage supérieure .....	35
3.2.1	Composition descriptive des communautés .....	35
3.2.2	Indicateurs des communautés .....	41
3.3	Zone de marnage inférieure .....	51
3.3.1	Composition descriptive des communautés .....	51
3.3.2	Indicateurs des communautés .....	55
3.4	Zone profonde .....	65
3.4.1	Composition descriptive des communautés .....	65
3.4.2	Indicateurs des communautés .....	69

<b>4</b>	<b>Synthèse des résultats .....</b>	<b>79</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>81</b>
	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>83</b>

---

### **Tableaux**

Tableau 1	Classe granulométrique selon l'échelle de Wentworth.....	19
Tableau 2	Résultats du contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques récoltés au lac Saint-Jean en 2024 au parc national de la Pointe-Taillon .....	20
Tableau 3	Caractéristiques des sites et des zones de profondeur d'échantillonnage du benthos en 2024 .....	33
Tableau 4	Abondance d'organismes par station par chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage supérieure en 2024 .....	39
Tableau 5	Résumé des analyses statistiques univariées (PER-ANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2024 .....	42
Tableau 6	Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2024 .....	43
Tableau 7	Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2024 .....	47
Tableau 8	Abondance d'organismes par station par chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage inférieure en 2024 .....	53
Tableau 9	Résumé des analyses statistiques univariées (PER-ANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024.....	56
Tableau 10	Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024 .....	57

Tableau 11	Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024 .....	61
Tableau 12	Abondance d'organismes par station par chacun des sites échantillonnés dans la zone profonde en 2024.....	67
Tableau 13	Résumé des analyses statistiques univariées (PER-ANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024.....	70
Tableau 14	Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024 .....	71
Tableau 15	Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024 .....	75

---

## Figures

Figure 1	Gestion des niveaux d'eau du lac Saint-Jean dans le cadre du PSBLSJ 2018-2027. Limite maximale en bleu foncé et limite minimale en bleu pâle. .....	8
Figure 2	Zones de profondeur d'échantillonnage en fonction des niveaux historiques du lac Saint-Jean entre 1896 et 2021 (minimum, médian et maximal) .....	19
Figure 3	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) .....	29
Figure 4	Abondance relative des différents embranchements d'invertébrés benthiques identifiés dans les trois zones de profondeurs en 2024 .....	36

Figure 5	Abondance relative des différentes classes d'invertébrés benthiques identifiés dans les trois zones de profondeurs en 2024 (E.Nematoda est un embranchement et le « E. » a été ajouté afin de le distinguer des classes) .....	36
Figure 6	Abondance relative des différentes familles d'insectes benthiques identifiés dans les trois zones de profondeurs en 2024 (ordres : Hemiptera, Trichoptera et Diptera) .....	37
Figure 7	Moyennes ± erreurs types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ), (B) l'abondance des chironomides (indice C, nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ), (C) l'abondance des éphéméroptères-trichoptères-plécoptères (indice EPT; nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone de marnage supérieure .....	44
Figure 8	Moyennes ± erreurs types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitable de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (%) d'organismes) pour la zone de marnage supérieure .....	45
Figure 9	Moyennes ± erreurs types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ), (B) l'abondance des chironomides (indice C, nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ), (C) l'abondance des éphéméroptères-trichoptères-plécoptères (indice EPT; nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone de marnage inférieure .....	59
Figure 10	Moyennes ± erreurs types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitable de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (%) d'organismes) pour la zone de marnage inférieure .....	60

Figure 11	Moyennes $\pm$ erreurs types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ), (B) l'abondance des chironomides (indice C, nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ), (C) l'abondance des éphéméroptères-trichoptères-plécoptères (indice EPT; nb d'organismes/0,14 m <sup>2</sup> ) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone profonde.....	73
Figure 12	Moyennes $\pm$ erreurs types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitable de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (%) d'organismes) pour la zone profonde .....	74

---

### Cartes

Carte 1	Localisation des sites d'inventaires 2024 .....	9
Carte 2	Site « exposé » ENSL – 2024 (2013.14.01).....	11
Carte 3	Site témoin TNSL1 - 2024 .....	13
Carte 4	Site témoin TNSL2 - 2024 .....	15
Carte 5	Site témoin TNSL3 - 2024 .....	17

---

### Annexes

<b>A</b>	<b>Protocole 2023 pour le suivi des communautés benthiques au lac Saint-Jean</b>
<b>B</b>	<b>Choix de sites pour le suivi en 2024</b>
<b>C</b>	<b>Identification du benthos, rapport des experts</b>
<b>D</b>	<b>Liste des taxons observés en 2024</b>
<b>E</b>	<b>Sorties statistiques</b>
<b>F</b>	<b>Certificats d'analyses du carbone organique total et de la granulométrie</b>
<b>G</b>	<b>Description des stations d'échantillonnage</b>



# 1 Contexte et objectifs

---

## 1.1 Contexte

À la suite des différentes rencontres de discussions tenues avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP<sup>1</sup>), dans le cadre du renouvellement du décret du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ), Rio Tinto s'est engagé (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 et la diversité 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 vise à déterminer si les travaux ont un effet sur les assemblages d'invertébrés benthiques. Pour ce faire, le site exposé aux travaux est comparé à trois sites témoins pour chacune des profondeurs. Le suivi ne vise pas à comparer les sites, 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. Il sera ainsi 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 donc sur six volets, soit :

- le rechargement de plage à l'embouchure de rivière (suivi débuté en 2019 et terminé en 2022);
- le rechargement de plage en lac (suivi débuté en 2018 et terminé en 2021);
- la nouvelle structure (p. ex. épi ou brise-lames) à l'embouchure de rivière;
- la nouvelle structure (p. ex. épi ou brise-lames) en lac (suivi débuté en 2024, présent suivi);
- le nouvel empierrement (p. ex. nouveau perré) à l'embouchure de rivière;
- le nouvel empierrement (p. ex. nouveau perré) en lac.

---

<sup>1</sup> Auparavant 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).

Il est prévu qu'un suivi des invertébrés benthiques soit réalisé pour chaque type d'ouvrage, pour un total de six suivis spécifiques (lac et embouchure de rivière). 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 MELCCFP et approuvé par ce ministère. Le protocole a été bonifié en 2021 afin d'améliorer le design statistique comme demandé par le comité scientifique (*Un lac pour tous*). Le protocole mis à jour à l'été 2023 à la suite d'échanges avec le MELCCFP est présenté à l'annexe A.

Une proposition de choix de sites à suivre pour une nouvelle structure en lac a été déposée le 16 juillet 2024 au MELCCFP pour approbation (annexe B). Il a été proposé et accepté de débuter le suivi à compter de l'année 2024 pour la nouvelle structure en lac au site du complexe du lac Askeen (2013.14.01).

Le présent document constitue le premier rapport de suivi (an 0) des invertébrés benthiques pour la nouvelle structure en lac. Il contient une description de la méthodologie d'échantillonnage ainsi qu'une présentation des résultats obtenus. Une conclusion complète le document.

## 1.2 Objectifs et hypothèses

Spécifiquement, les objectifs pour chacune des zones de profondeurs sont de :

- vérifier la présence d'un effet des travaux de stabilisation sur les différents indicateurs d'effets retenus (sera présenté en détail dans les rapports subséquents, voir le protocole à l'annexe A pour les détails) :
  - il sera considéré que les travaux ont potentiellement un effet si le site exposé a une tendance différente des sites témoins entre avant et après les travaux;
- documenter la variabilité naturelle observée spatialement (sites) et temporellement (années) pour les différents indicateurs d'effets retenus :
  - les indicateurs d'effets seront examinés entre les années ainsi qu'avant et après les travaux pour l'ensemble des sites (incluant le site « exposé »).

Les hypothèses nulles sont :

- les travaux n'ont pas eu d'effets sur les assemblages benthiques, soit que les tendances des variations observées au site exposé soient les mêmes que chez les témoins;
- le temps et l'espace n'influencent pas les indicateurs d'effets.

Les hypothèses alternatives sont :

- les travaux ont un effet sur les assemblages benthiques, soit que les tendances des variations observées au site exposé sont différentes (peu importe comment elles sont différentes) de celles observées chez les témoins;
- le temps ou l'espace influencent les indicateurs d'effets.

Il est attendu que la variabilité naturelle soit élevée et qu'elle sera plus importante que la variabilité pouvant être attribuée aux travaux. Il est attendu que la variabilité entre les sites (spatiale) soit élevée. Ainsi, un effet observé pour l'interaction Exposition × 'Période' ne serait pas forcément identifié hors de tout doute comme attribuable aux travaux.



## 2 Méthodologie

---

### 2.1 Zone d'étude

La zone d'étude a été définie en 2024 en fonction du site « exposé »<sup>2</sup> et de ses sites témoins associés. À la suite de l'analyse des différents sites de travaux de nouvelle structure prévus en 2024-2025 par Rio Tinto, le choix s'est arrêté sur une zone d'étude se situant au nord du lac Saint-Jean dans le territoire non organisé aquatique de la municipalité régionale de comté (MRC) de Lac-Saint-Jean-Est, dans le secteur du parc national de la Pointe-Taillon (municipalité de Sainte-Monique) au complexe du lac Askeen (carte 1). La zone d'étude, pour les sites témoins, s'étend le long de la côte du parc national de la Pointe-Taillon, du complexe du lac Askeen au nord vers le lac à la Tortue au sud, sur une longueur d'environ 8,5 km.

---

#### 2.1.1 Site « exposé »

Le site « exposé » se définit comme un site où des travaux seront réalisés dans le cadre du PSBLSJ. La présente étude concerne des travaux de nouvelle structure en lac (brise-lame / îlots de pierres déversées). Le choix du site « exposé » a été effectué en se basant sur plusieurs critères environnementaux et géomorphologiques, soit :

- composition granulométrique actuelle et future semblable au milieu naturel (sable);
- travaux réalisés en rive du lac Saint-Jean;
- distance des travaux linéaires prévue suffisante pour réaliser sept stations d'échantillonnage (minimale 100 m);
- absence de cours d'eau permanent dans un rayon de 500 m;
- absence de travaux récents (moins de 5 ans) dans un rayon de 500 m;
- possibilité de trouver des sites témoins semblables à proximité.

Le site 2013.14.01 répond aux critères mentionnés ci-dessus. Le site est sujet au marnage annuel du lac. Le secteur immédiat est occupé par des arbres et des milieux humides (prairie humide, eau peu profonde et marécage; annexe B). Le secteur est caractérisé par des îlots de pierres déversées construits en 2013 de part et d'autre du site des travaux et par un cordon littoral mince non protégé au nord des trois îlots de pierres. Le secteur non protégé présente des signes d'érosion.

---

<sup>2</sup> 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.

Le site est à plus de 500 m de l'embouchure d'un cours d'eau. Le site n'est pas directement influencé par la rivière Péribonka, dont la majorité du débit passe au nord de l'île Boulian. Des hauts fonds (cote d'élévation > 100 m) sont présents entre cette île et la pointe Taillon. Le site « exposé » est donc à plus de 2,5 km de la rivière Péribonka. Les derniers travaux ayant eu lieu dans un rayon de 500 m du site « exposé » datent de 2013, avec la construction de 44 îlots de pierres déversées (de 2 × 8 m à 2 × 15 m) au sud et trois îlots de pierres déversées au nord (1 de 2 × 10 m et 2 de 2 × 5 m). Aucune autre intervention n'est répertoriée dans ce secteur dans le cadre du PSBLSJ.

Les rives sont végétalisées par des arbres matures sur un mince cordon littoral (10 m à 60 m de largeur) et dominées par des plages de sable moyen. La pente du littoral est faible, les stations de la zone de marnage inférieure sont à 1,2 km de la berge et les stations de la zone profonde sont à 3,7 km de la berge. Le substrat attendu dans ce secteur est le sable variant de moyen à fin. La dérive littorale s'effectue principalement vers le nord.

Directement en rive où le suivi est effectué, il est prévu de construire une combinaison de 17 îlots de pierres avec des arbres tombés du site entre les îlots et la berge (technique mixte) ainsi qu'une restauration partielle du cordon littoral. Le recharge et la végétalisation en lien avec la restauration partielle seront localisés derrière les îlots de pierres, ce qui permettra d'exclure le recharge comme responsable de tout effet potentiel observé sur les invertébrés benthiques. Une autre zone localisée à environ 280 m vers le sud de l'extrémité du site « exposé » fera également l'objet de travaux, soit le prolongement des îlots de pierres ou des récifs de débris entre les îlots de pierres sur 70 m. Il n'est pas attendu que ceux-ci provoquent un effet différent sur les communautés, notamment puisqu'il s'agit du même type de travaux et qu'ils auront lieu en même temps.

## 2.1.2 Sites témoins

En plus des critères énoncés ci-dessus, l'identification de sites témoins a été réalisée en considérant les éléments suivants, afin qu'ils soient les plus semblables possibles au site « exposé », comme mentionné dans le protocole soumis au MELCCFP. 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.
- 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 du site exposé 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 les plus semblables possibles pour la rive (densité d'habitations, présence ou absence d'affluent, type de végétation, état de la bande riveraine, etc.).
- Présenter une composition granulométrique semblable aux sites des travaux.
- Être situé dans un secteur semblable aux sites exposés en ce qui a trait aux forces érosives et l'exposition au vent.
- Être semblable aux sites exposés en ce qui a trait à la présence ou l'absence de végétation aquatique.

- Se trouver dans un secteur où la bathymétrie est semblable (présence ou absence de fosse, rupture de pente, haut-fond, baie, etc.).

Les trois sites retenus sont localisés au sud-est du site « exposé » au long du parc national de la Pointe-Taillon (carte 1). Aucun cours d'eau d'importance n'est présent sur l'ensemble de ce territoire. Des structures de stabilisation sont présentes entre les sites TNSL1 et TNSL2, soit des îlots de pierres déversées accompagnés de deux perrés (2015.14.01) et des perrés (2006.14.01). Aucun site de travaux de stabilisation ou d'entretien de structures n'est actuellement prévu pour les trois sites témoins dans les quatre années à venir. Cette information a été confirmée par le Parc national de la Pointe-Taillon (PNPT).

Les sites témoins TNSL1, TNSL2 et TNSL3 sont situés dans le littoral du lac Saint-Jean, respectivement à un peu plus de 1,1 km, 3,4 km et 5,8 km vers le sud-est du site « exposé ». Tous les sites sont caractérisés par du sable, une rive forestière et une proximité avec des marécages (annexe B). Les sites sont tous exposés à des forces érosives provenant de vagues lorsque les niveaux d'eau sont élevés dans la zone de marnage. La pente du littoral est faible, et la distance avec la rive varie selon le site de 700 m à 1,2 km pour la zone de marnage inférieure et de 3,2 km à 3,9 km pour la zone profonde (annexe B).

---

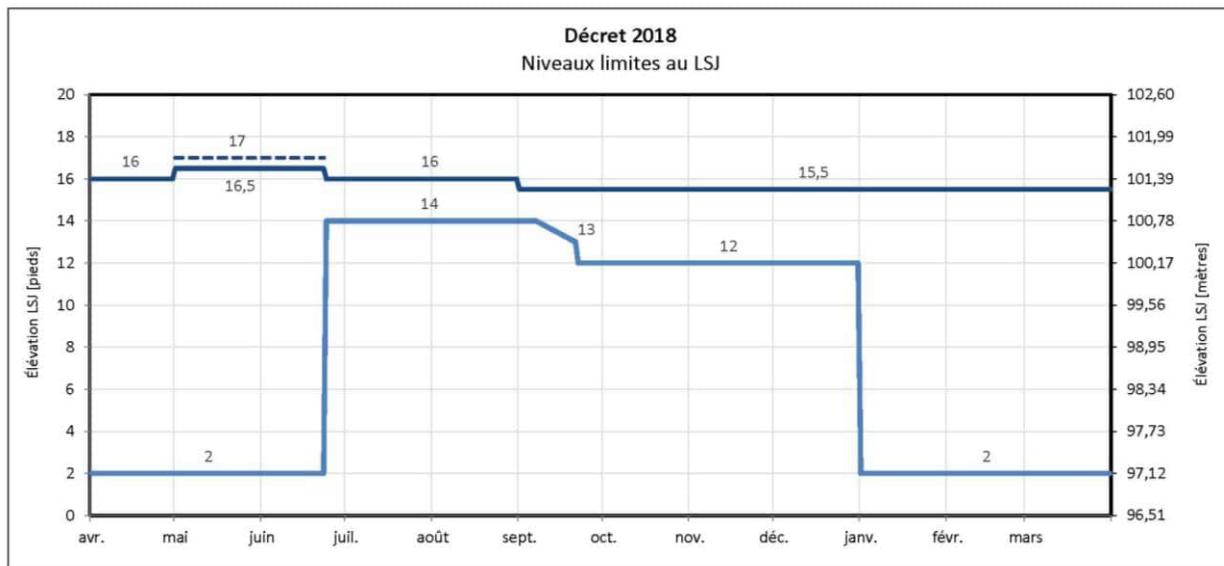
## 2.2 Échantillonnage

---

### 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 peut atteindre un niveau maximum de 16 pieds (101,39 m) entre le 24 juin et le 1<sup>er</sup> septembre et un minimum de 14 pieds (100,78 m) entre le 24 juin et le 7 septembre, ce qui permet d'avoir une zone de marnage supérieure submergée pour une période de trois mois avant l'échantillonnage et au moment de celui-ci. Le niveau maximum passe à 15,5 pieds (101,24 m) dès le 1<sup>er</sup> septembre. Entre le 8 et le 21 septembre, la contrainte du niveau minimum du lac est abaissée graduellement de 14 à 13 pieds. Par la suite, le niveau du lac peut encore être abaissé jusqu'à 12 pieds (100,17 m) jusqu'au 31 décembre. Du 1<sup>er</sup> janvier au 31 mars, le niveau minimal est de 2 pieds (97,12 m), alors que le niveau maximal est de 15,5 pieds. Le niveau maximal grimpe jusqu'à 17 pieds (101,69 m) lors de la crue printanière.

Une seule période d'échantillonnage a été réalisée afin d'éviter les variations saisonnières. Les échantillons de chaque site ont été prélevés en septembre, soit les 4 et 5 septembre (niveau de 100,80 m) et 27 et 28 septembre 2024 (niveau de 100,61 m).



**Figure 1** Gestion des niveaux d'eau du lac Saint-Jean dans le cadre du PSBLSJ 2018-2027. Limite maximale en bleu foncé et limite minimale en bleu pâle.

## 2.2.2 Méthode d'échantillonnage

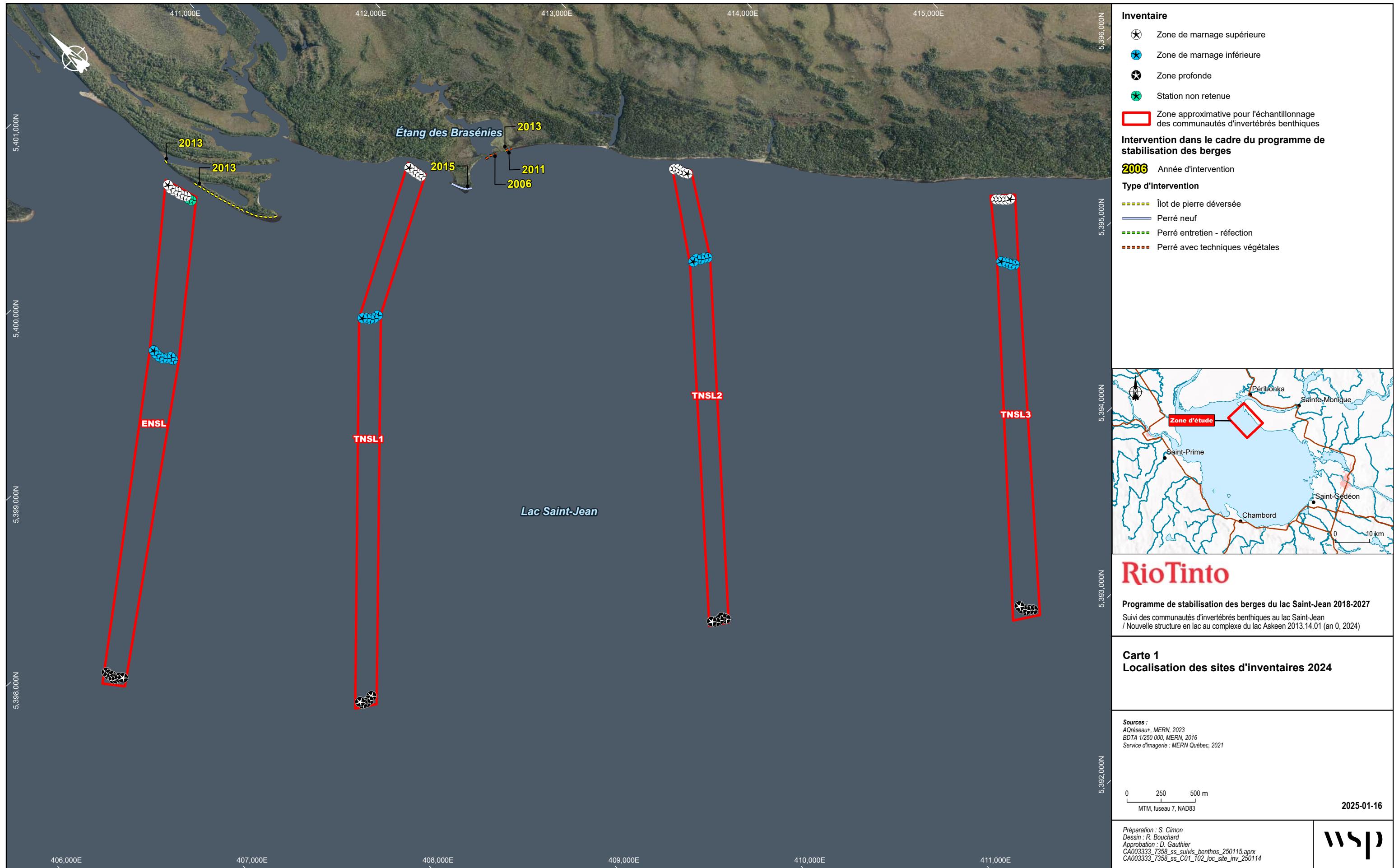
Étant donné que l'étude de Valentine (1989) soulignait des différences significatives entre la zone de marnage supérieure et la zone profonde, les stations ont été placées dans différentes zones de profondeur d'eau correspondant aux cotes d'élévation du lac Saint-Jean. Les trois zones de profondeur suivantes ont été échantillonnées et sont illustrées à la figure 2, 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).

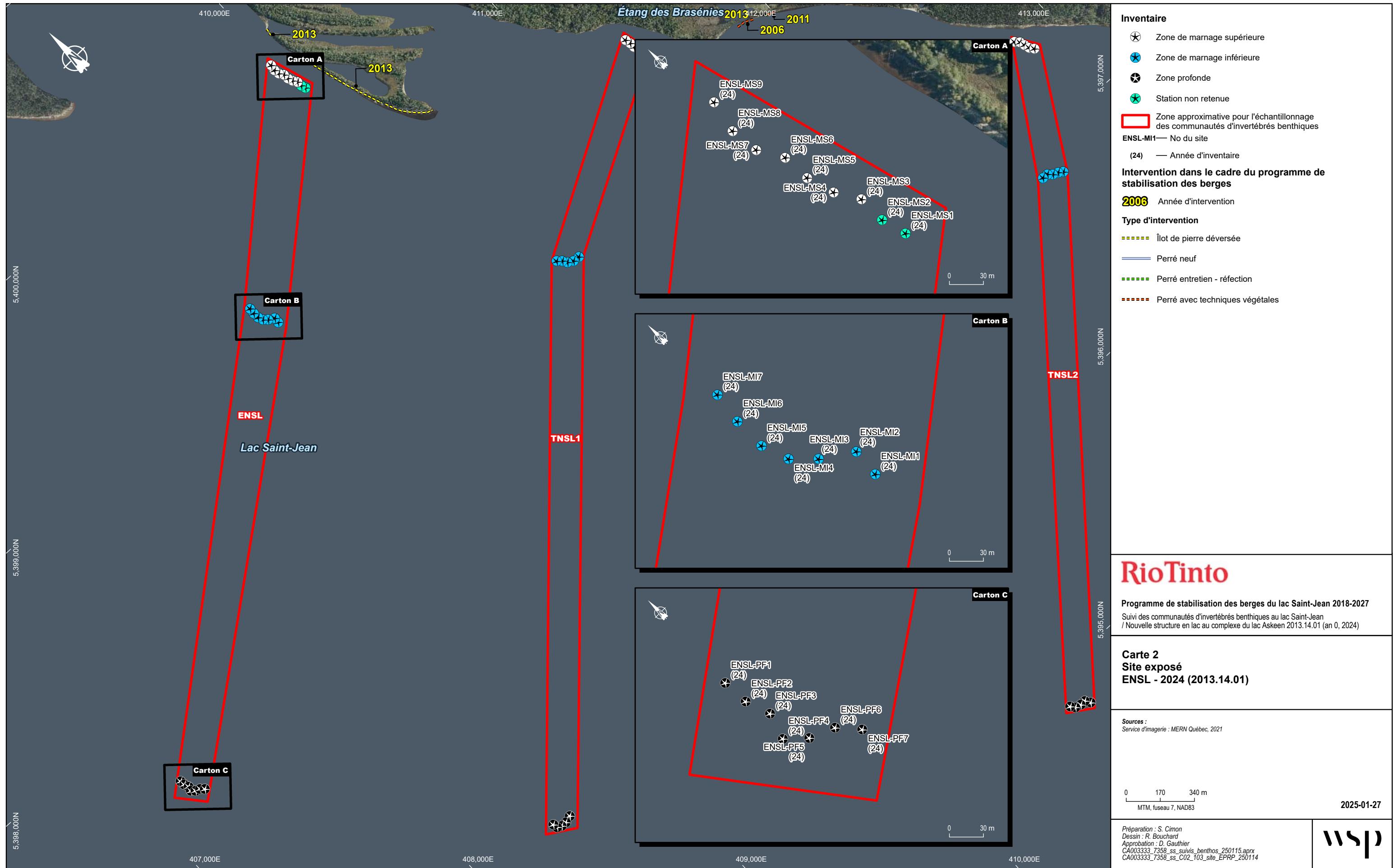
Au total, sept stations<sup>3</sup> d'échantillonnage par zone de profondeur ont été inventoriées pour le site « exposé » et cinq stations d'échantillonnage pour chaque site témoin, pour un total de 21 stations au site « exposé » et 15 stations par site témoin. La localisation des stations est présentée sur les cartes 2 à 5. Une fois au site d'échantillonnage, les stations ont été positionnées à des endroits qui présentaient des caractéristiques semblables en ce qui a trait à la granulométrie, la profondeur et 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 échosondeur Garmin Map521s et validée au terrain avec une corde graduée.

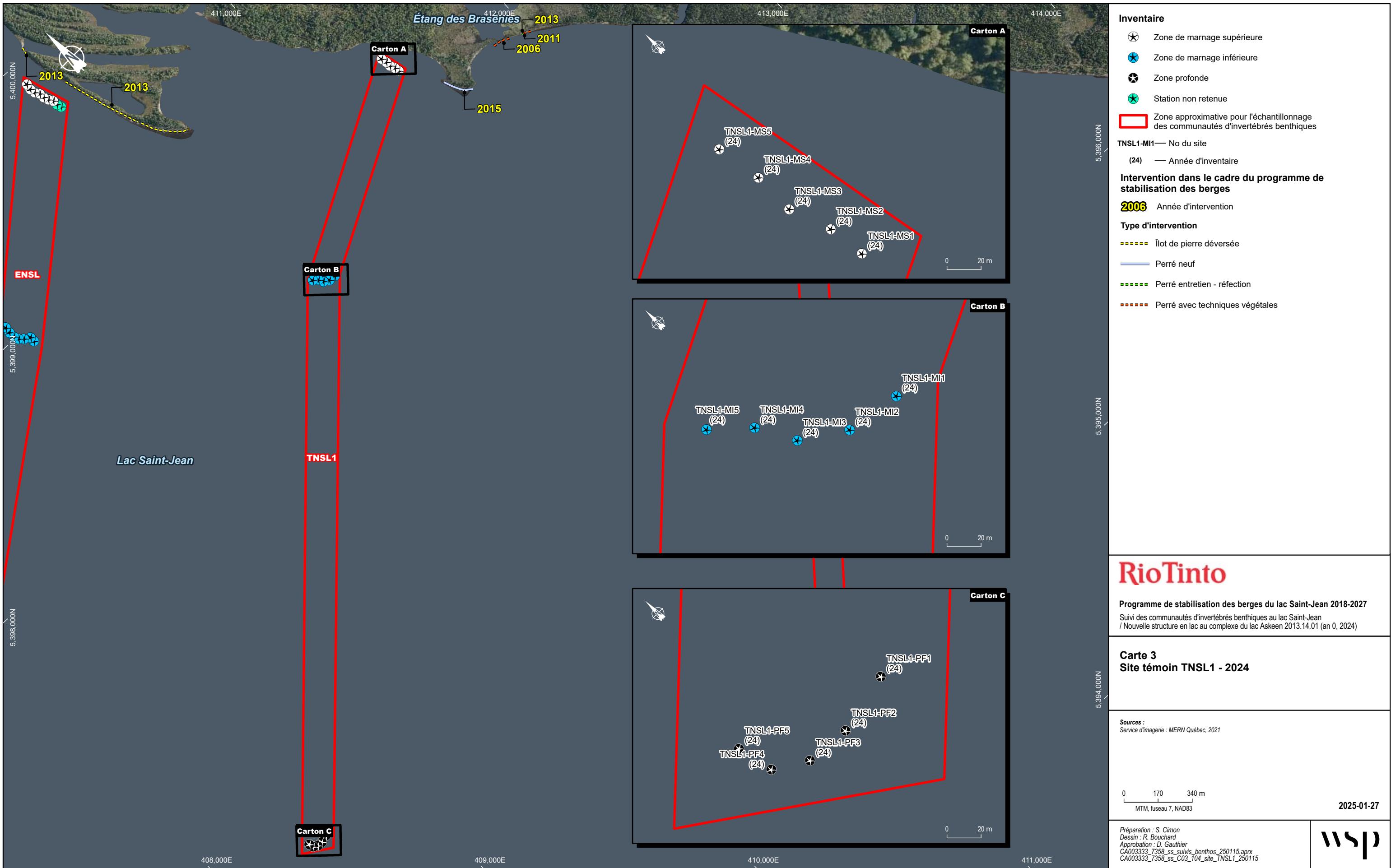
<sup>3</sup> Neuf stations ont été échantillonnées en 2024 pour la zone de marnage supérieure. Il a été constaté après avoir effectué les premières stations que les deux premières stations (ENSL-MS1 et ENSL-MS2) étaient vis-à-vis les brise-lames déjà en place. Ces stations seront omises du suivi.



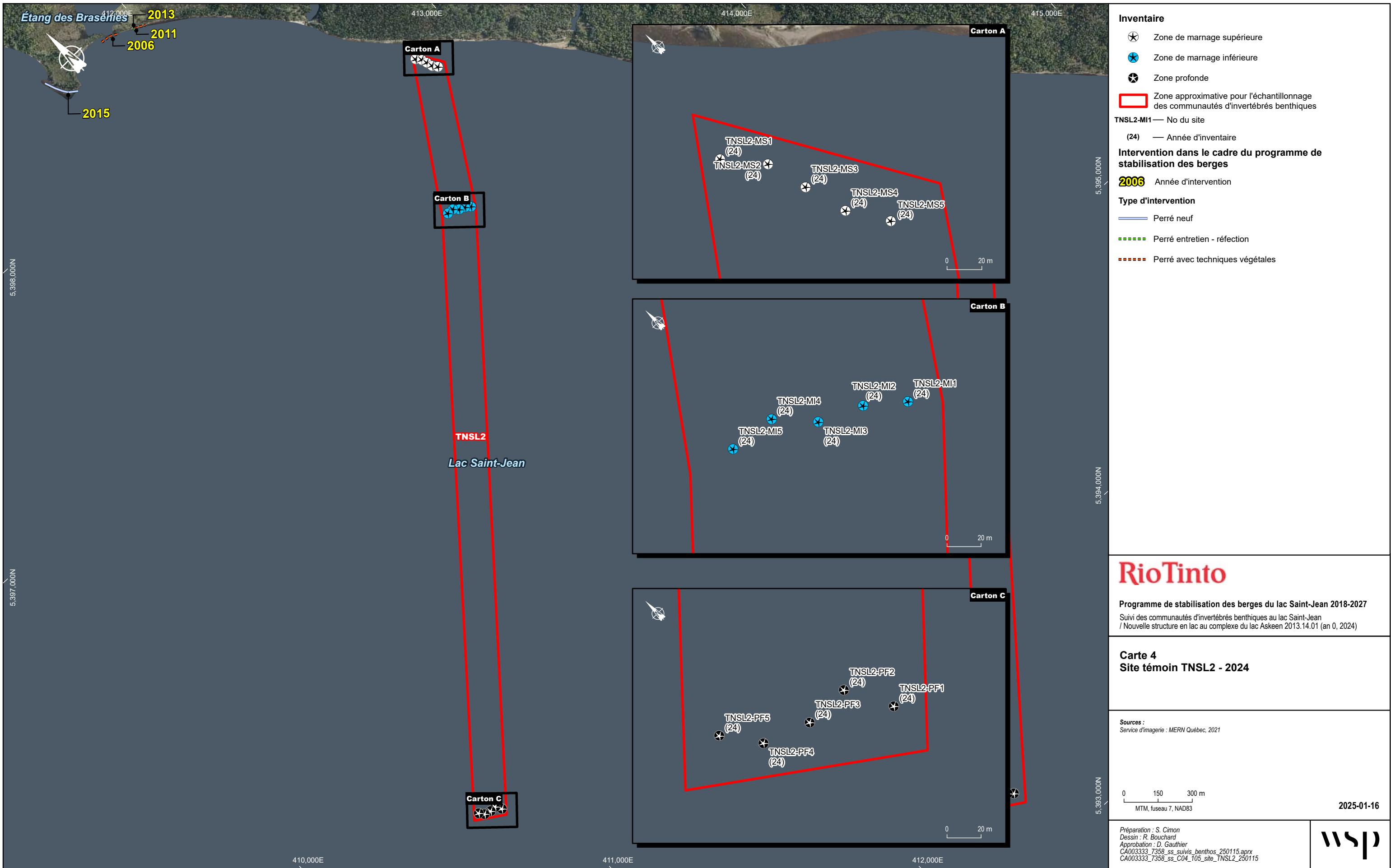




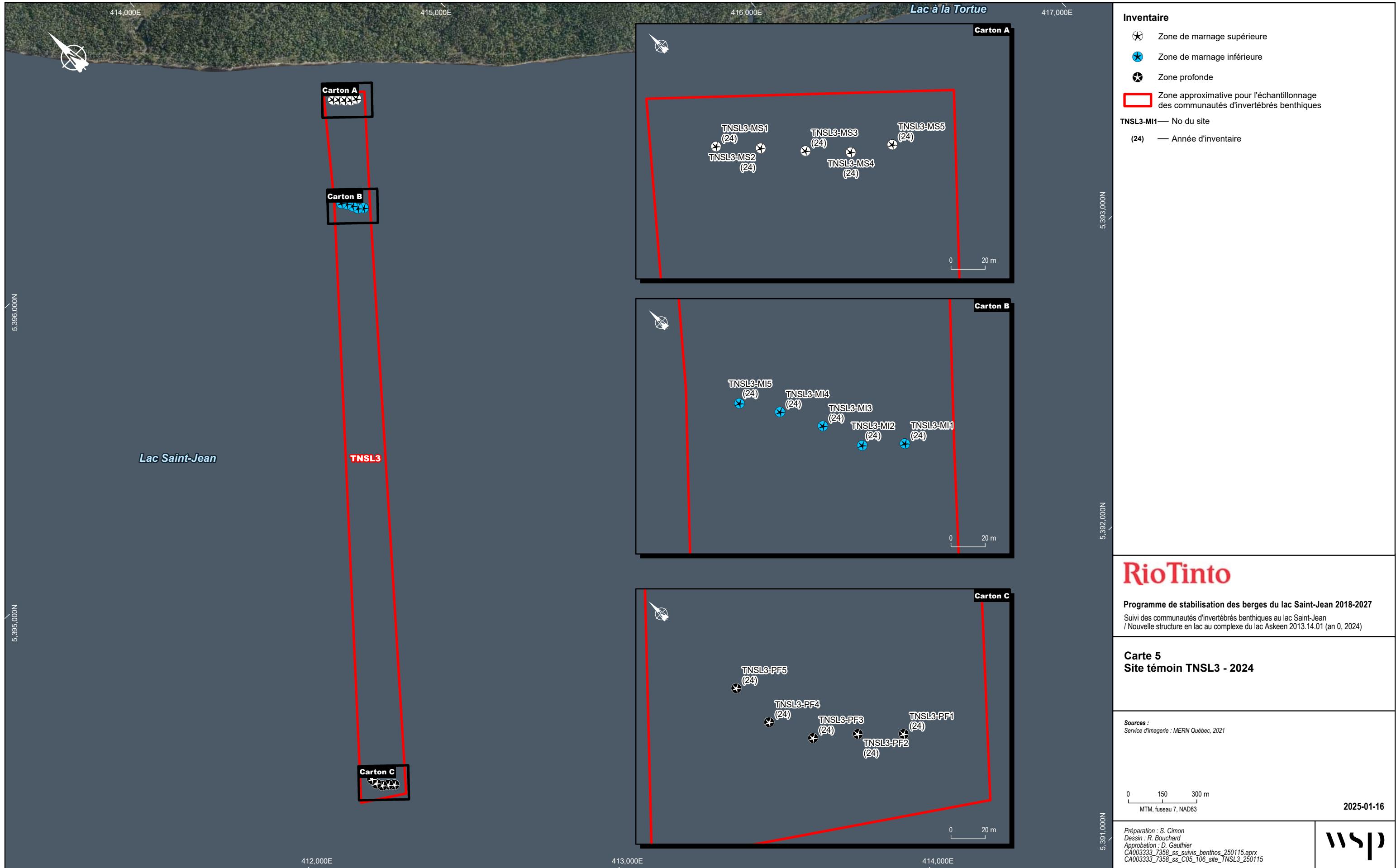




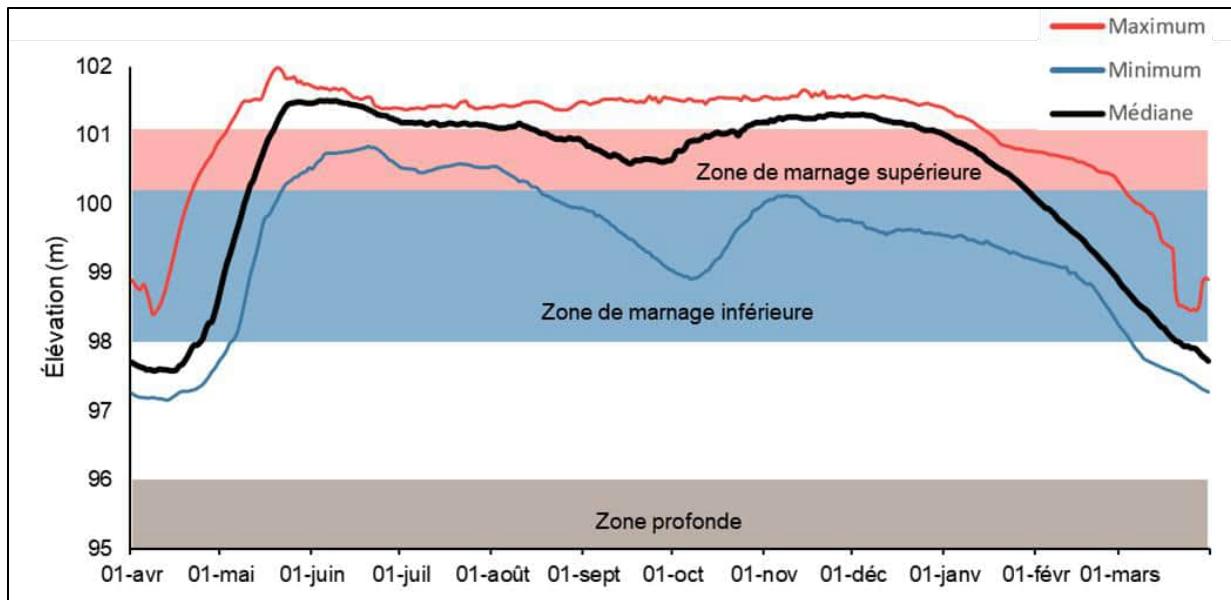












**Figure 2** Zones de profondeur d'échantillonnage en fonction des niveaux historiques du lac Saint-Jean entre 1896 et 2021 (minimum, médian et maximal)

À chaque station, une fois l'embarcation ancrée, trois sous-échantillons de benthos, composés de deux coups de benne chacun, ont été prélevés à l'aide d'une benne Petite Ponar (superficie couverte de 0,023 m<sup>2</sup>) munie d'un treillis de 500 µm. Les sous-échantillons ont ensuite été regroupés pour constituer un échantillon composite, ce qui permet d'augmenter la superficie couverte. Une superficie de 0,14 m<sup>2</sup> a ainsi été échantillonnée à chaque station. Au total, 66 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. Aucun fractionnement n'a été effectué. 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 par zone de profondeur et par site afin d'analyser la composition granulométrique, selon l'échelle de Wentworth (tableau 1), de même que pour connaître 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 aux binoculaires et, dans la mesure du possible, à identifier les organismes jusqu'au niveau de la famille. Le tri et l'identification des organismes benthiques ont été réalisés par GDG Environnement Ltée. Le rapport d'analyse est présenté à l'annexe C.

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

### 2.3.1 Tri et contrôles de qualité

Au laboratoire, les échantillons ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant un maillage 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), le tri a été effectué à l'aide de binoculaires. Aucune méthode particulière de sous-échantillonnage ou de tri n'a été appliquée.

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 %, glycériné à 5 %, pour une identification ultérieure.

Un contrôle de qualité du tri a été effectué sur 10 % des échantillons, soit sept échantillons en 2024. Les résultats du contrôle de qualité du tri pour les échantillons sont présentés au tableau 2. Le critère de tri accepté implique qu'au plus 10 % du nombre total d'organismes aient été manqués et qu'aucun groupe taxonomique n'a été oublié.

**Tableau 2 Résultats du contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques récoltés au lac Saint-Jean en 2024 au parc national de la Pointe-Taillon**

Année	Échantillon	Nombre total d'organismes triés	Nombre d'organismes oubliés	Pourcentage d'organismes oubliés
2024	ENSL-MI2	53	2	3,77
	TNSL2-MI1	51	0	0
	TNSL2-MI2	32	1	3,12
	TNSL2-PF2	36	0	0
	TNSL2-PF3	45	0	0
	TNSL3-MI1	82	0	0
	TNSL3-PF5	27	0	0

---

### 2.3.2 Identification et saisie des données

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. La collection de référence débutée dans le cadre du PSBLSJ a été mise à jour. Les données de dénombrement (nombre d'organismes benthiques identifiés) ont été saisies dans un fichier Microsoft Excel, sous forme de matrice qui présente les taxons sur les lignes et les échantillons sur les colonnes. La saisie des données a été validée par une seconde personne.

---

## 2.4 Indicateurs d'effets et analyses statistiques

La diversité et la distribution des communautés benthiques sont structurées à la fois par des facteurs abiotiques et biotiques. La disponibilité des ressources (p. ex. : productivité du milieu), l'environnement physicochimique (p. ex. oxygène dissous, température, type de substrat) et la localisation spatiale (p. 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 généralement plus partie du zooplancton que du benthos n'ont pas été inclus dans les analyses, soit les taxons appartenant aux groupes *daphniidae* et *calanoida*. Les taxons abîmés ont également été retirés des analyses. Une liste des taxons identifiés en 2024 dans le cadre du *Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean du PSBLSJ* est présentée à l'annexe D.

---

### 2.4.1 Indicateurs d'effets

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).

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

- l'abondance totale ( $N$  : nombre d'organismes dénombré dans l'échantillon de  $0,14\text{ m}^2$ );
- 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 Éphéméroptères-Plécoptères-Trichoptères (EPT : nombre d'organismes associés à ces ordres dénombrés dans l'échantillon de 0,14 m<sup>2</sup>);
- l'abondance totale des Chironomides (C : nombre d'organismes de la famille *chironomidae* dans l'échantillon de 0,14 m<sup>2</sup>);
- l'indice Éphéméroptère-Plécoptère-Trichoptère/Chironomides (EPT/C);
- l'indice de perte de communauté;
- le pourcentage de contribution des dominants;
- la structure des communautés (indicateur multidimensionnel basé sur les abondances totales et la ressemblance de Bray-Curtis);
- la composition taxonomique (indicateur multidimensionnel basé sur la présence/absence des taxons et la ressemblance de Bray-Curtis);
- les courbes de dominances (indicateur multidimensionnel basé sur le pourcentage des abondances de tous les taxons présents par rang de dominance).

Les taxons coloniaux ont été conservés seulement pour les analyses de richesse et la composition. Ils ont été retirés avant de calculer les autres indices.

Pour les indicateurs unidimensionnels, à l'exception de l'indice de perte de communauté, des statistiques descriptives ont été calculées par zone de profondeur (p. ex. : zone de marnage supérieure) dans chacun des sites (p. ex. « exposé ») : moyenne, erreur type, minimum, maximum et médiane. De plus, des figures illustrant les moyennes ± erreurs types ont été produites dans le but de faciliter la compréhension des résultats. Pour l'indice de perte de communauté, l'indice sera calculé par site pour chacune des strates de profondeur et les différences seront évaluées au moyen d'un test de *t* de Welch et sa valeur sera représentée graphiquement lors des prochains suivis.

#### 2.4.1.1 *Indicateurs unidimensionnels*

##### Abondance totale (N) et richesse (S)

L'abondance, ou densité, des organismes et la richesse taxonomique sont des indicateurs très sensibles aux conditions environnementales naturelles et aux perturbations résultant de l'introduction de polluants. 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).

L'abondance totale des invertébrés correspond au nombre total de spécimens capturés par station, toutes catégories taxonomiques confondues, exprimé par unité de surface (nombre d'invertébrés/0,14 m<sup>2</sup>). Quant à la richesse, elle correspond au nombre de taxons (famille ou autre) capturés à chaque station. Les valeurs d'abondance et de richesse ont été calculées pour chaque station.

## Indice de diversité de Shannon ( $H'$ )

L'indice de diversité rend compte de la composition d'un écosystème en matière de nombre d'espèces et de leur abondance relative. Cet indice constitue 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 indique généralement des conditions de vie particulières qui favorisent l'établissement de quelques espèces adaptées à ces conditions (Pelletier, 2002; MDDEF, 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 abritent 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 abritent 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 pour 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 (MDDEF, 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 MDDEF. La valeur 3,322 devant la formule permet de convertir le  $\log_{10}$  en  $\log_2$ . 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* MDDEF, 2013). L'indice de Shannon est généralement compris entre moins de 1 et 4,5.

Une « communauté » présentant un seul taxon, soit une richesse égale à un, aura un indice de diversité de Shannon égal à zéro. L'indice est incalculable en absence de taxon.

## Indice d'équitabilité de Shannon ( $J'$ )

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 seul taxon (dominance) et 1, que tous les taxons possèdent une abondance égale (équitable). 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 identifiés à la station (richesse)

Un minimum de deux taxons est nécessaire pour effectuer le calcul d'équitabilité. Effectivement, une « communauté » d'un taxon occasionne un dénominateur égal à zéro.

## 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 appartenant aux EPT est généralement lié à une augmentation des perturbations. Ainsi, le rapport EPT/C est généralement inférieur dans les milieux perturbés.

## 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 multiplié par 100. Cet indice, complémentaire à l'équitabilité, indique l'état actuel de l'équilibre communautaire au niveau familial. Par exemple, une communauté dominée par peu de familles aurait une valeur élevée, ce qui pourrait indiquer que la communauté est sous l'influence d'un stress environnemental (Plafkin *et al.* 1989 *In* Mandaville, 2002).

## 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 sera adapté pour valider la perte de taxons entre deux années pour le même site. L'indice sera calculé selon l'équation suivante lors des prochains suivis :

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

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

L'indice de perte de communauté sera 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 sera fait pour tenir compte de la variation qui se produit entre les années.

### 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, il est nécessaire d'utiliser une mesure de ressemblance (coefficient de similarité/dissimilité) entre chaque paire d'échantillons. Bien qu'il existe une multitude de coefficients de similarité/dissimilité, 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 dissimilité, qui varie de 0 (deux échantillons possédant des descripteurs identiques) à 100 (deux échantillons totalement différents). En d'autres mots, la dissimilité 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 relatives entre les échantillons en deux dimensions (voir ci-dessous). Les différences entre les groupes sont statistiquement testables avec des analyses de la variance multivariée par permutations (PERMANOVA; voir ci-dessous).

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 zones. Les résultats sont présentés à l'annexe E. 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, des cadrages non métriques multidimensionnels (nMDS) ont été utilisés pour les stations de chaque site. Le but de cette représentation est de rassembler l'information provenant de multiples dimensions (p. 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 graphique 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, c.-à-d. 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.

## 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 égards 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 peuvent s'illustrer de la même manière à l'aide d'un nMDS.

### 2.4.2 Analyses statistiques

Puisqu'il s'agit du premier suivi, il n'est pas possible d'effectuer des analyses statistiques permettant de répondre aux hypothèses. Néanmoins, des analyses ont été effectuées afin de comparer les sites avant les travaux.

### 2.4.2.1 Analyses unidimensionnelles

L'effet du site 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 éphéméroptères-plécoptères-trichoptères (EPT), le rapport de EPT sur C (EPT/C) et la contribution des dominants. Pour ce faire, des analyses de la variance par permutations (PER ANOVA) à un facteur fixe ('Site' [quatre niveaux : ENSL, TNSL1, TNSL2, TNSL3] ont été effectuées. Puisqu'il s'agit de variables unidimensionnelles, les distances euclidiennes ont été utilisées comme mesure de ressemblance.

Afin de vérifier si les données respectaient la condition d'application d'homoscédasticité, la dispersion des groupes a été vérifiée avec un test PERMDISP (voir ci-dessous) qui est l'équivalent d'un test de Levene (Anderson *et al.*, 2008). La normalité des données n'est pas une condition aux tests par permutations.

### 2.4.2.2 Analyses multidimensionnelles

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 (PERMANOVA; Anderson *et al.*, 2008) avec 999 permutations en utilisant le même design que décrit ci-haut ('Site') ont été réalisées. Les données d'abondances ont été transformées à la racine carrée ou à la racine quatrième en utilisant la méthode du *shade-plot* (Clarke *et al.*, 2013). Des cadrages non métriques multidimensionnels (nMDS) des stations ont été utilisés pour visualiser les différences par station et par site. La contribution des taxons aux différences en structures entre les sites 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'écartier un effet 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 3). 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.

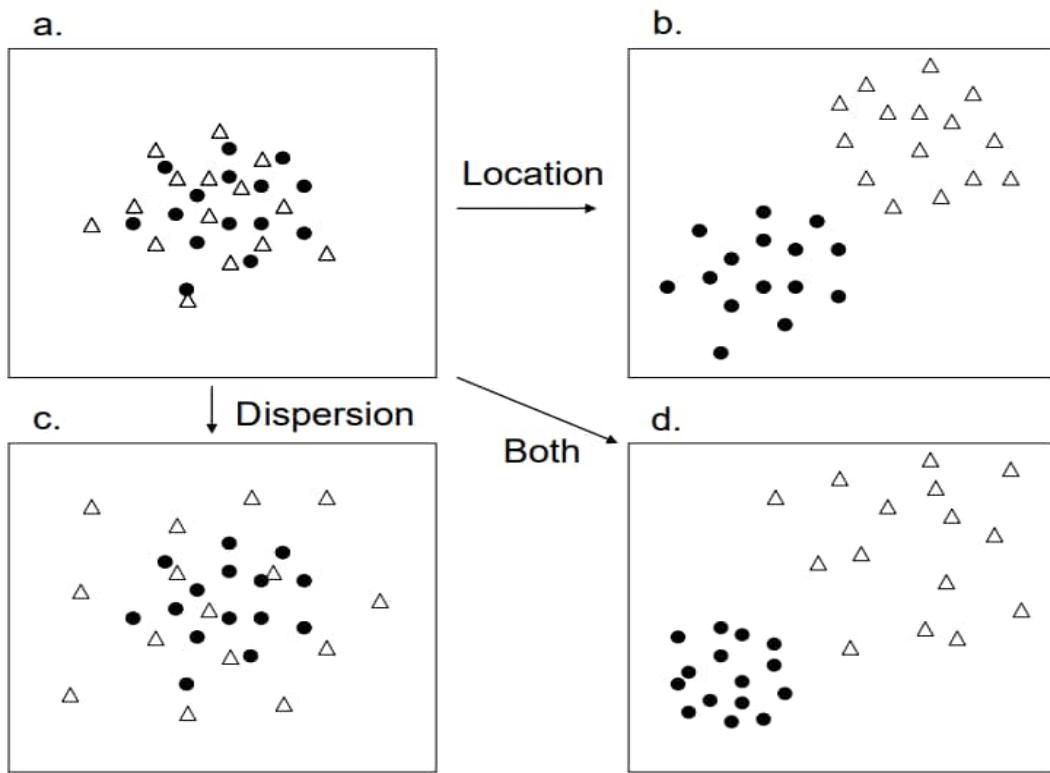


Figure 3

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 PER-ANOVA et les analyses multidimensionnelles ont été effectuées dans PRIMER+PERMANOVA v.7 (Anderson *et al.*, 2008, Clarke et Gorley, 2015). Un seuil de signification 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.



# 3 Résultats

---

## 3.1 Caractéristiques des sites

Une caractérisation sommaire des stations à chaque zone de profondeur pour chaque site a été effectuée. 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 zone de profondeur (tableau 3). La granulométrie et le contenu des sédiments en carbone organique total (COT) ont été évalués en laboratoire sur une station de chaque site et dans chaque zone de profondeur (tableau 3). Les certificats d'analyses du laboratoire sont présentés à l'annexe F.

### Localisation

Les sites sont tous localisés au long du parc national de la Pointe-Taillon (carte 1). En rive, les sites présentent généralement du sol nu et de la végétation. Le site « exposé » montre des signes évidents d'érosion avec des arbres déracinés et couchés sur la berge ainsi qu'un substrat plus compact dans la zone de marnage supérieure que dans les autres zones. Le site TNSL1 est composé d'une plage de sable fin suivie d'arbres, d'arbustes et d'herbacées naturelles. Les sites TNSL2 et TNSL3 présentent un talus de sol nul et quelques arbres renversés ainsi que des arbres et arbustes sur le talus.

### Physicochimie de l'eau

En considérant que deux sites ont été échantillonnés en début septembre et deux sites à la fin septembre, les paramètres physicochimiques mesurés lors de l'échantillonnage sont semblables entre les trois sites témoins et le site « exposé ». L'oxygène et le pH respectent les critères de protection de la vie aquatique chronique (CVAC) du MELCCFP (2025).

### Granulométrie

La granulométrie est largement dominée par le sable pour tous les sites et à toutes les profondeurs.

### Carbone organique total

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 carbone organique total est très faible (< 0,05 % à 0,08 %) 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 (EC et MDDEP, 2007).

### Plantes aquatiques et matière organique

Aucune végétation (algues, mousses ou macrophytes) n'a été observée lors de l'échantillonnage. Un peu de matière organique (< 1 %) a été observée aux stations TNSL1-PF4, TNSL3-PF1 et TNSL3-PF2.



Tableau 3 Caractéristiques des sites et des zones de profondeur d'échantillonnage du benthos en 2024

Zone de profondeur <sup>1</sup>	Site	Année	Station <sup>2</sup>	Date	Heure	Profondeur d'eau (m)	Température de l'eau (°C)	Oxygène dissous (mg/L)	Oxygène dissous (%)	Conductivité spécifique (µS/cm)	pH	Granulométrie (%)				COT (%)
MS	ENSL	2024	ENSL-MS3	04-sept-24	13h00	0,4	20,15	8,68	96,9	32	6,37	0,2	99,8	0	0	0,05
	TNSL1	2024	TNSL1-MS3	05-sept-24	16h59	0,4	23,29	9,06	105,9	28	6,65	1,5	98,5	0	0	0,08
	TNSL2	2024	TNSL2-MS3	27-sept-24	11h00	0,15	15,30	9,62	95,9	25	s. o.	0,1	99,9	0	0	0,06
	TNSL3	2024	TNSL3-MS3	27-sept-24	9h30	0,2	14,10	9,65	95,0	25	s. o.	0,1	99,9	0	0	0,06
MI	ENSL	2024	ENSL-MI3	04-sept-24	15h40	2,6	19,01	8,65	92,6	29	6,44	0,5	99,5	0	0	0,06
	TNSL1	2024	TNSL1-MI3	05-sept-24	15h21	2,7	19,63	9,31	101,1	33,5	6,66	0,7	99,3	0	0	< 0,05
	TNSL2	2024	TNSL2-MI3	27-sept-24	13h00	2,2	15,85	9,17	92,0	26	s. o.	0,5	99,5	0	0	< 0,05
	TNSL3	2024	TNSL3-MI3	28-sept-24	12h16	2,3	16,14	9,84	99,3	26	s. o.	0,6	99,4	0	0	0,08
PF	ENSL	2024	ENSL-PF3	05-sept-24	11h04	5,0	18,73	9,69	101,1	37	6,94	4,7	95,3	0	0	0,06
	TNSL1	2024	TNSL1-PF3	05-sept-24	13h43	5,1	18,80	9,11	96,8	35	6,63	0,6	99,4	0	0	0,06
	TNSL2	2024	TNSL2-PF3	27-sept-24	15h00	4,5	16,85	9,30	95,5	25	s. o.	0,6	99,4	0	0	0,06
	TNSL3	2024	TNSL3-PF3	28-sept-24	10h10	4,5	16,57	9,64	98,4	26	s. o.	0,9	99,1	0	0	0,08

Notes :

s. o. : Sans objet. La sonde à pH était défectueuse.

<sup>1</sup> MS : zone de marnage supérieure; MI : zone de marnage inférieure; PF : zone profonde.

<sup>2</sup> Une station physicochimique a été échantillonnée par zone de profondeur. À cette station, un échantillon supplémentaire de substrat a été prélevé afin de déterminer la granulométrie en laboratoire et le COT (carbone organique total). Pour les zones MI et PF, les mesures variaient très peu entre la surface et la profondeur et une moyenne de ces deux mesures est présentée.



---

## 3.2 Zone de marnage supérieure

Pour le site « exposé », sept stations ont été échantillonnées. Les deux premières stations échantillonnées ont été jugées hors de la zone qui sera directement impactée par les travaux et ont donc été exclues du présent suivi, soit les stations ENSL-MS1 et ENSL-MS2. Pour chacun des sites témoins, cinq stations ont été échantillonnées. Le moment d'échantillonnage, la granulométrie visuelle et la profondeur sont présentés à l'annexe G pour chacune des stations.

Au moment de l'échantillonnage en 2024, les profondeurs des stations de la zone de marnage supérieure variaient entre 0,3 et 0,5 m (cote d'élévation variante entre 100,5 et 100,3 m) pour les stations échantillonnées les 4 et 5 septembre et de 0,15 à 0,2 m (cote d'élévation variante entre 100,46 et 100,41 m) pour les stations échantillonnées les 27 et 28 septembre.

À chaque site, la distance entre chacune des stations est d'environ 25 m (minimum de 24 m et maximum de 29 m). Ces stations se situent à proximité du rivage à des distances variant entre 70 à 170 m. Les stations du site TNSL3 sont les plus éloignées du rivage.

---

### 3.2.1 Composition descriptive des communautés

Sur les 24 stations échantillonnées en 2024 dans la zone de marnage supérieure, quatre ne dénombraient aucun organisme (ENSL-MS3, ENSL-MS8, TNSL2-MS2 et TNSL2-MS3), ce qui représente 16 % des échantillons. Ceci se compare aux résultats du suivi à Saint-Henri-de-Taillon (WSP, 2022) où 15 à 45 % des stations de la zone de marnage supérieure ne contenaient aucun organisme selon l'année du suivi.

En 2024, sept taxons différents répartis dans trois embranchements sont présents (figures 4 à 6 [MS] et tableau 4). Les taxons les plus abondants dans la zone de marnage supérieure sont les Chironomidae (insecte diptère) avec 58 % du total des organismes et les Sphaeriidae (mollusque bivalve) avec 31 % du total. Le site « exposé » est dominé par les mollusques avec 82 % (principalement des Sphaeriidea) suivis des insectes (tous des Chironomidae) avec 11 % des abondances totales. Les sites témoins sont quant à eux dominés par les arthropodes. Le site TNSL1 est dominé à 60 % par les arthropodes (principalement des Chironomidae) suivis des mollusques (tous des Sphaeriidae) avec 40 % des abondances totales. Le site TNSL2 est composé à 100 % par les Chironomidae. Le site TNSL3 est dominé par les arthropodes (principalement des Chironomidae) avec 89 % des abondances totales. Aucun organisme colonial n'était présent dans la zone de marnage supérieure.

#### Mollusques

L'embranchement des mollusques n'a que deux représentants dans la zone de marnage supérieure en 2024, soit un bivalve (Sphaeriidae) et un gastéropode (Hydrobiidae) dont un seul individu a été identifié seulement pour le site « exposé » ENSL (tableau 4).

#### Insectes

La classe des insectes n'a que deux représentants dans la zone de marnage supérieure en 2024, soit deux taxons de l'ordre des diptères : Chironomidae et Ceratopogonidae (figures 6 [MS] et tableau 4). Les Ceratopogonidae ne sont présents qu'au site témoin TNSL1.

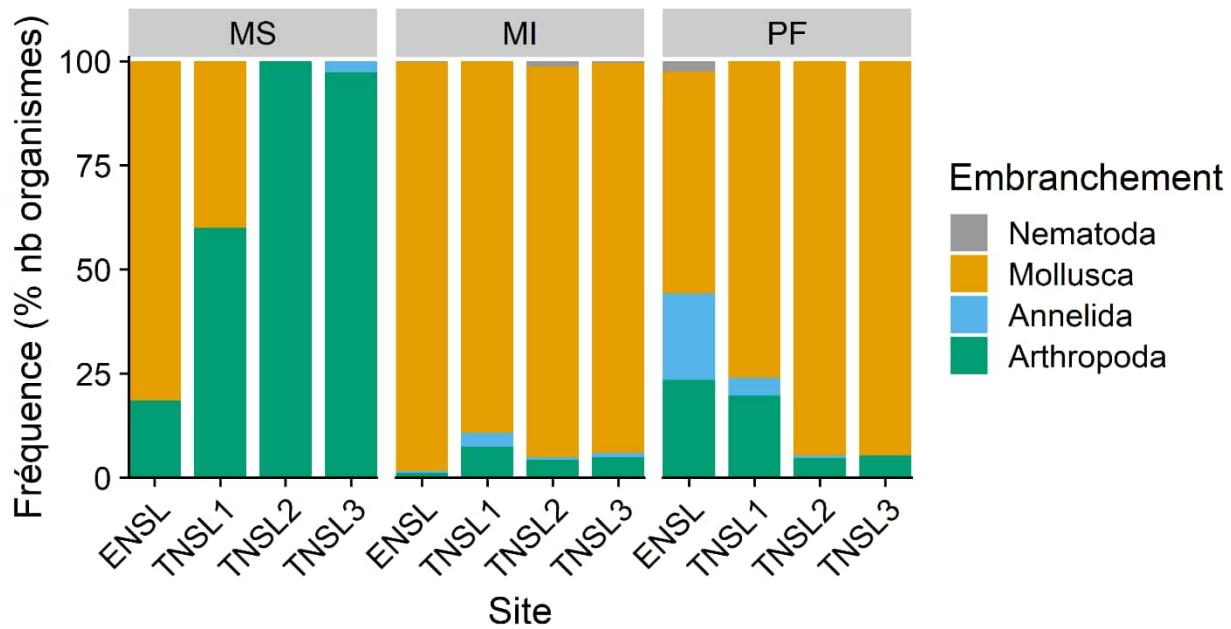


Figure 4 Abondance relative des différents embranchements d'invertébrés benthiques identifiés dans les trois zones de profondeurs en 2024

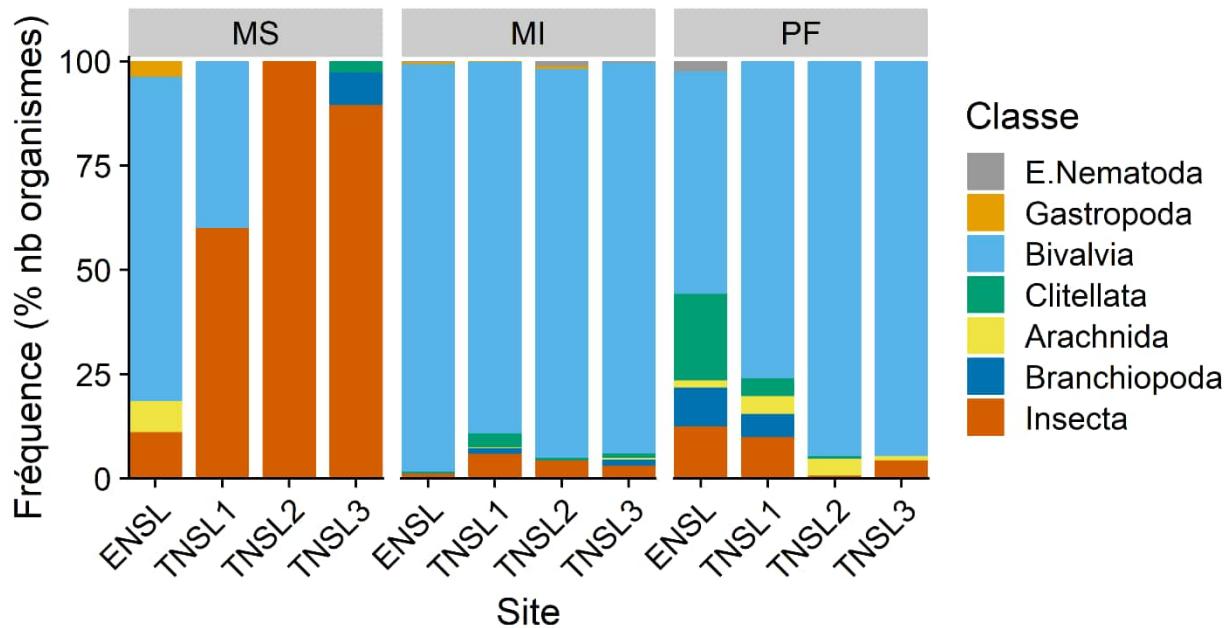


Figure 5 Abondance relative des différentes classes d'invertébrés benthiques identifiés dans les trois zones de profondeurs en 2024 (E.Nematoda est un embranchement et le « E. » a été ajouté afin de le distinguer des classes)

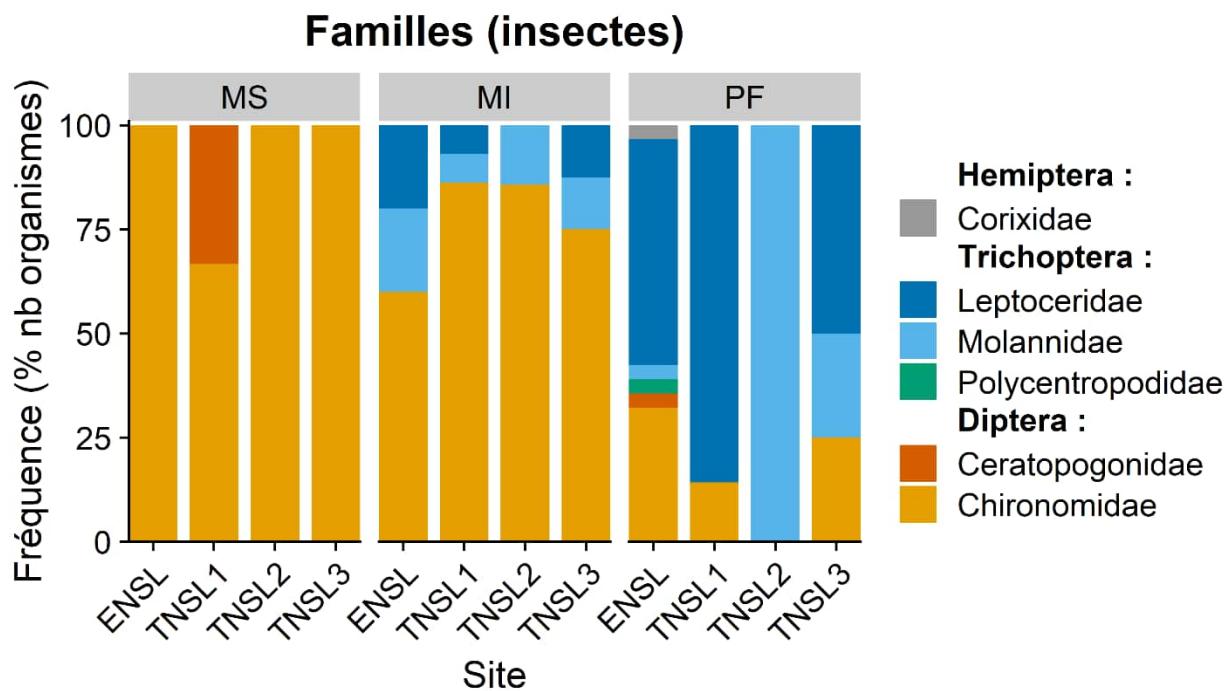


Figure 6 Abondance relative des différentes familles d'insectes benthiques identifiés dans les trois zones de profondeurs en 2024 (ordres : Hemiptera, Trichoptera et Diptera)



Tableau 4 Abondance d'organismes par station par chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage supérieure en 2024

Embranchement	Organismes			Site « exposé » ENSL									Site témoin TNSL1									Site témoin TNSL2									Total par taxon				
	Genre	Spécie	Famille	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	Abond. moy.	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	Abond. totale	Abond. relative (%)
Mollusca	Bivalve	Sphaeriidae		0	1	2	1	15	0	2	3,0	77,78	1	3	0	1	1	1,2	40,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	27	30,68
	Gastéropode	Hydrobiidae		0	0	0	0	1	0	0	0,1	3,70	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	1	1,14
Annelida	Oligochète	Naididae		0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	1	0	0	0	0,2	2,63	1	1,14
Arthropoda	Acarien	Limnesiidae		0	0	1	0	1	0	0	0,3	7,41	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	2,27
	Cladocère	Sididae		0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	1	0	2	0,6	7,89	3	3,41
	Diptère <sup>1</sup>	Ceratopogonidae		0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	0	0	0	1	0,6	20,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	3	3,41
		Chironomidae		0	0	1	0	0	0	2	0,4	11,11	2	0	1	0	3	1,2	40,00	1	0	0	3	4	1,6	100,00	6	6	8	1	13	6,8	89,47	51	57,95
<b>Total</b>				<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>100</b>

Notes :

Abond. moy. : Abondance moyenne en nb/0,14 m<sup>2</sup> (abondance totale du taxon pour le site / nombre de stations).

Abond. relative (%) : Abondance relative en pourcentage (abondance totale du taxon / total des organismes pour le site ou l'année multiplié par 100).

Abond. totale : Abondance totale du taxon pour l'année à cette zone de profondeur.

<sup>1</sup>Groupe faisant partie des insectes.



---

### 3.2.2 Indicateurs des communautés

Les indicateurs unidimensionnels calculés par station ainsi que les statistiques descriptives, soit les moyennes, erreurs types, étendues, médianes ainsi que le nombre de mesures ayant servi à établir ces statistiques, pour l'ensemble des sites en 2024 et pour l'ensemble des témoins sont présentés au tableau 7. Les moyennes et erreurs types des indicateurs pour chacun des sites en 2024 sont illustrées aux figures 7 et 8. Finalement, les pertes des communautés n'ont pas pu être calculées encore puisqu'il s'agit de la première année de suivi. Les résultats des analyses statistiques sont présentés au tableau 5.

L'abondance ( $N$ ) par station varie entre 0 et 17 individus et en moyenne par site entre 1,6 à 7,6 individus par station (tableaux 5 et 7 et figure 7). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL3 a la plus forte abondance alors que le site TNSL2 a la plus faible abondance.

La richesse taxonomique ( $S$ ) par station varie entre 0 et 3 taxons et en moyenne par site de 0,6 à 1,8 taxon par station (tableaux 5 et 7 et figure 8). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL1 a la plus forte richesse alors que le site TNSL2 a la plus faible richesse.

L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) varie de 0 à 1,52 par station et fait en moyenne par site de 0 à 0,63 (tableaux 5 et 7 et figure 8). Plusieurs indices n'ont pas pu être calculés (tableau 7). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site ENSL a la plus forte diversité alors que le site TNSL2 a la plus faible diversité.

L'indice d'équitabilité de Shannon ( $J'$ ) varie de 0,4 à 1 par station et fait en moyenne par site de 0,55 à 0,91 (tableaux 5 et 7 et figure 8). Plusieurs indices n'ont pas pu être calculés (tableau 7). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL1 a la plus forte équitabilité alors que l'indice du site TNSL2 ne pouvait pas être calculé par manque de richesse.

L'abondance des chironomides (C) par station varie entre 0 et 13 individus et en moyenne par site entre 0,4 à 6,8 individus par station (tableaux 5 et 7 et figure 7). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site TNSL3 a la plus forte abondance en chironomides et est significativement plus élevé que les trois autres sites.

Il n'y avait aucun taxon éphéméroptère, plécoptère et trichoptère (EPT) dans la zone de marnage supérieure en 2024 (tableaux 5 et 7 et figure 7). De ce fait, le rapport EPT/C n'a pas pu être testé non plus.

La contribution des dominants varie 40 à 100 % par station et fait en moyenne par site de 77,6 à 100 % (tableaux 5 et 7 et figure 8). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL2 a la plus forte dominance puisqu'il ne contenait qu'un seul taxon alors que le site ENSL a la plus faible dominance.

La structure et la composition des communautés sont différentes entre les sites (tableau 6). Le site « exposé » ENSL n'est pas différent du site témoin TNSL1 alors qu'il est différent de TNSL2 et TNSL3. Ceci s'explique par la forte présence des Sphaeriidae à ENSL qui sont également présents à TNSL1, mais qui sont totalement absents de TNSL2 et TNSL3. De plus, les sites TNSL2 et TNSL3 étaient dominés par les Chironomidae qui sont également présents à ENSL et TNSL1.

Les courbes de dominance n'ont pas pu être réalisées étant donné un nombre trop faible de taxons contenant des organismes.

**Tableau 5 Résumé des analyses statistiques univariées (PER-ANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2024**

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de $p_{perm}$ <sup>1</sup> – ou résultat des comparaisons par paire									
			N	S	H'	J'	C	EPT	EPT/C	Dom		
Site	3	18*	0,168	0,190	0,428	0,289	<b>0,001</b>	-	-	0,393		
Comparaison par paire	ENSL		-	-	-	-	b	-	-	-		
	TNSL1		-	-	-	-	b	-	-	-		
	TNSL2		-	-	-	-	b	-	-	-		
	TNSL3		-	-	-	-	a	-	-	-		
<b>Tests d'homogénéité des variances et de normalité des résidus</b>												
Transformation <sup>2</sup>			Aucune	$\sqrt{\cdot}$	Aucune	Aucune	Aucune	-	-	Aucune		
PERMDISP Site <sup>3</sup>			0,851	0,185	<b>0,007</b>	0,201	0,074	-	-	<b>0,001</b>		

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.

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. Les détails sont présentés à l'annexe E.

PER-ANOVA basées sur ressemblances Euclidiennes.

Les sorties PRIMER sont présentées à l'annexe E.

<sup>1</sup> Seuil de signification établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Les tirets (-) indiquent que les analyses n'ont pas pu être effectuées par manque de réplication.

<sup>2</sup> Transformation :  $\sqrt{\cdot}$  : racine carrée,  $\sqrt[4]{\cdot}$  : racine quatrième,  $\text{Log}_{10}$  : logarithmique en base 10 ( $x+1$ ). En cas de test PERMDISP significatif, les transformations ont été testées. Si la transformation n'améliorait pas l'homogénéité des variances, l'analyse sans transformation était conservée.

<sup>3</sup> Le test PERMDISP est l'équivalent du test de Levene pour l'homogénéité des variances entre les groupes. Un seuil de signification de 0,05 a été utilisé pour cette condition. Les valeurs de  $p$  en **gras** indiquent une dispersion significativement différente entre les groupes. La condition de normalité n'a pas à être respectée en utilisant une PERMANOVA.

**Tableau 6 Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2024**

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de $p_{perm}$ <sup>1</sup>				
			Structure (totale) <sup>2</sup>	Composition <sup>2</sup>	Courbes de dominance <sup>3</sup>		
Site	3	18*	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	-		
Comparaison par paire	ENSL		a	a	-		
	TNSL1		a,b	a	-		
	TNSL2		b,c	b	-		
	TNSL3		c	b	-		
<b>Tests d'homogénéité des variances <sup>5</sup></b>							
Transformation <sup>4</sup>			✓	Présence/ absence	-		
PERMDISP Site <sup>5</sup>			0,196	0,054	-		

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. Les détails sont présentés à l'annexe E.

s. o. : valeur de p non disponible, car le pseudo-F est négatif.

Les sorties PRIMER sont présentées à l'annexe E.

<sup>1</sup>Seuil de signification établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**.

<sup>2</sup>Ressemblance de Bray-Curtis.

<sup>3</sup>PERMANOVA sur les aires entre les courbes de dominance basées sur la procédure DOMDIS

<sup>4</sup>Transformation à la racine carrée (✓), racine quatrième (✓✓) ou en présence/absence (0 ou 1).

<sup>5</sup>La dispersion a été vérifiée sur les sites. Un seuil de signification de 0,05 a été utilisé pour cette condition. Les valeurs de p en gras indiquent donc une dispersion significativement différente entre les groupes.

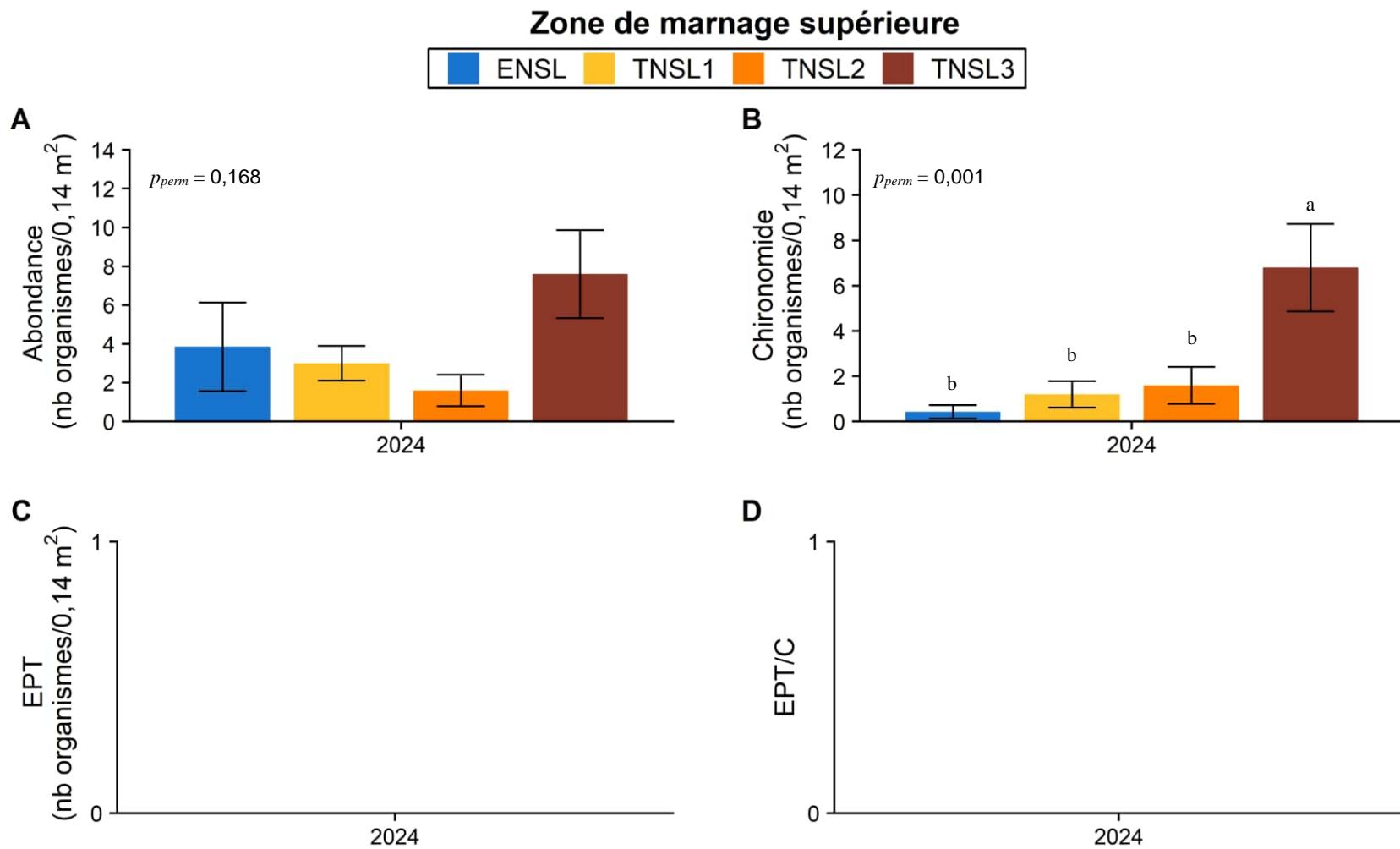


Figure 7

Moyennes  $\pm$  erreurs types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>), (B) l'abondance des chironomides (indice C, nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>), (C) l'abondance des éphéméroptères-trichoptères-plécoptères (indice EPT; nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone de marnage supérieure

### Zone de marnage supérieure

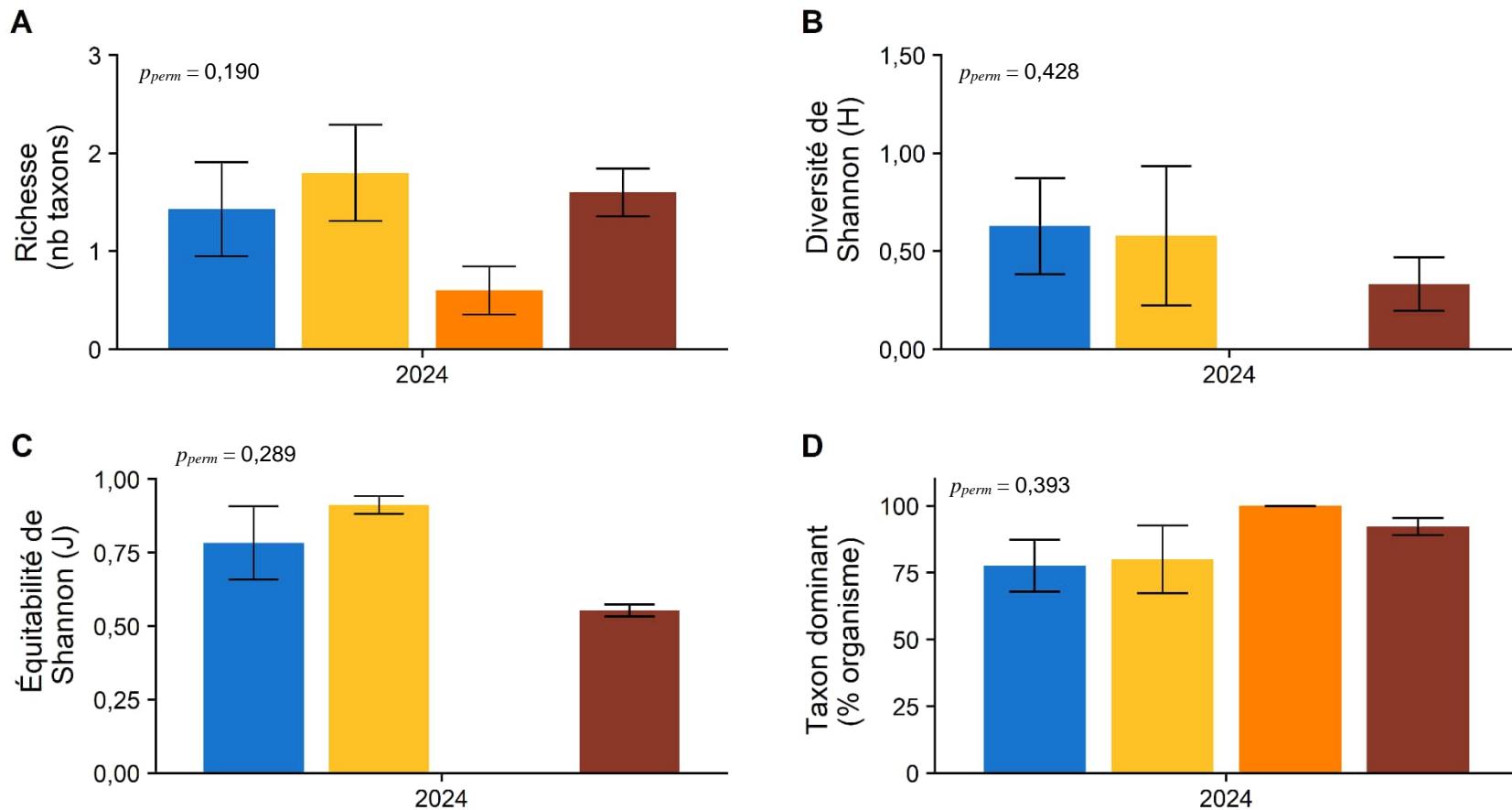


Figure 8 Moyennes  $\pm$  erreurs types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon ( $H'$ ), (C) l'équitable de Shannon ( $J'$ ) et (D) la contribution des dominants (% d'organismes) pour la zone de marnage supérieure



Tableau 7 Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage supérieure en 2024

Site	Station	Abondance totale (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ENSL	MS3	0	0	s. o.	s. o.	0	0	s. o.	s. o.	Année de référence
	MS4	1	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	MS5	4	3	1,5	0,95	1	0	0	50	
	MS6	1	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	MS7	17	3	0,64	0,4	0	0	s. o.	88	
	MS8	0	0	s. o.	s. o.	0	0	s. o.	s. o.	
	MS9	4	2	1	1	2	0	0	50	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>3,9 ± 2,3</b>	<b>1,4 ± 0,5</b>	<b>0,63 ± 0,29</b>	<b>0,78 ± 0,19</b>	<b>0,4 ± 0,3</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>77,6 ± 11,5</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,64</b>	<b>0,95</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>0 - 17</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 1,5</b>	<b>0,4 - 1</b>	<b>0 - 2</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 0</b>	<b>50 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>5 / 7</b>	<b>3 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>2 / 7</b>	<b>5 / 7</b>	<b>0 / 0</b>
Site témoin TNSL1	MS1	5	3	1,52	0,96	2	0	0	40	Année de référence
	MS2	3	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	MS3	1	1	0	s. o.	1	0	0	100	
	MS4	1	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	MS5	5	3	1,37	0,86	3	0	0	60	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>3 ± 0,9</b>	<b>1,8 ± 0,5</b>	<b>0,58 ± 0,36</b>	<b>0,91 ± 0,05</b>	<b>1,2 ± 0,6</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>80 ± 12,6</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,91</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>1 - 5</b>	<b>1 - 3</b>	<b>0 - 1,52</b>	<b>0,86 - 0,96</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 0</b>	<b>40 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>2 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>MS1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	
Site témoin TNSL2	MS2	0	0	s. o.	s. o.	0	0	s. o.	s. o.	Année de référence
	MS3	0	0	s. o.	s. o.	0	0	s. o.	s. o.	
	MS4	3	1	0	s. o.	3	0	0	100	
	MS5	4	1	0	s. o.	4	0	0	100	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>1,6 ± 0,8</b>	<b>0,6 ± 0,2</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>s. o.</b>	<b>1,6 ± 0,8</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>100 ± 0</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>0 - 4</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 0</b>	<b>s. o.</b>	<b>0 - 4</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 0</b>	<b>100 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>0 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>MS1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	
	<b>MS2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>s. o.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>s. o.</b>	



**Tableau 7 Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marge supérieure en 2024 (suite)**

Site	Station	Abondance totale (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site témoin TNSL3	MS1	6	1	0	s. o.	6	0	0	100	Année de référence
	MS2	7	2	0,59	0,59	6	0	0	86	
	MS3	9	2	0,5	0,5	8	0	0	89	
	MS4	1	1	0	s. o.	1	0	0	100	
	MS5	15	2	0,57	0,57	13	0	0	87	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>7,6 ± 2,3</b>	<b>1,6 ± 0,2</b>	<b>0,33 ± 0,14</b>	<b>0,55 ± 0,03</b>	<b>6,8 ± 1,9</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>92,3 ± 3,2</b>	<b>-</b>
	<b>Médiane</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,57</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>88,9</b>	<b>-</b>
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>1 - 15</b>	<b>1 - 2</b>	<b>0 - 0,59</b>	<b>0,5 - 0,59</b>	<b>1 - 13</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 0</b>	<b>86 - 100</b>	<b>-</b>
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
Ensemble des témoins 2024	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>4,1 ± 4,1</b>	<b>1,3 ± 0,9</b>	<b>0,35 ± 0,54</b>	<b>0,7 ± 0,2</b>	<b>3,2 ± 3,7</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>89,3 ± 18,8</b>	<b>-</b>
	<b>Médiane</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,59</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>-</b>
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>0 - 15</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 1,52</b>	<b>0,5 - 0,96</b>	<b>0 - 13</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 0</b>	<b>40 - 100</b>	<b>-</b>
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>13 / 15</b>	<b>5 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>11 / 15</b>	<b>13 / 15</b>	<b>0 / 0</b>
Ensemble des sites en 2024	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>4 ± 4,6</b>	<b>1,4 ± 1</b>	<b>0,43 ± 0,57</b>	<b>0,73 ± 0,24</b>	<b>2,3 ± 3,3</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>86,1 ± 20,8</b>	<b>-</b>
	<b>Médiane</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,73</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>-</b>
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>0 - 17</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 1,52</b>	<b>0,4 - 1</b>	<b>0 - 13</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 0</b>	<b>40 - 100</b>	<b>-</b>
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>18 / 22</b>	<b>8 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>13 / 22</b>	<b>18 / 22</b>	<b>0 / 0</b>

Notes :

Les statistiques descriptives sont calculées à partir des données brutes et donc le résultat d'un calcul à partir des données arrondies comme celles présentées dans les tableaux pourrait légèrement différer du résultat présenté.

s. o. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.



---

## 3.3 Zone de marnage inférieure

Pour le site « exposé », sept stations ont été échantillonnées alors que pour chacun des sites témoins, cinq stations ont été échantillonnées. Le moment d'échantillonnage, la granulométrie visuelle et la profondeur sont présentés à l'annexe G pour chacune des stations.

Au moment de l'échantillonnage en 2024, les profondeurs des stations de la zone de marnage inférieure variaient entre 2,6 et 2,8 m (cote d'élévation de 98,2 à 98,0 m) pour les stations échantillonnées les 4 et 5 septembre et de 2,2 à 2,4 m (cote d'élévation de 98,41 à 98,21 m) pour les stations échantillonnées les 27 et 28 septembre.

À chaque site, la distance entre chacune des stations est d'environ 25 m (minimum de 24 m et maximum de 33 m). Ces stations se situent à des distances de 635 m à 1,3 km avec le rivage. Les stations des sites ENSL et TNSL1 sont les plus éloignées du rivage.

---

### 3.3.1 Composition descriptive des communautés

Des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations de la zone de marnage inférieure en 2024.

En 2024, dix taxons différents répartis dans cinq embranchements sont présents (figures 4 à 6 [MI] et tableau 8). Le taxon le plus abondant dans la zone de marnage inférieure est les Sphaeriidea (mollusque bivalve) avec 93 % du total des organismes. Tous les sites sont dominés par les Sphaeriidea avec 89 à 98 % de l'abondance relative (tableau 8). Le bryozoaire Cristatellidae, un organisme colonial, a été identifié pour une station du site TNSL3 (tableau 8).

#### Mollusques

L'embrancheme nt des mollusques n'a que deux représentants dans la zone de marnage inférieure en 2024, soit un bivalve (Sphaeriidae) et un gastéropode (Hydrobiidae) dont seuls quatre individus ont été décomptés (tableau 8).

#### Insectes

La classe des insectes n'a que trois représentants dans la zone de marnage inférieure en 2024, soit deux taxons de l'ordre des trichoptères et un des diptères (figures 6 [MI] et tableau 4). Les Chironomidae (diptères) dominent la classe des insectes occupant 60 à 86 % des abondances de la classe.



Tableau 8 Abondance d'organismes par station par chacun des sites échantillonnés dans la zone de marnage inférieure en 2024

Organismes			Site « exposé » ENSL														Site témoin TNSL1					Site témoin TNSL2					Site témoin TNSL3					Total par taxon		
Embranchement	Groupe	Famille	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	MI6	MI7	Abond. moy.	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	Abond. totale	Abond. relative (%)
Mollusca	Bivalve	Sphaeriidae	59	52	55	51	61	38	95	58,7	97,62	120	111	55	73	80	87,8	89,05	47	27	14	13	50	30,2	93,21	69	40	58	33	47	49,4	93,56	1248	93,13
	Gastéropode	Hydrobiidae	1	0	0	0	1	0	0	0,3	0,48	1	0	0	0	0	0,2	0,20	0	0	0	1	0	0,2	0,62	0	0	0	0	0	0,0	0,00	4	0,30
Annelida	Oligochète	Naididae	0	0	0	1	1	0	0	0,3	0,48	3	7	5	1	0	3,2	3,25	0	1	0	0	0	0,2	0,62	1	1	1	0	0	0,6	1,14	22	1,64
Ectoprocta	Bryozoaire	Cristatellidae <sup>1</sup>	A	A	A	A	A	A	A	s. o.	A	A	A	A	A	A	s. o.	A	A	A	A	A	A	s. o.	A	A	A	P	A	P	s. o.	P	s. o.	
Nematoda	Nématodes	Nematoda	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,24	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	1	0	0	1	0,4	1,23	0	0	1	0	0	0,2	0,38	4	0,30
Arthropoda	Acarien	Hygrobatidae	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	1	0,2	0,20	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	1	0,2	0,38	2	0,15
	Cladocère	Sididae	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	1	0	4	0	2	1,4	1,42	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	1	1	0	0	0,8	1,52	11	0,82
	Trichoptère <sup>2</sup>	Leptoceridae	0	0	0	0	0	1	0	0,1	0,24	0	1	0	1	0	0,4	0,41	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	1	0,2	0,38	4	0,30
		Molannidae	0	0	0	0	0	0	1	0,1	0,24	0	1	1	0	0	0,4	0,41	1	0	0	0	0	0,2	0,62	1	0	0	0	0	0,2	0,38	5	0,37
	Diptère <sup>2</sup>	Chironomidae	0	0	0	1	1	0	1	0,4	0,71	17	3	3	0	2	5,0	5,07	1	1	0	0	4	1,2	3,70	3	0	1	1	1	1,2	2,27	40	2,99
<b>Total</b>			<b>60</b>	<b>53</b>	<b>55</b>	<b>53</b>	<b>64</b>	<b>39</b>	<b>97</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>142</b>	<b>123</b>	<b>68</b>	<b>75</b>	<b>85</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>49</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>76</b>	<b>42</b>	<b>62</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>100</b>	<b>1340</b>	<b>100</b>

Notes :

Abond. moy. : Abondance moyenne en nb/0,14 m<sup>2</sup> (abondance totale du taxon pour le site / nombre de stations).

Abond. relative (%) : Abondance relative en pourcentage (abondance totale du taxon / total des organismes pour le site ou l'année multiplié par 100).

Abond. totale : Abondance totale du taxon pour l'année à cette zone de profondeur.

s. o. : Sans objet.

<sup>1</sup> Organisme colonial. A : absent, P : présent.

<sup>2</sup> Groupe faisant partie des insectes.



---

### 3.3.2 Indicateurs des communautés

Les indicateurs unidimensionnels calculés par station ainsi que les statistiques descriptives, soit les moyennes, erreurs types, étendues, médianes ainsi que le nombre de mesures ayant servi à établir ces statistiques, pour l'ensemble des sites en 2024 et pour l'ensemble des témoins sont présentés au tableau 11. Les moyennes et erreurs types des indicateurs pour chacun des sites en 2024 sont illustrées aux figures 9 et 10. Finalement, les pertes des communautés n'ont pas pu être calculées encore puisqu'il s'agit de la première année de suivi. Les résultats des analyses statistiques sont présentés aux tableaux 9 et 10.

L'abondance ( $N$ ) par station varie entre 14 et 142 individus et en moyenne par site entre 32,4 à 98,6 individus par station (tableaux 8 et 11 et figure 9). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site TNSL1 a la plus forte abondance qui est statistiquement plus élevée que les autres sites alors que le site TNSL2 a la plus faible abondance. Le site exposé « ENSL » n'est pas différent de TNSL3.

La richesse taxonomique ( $S$ ) par station varie entre 1 et 5 taxons et en moyenne par site entre 2,4 à 4,4 taxons par station (tableaux 8 et 11 et figure 10). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site TNSL1 a la plus forte richesse qui est statistiquement plus élevée que celle du site « exposé » ENSL qui a la plus faible richesse. Le site exposé « ENSL » n'est pas différent de TNSL2.

L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) varie de 0 à 1,05 par station et fait en moyenne par site de 0,17 à 0,61 (tableaux 8 et 11 et figure 10). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL possède une diversité plus faible par rapport aux sites témoins.

L'indice d'équitabilité de Shannon ( $J'$ ) varie de 0,10 à 0,45 par station et fait en moyenne par site de 0,15 à 0,301 (tableaux 8 et 11 et figure 10). Deux indices n'ont pas pu être calculés (tableau 11). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL possède une équitabilité plus faible par rapport aux sites témoins.

L'abondance des chironomides (C) par station varie entre 0 et 17 individus et en moyenne par site entre 0,4 à 5 individus par station (tableaux 8 et 11 et figure 9). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL2 possède la plus forte abondance en Chironomidae alors que le site « exposé » ENSL a la plus faible abondance.

L'abondance des taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (EPT) par station varie entre 0 et 2 individus et en moyenne par site entre 0,2 à 0,8 individu par station (tableaux 8 et 11 et figure 9). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL1 possède la plus forte abondance en EPT alors que le site TNSL2 a la plus faible abondance.

Le ratio EPT/C par station varie entre 0 et 1 et en moyenne par site entre 0,25 à 0,33 par station (tableaux 8 et 11 et figure 9). Aucune différence significative n'a été mesurée entre les sites. Le site TNSL1 possède le plus faible ratio alors qu'il est identique pour les autres sites.

La contribution des dominants varie entre 81 à 100 % par station et fait en moyenne par site de 89,4 à 97,6 % (tableaux 8 et 11 et figure 10). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL possède une dominance plus forte par rapport aux sites témoins.

**Tableau 9 Résumé des analyses statistiques univariées (PER-ANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024**

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de $p_{perm}$ <sup>1</sup> – ou résultat des comparaisons par paire							
			N	S	H'	J'	C	EPT	EPT/C	Dom
Site	3	18*	<b>0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>0,019</b>	<b>0,014</b>	0,108	0,489	1,000	<b>0,020</b>
Comparaison par paire	ENSL	b	b	b	c	-	-	-	-	a
	TNSL1	a	a	a	a,b	-	-	-	-	b
	TNSL2	c	a,b	a	a	-	-	-	-	b
	TNSL3	b,c	a	a	b	-	-	-	-	b
<b>Tests d'homogénéité des variances et de normalité des résidus</b>										
Transformation <sup>2</sup>			Aucune	Aucune	Aucune	✓	✓	Aucune	Aucune	Aucune
PERMDISP Site <sup>3</sup>			0,223	0,959	0,193	0,129	0,666	0,563	0,841	<b>0,010</b>

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.

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. Les détails sont présentés à l'annexe E.

PER-ANOVA basées sur ressemblances Euclidiennes.

Les sorties PRIMER sont présentées à l'annexe E.

<sup>1</sup> Seuil de signification établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Les tirets (-) indiquent que les analyses n'ont pas pu être effectuées par manque de réplication.

<sup>2</sup> Transformation : ✓ : racine carrée, ✓✓ : racine quatrième, Log<sub>10</sub> : logarithmique en base 10 (x+1). En cas de test PERMDISP significatif, les transformations ont été testées. Si la transformation n'améliorait pas l'homogénéité des variances, l'analyse sans transformation était conservée.

<sup>3</sup> Le test PERMDISP est l'équivalent du test de Levene pour l'homogénéité des variances entre les groupes. Un seuil de signification de 0,05 a été utilisé pour cette condition. Les valeurs de  $p$  en **gras** indiquent une dispersion significativement différente entre les groupes. La condition de normalité n'a pas à être respectée en utilisant une PERMANOVA.

La structure entre les sites est différente, mais la composition n'est pas différente (tableau 10). Le site « exposé » ENSL est différent du site témoin TNSL1 seulement alors que TNSL1 ressemble seulement à TNSL3. Ceci s'explique par une plus grande présence des Naididae et des Chironomidae à TNSL1 et à une absence de Sididae à ENSL et TNSL2. Tous les sites sont dominés par la Sphaeriidae qui sont également plus nombreux au site TNSL1.

Les courbes de dominance ont montré une différence entre les sites (tableau 10). Le site « exposé » ENSL ressemble au site TNSL2, ils ont tous les deux une forte dominance par le premier taxon alors que les sites TNSL1 et TNSL3 présentent plus de taxons (plus grande richesse) et une dominance un peu plus faible.

**Tableau 10 Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024**

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de $p_{perm}$ <sup>1</sup>				
			Structure (totale) <sup>2</sup>	Composition <sup>2</sup>	Courbes de dominance <sup>3</sup>		
Site	3	18*	<b>0,034</b>	0,213	<b>0,038</b>		
Comparaison par paire	ENSL		a	-	a		
	TNSL1		b	-	b		
	TNSL2		a	-	a,b		
	TNSL3		a,b	-	b		
<b>Tests d'homogénéité des variances <sup>5</sup></b>							
Transformation <sup>4</sup>			√√	Présence/ absence	Aucune		
PERMDISP Site <sup>5</sup>			0,459	0,441	0,307		

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. Les détails sont présentés à l'annexe E.

s. o. : valeur de p non disponible, car le pseudo-F est négatif.

Les sorties PRIMER sont présentées à l'annexe E.

<sup>1</sup>Seuil de signification établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**.

<sup>2</sup>Ressemblance de Bray-Curtis.

<sup>3</sup>PERMANOVA sur les aires entre les courbes de dominance basées sur la procédure DOMDIS

<sup>4</sup>Transformation à la racine carrée (√), racine quatrième (√√) ou en présence/absence (0 ou 1).

<sup>5</sup>La dispersion a été vérifiée sur les sites. Un seuil de signification de 0,05 a été utilisé pour cette condition. Les valeurs de p en gras indiquent donc une dispersion significativement différente entre les groupes.



### Zone de marge inférieure

■ ENSL ■ TNSL1 ■ TNSL2 ■ TNSL3

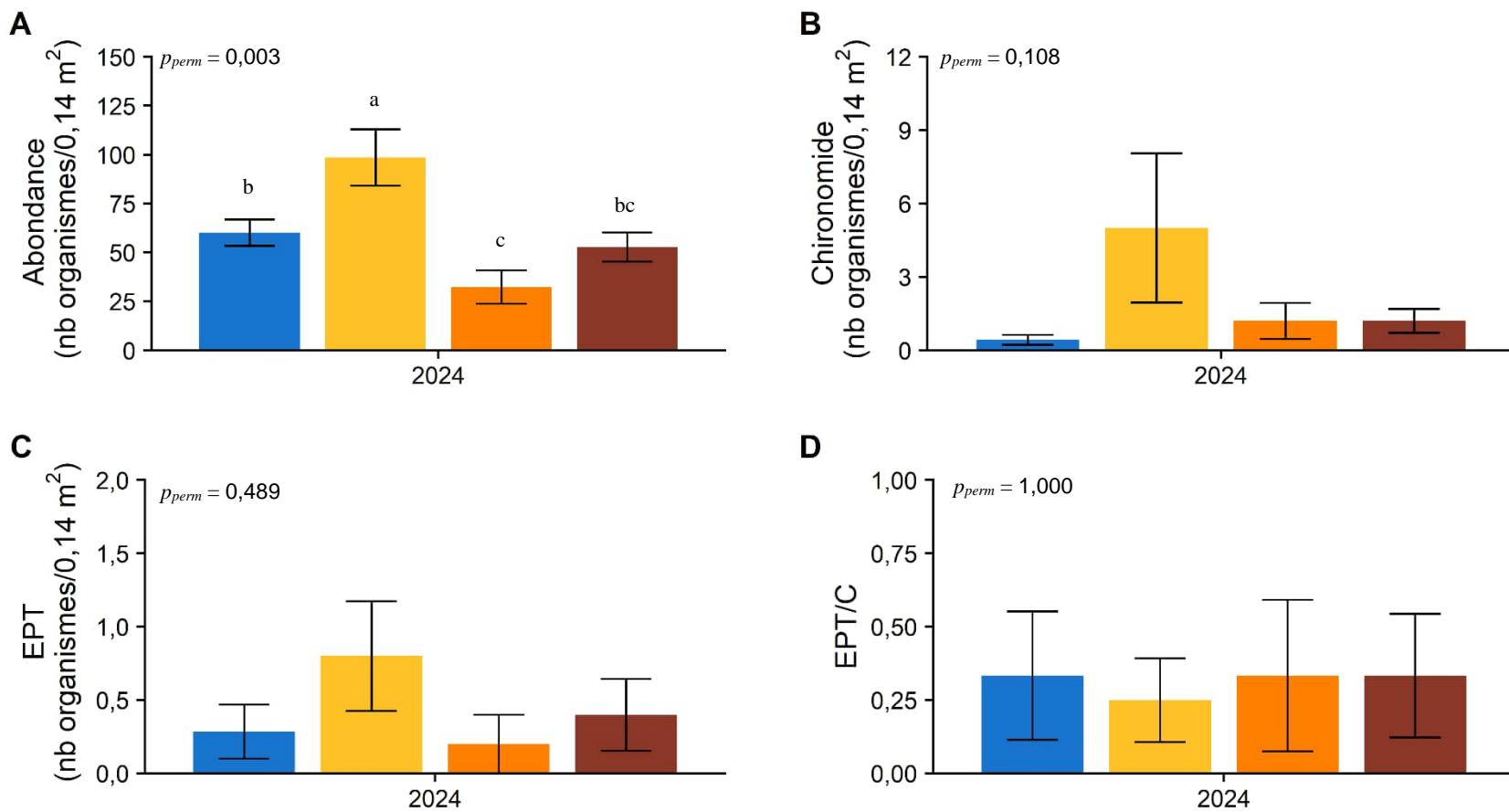


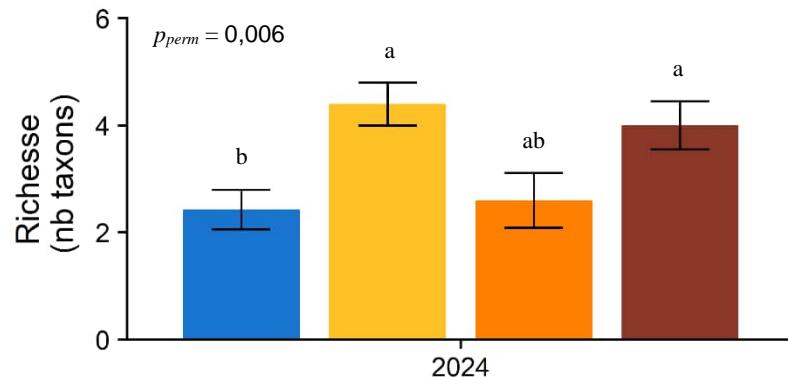
Figure 9

Moyennes  $\pm$  erreurs types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>), (B) l'abondance des chironomides (indice C, nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>), (C) l'abondance des éphéméroptères-trichoptères-plécoptères (indice EPT; nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone de marge inférieure

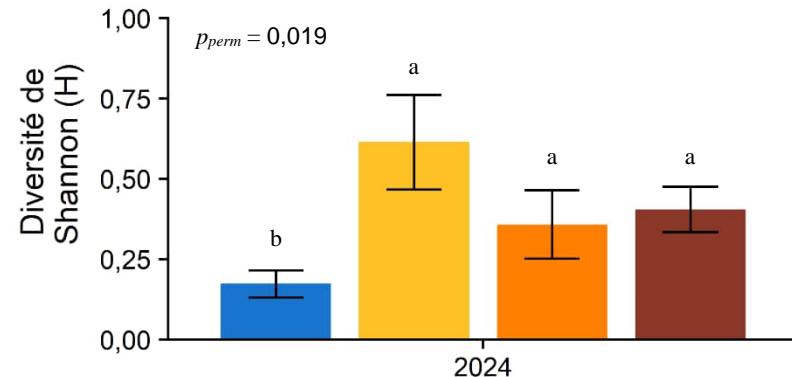
### Zone de marge inférieure

■ ENSL ■ TNSL1 ■ TNSL2 ■ TNSL3

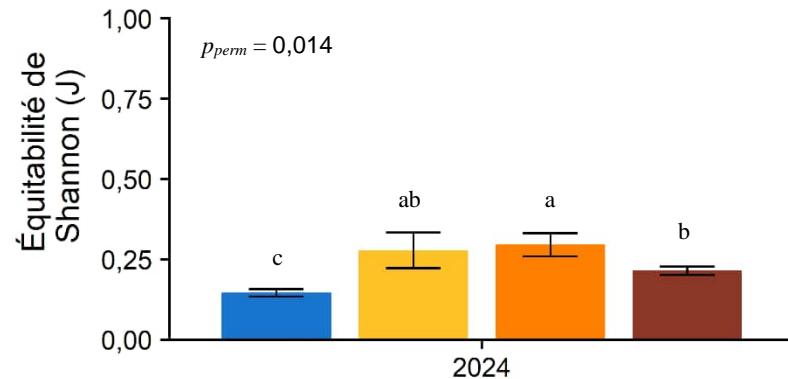
**A**



**B**



**C**



**D**

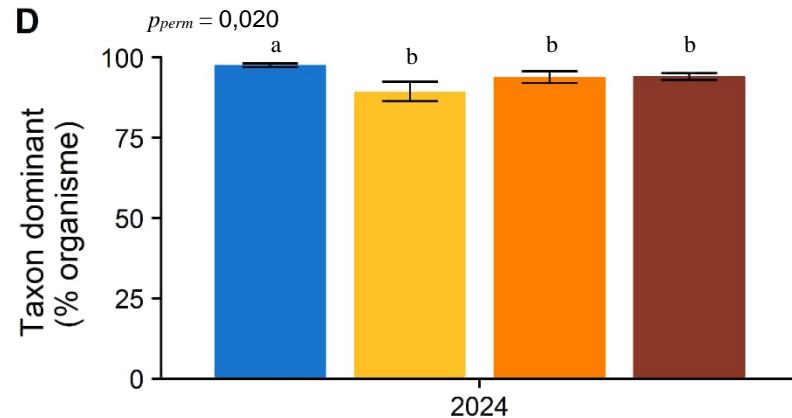


Figure 10

Moyennes  $\pm$  erreurs types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitable de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (% d'organismes) pour la zone de marge inférieure

Tableau 11 Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024

Site	Station	Abondance totale (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitable de Shannon	Chironomide (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ENSL	MI1	60	2	0,12	0,12	0	0	s. o.	98	Année de référence
	MI2	53	2	0,14	0,14	0	0	s. o.	98	
	MI3	55	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	MI4	53	3	0,27	0,17	1	0	0	96	
	MI5	64	4	0,35	0,17	1	0	0	95	
	MI6	39	2	0,17	0,17	0	1	s. o.	97	
	MI7	97	3	0,17	0,1	1	1	1	98	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>60,1 ± 6,8</b>	<b>2,4 ± 0,4</b>	<b>0,17 ± 0,04</b>	<b>0,15 ± 0,01</b>	<b>0,4 ± 0,2</b>	<b>0,3 ± 0,2</b>	<b>0,3 ± 0,3</b>	<b>97,6 ± 0,6</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>55</b>	<b>2</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>39 - 97</b>	<b>1 - 4</b>	<b>0 - 0,35</b>	<b>0,1 - 0,17</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 1</b>	<b>95 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>6 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>3 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>0 / 0</b>
Site témoin TNSL1	MI1	142	5	0,79	0,34	17	0	0	85	Année de référence
	MI2	123	5	0,61	0,26	3	2	0,7	90	
	MI3	68	5	1,05	0,45	3	1	0,3	81	
	MI4	75	3	0,2	0,13	0	1	s. o.	97	
	MI5	85	4	0,41	0,21	2	0	0	94	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>98,6 ± 14,4</b>	<b>4,4 ± 0,4</b>	<b>0,61 ± 0,15</b>	<b>0,28 ± 0,06</b>	<b>5 ± 3</b>	<b>0,8 ± 0,4</b>	<b>0,3 ± 0,2</b>	<b>89,4 ± 3</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>85</b>	<b>5</b>	<b>0,61</b>	<b>0,26</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>	<b>90,2</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>68 - 142</b>	<b>3 - 5</b>	<b>0,2 - 1,05</b>	<b>0,13 - 0,45</b>	<b>0 - 17</b>	<b>0 - 2</b>	<b>0 - 1</b>	<b>81 - 97</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>4 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>32,4 ± 8,6</b>	<b>2,6 ± 0,5</b>	<b>0,36 ± 0,11</b>	<b>0,3 ± 0,04</b>	<b>1,2 ± 0,7</b>	<b>0,2 ± 0,2</b>	<b>0,3 ± 0,3</b>	<b>93,9 ± 1,8</b>	-
Site témoin TNSL2	MI1	49	3	0,29	0,18	1	1	1	96	Année de référence
	MI2	30	4	0,63	0,31	1	0	0	90	
	MI3	14	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	MI4	14	2	0,37	0,37	0	0	s. o.	93	
	MI5	55	3	0,51	0,32	4	0	0	91	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>32,4 ± 8,6</b>	<b>2,6 ± 0,5</b>	<b>0,36 ± 0,11</b>	<b>0,3 ± 0,04</b>	<b>1,2 ± 0,7</b>	<b>0,2 ± 0,2</b>	<b>0,3 ± 0,3</b>	<b>93,9 ± 1,8</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>0,37</b>	<b>0,32</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>92,9</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>14 - 55</b>	<b>1 - 4</b>	<b>0 - 0,63</b>	<b>0,18 - 0,37</b>	<b>0 - 4</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 1</b>	<b>90 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>4 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>



Tableau 11 Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone de marnage inférieure en 2024 (suite)

Site	Station	Abondance totale (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>4 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>3 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
Site témoin TNSL3	MI1	76	5	0,61	0,26	3	1	0,3	91	Année de référence
	MI2	42	3	0,32	0,2	0	0	s. o.	95	
	MI3	62	5	0,47	0,2	1	0	0	94	
	MI4	34	3	0,19	0,19	1	0	0	97	
	MI5	50	4	0,42	0,21	1	1	1	94	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>52,8 ± 7,4</b>	<b>4 ± 0,4</b>	<b>0,41 ± 0,07</b>	<b>0,22 ± 0,01</b>	<b>1,2 ± 0,5</b>	<b>0,4 ± 0,2</b>	<b>0,3 ± 0,2</b>	<b>94,1 ± 1</b>	<b>-</b>
	<b>Médiane</b>	<b>50</b>	<b>4</b>	<b>0,42</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>94</b>	<b>-</b>
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>34 - 76</b>	<b>3 - 5</b>	<b>0,19 - 0,61</b>	<b>0,19 - 0,26</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 1</b>	<b>91 - 97</b>	<b>-</b>
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>4 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
Ensemble des témoins 2024	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>61,3 ± 36,1</b>	<b>3,7 ± 1,2</b>	<b>0,46 ± 0,26</b>	<b>0,26 ± 0,09</b>	<b>2,5 ± 4,2</b>	<b>0,5 ± 0,6</b>	<b>0,3 ± 0,4</b>	<b>92,5 ± 4,9</b>	<b>-</b>
	<b>Médiane</b>	<b>55</b>	<b>4</b>	<b>0,42</b>	<b>0,24</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>93,5</b>	<b>-</b>
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>14 - 142</b>	<b>1 - 5</b>	<b>0 - 1,05</b>	<b>0,13 - 0,45</b>	<b>0 - 17</b>	<b>0 - 2</b>	<b>0 - 1</b>	<b>81 - 100</b>	<b>-</b>
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>14 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>11 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>0 / 0</b>
Ensemble des sites en 2024	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>60,9 ± 31</b>	<b>3,3 ± 1,3</b>	<b>0,37 ± 0,26</b>	<b>0,23 ± 0,09</b>	<b>1,8 ± 3,6</b>	<b>0,4 ± 0,6</b>	<b>0,31 ± 0,42</b>	<b>94,1 ± 4,8</b>	<b>-</b>
	<b>Médiane</b>	<b>55</b>	<b>3</b>	<b>0,34</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>95,3</b>	<b>-</b>
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>14 - 142</b>	<b>1 - 5</b>	<b>0 - 1,05</b>	<b>0,1 - 0,45</b>	<b>0 - 17</b>	<b>0 - 2</b>	<b>0 - 1</b>	<b>81 - 100</b>	<b>-</b>
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>20 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>14 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>0 / 0</b>

Notes :

Les statistiques descriptives sont calculées à partir des données brutes et donc le résultat d'un calcul à partir des données arrondies comme celles présentées dans les tableaux pourrait légèrement différer du résultat présenté.

s. o. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.



---

## 3.4 Zone profonde

Pour le site « exposé », sept stations ont été échantillonnées alors que pour chacun des sites témoins, cinq stations ont été échantillonnées. Le moment d'échantillonnage, la granulométrie visuelle et la profondeur sont présentés à l'annexe G pour chacune des stations.

Au moment de l'échantillonnage en 2024, les profondeurs des stations de la zone profonde variaient entre 4,9 et 5,4 m (cote d'élévation variante entre 95,9 et 95,4 m) pour les stations échantillonnées les 4 et 5 septembre et de 4,5 à 4,6 m (cote d'élévation variante entre 96,11 et 96,01 m) pour les stations échantillonnées les 27 et 28 septembre.

À chaque site, la distance entre chacune des stations est d'environ 25 m (minimum de 22 m et maximum de 37 m). Ces stations se situent à proximité du rivage à des distances variant entre 3,2 à 4 km. Les stations du site TNSL1 sont les plus éloignées du rivage.

---

### 3.4.1 *Composition descriptive des communautés*

Des organismes ont été observés dans l'ensemble des stations de la zone profonde en 2024.

En 2024, 17 taxons différents répartis dans six embranchements sont présents (figures 4 à 6 [PF] et tableau 12). Les taxons les plus abondants dans la zone profonde sont les Sphaeriidea (mollusque bivalve) avec 66 % du total des organismes et les Naididae (annélide oligochète) avec 11 % du total. Le site « exposé » est dominé par les mollusques à 53 % (principalement des Sphaeriidea) suivis des arthropodes (principalement des cladocères) avec 23 % et Naididae (annélide oligochète) avec 21 % des abondances totales. Le site TNSL1 est dominé à 76 % par les mollusques (principalement des Sphaeriidea) suivis des arthropodes (principalement des trichoptères) avec 20 % des abondances totales. Les sites TNSL2 et TNSL3 sont composés à 95 % par les mollusques (principalement des Sphaeriidea). L'éponge Spongillidae et le bryozoaire Cristatellidae, des organismes coloniaux, ont été identifiés pour presque toutes les stations du site « exposé », alors qu'une seule station témoin présentait l'éponge et aucune station témoin n'avait de colonie de bryozoaires (tableau 12).

#### **Mollusques**

L'embranchemement des mollusques n'a que deux représentants dans la zone profonde en 2024, soit un bivalve (Sphaeriidae) et un gastéropode (Hydrobiidae) (tableau 12).

#### **Insectes**

La classe des insectes a six représentants dans la zone profonde en 2024, soit un taxon hémiptère, trois taxons trichoptères et deux taxons diptères (figures 6 [PF] et tableau 12). Les Leptoceridae (trichoptère) sont les insectes les plus abondants dans la zone profonde.



Tableau 12 Abondance d'organismes par station par chacun des sites échantillonnés dans la zone profonde en 2024

Organismes			Site « exposé » ENSL							Site témoin TNSL1							Site témoin TNSL2							Site témoin TNSL3							Total par taxon				
Embranchement	Groupe	Famille	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	Abond. moy.	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	Abond. moy.	Abond. relative (%)	Abond. totale	Abond. relative (%)	
Porifera	Éponge	Spongillidae <sup>1</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	s. o.	A	A	A	P	A	P	s. o.	A	A	A	A	A	A	s. o.	A	A	s. o.	A	s. o.					
Mollusca	Bivalve	Unionidae	1	0	2	4	2	0	3	1,7	2,54	0	0	1	0	0	0,2	1,41	1	0	0	0	0	0,2	0,67	1	0	0	0	1	0,4	2,17	16	2,04	
	Bivalve	Sphaeriidae	26	36	30	40	41	35	32	34,3	50,74	11	12	4	12	14	10,6	74,65	15	34	45	27	20	28,2	94,00	14	13	10	24	24	17,0	92,39	519	66,03	
Annelida	Oligochète	Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0,1	0,21	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	1	0,13
	Oligochète	Lumbriculidae	1	3	0	3	3	2	0	1,7	2,54	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	12	1,53	
	Oligochète	Naididae	4	26	15	16	14	8	2	12,1	17,97	0	0	0	3	0	0,6	4,23	1	0	0	0	0	0,2	0,67	0	0	0	0	0	0,0	0,00	89	11,32	
Ectoprocta	Bryozoaire	Cristatellidae <sup>1</sup>	P	P	A	P	P	P	P	P	s. o.	A	A	A	A	A	A	s. o.	A	A	A	A	A	A	s. o.	A	A	s. o.	A	s. o.					
Nematoda	Nématodes	Nematoda	2	1	3	5	0	0	1	1,7	2,54	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	12	1,53	
Arthropoda	Acarien	Hygrobatidae	0	2	1	1	2	0	0	0,9	1,27	0	2	0	0	1	0,6	4,23	1	1	0	2	2	1,2	4,00	0	0	1	0	0	0,2	1,09	16	2,04	
	Acarien	Mideopsidae	0	1	0	0	0	1	0	0,3	0,42	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	0,25	
	Cladocère	Sididae	9	7	3	7	17	1	0	6,3	9,30	0	1	0	3	0	0,8	5,63	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	48	6,11	
	Hémiptère <sup>2</sup>	Corixidae	1	0	1	0	0	0	0	0,3	0,42	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	0,25	
	Leptoceridae	Leptoceridae	5	7	4	5	6	3	2	4,6	6,77	3	0	2	1	0	1,2	8,45	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	1	1	0,4	2,17	40	5,09	
		Molannidae	0	1	0	0	1	0	0	0,3	0,42	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	1	0	0	0	0,2	0,67	0	0	0	0	1	0,2	1,09	4	0,51	
	Polycentropodidae	Polycentropodidae	0	0	1	1	0	0	0	0,3	0,42	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	0,25	
		Ceratopogonidae	0	1	0	0	0	1	0	0,3	0,42	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0,00	2	0,25	
Diptère <sup>2</sup>	Chironomidae	2	3	2	2	0	5	5	2,7	4,02	0	1	0	0	0	0,2	1,41	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	1	0	0,2	1,09	21	2,67		
	Total		51	88	62	84	86	57	45	68	100	14	16	7	19	15	14	100	18	36	45	29	22	30	100	15	13	11	26	27	18	100	786	100	

Notes :

Abond. moy. : Abondance moyenne en nb/0,14 m<sup>2</sup> (abondance totale du taxon pour le site / nombre de stations).

Abond. relative (%) : Abondance relative en pourcentage (abondance totale du taxon / total des organismes pour le site ou l'année multiplié par 100).

Abond. totale : Abondance totale du taxon pour l'année à cette zone de profondeur.

s. o. : Sans objet.

<sup>1</sup> Organisme colonial. A : absent, P : présent.

<sup>2</sup> Groupe faisant partie des insectes.



---

### 3.4.2 Indicateurs des communautés

Les indicateurs unidimensionnels calculés par station ainsi que les statistiques descriptives, soit les moyennes, erreurs types, étendues, médianes ainsi que le nombre de mesures ayant servi à établir ces statistiques, pour l'ensemble des sites en 2024 et pour l'ensemble des témoins sont présentés au tableau 15. Les moyennes et erreurs types des indicateurs pour chacun des sites en 2024 sont illustrées aux figures 11 et 12. Finalement, les pertes des communautés n'ont pas pu être calculées encore puisqu'il s'agit de la première année de suivi. Les résultats des analyses statistiques sont présentés aux tableaux 13 et 15.

L'abondance ( $N$ ) par station varie entre 7 et 88 individus et en moyenne par site entre 14,2 à 67,6 individus par station (tableaux 13 et 15 et figure 11). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL a la plus forte abondance qui est statistiquement plus élevée que les autres sites puis TNSL2 a également une abondance plus élevée que les sites TNSL1 et TNSL3. Les sites TNSL1 et TNSL3 ne sont pas différents.

La richesse taxonomique ( $S$ ) par station varie entre 1 et 13 taxons et en moyenne par site entre 2,4 à 10,9 taxons par station (tableaux 13 et 15 et figure 12). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site ENSL a la plus forte richesse qui est statistiquement plus élevée que celle des sites TNSL1 à TNSL3 qui ne sont pas différents les uns des autres.

L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) varie de 0 à 2,41 par station et fait en moyenne par site de 0,39 à 2,13 (tableaux 13 et 15 et figure 12). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL possède une diversité plus élevée par rapport aux sites témoins et le site TNSL1 occupe le second rang.

L'indice d'équitabilité de Shannon ( $J'$ ) varie de 0,23 à 0,87 par station et fait en moyenne par site de 0,36 à 0,67 (tableaux 13 et 15 et figure 12). Deux indices n'ont pas pu être calculés (tableau 15). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL et le site TNSL1 possèdent une équitabilité plus élevée par rapport aux sites témoins.

L'abondance des chironomides (C) par station varie entre 0 et 5 individus et en moyenne par site entre 0 à 2,7 individus par station (tableaux 13 et 15 et figure 11). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL présente la plus forte abondance en Chironomidae alors qu'ils sont absents ou très faibles pour les témoins.

L'abondance des taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (EPT) par station varie entre 0 et 8 individus et en moyenne par site entre 0,2 à 5,1 individus par station (tableaux 13 et 15 et figure 11). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL présente la plus forte abondance en taxons EPT alors qu'ils sont très faibles pour les témoins.

Le ratio EPT/C par station varie entre 0 et 3 alors que la moyenne ne peut être calculée que pour le site « exposé » ENSL (tableaux 13 et 15 et figure 11). Les comparaisons statistiques sont impossibles.

La contribution des dominants varie de 41 à 100 % par station et fait en moyenne par site de 52,6 à 93,1 % (tableaux 13 et 15 et figure 12). Une différence significative a été mesurée entre les sites : le site « exposé » ENSL possède une dominance plus faible par rapport aux sites témoins alors que le site TNSL1 présente une dominance intermédiaire.

**Tableau 13 Résumé des analyses statistiques univariées (PER-ANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024**

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de $p_{perm}$ <sup>1</sup> –résultat des comparaisons par paire									
			N	S	H'	J'	C	EPT	EPT/C	Dom		
Site	3	18*	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	-	<b>0,001</b>		
Comparaison par paire	ENSL		a	a	a	a	a	a	-	c		
	TNSL1		c	b	b	a	b	b	-	b		
	TNSL2		b	b	c	b	-	b	-	a		
	TNSL3		c	b	c	b	b	b	-	a		
<b>Tests d'homogénéité des variances et de normalité des résidus</b>												
Transformation <sup>2</sup>			√	Aucune	Aucune	Aucune	√	Aucune	-	Aucune		
PERMDISP Site <sup>3</sup>			0,256	0,975	0,515	0,085	0,391	0,119	-	0,227		

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.

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. Les détails sont présentés à l'annexe E.

PER-ANOVA basées sur ressemblances Euclidiennes.

Les sorties PRIMER sont présentées à l'annexe E.

<sup>1</sup> Seuil de signification établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**. Les tirets (-) indiquent que les analyses n'ont pas pu être effectuées par manque de réplication.

<sup>2</sup> Transformation : √ : racine carrée, √<sup>1</sup> : racine quatrième, Log<sub>10</sub> : logarithmique en base 10 (x+1). En cas de test PERMDISP significatif, les transformations ont été testées. Si la transformation n'améliorait pas l'homogénéité des variances, l'analyse sans transformation était conservée.

<sup>3</sup> Le test PERMDISP est l'équivalent du test de Levene pour l'homogénéité des variances entre les groupes. Un seuil de signification de 0,05 a été utilisé pour cette condition. Les valeurs de *p* en **gras** indiquent une dispersion significativement différente entre les groupes. La condition de normalité n'a pas à être respectée en utilisant une PERMANOVA.

La structure et la composition sont différentes entre les sites (tableau 15). Le site « exposé » ENSL est différent de tous les sites témoins et ceci s'explique notamment par une plus grande richesse et de plus fortes abondances au site ENSL.

Les courbes de dominance ont montré une différence entre les sites (tableau 15). Les résultats sont fidèles à ceux du taxon dominant et de l'équitabilité (figures 12D et C), soit que la dominance est partagée entre plusieurs taxons au site « exposé » ENSL, que le site TNSL1 présente une courbe de dominance intermédiaire entre le site ENSL et les deux autres témoins et que les sites TNSL2 et TNSL3 présentent une forte dominance par le premier taxon.

**Tableau 14 Résumé des analyses statistiques multivariées (PERMANOVA) des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024**

Source	ddl num	ddl den	Valeurs de $p_{perm}$ <sup>1</sup>				
			Structure (totale) <sup>2</sup>	Composition <sup>2</sup>	Courbes de dominance <sup>3</sup>		
Site	3	18*	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>		
Comparaison par paire	ENSL		a	a	a		
	TNSL1		c	b	b		
	TNSL2		b,c	b	c		
	TNSL3		b	b	c		
<b>Tests d'homogénéité des variances <sup>5</sup></b>							
Transformation <sup>4</sup>			✓	Présence/ absence	Aucune		
PERMDISP Site <sup>5</sup>			0,104	<b>0,050</b>	<b>0,001</b>		

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. Les détails sont présentés à l'annexe E.

s. o. : valeur de p non disponible, car le pseudo-F est négatif.

Les sorties PRIMER sont présentées à l'annexe E.

<sup>1</sup>Seuil de signification établi à 0,1. Les valeurs significatives sont mises en évidence en **gras**.

<sup>2</sup>Ressemblance de Bray-Curtis.

<sup>3</sup>PERMANOVA sur les aires entre les courbes de dominance basées sur la procédure DOMDIS

<sup>4</sup>Transformation à la racine carrée (✓), racine quatrième (✓✓) ou en présence/absence (0 ou 1).

<sup>5</sup>La dispersion a été vérifiée sur les sites. Un seuil de signification de 0,05 a été utilisé pour cette condition. Les valeurs de p en gras indiquent donc une dispersion significativement différente entre les groupes.



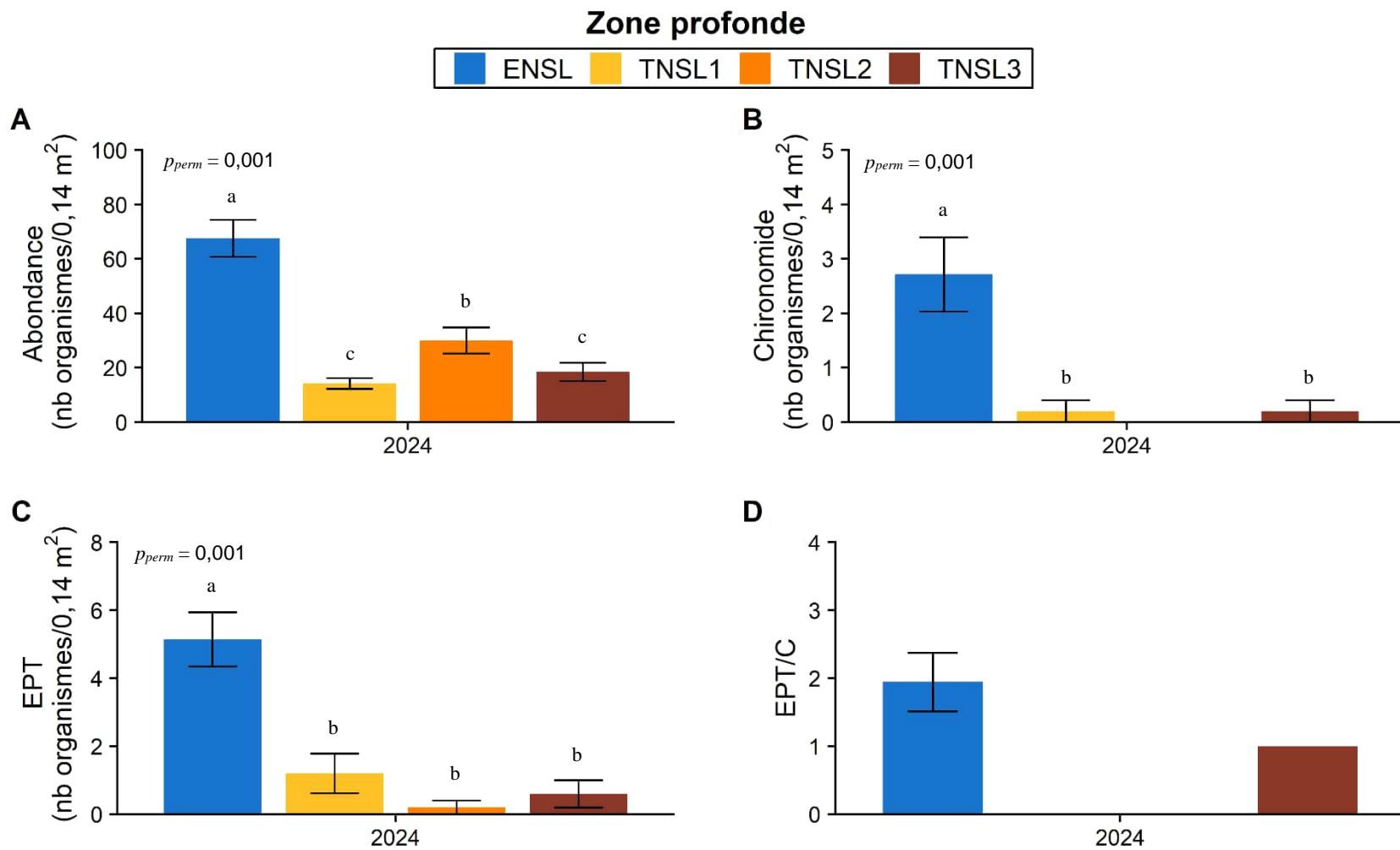


Figure 11

Moyennes  $\pm$  erreurs types de (A) l'abondance totale (nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>), (B) l'abondance des chironomides (indice C, nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>), (C) l'abondance des éphéméroptères-trichoptères-plécoptères (indice EPT; nb d'organismes/0,14 m<sup>2</sup>) et (D) le ratio des abondances de EPT (en C) sur l'abondance des chironomides (en B) pour la zone profonde

### Zone profonde

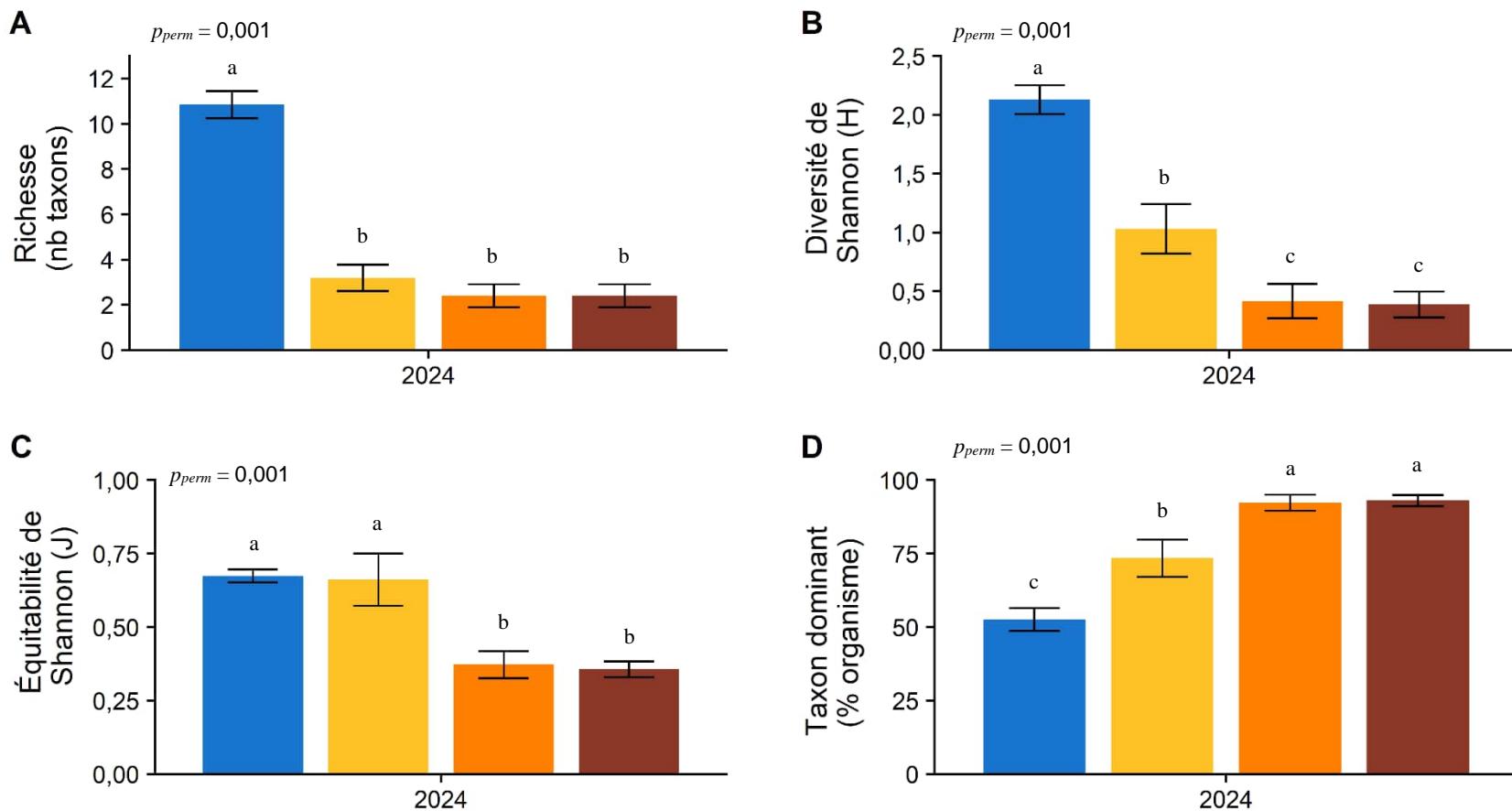


Figure 12

Moyennes  $\pm$  erreurs types de (A) la richesse taxonomique, (B) la diversité de Shannon (H'), (C) l'équitable de Shannon (J') et (D) la contribution des dominants (% d'organismes) pour la zone profonde

Tableau 15 Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024

Site	Station	Abondance totale (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site « exposé » ENSL	PF1	51	11	2,25	0,71	2	5	2,5	51	Année de référence
	PF2	88	13	2,38	0,69	3	8	2,7	41	
	PF3	62	11	2,29	0,69	2	5	2,5	48	
	PF4	84	12	2,41	0,73	2	6	3	48	
	PF5	86	10	2,16	0,72	0	7	s. o.	48	
	PF6	57	11	1,94	0,61	5	3	0,6	61	
	PF7	45	8	1,48	0,57	5	2	0,4	71	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>67,6 ± 6,8</b>	<b>10,9 ± 0,6</b>	<b>2,13 ± 0,12</b>	<b>0,67 ± 0,02</b>	<b>2,7 ± 0,7</b>	<b>5,1 ± 0,8</b>	<b>1,9 ± 0,5</b>	<b>52,6 ± 3,9</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>62</b>	<b>11</b>	<b>2,25</b>	<b>0,69</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2,5</b>	<b>48</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>45 - 88</b>	<b>8 - 13</b>	<b>1,48 - 2,41</b>	<b>0,57 - 0,73</b>	<b>0 - 5</b>	<b>2 - 8</b>	<b>0 - 3</b>	<b>41 - 71</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>6 / 7</b>	<b>7 / 7</b>	<b>0 / 0</b>
Site témoin TNSL1	PF1	14	2	0,75	0,75	0	3	s. o.	79	Année de référence
	PF2	16	4	1,19	0,59	1	0	0	75	
	PF3	7	3	1,38	0,87	0	2	s. o.	57	
	PF4	19	5	1,48	0,74	0	1	s. o.	63	
	PF5	15	2	0,35	0,35	0	0	s. o.	93	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>14,2 ± 2</b>	<b>3,2 ± 0,6</b>	<b>1,03 ± 0,21</b>	<b>0,66 ± 0,09</b>	<b>0,2 ± 0,2</b>	<b>1,2 ± 0,6</b>	<b>0 ± s. o.</b>	<b>73,4 ± 6,3</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>1,19</b>	<b>0,74</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>7 - 19</b>	<b>2 - 5</b>	<b>0,35 - 1,48</b>	<b>0,35 - 0,87</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 0</b>	<b>57 - 93</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>1 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>PF1</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>0,91</b>	<b>0,46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>83</b>	
Site témoin TNSL2	PF2	36	3	0,37	0,23	0	1	s. o.	94	Année de référence
	PF3	45	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	PF4	29	2	0,36	0,36	0	0	s. o.	93	
	PF5	22	2	0,44	0,44	0	0	s. o.	91	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>30 ± 4,8</b>	<b>2,4 ± 0,5</b>	<b>0,42 ± 0,15</b>	<b>0,37 ± 0,05</b>	<b>0 ± 0</b>	<b>0,2 ± 0,2</b>	<b>s. o.</b>	<b>92,4 ± 2,7</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>29</b>	<b>2</b>	<b>0,37</b>	<b>0,4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>93,1</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>18 - 45</b>	<b>1 - 4</b>	<b>0 - 0,91</b>	<b>0,23 - 0,46</b>	<b>0 - 0</b>	<b>0 - 1</b>	<b>s. o.</b>	<b>83 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>4 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>PF1</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>0,91</b>	<b>0,46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>s. o.</b>	<b>83</b>	
	<b>PF2</b>	<b>36</b>	<b>3</b>	<b>0,37</b>	<b>0,23</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>s. o.</b>	<b>94</b>	



Tableau 15 Indices de diversité et statistiques descriptives des communautés d'invertébrés benthiques pour la zone profonde en 2024 (suite)

Site	Station	Abondance totale (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon	Indice d'équitabilité de Shannon	Chironomide (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT (nb/0,14 m <sup>2</sup> )	EPT/C	Contribution des dominants (%)	Perte des communautés
Site témoin TNSL3	PF1	15	2	0,35	0,35	0	0	s. o.	93	Année de référence
	PF2	13	1	0	s. o.	0	0	s. o.	100	
	PF3	11	2	0,44	0,44	0	0	s. o.	91	
	PF4	26	3	0,47	0,3	1	1	1	92	
	PF5	27	4	0,68	0,34	0	2	s. o.	89	
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>18,4 ± 3,4</b>	<b>2,4 ± 0,5</b>	<b>0,39 ± 0,11</b>	<b>0,36 ± 0,03</b>	<b>0,2 ± 0,2</b>	<b>0,6 ± 0,4</b>	<b>1 ± s. o.</b>	<b>93,1 ± 1,9</b>	-
	<b>Médiane</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>0,44</b>	<b>0,35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>92,3</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>11 - 27</b>	<b>1 - 4</b>	<b>0 - 0,68</b>	<b>0,3 - 0,44</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 2</b>	<b>1 - 1</b>	<b>89 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>4 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>1 / 5</b>	<b>5 / 5</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>20,9 ± 10,2</b>	<b>2,7 ± 1,2</b>	<b>0,61 ± 0,45</b>	<b>0,48 ± 0,2</b>	<b>0,1 ± 0,4</b>	<b>0,7 ± 1</b>	<b>0,5 ± 0,7</b>	<b>86,3 ± 12,7</b>	-
Ensemble des témoins 2024	<b>Médiane</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>90,9</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>7 - 45</b>	<b>1 - 5</b>	<b>0 - 1,48</b>	<b>0,23 - 0,87</b>	<b>0 - 1</b>	<b>0 - 3</b>	<b>0 - 1</b>	<b>57 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>13 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>2 / 15</b>	<b>15 / 15</b>	<b>0 / 0</b>
	<b>Moyenne ± erreur type</b>	<b>35,7 ± 25,6</b>	<b>5,3 ± 4,1</b>	<b>1,09 ± 0,83</b>	<b>0,55 ± 0,19</b>	<b>1 ± 1,6</b>	<b>2,1 ± 2,5</b>	<b>1,58 ± 1,2</b>	<b>75,6 ± 19,9</b>	-
Ensemble des sites en 2024	<b>Médiane</b>	<b>26,5</b>	<b>3,5</b>	<b>0,83</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1,75</b>	<b>81</b>	-
	<b>Minimum - Maximum</b>	<b>7 - 88</b>	<b>1 - 13</b>	<b>0 - 2,41</b>	<b>0,23 - 0,87</b>	<b>0 - 5</b>	<b>0 - 8</b>	<b>0 - 3</b>	<b>41 - 100</b>	-
	<b>Nb de mesures / total disponible</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>20 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>8 / 22</b>	<b>22 / 22</b>	<b>0 / 0</b>

Notes :

Les statistiques descriptives sont calculées à partir des données brutes et donc le résultat d'un calcul à partir des données arrondies comme celles présentées dans les tableaux pourrait légèrement différer du résultat présenté.

s. o. : Données insuffisantes pour calculer l'indice.



## 4 Synthèse des résultats

En 2024, des organismes ont été observés dans la majorité des stations à des abondances totales globalement jugées faibles variant entre 0 et 142 org./0,14 m<sup>2</sup> (moyenne de 35,7 org./0,14 m<sup>2</sup> en excluant les stations vides et 33,5 org./0,14 m<sup>2</sup> en les incluant). Ceci correspond à des densités de 0 à 1 014,3 org./m<sup>2</sup> (moyenne d'environ 250 org./m<sup>2</sup>).

La zone de marnage inférieure présente généralement une abondance plus élevée (60,9 org./0,14 m<sup>2</sup>) que la zone profonde (35,7 org./0,14 m<sup>2</sup>) et que la zone de marnage supérieure qui a les plus faibles abondances (4 org./0,14 m<sup>2</sup>).

Globalement, la richesse taxonomique moyenne était plus élevée en zone profonde (5,3 taxons, 2,7 taxons sans le site ENSL), intermédiaire en zone de marnage inférieure (3,3 taxons) et faible en zone de marnage supérieure (1,4 taxon). Toutefois, la richesse en zone profonde est fortement influencée par le site ENSL qui pourrait être lui-même davantage influencé par les rivières que les autres sites. Néanmoins, il est normal que la zone profonde soit plus riche puisque les conditions y sont plus homogènes tout au long de l'année en comparaison avec les zones moins profondes.

### 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 suivis des mollusques de la famille des Sphaeriidae. La proportion de chacun est variable entre les sites.

Peu d'organismes étaient présents dans la zone de marnage supérieure. Les descripteurs des communautés présentent certaines variations entre les sites. Toutefois, ces variations ne sont pas significatives à l'exception du site TNLS3 qui présente une plus forte abondance des Chironomidae en comparaison aux autres sites.

La structure et la composition des communautés sont différentes entre les sites. Le site « exposé » ENSL n'est pas différent du site témoin TNSL1 alors qu'il est différent de TNSL2 et TNSL3. Ceci s'explique par la forte présence des Sphaeriidae à ENSL qui sont également présents à TNSL1, mais qui sont totalement absents de TNSL2 et TNSL3.

### Zone de marnage inférieure

Dans la zone de marnage inférieure, les organismes les plus nombreux dans les échantillons sont les mollusques bivalves de la famille des Sphaeriidae. La proportion varie peu entre les sites avec des abondances relatives de 89 à 98 %.

Les descripteurs des communautés présentent certaines variations entre les sites. Le site « exposé » ENSL se distingue par une richesse, une diversité et une équitabilité faibles ainsi que par une forte dominance. Néanmoins, tous les sites sont différents les uns des autres selon l'indice de diversité étudié, p. ex. le site TNSL1 possède une abondance totale plus élevée que tous les autres sites.

La structure entre les sites est différente, mais la composition n'est pas différente. Le site « exposé » ENSL est différent du site témoin TNSL1 seulement alors que TNSL1 ressemble seulement à TNSL3. Ceci s'explique par une plus grande présence des Naididae et des Chironomidae à TNSL1 et à une absence de Sididae à ENSL et TNSL2. Tous les sites sont dominés par la Sphaeriidae qui sont également plus nombreux au site TNSL1.

## Zone profonde

Dans la zone profonde, les organismes les plus nombreux dans les échantillons sont les mollusques bivalves de la famille des Sphaeriidae suivis des annélides oligochètes de la famille des Naididae. Les proportions varient entre les sites.

Les descripteurs des communautés présentent certaines variations entre les sites et le site « exposé » se distingue davantage des autres sites. Le site « exposé » ENSL se distingue par des abondances, une richesse et une diversité plus élevées alors que la proportion du taxon dominant est faible. Néanmoins, les sites témoins sont également parfois différents les uns des autres, p. ex. le site TNSL2 possède une abondance totale plus élevée que TNSL1 et TNSL3.

La structure et la composition sont différentes entre les sites. Le site « exposé » ENSL est différent de tous les sites témoins et ceci s'explique notamment par une plus grande richesse et de plus fortes abondances au site ENSL.

## 5 Conclusion

Concernant les travaux d'aménagement d'une nouvelle structure, trois sites témoins et un site « exposé » ont été inventoriés en 2024 afin de constituer l'état de référence pour le suivi des communautés d'invertébrés benthiques reliés au PSBLSJ. Ce suivi a permis de documenter les abondances naturelles des invertébrés benthiques dans le secteur de Sainte-Monique, et ce, pour trois strates de profondeur. Des travaux d'aménagement d'îlots de pierres déversées auront lieu à l'hiver 2025.

Les abondances des invertébrés benthiques (nombre d'organismes par échantillon) se sont avérées nettement plus faibles pour la zone de marnage supérieure comparativement à la zone profonde (2<sup>e</sup> rang) et la zone de marnage inférieure (1<sup>er</sup> rang). La richesse taxonomique (nombre de taxons par échantillon) était plus faible pour la zone de marnage supérieure comparativement aux zones de marnage inférieure (2<sup>e</sup> rang) et profonde (1<sup>er</sup> rang).

De manière générale, les indicateurs utilisés ne présentaient pas de différence entre les sites pour la zone de marnage supérieure, tandis que plusieurs descripteurs des communautés (abondance, richesse, diversité, équitabilité et dominants) présentent des variations en zone de marnage inférieure et en zone profonde démontrant une variabilité importante entre les sites.

Ces résultats démontrent une variabilité spatiale importante des conditions en lac. Néanmoins, comme l'objectif de cette étude vise à documenter les changements dans les communautés benthiques avant et après les travaux à l'intérieur d'un même site et non à comparer les sites, cette variabilité spatiale n'affectera pas la poursuite du suivi pour les trois prochaines années tel que planifié.



# 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.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. *Guide pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement par les mines de métaux*. Pagination multiple.
- ENVIRONNEMENT CANADA (EC) ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC (MDDEP). 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. 39 pages.
- 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.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). 2025. *Critères de qualité de l'eau de surface*. En ligne : [http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/index.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp)

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), 2e édition : 88 p. (incluant 6 ann.).

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.

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 no ENV/2002/0291, rapport no EA/2002-02, 85 p. et 4 annexes.

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.

VALENTINE, M. 1989. *Étude de la densité et de la répartition de la faune ichtyenne et benthique du lac Saint-Jean*. Centre Écologique du Lac Saint-Jean inc., Saint-Félicien. 49 p. et annexes.

WSP. 2022. *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 2021)*. Rapport produit pour Rio Tinto. 190 p. et annexes.

# ANNEXE

**A**

PROTOCOLE 2023 POUR LE  
SUIVI DES COMMUNAUTÉS  
BENTHIQUES AU LAC SAINT-  
JEAN



## NOTE TECHNIQUE

---

<b>CLIENT :</b>	Rio Tinto	
<b>PROJET :</b>	PSBLSJ 2018-2027	<b>Réf. WSP :</b> CA0005207.5377
<b>OBJET :</b>	Protocole 2018-2023 pour le suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean	<b>DATE :</b> 26 juin 2023
<b>DESTINATAIRE :</b>	Mme Caroline Jolette	
<b>C.C.</b>	MELCCFP	

Note : Les modifications au protocole 2022 sont présentées en grisé dans le texte.

---

## 1 MISE EN CONTEXTE

À la suite des différentes rencontres de discussion tenues avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP, auparavant le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs) 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 pour donner suite aux commentaires reçus et discutés avec le MELCCFP et le comité scientifique du Conseil de gestion durable du lac Saint-Jean. Le protocole d'échantillonnage établi en collaboration avec le MFFP et le MELCC est appliqué depuis la première année de l'adoption du nouveau décret. Une planification de suivi est déposée l'été précédent chaque campagne d'inventaire.

À la suite des différents échanges avec le MELCCFP en 2022 et 2023 et aux analyses récentes effectuées (ex. proposition de suivi et choix de site en 2023), quelques ajustements au protocole sont présentés en grisé ci-dessous. Ces ajustements seront appliqués pour les suivis débutant en 2023 et ultérieurement.

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 et la diversité des invertébrés benthiques.

## 2 OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

Dans son courriel du 11 janvier 2022, le MFFP a demandé que les objectifs et hypothèses de départ soient énoncés plus clairement dans les rapports.

Spécifiquement, les objectifs pour chacune des zones de profondeurs sont de :

- Vérifier la présence d'un effet des travaux de stabilisation sur les différents indicateurs d'effets retenus :
  - il sera considéré que les travaux ont potentiellement un effet si l'interaction entre Exposition et 'Période', soit entre avant et après les travaux, est significative.
- Documenter la variabilité naturelle observée spatialement (sites) et temporellement (années) pour les différents indicateurs d'effets retenus :
  - les indicateurs d'effets seront examinés entre les années ainsi qu'avant et après les travaux pour l'ensemble des sites (incluant le site « exposé »).

Les hypothèses nulles sont :

- Les travaux n'ont pas eu d'effets sur les assemblages benthiques, soit que les tendances observées au site « exposé » seront les mêmes que chez les témoins;
- Le temps et l'espace n'ont pas d'effet sur les indicateurs d'effets.

Les hypothèses alternatives sont :

- Les travaux ont un effet sur les assemblages benthiques, soit que les tendances observées au site exposé sont différentes (peu importe comment elles sont différentes) de celles observées chez les témoins;
- Le temps ou l'espace ont un effet sur les indicateurs d'effets.

Il est attendu que la variabilité naturelle soit élevée et qu'elle sera plus importante que la variabilité pouvant être attribuée aux travaux. Il est attendu que la variabilité entre les sites (spatiale) soit élevée. Ainsi, un effet observé pour l'interaction Exposition  $\times$  'Période' ne serait pas forcément identifié hors de tout doute comme attribuable aux travaux.

## 3 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 travaux 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 :

- recharge de plage à l'embouchure de rivière (en analyse finale au MELCCFP);
- recharge de plage en lac (complété en 2021);
- nouvelle structure (p. ex. épi ou brise-lames) à l'embouchure de rivière (non débuté);

- nouvelle structure (p. ex. épi ou brise-lames) en lac (non débuté);
- nouvel empierrement (p. ex. nouveau perré) à l'embouchure de rivière (site proposé pour un nouveau suivi à démarrer en 2023);
- nouvel empierrement (p. ex. nouveau perré) en lac (non débuté ).

### 3.1 ZONE D'ÉTUDE ET ÉCHANTILLONNAGE

**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 après 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.

Afin d'avoir un portrait de la variabilité naturelle interannuelle, il est proposé d'inclure trois sites témoins à l'étude par type de travaux et par type de milieu. La sélection des sites témoins permettra d'avoir un design de type « Before-After Control-Impact » (BACI) qui permet de documenter les effets potentiels des activités humaines en utilisant la variabilité naturelle de sites témoins. Ce design implique la prise d'échantillons dans les quatre sites (un exposé et trois témoins) en suivant le même protocole et en échantillonnant durant la même période avant et après la réalisation des ouvrages (Underwood, 1991; Green, 1979). Ce type de 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 selon des conditions autres que celles pouvant être associées aux différents types de travaux tels que la météo, les tempêtes, les niveaux d'eau, etc. 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. Chaque site témoin fera l'objet d'une justification, d'une description sommaire des conditions ainsi qu'un historique des interventions dans le secteur.

**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 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, le niveau d'eau pourra atteindre un niveau maximum de 16 pieds (101,39 m) et un minimum de 14 pieds (100,78 m) entre le 24 juin et le 1<sup>er</sup> septembre, ce qui permettra d'avoir une zone de marnage supérieure complètement inondée. Le niveau maximum passera à 15,5 pieds dès le 1<sup>er</sup> septembre. Entre le 8 et le 21 septembre, la contrainte du niveau minimum du lac sera abaissée graduellement de 14 à 13 pieds (100,48 m). Par la suite, le niveau du lac pourra encore être abaissé jusqu'à 12 pieds (100,17 m) 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 vers la mi-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.

### 3.1.1 **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.

— **Variable EXPOSITION :**

- **Site « exposé » :** Le site « exposé » se définit comme un site où des ouvrages sont réalisés.

De façon générale, et tel qu'utilisé pour le suivi relié aux **travaux de recharge en lac** (Saint-Henri-de-Tailleur) et en **rivière** (Saint-Prime), le choix d'un site « exposé » a reposé sur les critères suivants:

- la composition granulométrique actuelle et future similaire au milieu naturel (sable);
- les travaux réalisés en rive du lac Saint-Jean;
- la possibilité de trouver un site témoin similaire à proximité;
- la distance linéaire prévue pour le recharge qui est suffisante pour réaliser cinq stations d'échantillonnage (minimalelement 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.

De façon plus spécifique tel que proposé pour le suivi relié aux **travaux d'empierrement (perré) en embouchure de rivière**, le choix d'un site « exposé » a reposé sur les critères suivants:

- travaux réalisés en rivière;
- possibilité de trouver des sites témoins similaires à proximité;
- distance des travaux linéaires prévue qui est suffisante pour réaliser un minimum de sept stations d'échantillonnage (minimalelement 60 m de manière à avoir 10 m séparant chaque station);
- absence de travaux récents (dans les cinq dernières années) dans un rayon de 500 m.

- **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 (recharge, structure et empierrement), trois sites témoins seront choisis; un exemple est présenté sur la figure 1. Le choix de sites témoins devra respecter plusieurs critères :

- 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 puisque les zones n'ayant pas subi d'intervention peuvent être rares dans certains secteurs comme pour la proposition de suivi pour des **travaux d'empierrement en embouchure de rivière**.
- 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, mais cette distance pourra être modifiée en fonction des caractéristiques du milieu et du type d'ouvrage. Pour la proposition de suivi pour des **travaux d'empierrement en embouchure de rivière**, il a été évalué qu'une distance de 150 m est suffisante pour éviter l'effet des différents ouvrages particulièrement s'ils sont localisés en amont du site « exposé ».

- ▣ Présenter des caractéristiques similaires en ce qui a trait à 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 au vent.
  - ▣ Être similaires aux sites exposés pour la présence ou l'absence de végétation aquatique.
  - ▣ Se trouver dans un secteur où la bathymétrie est similaire (présence ou absence de fosse, rupture de pente, haut-fond, baie, etc.).
- **Variable ÉLÉVATION** : Étant donné que l'étude de Valentine (1989) soulignait des différences significatives entre la zone de marnage supérieure et la zone profonde, il est proposé de tenir compte de la profondeur d'eau (cote d'élévation) en échantillonnant des stations dans trois zones différentes, 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).

Ces élévations seront traitées séparément dans les analyses statistiques. À l'année 0, les stations seront placées dans les zones requises en mesurant la profondeur de l'eau. Par la suite, si des modifications dans les élévations des stations ont lieu en raison de travaux de stabilisation ou pour des raisons naturelles, il est proposé de déplacer les stations afin d'obtenir les mêmes profondeurs qu'au site échantillonné lors de l'état de référence tout en étant le plus près possible de la station de référence. Le niveau journalier du lac sera pris en compte pour le calcul des profondeurs, le cas échéant, puisque des différences notables du niveau du lac peuvent exister entre les années. Également, si des changements dans le substrat ont lieu en raison de travaux de stabilisation ou pour des raisons naturelles et que cela empêche l'échantillonnage à la benne, il est proposé de déplacer la ou les stations le plus près possible et dans les conditions similaires à la station lors du ou des échantillonnages précédent.

En rivière, il est possible que la zone profonde n'atteigne pas l'élévation de 96 m. Si tel est le cas, la profondeur maximale retrouvée dans le chenal au large du site exposé constituera l'élévation retenue pour la zone profonde. Cette profondeur sera également recherchée aux zones profondes à échantillonner aux sites témoins.

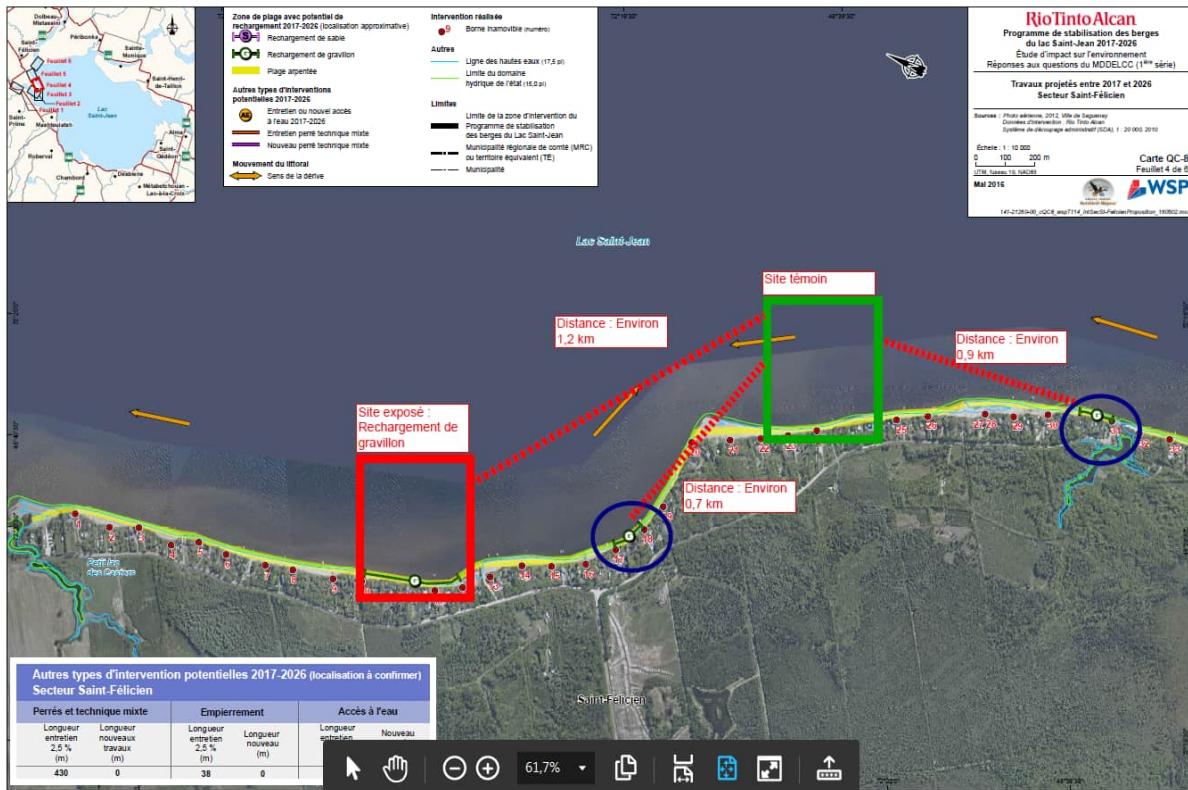


Figure 1 Exemple de sélection d'un site témoin

- **Variable SUBSTRAT** : La variabilité associée au substrat ne sera pas considérée comme un facteur, mais sera intégrée lors de la sélection des sites témoins. Ainsi, les sites exposés et témoins 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 (p. 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.

### 3.1.2 ÉCHANTILLONNAGE

#### NOMBRE DE STATIONS

Dans son courriel du 18 mai 2022, le MELCCFP a demandé l'évaluation de la possibilité d'ajouter des réplicats ou des stations pour les sites exposés. La possibilité d'ajouter de nouvelles stations a été évaluée selon plusieurs critères :

- faisabilité spatiale (limitation par la distance linéaire des travaux);
- gain anticipé sur la puissance des analyses;
- temps et budget supplémentaires requis pour l'échantillonnage au terrain, le laboratoire et l'analyse;
- gain potentiel avec débalancement du design par site.

À la suite de l'examen de différents scénarios, celui retenu consiste à augmenter le nombre de stations de 40 %, soit à sept par zone de profondeur, au site « exposé » au lieu de cinq.

#### PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

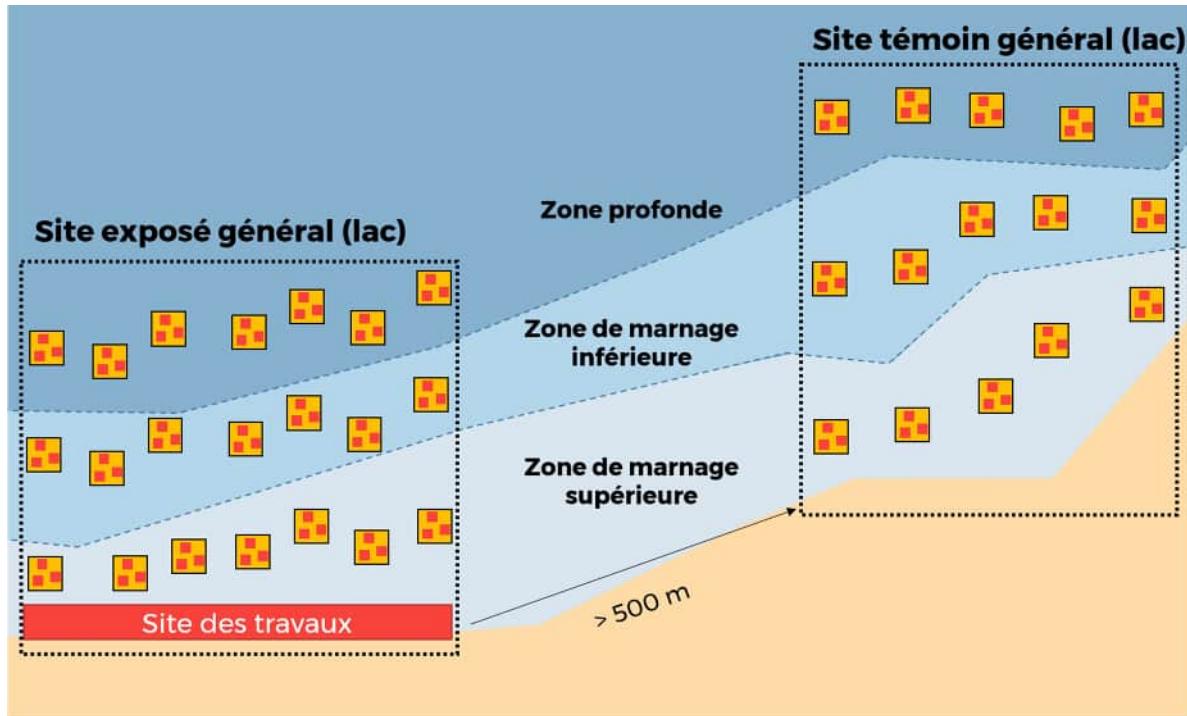
Il est proposé de placer, au total, sept stations d'échantillonnage au site « exposé » et cinq stations d'échantillonnage aux sites témoins par élévation pour chaque site ( $N = 21$  stations par site « exposé »,  $N = 15$  stations par site témoin) (figure 2). À chaque station, il est prévu de prélever 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 Petite Ponar (0,0232 m<sup>2</sup>). Une superficie de 0,14 m<sup>2</sup> sera ainsi échantillonnée à chaque station. Un échantillon de sédiment sera également récolté afin d'analyser la composition granulométrique selon l'échelle de Wentworth et le contenu en carbone organique total ( $N = 3$  par site, un échantillon par élévation). 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 (p. 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. Si toutefois une grande différence dans la dynamique du milieu est attendue de part et d'autre de la nouvelle structure, les stations seront plutôt localisées du côté où le dynamisme attendu sera le plus grand et la présence d'un gradient en lien avec la distance à la structure pourra être vérifiée. 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).

En résumé, six sites de travaux (trois en lac et trois en rivière) feront l'objet d'un suivi, chaque site sera échantillonné à trois élévations et sept stations seront échantillonnées par élévation pour un total de 21 stations par site « exposé ». Chaque site de travaux sera jumelé à trois sites témoins semblables pour lesquels le patron d'échantillonnage sera le même à l'exception que cinq stations seront échantillonnées par élévation plutôt que sept, donc de 15 stations par site. De ce fait, 66 stations seront suivies par type

d'ouvrage pour les suivis débutant en 2022 ou ultérieurement (épi ou empierrement) et de milieu (lac ou rivière) pour un total de 384 stations au terme de tous les suivis. Les suivis de recharge de plage en lac et en rivière ayant débuté avant 2022 ont cinq stations par profondeur pour tous les sites et un total de 60 stations par type d'ouvrage. Il n'est pas exclu d'utiliser les mêmes sites témoins pour deux types de travaux, du moment qu'ils conviennent.



**Figure 2** Exemple de plan d'échantillonnage pour un site des travaux (site « exposé ») et un site témoin (en lac) – figure mise à jour en 2022

**Matériel d'échantillonnage :** Une benne Petite Ponar ( $0,023 \text{ m}^2$ ) munie d'un treillis de  $500 \mu\text{m}$  sera utilisée pour prélever les échantillons. Cet appareil permet de prélever les sept premiers centimètres de substrat sur  $15,2 \times 15,2 \text{ cm}$ . Ce type de benne est plus performant que le modèle Ekman 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  $500 \mu\text{m}$  afin de conserver uniquement les organismes prélevés. Si une grande quantité de matière est récoltée, l'échantillon sera réparti dans plusieurs pots de 1 L afin d'éviter le fractionnement et donc un biais d'échantillonnage.

En présence de sable trop grossier ou de gravillon, il pourrait être 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 (p. 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. Cette méthode ne sera toutefois pas préconisée au terrain étant donné le temps nécessaire au traitement des échantillons. L'envoi d'un plus grand nombre de pots au laboratoire d'analyse sera priorisé puisque le contrôle et l'assurance qualité y seront performés directement.



**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.

#### ORGANISMES COLONIAUX

Dans son courriel du 11 janvier 2022, le MELCCFP a soulevé des questions sur les manipulations des abondances des organismes coloniaux qui n'étaient pas multipliées par la surface d'échantillonnage contrairement aux organismes comptés et à leur impact sur les divers indicateurs de biodiversité. Lors de la rencontre du 26 janvier 2022 impliquant RT, le MELCCFP et WSP, cette question avait été discutée. Une réponse détaillant l'impact des organismes coloniaux sur les indicateurs de biodiversité pour le site de rechargement de plage en embouchure de rivière à Saint-Prime et les différentes options de traitement des données, p. ex. procéder par biomasse, a été communiquée le 3 février 2022. Il avait alors été conclu que l'effet de leur retrait était minime et donc que les organismes coloniaux seraient conservés pour terminer ce suivi. Aussi, il avait été conclu que les avantages encourus par l'utilisation de la biomasse pour l'ensemble de taxons ne surpassent pas le retrait des organismes coloniaux des analyses par décomptes des abondances. Puisque les organismes coloniaux sont rapportés différemment par le laboratoire par leur nature coloniale et que les désavantages surpassent les gains à procéder par la biomasse, les organismes coloniaux seront exclus des suivis débutant en 2022 et ultérieurement à l'exception de la richesse et de la composition. Effectivement, puisque le compte de l'abondance n'a aucun effet sur la richesse et sur la composition des assemblages, la présence des organismes coloniaux sera conservée pour ces deux indicateurs afin de refléter le plus fidèlement possible les assemblages.

## 3.2 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 sera réalisée à l'aide de clés d'identification citées dans Merrit et coll. (2008) et dans Thorp et Covich (2010).

Le niveau taxonomique 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 GDG Environnement (une firme spécialisée en analyse taxonomique, précédemment Laboratoires SAB inc.) utilise 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 (2012). Cette approche rejoint en tout point celle utilisée par U.S. Geological Survey (Moulton II et coll., 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.

## 3.3 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 des communautés benthiques seront utilisés pour évaluer la présence de différences avant et après les travaux. Ces indicateurs sont notamment basés sur ceux recommandés dans le cadre de suivi biologique réalisé dans des cours d'eau (MDDEFP, 2013). Les indicateurs d'effet proposés sont les mêmes que ceux utilisés pour les suivis de 2020 à 2022, soit :

- la densité totale ( $N$  : nombre d'organismes dénombré dans l'échantillon de  $0,14 \text{ m}^2$ );
- 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  $0,14 \text{ m}^2$ );
- l'abondance totale des Chironomides (C : nombre d'organismes de la famille *chironomidae* dans l'échantillon de  $0,14 \text{ m}^2$ );
- l'indice Éphéméroptère-Plécoptère-Trichoptère/Chironomides (EPT/C);
- l'indice de perte de communauté;
- le pourcentage de contribution des dominants;
- la structure des communautés (indicateur multidimensionnel basé sur les abondances totales et la ressemblance de Bray-Curtis);

- la composition taxonomique (indicateur multidimensionnel basé sur la présence/absence des taxons et la ressemblance de Bray-Curtis);
- les courbes de dominances (indicateur multidimensionnel basé sur le pourcentage des abondances de tous les taxons présents par rang de dominance).

Pour les indicateurs unidimensionnels, à l'exception de l'indice de perte de communauté, des statistiques descriptives seront calculées par élévation (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 seront produites dans le but de faciliter la compréhension des résultats. Pour l'indice de perte de communauté, l'indice sera calculé par site pour chacune des strates de profondeur et les différences seront évaluées au moyen d'un test de *t* de Welch et sa valeur sera représentée graphiquement.

### 3.4 ANALYSES STATISTIQUES

Une combinaison d'analyses univariées et multivariées est proposée pour détecter la présence de différences significatives entre les expositions et selon les années. Les analyses statistiques seront réalisées avec les logiciels PRIMER & PERMANOVA+ v7 et R (R Core Team, 2015), ou un équivalent. Les analyses sont décrites pour l'utilisation du logiciel PRIMER & PERMANOVA+.

Sans s'y restreindre, les méthodes d'analyses envisagées sont les suivantes :

- **LMM RM PER ANOVA** : Pour chacun des indicateurs proposés, les comparaisons seront réalisées pour chacune des élévations et pour chaque type d'ouvrage en utilisant des modèles linéaires mixtes à mesures répétées d'analyse de la variance par permutations (LMM RM PER ANOVA) à deux facteurs fixes (**Exposition** [deux niveaux : Exposé ou Témoin] et **Année** [jusqu'à quatre niveaux p. ex.: 2018, 2019, 2020 et 2021]) et à un facteur aléatoire (**Sites** [quatre niveaux, p. ex. ERPL, TRPL1, TRPL2, TRPL3] en utilisant l'identité des **stations** également en facteur aléatoire comme sujet de répétition entre les années. Puisqu'il s'agit de variables unidimensionnelles, les distances Euclidiennes seront utilisées comme mesure de ressemblance. Des comparaisons planifiées (contrastes) entre les années seront ajoutées au modèle afin de comparer la période avant et après les travaux, p. ex. 2018 vs 2019-2020, ainsi que des périodes spécifiques p. ex. 2018 vs 2020. Les contrastes sont des tests de *t* entre deux groupes choisis pour répondre aux hypothèses de départ.
- **PERMDISP** : Afin de vérifier si les données respectent la condition d'application d'homoscédasticité, la dispersion des groupes sera vérifiée avec un test PERMDISP qui est l'équivalent d'un test de Levene (Anderson et coll., 2008). La normalité des données n'est pas une condition aux tests par permutations.
- **RM PERMANOVA (multidimensionnel)** : La structure des abondances, la composition taxonomique (présence/absence des taxons) et les courbes de dominance des communautés benthiques sont composées de plusieurs variables réponses et doivent donc être traitées en multivarié p. ex. avec une MANOVA (analyse de la variance multivariée). Toutefois, une analyse de la variance multivariée par permutation (PERMANOVA), une analyse semi-paramétrique utilisant des mesures de ressemblance ou des distances entre les échantillons, est préférée à la simple MANOVA puisque la normalité n'est pas une prémissse de l'analyse, la variance entre les groupes peut être différente, elle tolère les corrélations entre variables, elle tolère un plus grand nombre de variables que d'échantillons, elle tolère un grand nombre de zéros (Anderson et coll. 2008). De plus, la PERMANOVA permet des designs complexes tels que celui-ci. Les analyses seront réalisées pour chacune des élévations séparément en utilisant des PERMANOVA à mesures répétées

(RM PERMANOVA) en utilisant le même design que les LMM, comme décrit ci-haut (Exposition, Année, Sites, Stations et contrastes). L'analyse de la structure des abondances et de la composition taxonomique des communautés benthiques seront basées sur le coefficient de Bray-Curtis (une mesure de dissimilarité). L'analyse des courbes de dominance sera réalisée en utilisant l'aire entre les courbes de dominance (procédure DOMDIS).

- **PERMDISP :** Il est important de noter que la PERMANOVA teste à la fois l'emplacement et la dispersion des données (voir figure 4). En utilisant une analyse de dispersion (PERMDISP), il est possible d'écartier 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 4, voir nMDS). 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.
- **SIMPER :** Pour compléter cette analyse, une routine séparant le pourcentage de dissimilarité de Bray-Curtis par taxons (contribution des taxons à la similarité moyenne) est utilisée (procédure SIMPER; Clarke et coll., 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 sera utilisée pour comparer un même site entre les années pour chacune des strates. Les résultats obtenus seront 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).
- **nMDS :** Afin de visualiser graphiquement les différences, un cadrage non métrique multidimensionnel (nMDS) sera utilisé. Chaque dimension représente 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 5 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 entre les 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.

Afin de visualiser si les travaux sont potentiellement responsables des différences observées, il

est également possible d'illustrer les sites dans un même cadrage. Toutefois, par souci de clarté visuelle, seuls les centroïdes de chacun des sites par année seraient représentés pour visualiser les trajectoires temporelles (voir exemple à la figure 6). Le centroïde correspond au point central à chacun des groupes (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.

- **mMDS et bootstrap :** Alternativement, un cadrage métrique multidimensionnel (mMDS) avec la méthode du bootstrap pourrait être utilisé pour les cas où il y aurait une interaction significative entre les Expositions et les Années. Un mMDS utilisera 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 les 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.
- De plus, si des différences sont présentes pour la distance avec la rive, le facteur distance sera également utilisé dans les analyses comme covariable.
- Finalement, comme le MELCCFP avait soulevé de nombreuses questions à propos de l'effet d'un site témoin sur les conclusions pour les divers indicateurs au site de Saint-Prime (rechargeement de plage en embouchure de rivière), afin de contrer la possibilité qu'un seul site témoin occasionnerait la présence ou l'absence d'un effet à lui seul, chaque site témoin sera retiré des analyses un à un et le changement de conclusion, le cas échéant, sera étudié avec attention.

## DÉTAILS SUR LES LMM RM ANOVA ET PERMANOVA

Le nouveau modèle proposé pour les analyses présente plusieurs avantages :

- Prend en compte l'autocorrélation temporelle (même station dans le temps);
- Prend en compte l'autocorrélation spatiale (stations d'un même site et d'une même strate);
- Tient 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 »;
- Tolère les designs non balancés (un site « exposé » en comparaison à trois sites témoins);
- Tient compte de la structure des données (variance intra- et inter-groupe);
- Est libre de distribution et robuste en présence de plusieurs zéros.

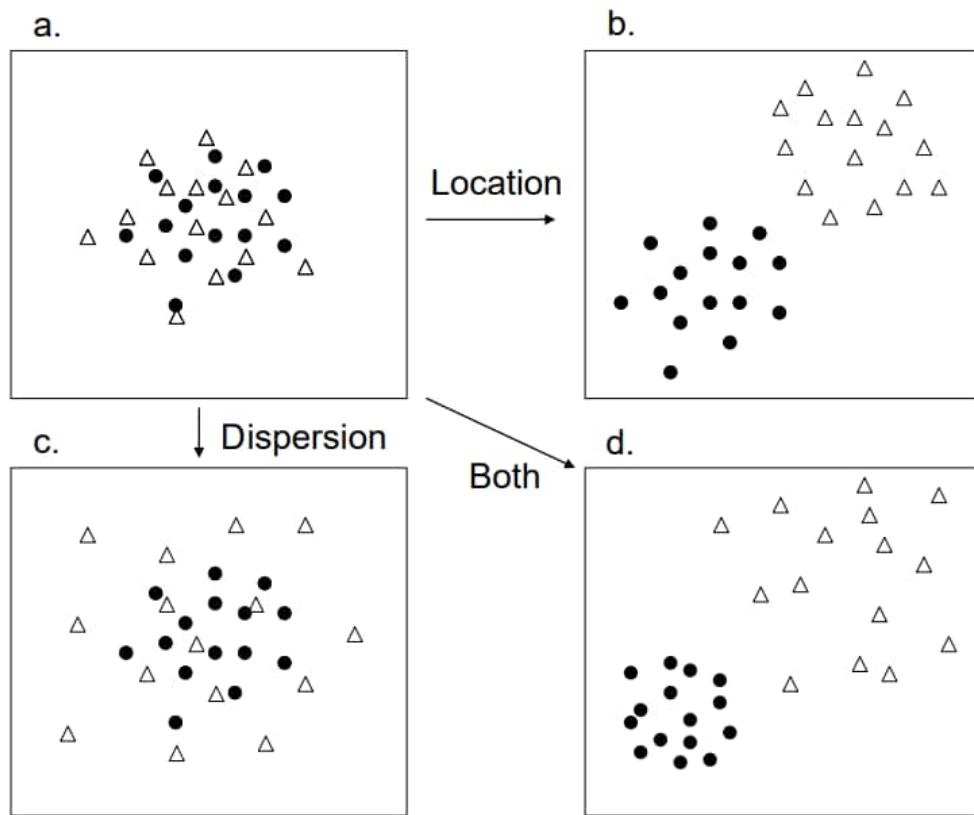
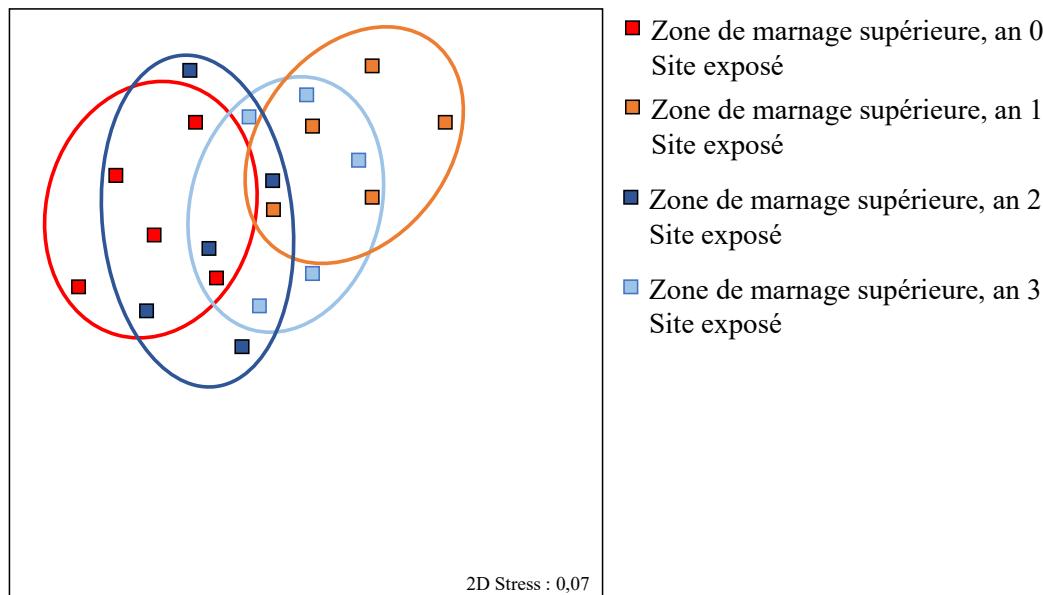
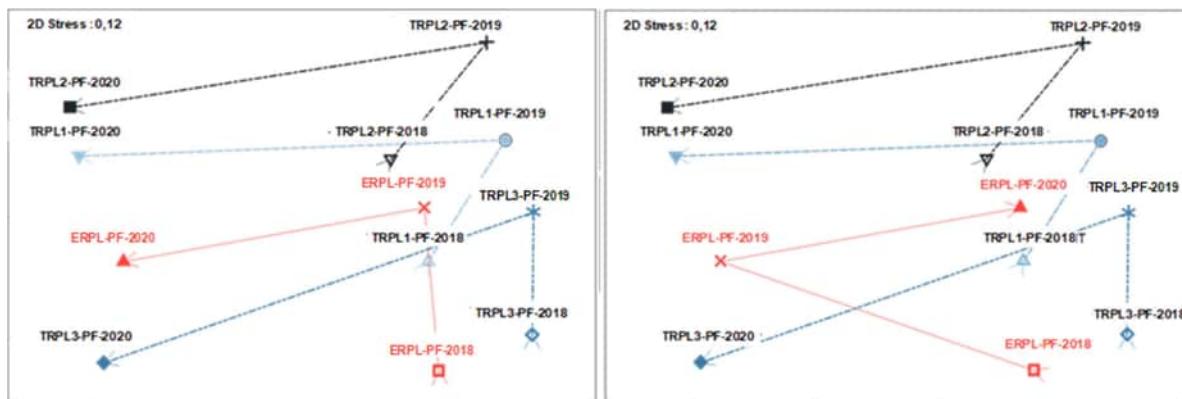


Figure 4

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 coll. (2008)



**Figure 5** 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 marge supérieure pour un type d'ouvrage



**Figure 6** Exemples de cadrages non métriques multidimensionnels attendus dans le cadre de la présente étude illustrant les centroïdes et les trajectoires temporelles d'un site « exposé » (ligne pleine rouge) et de ses trois témoins (pointillés bleus et noirs) pour la zone profonde pour un type d'ouvrage. À gauche, le site « exposé » suit une trajectoire similaire aux témoins, alors qu'à droite, le site « exposé » suit une trajectoire inverse

## RÉFÉRENCES

- ANDERSON, M.J., R.N. Gorley et K.R. Clarke. 2008. *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods*. PRIMER-E: Plymouth, Royaume-Unis. 214 p.
- BURRES, 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](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/cwt_guidance.html)]
- CLARKE, K.R. et R.M. Warwick. 2001. *Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation 2<sup>nd</sup> 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 3<sup>rd</sup> edition*. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. *Guide pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement par les mines de métaux*. Pagination multiple.
- GREEN, R.H. 1979. *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*, Wiley, Chichester.
- 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<sup>e</sup> édition : 88 p. (inclusant 6 ann.).
- 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.
- 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/>
- 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 ichtyenne et benthique du lac St-Jean*. Centre écologique du lac St-Jean Inc. 49 p. + annexes.

PRÉPARÉ PAR



Stéphanie Cimon, biologiste Ph. D.

RÉVISÉ PAR



Luc Bouchard, biologiste M. Sc.  
Chargé de projet



# ANNEXE

**B**

CHOIX DE SITES POUR LE  
SUIVI EN 2024





## NOTE TECHNIQUE

---

<b>Client :</b>	Rio Tinto	
<b>Projet :</b>	Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2018-2027 (PSBLSJ)	<b>Réf. WSP :</b> CA0033338.7358
<b>Objet :</b>	Suivi des communautés d'invertébrés benthiques au lac Saint-Jean – Choix de sites pour le suivi 2024 – Nouvelle structure en lac au complexe lac Askeen PNPT	<b>Date :</b> 16 juillet 2024
<b>Destinataire :</b> Mathieu Gauthier, Chargé de projet, Services ingénierie PSBLSJ Caroline Jolette, Conseillère senior PSBLSJ et Grands projets Partenaires externes		
<b>c. c. :</b> MELCCFP		

---

### 1 Mise en contexte

À la suite des différentes rencontres de discussions tenues avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP<sup>1</sup>) 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 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.

La version finale du protocole initial a été déposée le 7 septembre 2018 à la suite des commentaires reçus et discutés avec le MELCCFP. Le protocole d'échantillonnage établi en collaboration avec le MELCCFP 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 légères révisions qui seront soumises au MELCCFP au préalable, comme cela a été le cas en 2019. De plus, un changement à l'approche statistique a été apporté à l'hiver 2021 en réponse aux commentaires du comité scientifique de Conseil de gestion durable du lac Saint-Jean (CGDLSJ). À la suite de la réception des commentaires du MELCCFP au printemps 2022, le nombre de stations par site « exposé » a été augmenté à sept pour chacune des strates de profondeur et le fractionnement sera désormais évité afin de prévenir un potentiel biais d'échantillonnage. Toutefois, le nombre de stations par site « témoin » sera conservé à cinq.

---

<sup>1</sup> Auparavant 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)

Il a également été entendu que les organismes coloniaux allaient dorénavant être retirés des analyses, à l'exception des analyses sur la richesse, et la composition ainsi que les densités seraient rapportées sur la superficie de l'échantillon, soit  $0,14 \text{ m}^2$  au lieu de  $1 \text{ m}^2$ . Un protocole révisé a donc été déposé au MELCCFP à l'été 2023.

Afin d'être conforme au décret, le protocole couvre les trois types d'ouvrages répartis dans deux types de milieux différents. Les types de travaux visés par le suivi des invertébrés sont :

- rechargement de plage à l'embouchure de rivière (complété en 2022);
- rechargement de plage en lac (complété en 2021);
- nouvelle structure (p. ex. épi ou brise-lames) à l'embouchure de rivière (non débuté);
- nouvelle structure (p. ex. épi ou brise-lames) en lac (non débuté, site proposé pour un premier suivi en 2024, voir ci-dessous);
- nouvel empierrement (p. ex. nouveau perré) à l'embouchure de rivière (non débuté);
- nouvel empierrement (p. ex. nouveau perré) en lac (non débuté).

Une planification de suivi doit être déposée à l'été précédent chaque campagne d'inventaire en ce qui concerne le choix des sites à suivre au cours de l'année. Deux suivis ont déjà été complétés, soit le suivi du **rechargement de plage en lac** à Saint-Henri-de-Taillon de 2018 à 2021 et le suivi du **rechargement de plage à l'embouchure de rivière** de 2019 à 2022 à Saint-Prime.

La présente note technique concerne l'aménagement **d'une nouvelle structure en lac**, soit un site « exposé » dans le secteur du parc national de la Pointe-Taillon, au secteur lac Askeen. La note décrit le site des travaux ainsi que les sites témoins retenus avec un argumentaire.

## 2 Zone d'étude

La zone d'étude se situe au nord du lac Saint-Jean dans le territoire non organisé aquatique de la municipalité régionale de comté (MRC) de Lac-Saint-Jean-Est dans le secteur du parc national de la Pointe-Taillon (municipalité de Sainte-Monique) au complexe du lac Askeen (figure 1). Ce secteur devrait faire l'objet de travaux à l'hiver 2024-2025. Le site « exposé » étudié fait partie d'une série de deux zones nécessitant des travaux, avec des longueurs approximatives 270 m pour les zones C et D et 70 m pour la zone F (figure 2).

La zone d'étude pour les sites témoins s'étend le long de côte du parc national de la Pointe-Taillon du complexe du lac Askeen au nord vers le lac à la Tortue au sud sur une longueur d'environ 8,5 km. Deux aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) sont présentes dans cette zone (figure 1), soit l'ACOA de Pointe à la Savane et l'ACOA de Pointe Taillon (extrémité ouest).

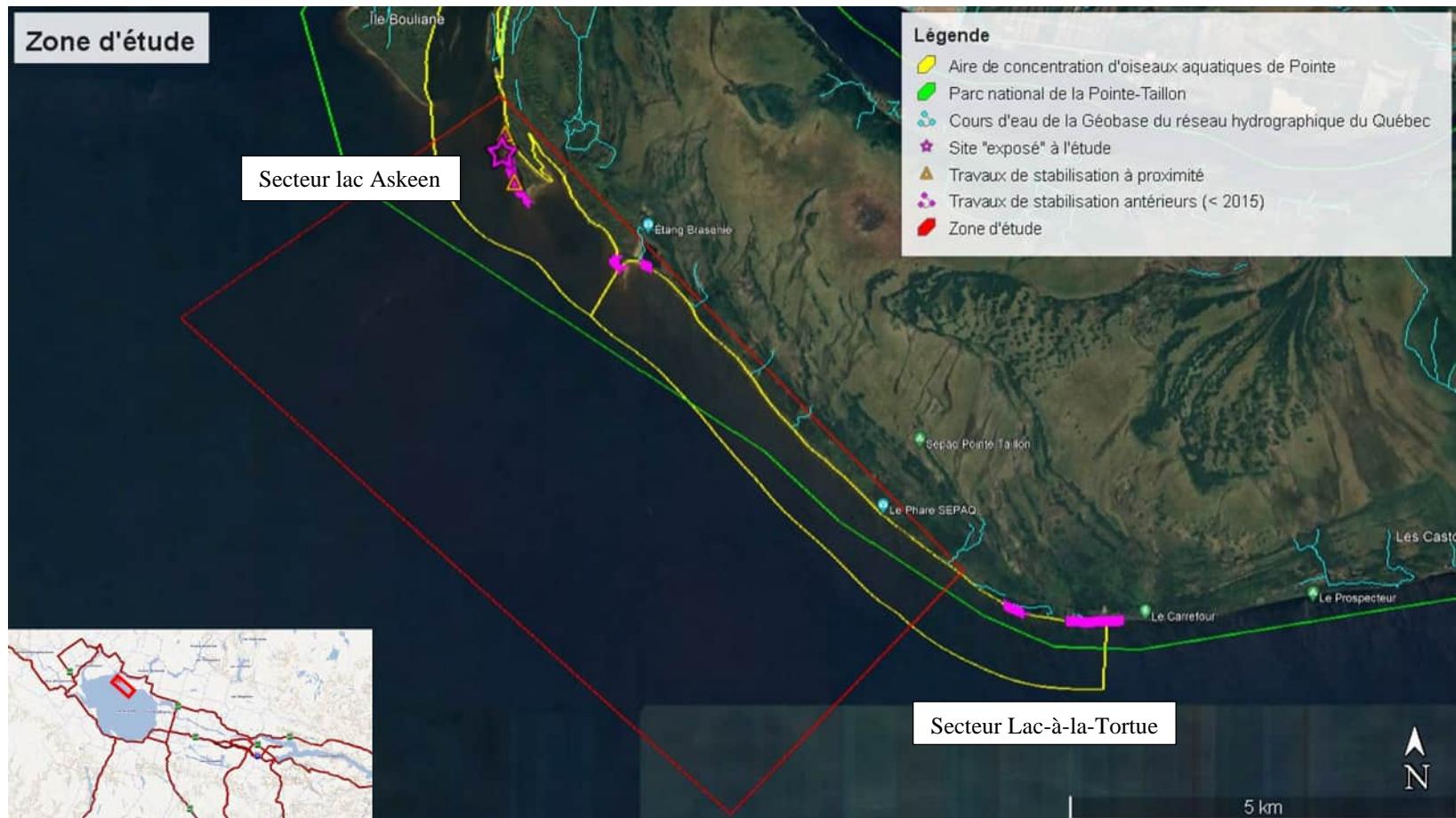


Figure 1      Zone d'étude

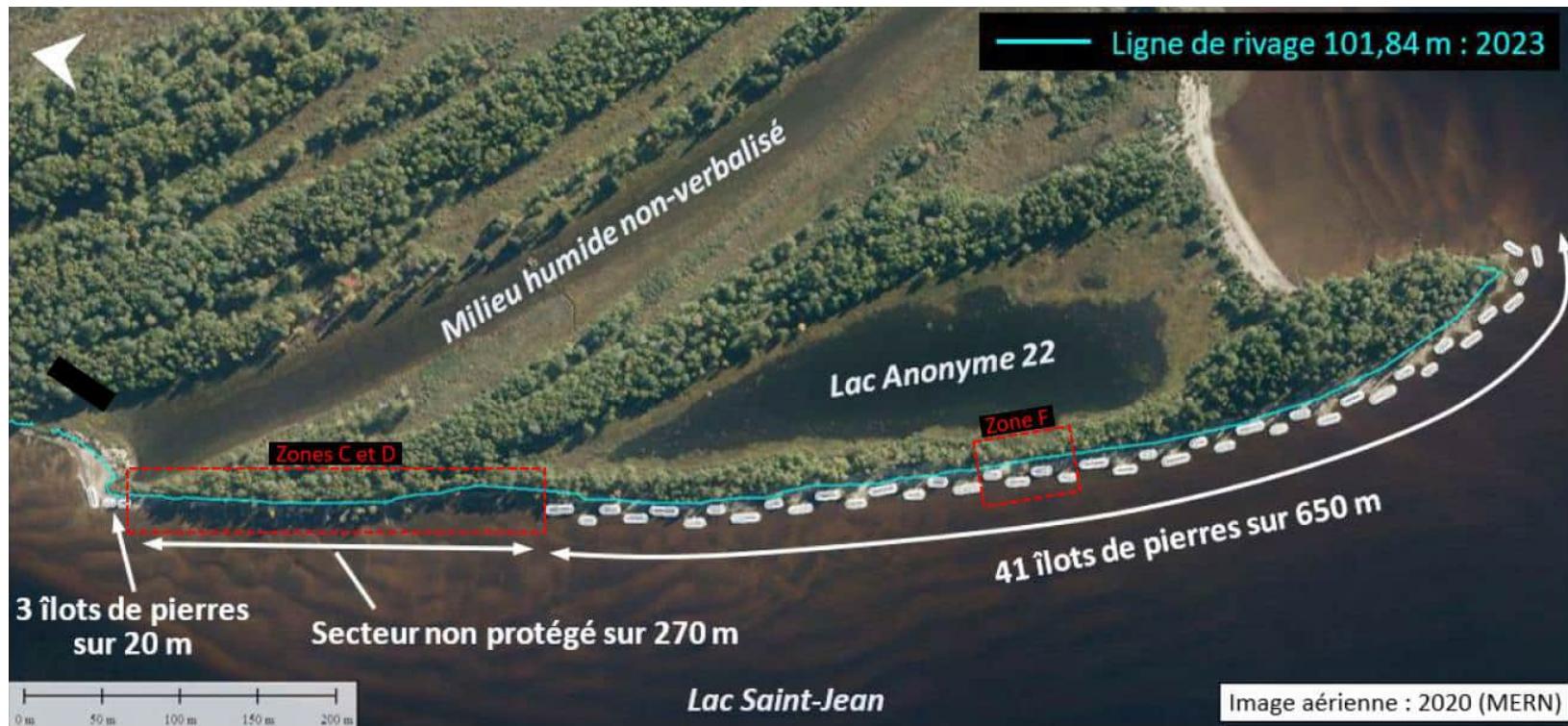


Figure 2 Ouvrages existants et zones d'intervention au complexe du Lac Askeen (site 2013.14.01). Source :Rio Tinto (2024)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Rio Tinto. 2024. .Rencontre avec le MELCCFP – Interventions 2024-2025 et sites à l'étude. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 25 avril 2024.

### 3 Critères pour la section d'un nouveau site « exposé » en lac

Les critères environnementaux et géomorphologiques utilisés pour le choix d'un site « exposé » pour le suivi sur les invertébrés benthiques en lac associés à des travaux de rechargement de plage effectués précédemment à Saint-Henri-de-Taillon étaient :

- composition granulométrique actuelle et future similaire au milieu naturel (sable);
- travaux réalisés en rive du lac Saint-Jean;
- distance des travaux linéaires prévue suffisante pour réaliser sept stations d'échantillonnage (minimale 100 m);
- absence de cours d'eau permanent dans un rayon de 500 m;
- absence de structures connexes (épis, perrés, brise-lames) dans un rayon de 1 km en amont;
- possibilité de trouver des sites témoins similaires à proximité.

Le site du complexe du lac Askeen (zone C et D seulement) répond à tous ces critères, à l'exception qu'il y a présence de structures de protection de berges à proximité du site de travaux visé. Ceci n'est pas considéré comme restrictif étant donné que ce critère avait initialement été décrit pour les rechargements de plage et que les derniers travaux de stabilisation adjacents datent de 2013. Les critères de sélection iraient plutôt ainsi :

- composition granulométrique actuelle et future similaire au milieu naturel (sable);
- travaux réalisés en rive du lac Saint-Jean;
- distance des travaux linéaires prévue suffisante pour réaliser sept stations d'échantillonnage (minimale 100 m);
- absence de cours d'eau permanent dans un rayon de 500 m;
- absence de travaux récents (moins de 5 ans) dans un rayon de 500 m;
- possibilité de trouver des sites témoins similaires à proximité.

Pour la zone C et D, il est prévu de construire une combinaison 17 îlots de pierres et les arbres tombés du site entre les îlots et la berge (technique mixte) avec une restauration partielle du cordon littoral. La reconstruction de talus et la végétalisation en lien avec la restauration partielle seront localisés derrière les îlots de pierre ce qui permettra d'exclure la reconstruction comme responsable de tout effet potentiel observé sur les invertébrés benthiques. Une autre zone localisée à proximité fera également l'objet de travaux, soit le prolongement des îlots de pierres ou des récifs de débris entre les îlots de pierres pour la zone de 70 m (zone F). Cette zone est localisée à environ 280 m vers le sud de l'extrémité du site « exposé » proposé.

## 4     **Suivi des travaux d'aménagement d'une nouvelle structure en lac – État de référence (an 0)**

### 4.1   **Choix du site « exposé » pour des travaux d'aménagement d'une nouvelle structure en lac en 2024 (Exposé Nouvelle Structure en Lac-ENSL)**

Le site des travaux au complexe du lac Askeen répond aux critères mentionnés ci-dessus. Les caractéristiques du site « exposé » sont présentées au tableau 1 (annexe A).

Ce site est localisé dans la municipalité de Saint-Monique (MRC Maria-Chapdelaine) au nord du lac Saint-Jean, au Parc national de la Pointe-Taillon (figure 3). Le site est sujet au marnage annuel du lac. Le secteur immédiat est occupé par des arbres et des milieux humides (prairie humide, eau peu profonde et marécage; annexe B). Le secteur est caractérisé par des îlots de pierres déversées construits en 2013 de part et d'autre du site des travaux et par un cordon littoral mince non protégé au nord des 3 îlots de pierres du côté nord. Le secteur non protégé présente des signes d'érosion.

Le site est à plus de 500 m de l'embouchure d'un cours d'eau. Le site n'est pas directement influencé par la rivière Péribonka, dont la majorité du débit passe au nord de l'île Boulianne. Des hauts fonds (cote d'élévation > 100 m) sont présents entre cette île et la pointe Taillon. Le site « exposé » est donc à plus de 2,5 km de la rivière Péribonka. Les derniers travaux ayant eu lieu dans un rayon de 500 m du site « exposé » datent de 2013, avec la construction 44 îlots de pierres déversées (de 2 × 8 m à 2 × 15 m) au sud et 3 îlots de pierres déversées au nord (1 de 2 × 10 m et 2 de 2 × 5 m. Aucune autre intervention n'est répertoriée dans ce secteur dans le cadre du PSBLSJ.

Les rives sont végétalisées par des arbres matures sur un mince cordon littoral (10 m à 60 m de largeur) et dominées par des plages de sable moyen. La pente du littoral est faible. Selon les données bathymétriques, il faudra s'éloigner de plus de 1 700 m pour avoir accès à des cotes de profondeur < 97 m pour le suivi de la zone profonde (voir bathymétrie à l'annexe C). Le substrat attendu dans ce secteur est le sable variant de moyen à fin. La dérive littorale s'effectue principalement vers le nord.

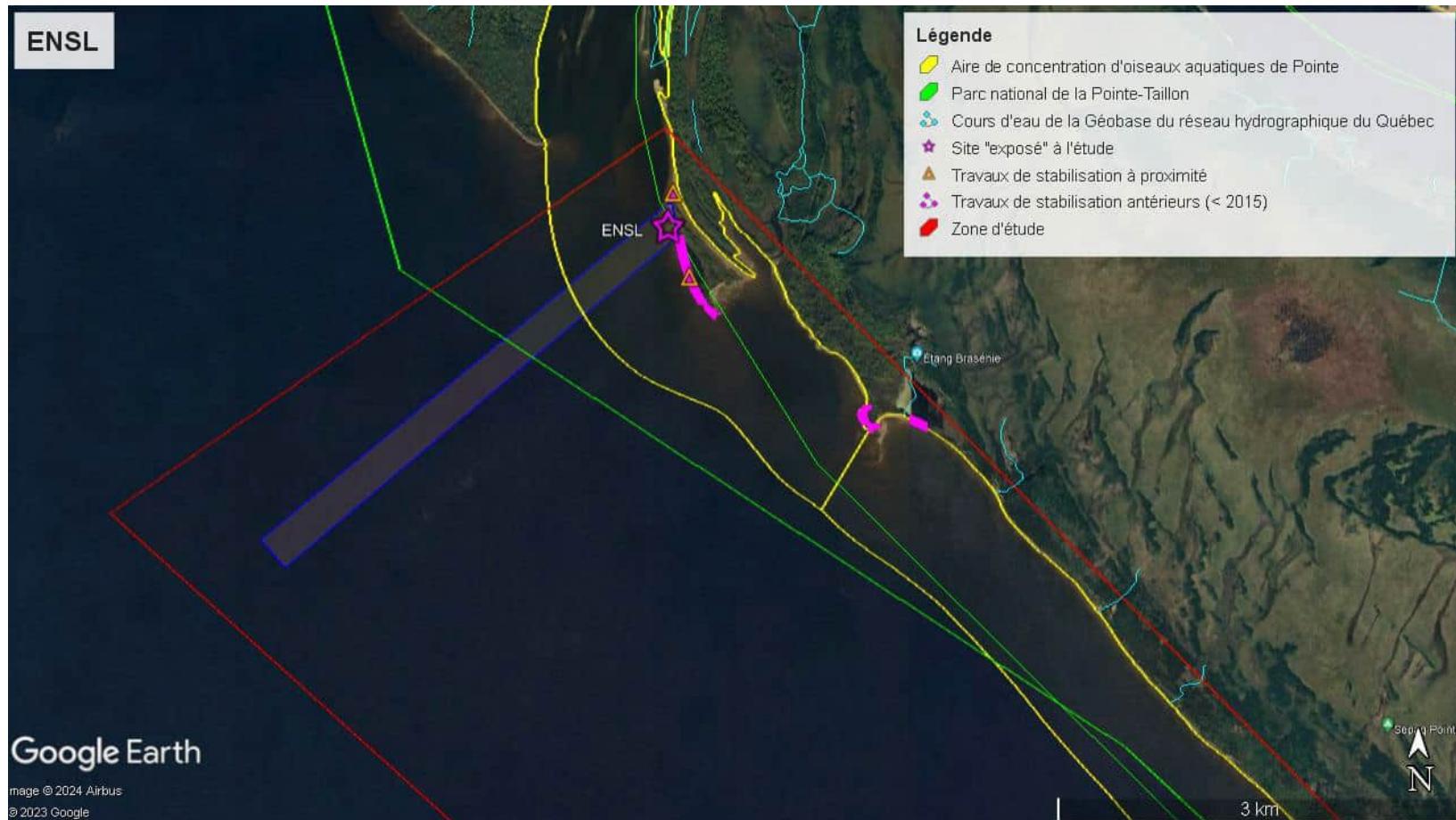


Figure 3 Localisation du site « exposé » proposé

## 4.2 Choix des sites témoins pour des travaux d'aménagement d'une nouvelle structure en lac (Témoins Nouvelle Structure en Lac-TNSL)

En plus des critères énoncés ci-dessus, l'identification de sites témoins a été réalisée en considérant les éléments suivants, afin qu'ils soient le plus similaires possible au site « exposé », comme mentionné dans le protocole soumis au MELCCFP. 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.
- 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 du site exposé 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 les plus similaires possibles pour 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 au vent.
- Être similaire aux sites exposés en ce qui a trait à la présence ou l'absence de végétation aquatique.
- Se trouver dans un secteur où la bathymétrie est similaire (présence ou absence de fosse, rupture de pente, haut-fond, baie, etc.).

### Sites témoins TNSL1, TNSL2 et TNSL3

Les caractéristiques des sites témoins retenus sont présentées au tableau 1 (annexe A) et leur localisation est illustrée à la figure 4. Les trois sites proposés sont localisés au sud-est du site « exposé » au long du parc national de la Pointe-Taillon. Aucun cours d'eau d'importance n'est présent sur l'ensemble de ce territoire. Des structures de stabilisation sont présentes entre les sites TNSL1 et TNSL2, soit des îlots de pierres déversées accompagnés de deux perrés (2015.14.01) et des perrés (2006.14.01). Aucun site de travaux de stabilisation ou d'entretien de structures n'est actuellement prévu pour les trois sites témoins dans les quatre années à venir. Une demande d'information a été adressée au Parc national de la Pointe-Taillon (PNPT) afin de confirmer cet aspect. Toutefois, l'ensemble des sites témoins sera affecté par le chemin d'accès temporaire pour la réalisation des travaux à l'hiver 2024-25. Pour ce faire, un chemin sera aménagé sur la glace qui sera appuyée au fond du lac. Il est possible que de l'eau soit pompée afin d'épaissir la glace ou pour réparer localement le chemin d'accès. Du sable pourra être utilisé comme abrasif.

Les sites témoins TNSL1, TNSL2 et TNSL3 sont situés dans le littoral du lac Saint-Jean, respectivement à un peu plus de 1,1 km, 3,4 km et 5,8 km vers le sud-est du site « exposé ». Tous les sites sont caractérisés par du sable, une rive forestière et une proximité avec des marécages (annexe B). Les sites sont tous exposés à des forces érosives provenant de vagues lorsque les niveaux d'eau sont élevés dans la zone de marnage. La pente du littoral est faible, mais la distance attendue entre la zone profonde et la rive sera variable selon le site (tableau 1). Aucun de ces sites ne semble présenter de végétation aquatique. Le substrat attendu dans chacun des sites est le sable.

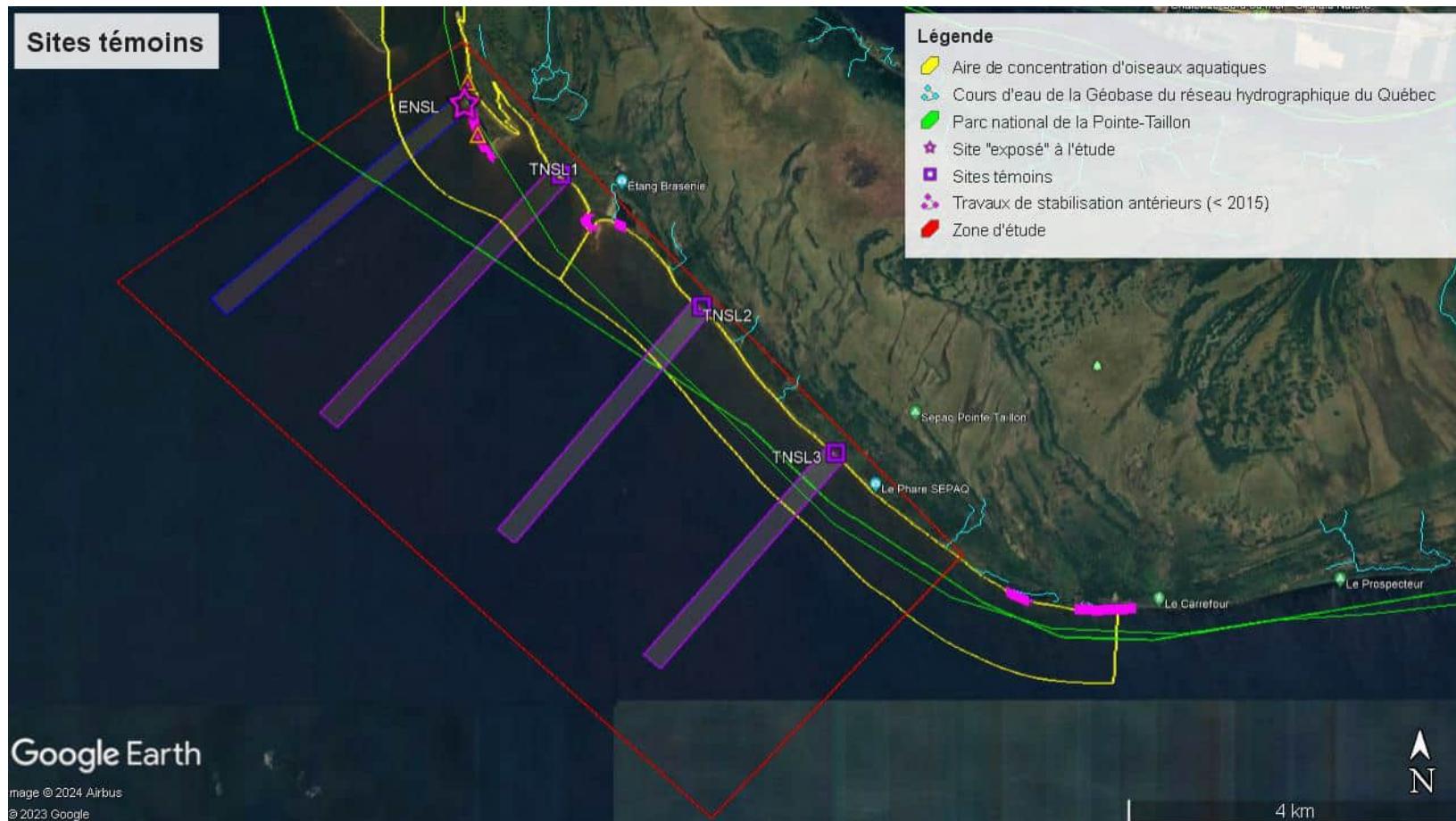
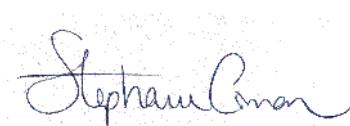


Figure 4      Localisation des sites témoins proposés

## 5 Conclusion

Pour conclure, une évaluation du site de travaux dans le secteur du Parc national de la Pointe-Taillon (PNPT) au complexe du lac Askeen a été effectuée afin d'y réaliser une étude sur les invertébrés benthiques en lien avec l'aménagement d'une nouvelle structure en lac. Le site proposé répond aux différents critères de site « exposé » dans le cadre du suivi des invertébrés benthiques du Programme de stabilisation du lac Saint-Jean. Trois sites témoins localisés également le long des berges du PNPT ont été étudiés avec soin et sont proposés pour l'ensemble du suivi. À notre connaissance, ces sites témoins n'ont fait l'objet d'aucun travaux récents et il n'y a pas de travaux de stabilisation prévus à ces sites sur la période minimale de l'étude des invertébrés benthiques (horizon 4 ans).

### PRÉPARÉ PAR



Stéphanie Cimon, biologiste, Ph. D.  
Spécialiste de la faune aquatique

16 juillet 2024

Date

### RÉVISÉ PAR



Luc Bouchard, biologiste, M. Sc.  
Chargé de projet

16 juillet 2024

Date



## **ANNEXE A**

### **Caractéristiques des sites**

Tableau 1 Caractéristiques du site des travaux prévus en 2024-2025 au Parc national de la Pointe-Taillon (PNPT) au secteur du lac Askeen et des sites témoins retenus pour une nouvelle structure en lac

Site	Secteur	Municipalité	Type de travaux	Distance linéaire prévue pour les travaux (m)	Date des derniers travaux réalisés dans le secteur	Description des derniers travaux réalisés à proximité	Densité d'habitats 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	Végétation aquatique	Orientation géographique p/r au lac Saint-Jean	Sens de la dérive littorale principale	Présence de fosses ou d'îles	Pente du littoral	Distance avec la rive (m) <sup>2</sup>
<b>Site « exposé » – ENSL</b>																	
ENSL	PNPT <sup>1</sup>	Saint-Monique et territoire non organisé aquatique de la MRC du Domaine-du-Roy	îlots de pierres déversées	Environ 270 m	2013	2013.14.01 : îlots de pierres déversées en 2013 de part et d'autre (zones B et E à la figure 2)	Aucune	Non	Forestier, milieux humides	Exposé aux vagues, ouvrages de stabilisation à proximité	Sable	Aucune	Nord	Nord	Non Présence de petites fosses d'environ 50 cm de profondeur à proximité	Faible	MS : 0 - 100 m MI : 100 m – 1 270 m PF : > 1 700 m et < 3 800 m
<b>Sites témoins- TNSL</b>																	
TNSL1	PNPT	Saint-Monique et territoire non organisé aquatique de la MRC du Domaine-du-Roy	-	-	2015, à 450 m de l'extrémité de la zone	îlots de pierres déversées à 450 m au sud-ouest	Aucune	Non	Forestier, milieux humides	Exposé aux vagues	Sable	Aucune	Nord	Nord	Non Fond remonte d'un mètre en passant d'une cote de 98,5 m à 99,7 m à 390 m à partir de la rive sur une distance d'environ 480 m	Faible	MS : 0 - 60 m MI : 60 m – 1 100 m PF : > 1 530 m et < 4 000 m
TNSL2			-	-	-	Aucun	Aucune	Non, petits cours d'eau <sup>3</sup> à 420 m et 465 m	Forestier, milieux humides	Exposé aux vagues	Sable	Aucune	Nord	Nord	Non	Faible	MS : 0 - 95 m MI : 95 – 875 m PF : > 950 m et < 3 700 m
TNSL3			-	-	-	Aucun	Aucune	Non	Forestier, milieux humides	Exposé aux vagues	Sable	Aucune	Nord	Nord et sud	Non	Faible	MS : 0 - 175 m MI : 175 m – 590 m PF : > 675 m et < 3 350 m

Notes :

1 PNPT : Parc national de la Pointe-Taillon

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

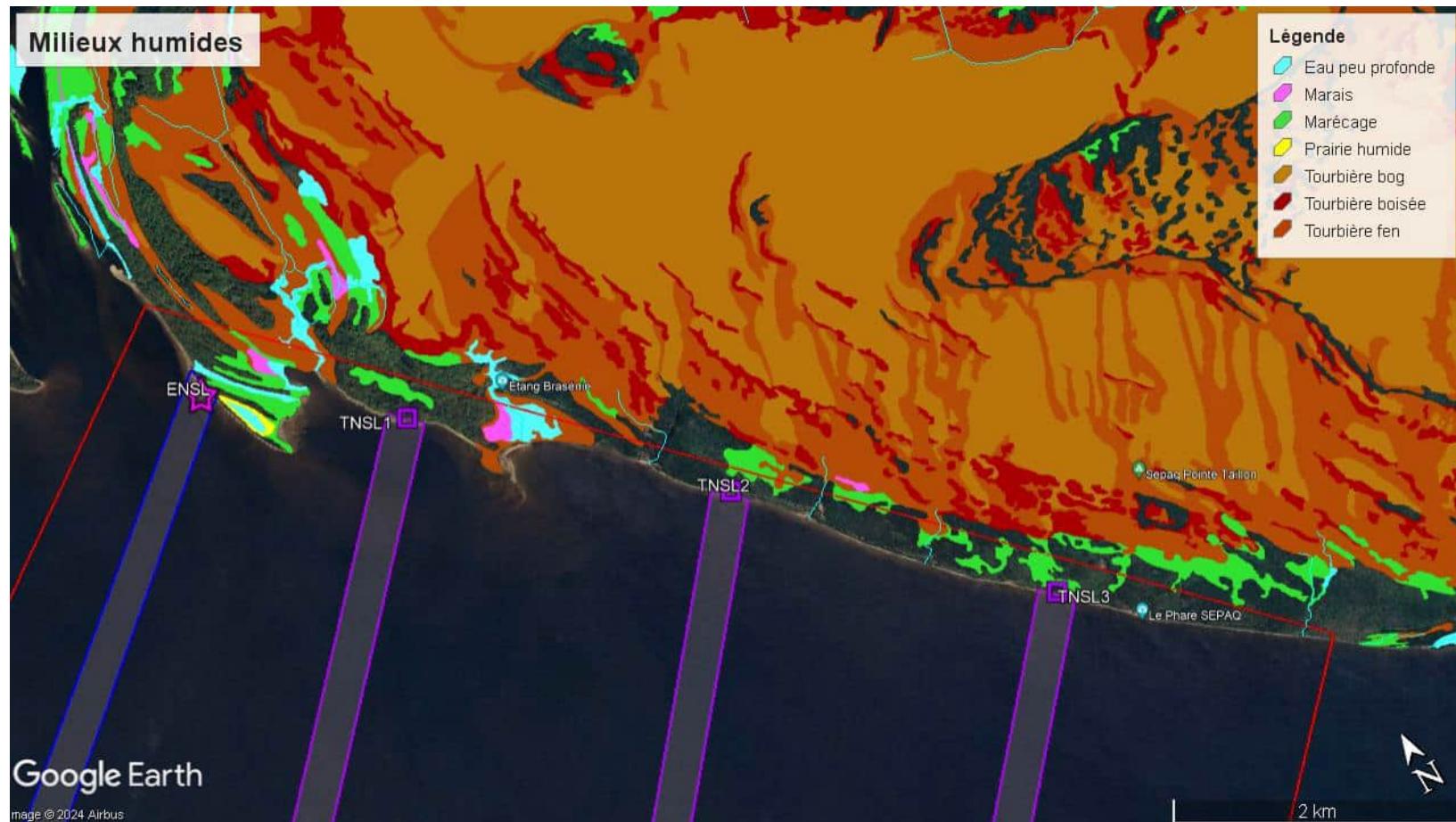
3 Ces cours d'eau ont peu d'influence sur le milieu. Il s'agit d'émissaires de petits plans d'eau.





## **ANNEXE B**

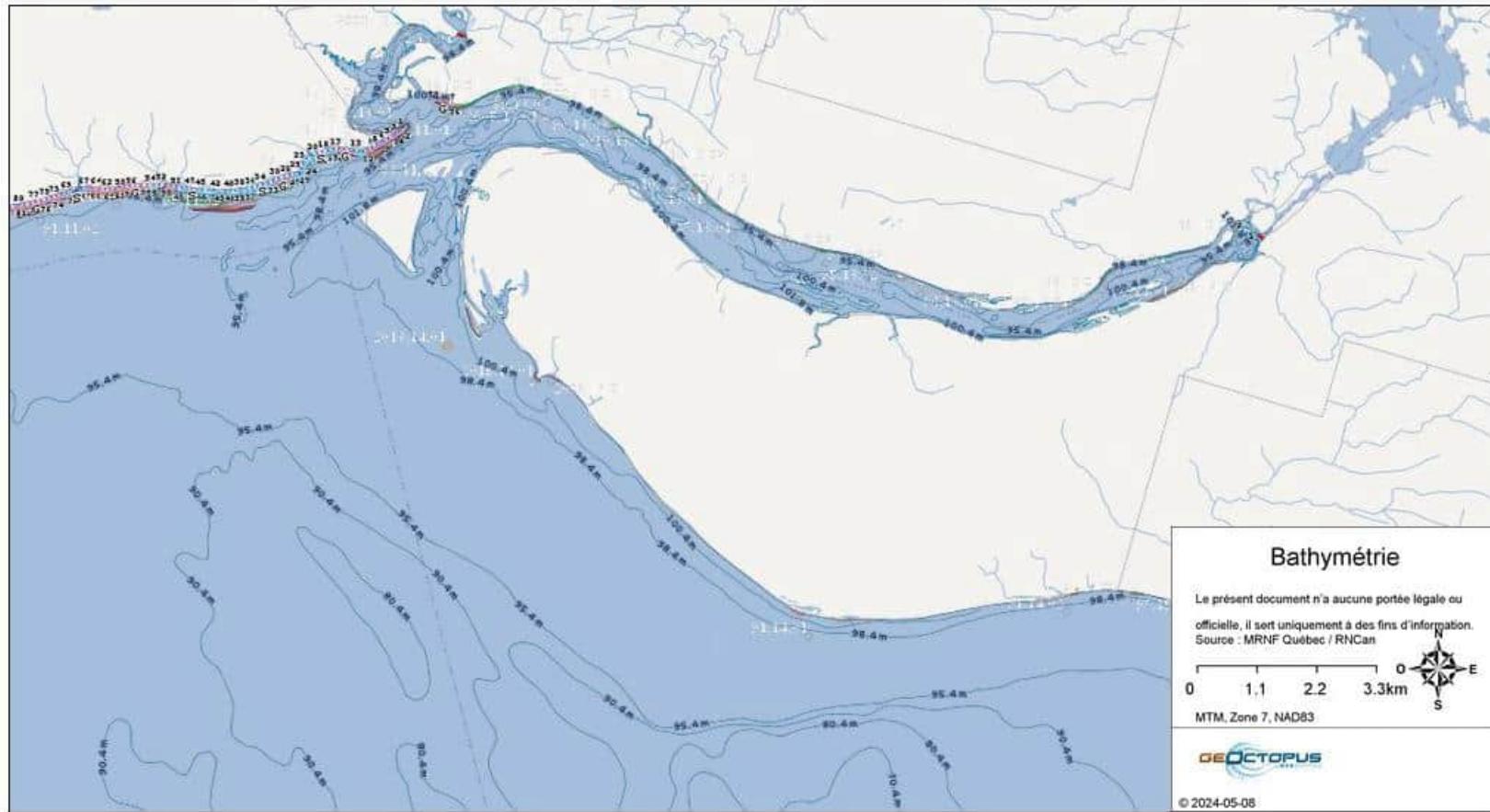
### **Milieux humides aux sites étudiés**

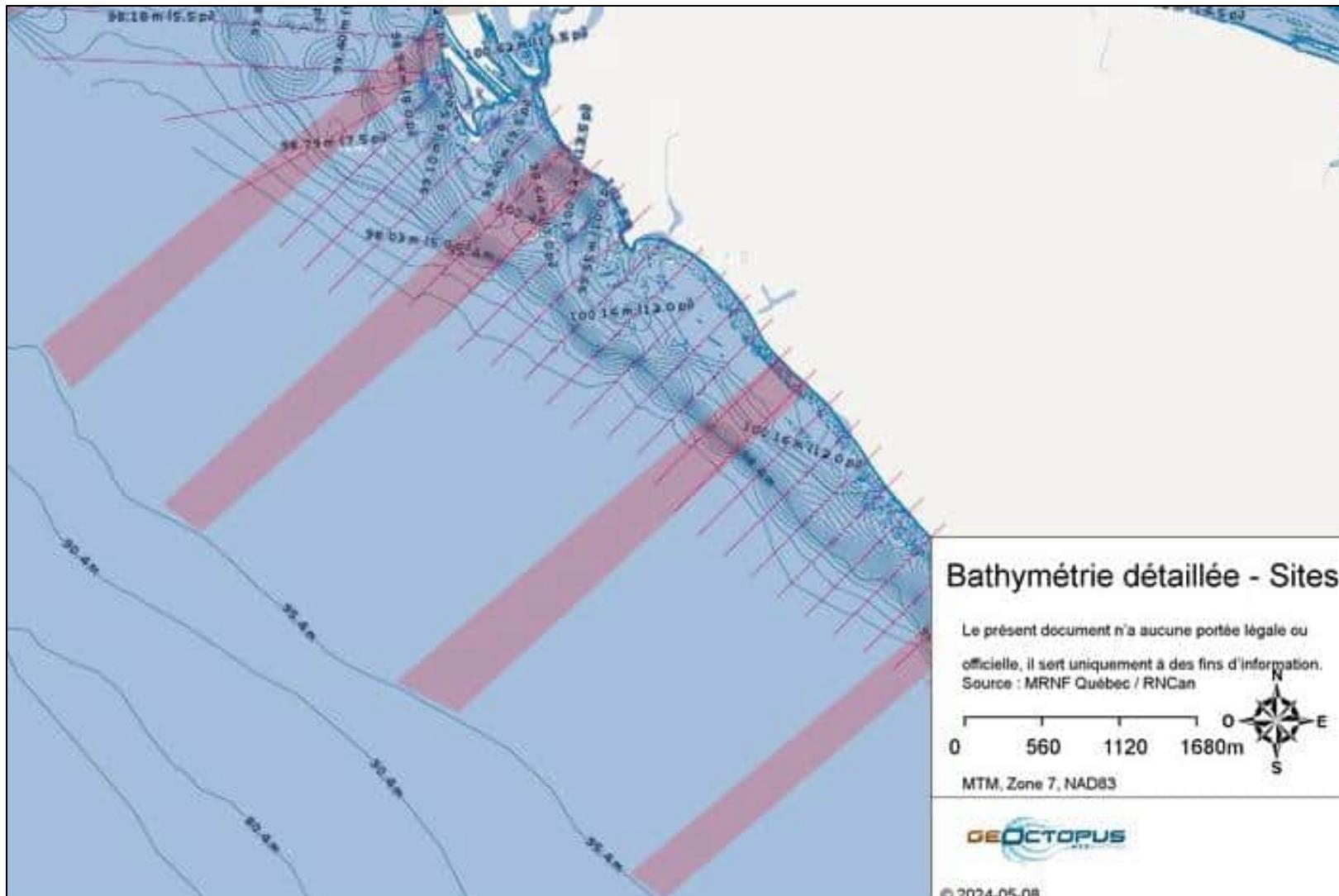




## **ANNEXE C**

### **Bathymétrie**





# ANNEXE

C

IDENTIFICATION DU  
BENTHOS, RAPPORT DES  
EXPERTS



## Rapport final : Analyse Benthique

Novembre 2024

Préparé pour Stéphanie Cimon  
(WSP Canada)

Suivi Benthos Lac Saint-Jean CA0033338.7358 lot 300



### G.D.G. Environnement Ltée

1100 place du Technoparc, bureau 300

Trois-Rivières, Qc, Canada G9A 0A9

T : (888) 567-8567 Fax (819) 373-6832

[gdg@kersia-group.com](mailto:gdg@kersia-group.com)

[www.gdg.ca](http://www.gdg.ca)

### Contact :

Jean-François Houde

[jeanfrancois.houde@kersia-group.com](mailto:jeanfrancois.houde@kersia-group.com)

Cell.: 819-244-2174

## Table des matières

ÉQUIPE DE TRAVAIL .....	3
ANALYSE EN LABORATOIRE .....	4
1.    Lavage .....	4
2.    Tri .....	4
3.    Contrôles qualité du tri .....	4
3.1. Calcul de l'efficacité du tri .....	5
4.    Identification .....	5
5.    Collection de référence .....	5
6.    Saisie des données et vérification des données .....	6
7.    Autres services de laboratoire offerts par GDG Environnement .....	6
TABLEAUX .....	7
ANNEXE 1 (Références taxonomiques utilisées) .....	13
ANNEXE 2 (Validation de la coll. de réf.) .....	22

## Table des tableaux

Tableau 1 : Contrôles qualité sur le tri des organismes benthiques (Lac Saint-Jean, 2024).....	8
Tableau 2 : Données relatives à l'abondance par échantillon des organismes benthiques (Lac Saint-Jean, 2024). .....	9
Tableau 3 : Ajouts à la collection de référence du Lac Saint-Jean, 2024. ....	12

## ÉQUIPE DE TRAVAIL

Chargé de projets ..... Jean-François Houde (B. Sc.)

Contrôles qualité tri ..... Simon Pratte (DEC)

Taxonomie ..... Simon Pratte (DEC)

..... Fernand Therrien (M. Sc.) - Taxonomiste externe

Lavage et tri ..... Alexis Baribeau-Rondeau (B. Sc.)

..... Émilie Pratte (DEC)

..... Frédérique Herbineaux (B. Sc.)

..... Marie-Hélène Morissette-Bélanger (B. Sc.)

..... Simon Pratte (DEC)

..... Sophie Denoncourt (DEC)

## ANALYSE EN LABORATOIRE

### 1. Lavage

Les 68 échantillons ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant des ouvertures de mailles de 4000, 2000, 1000 et 500 µm. Le lavage des échantillons a été effectué en évitant d'appliquer une pression d'eau excessive afin de ne pas endommager les organismes récoltés.

### 2. Tri

Les fractions grossières retenues par les tamis de 4000 et 2000 µm ont été triées immédiatement dans l'eau, et en totalité, à l'aide d'une loupe éclairante, afin de bien isoler les invertébrés des sédiments/débris. Le tri des fractions 1000 et 500 µm a été effectué à l'aide de binoculaires (Nikon SMZ645). Chaque échantillon a ainsi été trié immédiatement après le lavage, dans l'eau. À la fin de la journée, si le tri n'est pas complété pour un échantillon en particulier, la portion non triée de l'échantillon est conservée à 4 °C. Le tri de ces échantillons est habituellement poursuivi le lendemain. Si les échantillons lavés ne peuvent pas être triés rapidement, ils sont conservés dans une solution d'alcool 70 % glycérinée à 9 %, à l'intérieur d'un contenant à couvercle vissé, et ce jusqu'à la prochaine séance de tri.

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 % glycérinée à 9 %, à l'intérieur de fioles de borosilicate avec des couvercles hermétiques, pour une identification ultérieure.

À noter que tous les échantillons ont été triés en totalité. Il n'y a donc pas eu de fractionnement (sous-échantillonnage).

### 3. Contrôles qualité du tri

Afin d'évaluer l'efficacité du tri, des contrôles qualité du tri ont été effectués par une autre personne que le trieur d'origine sur 10 % des échantillons (soit sur 7 échantillons) et consistent en un tri des matières organiques conservées par le trieur d'origine. Les résultats des contrôles qualité du tri sont présentés au tableau 1.

Un tri sera jugé acceptable si :

- Au plus 10% du nombre total des organismes a été oublié par le trieur d'origine;
- Aucun groupe taxonomique n'a été oublié lors du tri initial, et ce, même si les organismes oubliés d'un groupe en particulier constituent moins de 10% du nombre total des organismes.

### **3.1. Calcul de l'efficacité du tri**

L'efficacité du tri (en %) a été calculée avec la formule suivante:

$$\left[ 1 - \left( \frac{\text{nombre d'organismes dans le nouveau tri}}{(\text{nombre d'organismes dans le tri initial} + \text{nombre d'organismes dans le nouveau tri})} \right) \right] \times 100$$

Pour un tri acceptable, l'efficacité du tri doit être supérieure à 90 %. Les résultats de l'efficacité du tri sont présentés au tableau 1.

## **4. Identification**

Les organismes ont été identifiés à la famille. Les données relatives à l'abondance par échantillon des organismes benthiques prélevés pour le contrat de benthos du Lac Saint-Jean 2024 se retrouvent dans le tableau 2. Le tableau final sera également fourni en format Excel. Les références taxonomiques utilisées sont disponibles à l'annexe 1.

## **5. Collection de référence**

La collection de référence a été complétée par deux (2) taxons nouvellement rencontrés en 2024. La liste de la collection de référence a été mise à jour avec l'ajouts de ces nouveaux taxons. L'identification a été validée par un taxonomiste indépendant, Mr Fernand Therrien. Les nouveaux taxons (2) de cette collection de référence sont donnés au tableau 3 et les résultats de leur validation sont présentés à l'annexe 2.

De plus, les fioles des nouveaux taxons 2024 ont été insérées dans la collection de référence physique du Lac Saint-Jean, de même que les fioles des ajouts des années 2021 et 2022.

## 6. Saisie des données et vérification 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 2).

Une fois la saisie complétée, une vérification de la transcription des données a été effectuée par une personne autre que celle ayant réalisé la saisie initiale, en comparant les données saisies aux feuilles de données brutes fournies par les taxonomistes.

## 7. Autres services de laboratoire offerts par GDG Environnement

Dans nos installations, nous effectuons des analyses d'ADN environnementale dans le but de détecter et/ou de quantifier la présence d'espèces cibles. Nous avons déjà plusieurs essais développés à l'interne et pouvons en valider des nouveaux. Voici quelques espèces pour lesquelles des essais sont déjà validés pour la détection d'espèces : le touladi (*Salvelinus namaycush*), la ouananiche (*Salmo salar*) et l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) pour en nommer quelques-unes. Nous sommes ouverts à développer davantage d'essais selon vos projets.

De plus, chez G.D.G. Environnement, nous avons un programme de dépistage de pathogènes chez la tique pour les employés de terrain qui effectuent différents mandats au cours de l'année. Nous pouvons détecter la présence de différents pathogènes dont *Borrelia burgdorferi*, qui cause la maladie de Lyme. Nous dépistons également *Borrelia miyamotoi* (fièvre récurrente similaire à Lyme), *Anaplasma phagocytophilum* (anaplasmose) et *Babesia microti* (babésiose). Ce service pourrait également être offert à vos effectifs sur le terrain.

Bien vouloir nous contacter pour discuter de l'ensemble de nos services offerts, ou visiter le [www.gdg.ca](http://www.gdg.ca) pour plus de détails.

## **TABLEAUX**

Tableau 1 : Contrôles qualité sur le tri des organismes benthiques (Lac Saint-Jean, 2024).

Échantillon	Station	Nombre total d'organismes triés	Nombre oublié	% oublié	Efficacité du tri (%) <sup>2</sup>
BEN1247 (T) <sup>1</sup>	ENSL-MI2	53	2	3,77	96,23
BEN1265 (T)	TNSL3-MI1	82	0	0	100,00
BEN1274 (T)	TNSL3-PF5	27	0	0	100,00
BEN1295 (T)	TNSL2-MI1	51	0	0	100,00
BEN1296 (T)	TNSL2-MI2	32	1*	3,12	96,88
BEN1301 (T)	TNSL2-PF2	36	0	0	100,00
BEN1302 (T)	TNSL2-PF3	45	0	0	100,00

1- Totalité de l'échantillon

2- Voir formule au point 3.1.

Voici les organismes oubliés (et leur abondance) par le trieur d'origine pour chaque échantillon:

- BEN1247 (ENSL-MI2) :
  - Bivalvia (2)
- BEN1296 (TNSL2-MI2) :
  - Nematoda (1)

Ceux-ci ont été ajoutés au nombre total d'organismes triés dans leur échantillon respectif.

\*Note pour le contrôle qualité de l'échantillon BEN1296 (TNSL2-MI2) :

Étant donné que le Nematoda trouvé par le nouveau trieur était le seul organisme de son groupe taxonomique, le contrôle qualité du tri n'est pas jugé comme acceptable. Toutefois, le trieur d'origine de cet échantillon avait déjà trié des Nematoda dans le cadre de ce contrat, ce qui permet de dire qu'il connaissait déjà ce groupe taxonomique et qu'il s'agit plutôt d'un oubli lors du tri. Les autres échantillons triés par ce trieur ne devraient alors pas être impactés.

Tableau 2 : Données relatives à l'abondance par échantillon des organismes benthiques (Lac Saint-Jean, 2024).

Embranchement	Classe/Sous-classe	Ordre/Sous-ordre/Superfamille	Famille/Sous-famille/Tribu	ENSL MS1 BEN1237	ENSL MS2 BEN1238	ENSL MS3 BEN1239	ENSL MS4 BEN1240	ENSL MS5 BEN1241	ENSL MS6 BEN1242	ENSL MS7 BEN1243	ENSL MS8 BEN1244	ENSL MS9 BEN1245	ENSL M11 BEN1246	ENSL M12 BEN1247	ENSL M13 BEN1248	ENSL M14 BEN1249	ENSL M15 BEN1250	ENSL M16 BEN1251	ENSL M17 BEN1252	ENSL PF1 BEN1253	ENSL PF2 BEN1254	ENSL PF3 BEN1255	ENSL PF4 BEN1256	ENSL PF5 BEN1257	ENSL PF6 BEN1258
PORIFERA	Demospongiae																								
	Haplosclerida		Spongillidae																						
NEMATODA																									
MOLLUSCA	Gastropoda																								
	Littorinidae		Hydrobiidae																						
	Bivalvia																								
	Unionida		Unionidae																						
	Sphaeriida		Sphaeriidae																						
ANNELIDA	Citellata																								
	Lumbriculida		Enchytraeidae																						
	Tubificida		Lumbriculidae																						
			Naididae																						
BRYOZOA	Phylactolaemata																								
	Plumatellida		Cristatellidae																						
ARTHROPODA	Arachnida																								
	Trombidiformes																								
			Hygrobatiidae																						
			Limnesiidae																						
			Mideopsidae																						
	Branchiopoda																								
	Diplostraca																								
			Daphniidae																						
			Sididae																						
	Copepoda																								
	Calanoida																								
	Insecta																								
	Hemiptera																								
			Corixidae																						
	Trichoptera																								
			Leptoceridae																						
			Molannidae																						
			Polycentropodidae																						
	Diptera																								
			Nematocera																						
			Ceratopogonidae																						
			Chironomidae																						

Tableau 2 – suite.

Embranchement	Classe/Sous-classe	Ordre/Sous-ordre/Superfamille	Famille/Sous-famille/Tribu	ENSL PF7 BEN1259	TNSL3 MS1 BEN1260	TNSL3 MS2 BEN1261	TNSL3 MS3 BEN1262	TNSL3 MS4 BEN1263	TNSL3 MS5 BEN1264	TNSL3 MH1 BEN1265	TNSL3 M12 BEN1266	TNSL3 M13 BEN1267	TNSL3 M14 BEN1268	TNSL3 M15 BEN1269	TNSL3 PF1 BEN1270	TNSL3 PF2 BEN1271	TNSL3 PF3 BEN1272	TNSL3 PF4 BEN1273	TNSL3 PF5 BEN1274	TNSL1 M11 BEN1275	TNSL1 M12 BEN1276	TNSL1 M13 BEN1277	TNSL1 M14 BEN1278	TNSL1 M15 BEN1279	TNSL1 MS1 BEN1280	
PORIFERA	Demospongiae	Haplosclerida	Spongillidae	c 1									1													
NEMATODA																										
MOLLUSCA	Gastropoda	Littorinidae	Hydrobiidae																							
	Bivalvia	Unionida	Unionidae																							
		Sphaeriida	Sphaeriidae	32							69	40	58	33	47	14	13	10	24	24	120	111	55	73	80	1
ANNELIDA	Citellata		Enchytraeidae																							
		Lumbriculida	Lumbriculidae								1	1	1	c							3	7	5	1		
		Tubificida	Naididae	2	1																					
BRYOZOA	Phylactolaemata	Plumatellida	Cristatellidae																							
ARTHROPODA	Arachnida	Trombidiformes	Hygrobatidae																							
			Limnesiidae																							
			Mideopsidae																							
	Branchiopoda																									
		Diplostraca	Daphniidae																							
			Sididae																							
	Copepoda	Calanoida																								
	Insecta	Hemiptera	Corixidae																							
		Trichoptera	Leptoceridae																							
			Molannidae																							
			Polycentropodidae																							
	Diptera	Nematocera	Ceratopogonidae																							
			Chironomidae	5	6	6	8	1	13	3		1	1	1							17	3	3	2	2	

Tableau 2 – fin.

Embranchement	Classe/Sous-classe	Ordre/Sous-ordre/Superfamille	Famille/Sous-famille/Tribu	TNSL1 MS2 BEN1281	TNSL1 MS3 BEN1282	TNSL1 MS4 BEN1283	TNSL1 MS5 BEN1284	TNSL1 PF1 BEN1285	TNSL1 PF2 BEN1286	TNSL1 PF3 BEN1287	TNSL1 PF4 BEN1288	TNSL1 PF5 BEN1289	TNSL1 MS1 BEN1290	TNSL2 MS2 BEN1291	TNSL2 MS3 BEN1292	TNSL2 MS4 BEN1293	TNSL2 MS5 BEN1294	TNSL2 MI1 BEN1295	TNSL2 MI2 BEN1296	TNSL2 MI3 BEN1297	TNSL2 MI4 BEN1298	TNSL2 MI5 BEN1299	TNSL2 PF1 BEN1300	TNSL2 PF2 BEN1301	TNSL2 PF3 BEN1302	TNSL2 PF4 BEN1303	TNSL2 PF5 BEN1304
PORIFERA	Demospongiae	Haplosclerida	Spongillidae																								
NEMATODA																											
MOLLUSCA	Gastropoda	Littorinidae	Hydrobiidae																								
	Bivalvia	Unionida	Unionidae																								
		Sphaeriida	Sphaeriidae																								
ANNELIDA	Ciliatella		Enchytraeidae																								
	Lumbriculida		Lumbriculidae																								
	Tubificida																										
			Naididae																								
BRYOZOA	Phylactolaemata																										
	Plumatellida		Cristatellidae																								
ARTHROPODA	Arachnida																										
	Trombidiformes		Hygrobatidae																								
			Limnesiidae																								
			Mideopsidae																								
	Branchiopoda																										
	Diplostraca		Daphniidae																								
			Sididae																								
	Copepoda																										
	Calanoida																										
	Insecta																										
	Hemiptera		Corixidae																								
	Trichoptera		Leptoceridae																								
			Molannidae																								
			Polycentropodidae																								
	Diptera																										
	Nematocera		Ceratopogonidae																								
			Chironomidae																								

Tableau 3 : Ajouts à la collection de référence du Lac Saint-Jean, 2024.

<b>Embranchement</b>	<b>Classe</b>	<b>Ordre</b>	<b>Famille</b>	<b>No. Fiole</b>
ARTHROPODA	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	61
	Insecta	Hemiptera	Corixidae	62

## ANNEXE 1 (Références taxonomiques utilisées)

### General

Danks HV. 1978. Canada and its Insect Fauna. Memoirs of the Entomological Society of Canada 108.

Merritt, R. W., Cummins, K. W. et M.B.Berg, eds. 2019. An introduction to the aquatic insects of North America. 5th ed., Kenfdall/Hunt, Dubuque, IA, 1498 pp.

Moisan J. 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs : 82pp.

Peckarsky BL, Fraissinet PR, Penton MA, Conklin Jr DJ. 1990. Freshwater Macroinvertebrates of Northeastern North America. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

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

Voshell JR. 2002. A Guide to Common Freshwater Invertebrates of North America. The McDonald and Woodward Publishing Company, Blacksburg, Virginia.

### Coleoptera

Brown HP. 1972. Aquatic Dryopoid Beetles (Coleoptera) of the United States. Biota of the Freshwater Ecosystems Identification Manual no. 6: 78 pp.

### Diptera

Adler PH, Currie DC, Wood DM. 2004. The Black Flies (Simuliidae) of North America. Royal Ontario Museum, Cornell University Press.

Courtney GW. 1994. Biosystematics of the Nymphomyiidae (Insecta: Diptera); Life History, Morphology, and Phylogenetic Relationships. Smithsonian Contributions to zoology 550: 1-29

Gelhaus JK. 2002. Manual for the Identification of Aquatic Crane Fly Larvae for North America. Prepared for the North American Benthic Society, Salt Lake City, UT, USA.

## Chironomidae

Bode RW. 1983. Larvae of North American Eukiefferiella and Tvetenia (Diptera: Chironomidae). New York State Museum Bulletin No. 452: 1-40

Bolton MJ. 2007. Ohio EPA Supplemental Keys to the Larval Chironomidae (Diptera) of OHIO and Ohio Chironomidae Checklist. Ohio Environmental Protection Agency: 1-62 (1-15)

Brundin L. 1983. The Larvae of Podonominae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 23-31

Coffman WP, Cranston PS, Oliver DR, Saether OA. 1986. The Pupae of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 28: 147-296

Cranston PS. 1983. The Larvae of Chironomidae (Diptera) to the Holarctic region – Keys to subfamilies. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 11-15

Cranston PS. 1983. The Larvae of Telmatogetoninae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 17-22

Cranston PS, Oliver DR, Saether OA. 1983. The Larvae of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 149-291

Epler JH. 2001. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina (Version 1.0). John H. Epler, PhD, Crawfordville, FL, USA

Epler JH. 2017. Chironomidae Update. Larval Chironomidae Identification Workshop – Department of Entomology and Nematology, University of Florida: 18 pp.

Fittkau EJ, Murray DA. 1986. The Pupae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 28: 31-113

Fittkau EJ, Roback SS. 1983. The Larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 33-110

Maschwitz DE, Cook EF. 2000. Revision of the Nearctic Species of the Genus *Polypedilum* Kieffer (Diptera: Chironomidae) in the Subgenera P. (*Polypedilum*) Kieffer and P.

(Uresipedilum) Ovewo and Saether. Bull. Ohio Biol. Survey (New Series) Vol. 12 (3): 135pp.

Oliver DR. 1983. The Larvae of Diamesinae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 115-138

Oliver DR, Dillon ME. 1990. Catalogue des Chironomidae de la région néarctique. Direction générale de la recherche – Agriculture Canada.

Oliver DR, Roussel ME. 1983. The Genera of Larval Midges of Canada – Diptera : Chironomidae. The Insects and Arachnids of Canada Part 11

Pinder LCV. 1983. The Larvae if Chironomidae (Diptera) of the Holarctic region – Introduction. *Entomologica Scandinavica Supplement* 28: 7-10

Pinder LCV, Reiss F. 1983. The Larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 293-435

Pinder LCV, Reiss F. 1986. The Pupae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 28: 299-456

Roback SS. 1985. The Immature Chironomids of the United States VI; Pentaneurini – Genus *Ablabesmyia*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*: 153-212

Roback SS. 1987. The Immature Chironomids of the Eastern United States IX; Pentaneurini – Genus *Labrundinia* with the Descriptions of some Neotropical Material. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* Vol. 139 (1): 159-209.

Saether OA. 1976. Revision of *Hydrobaenus*, *Trissocladius*, *Zalutschia* *Paratrissocladius* and some related genera (Diptera: Chironomidae). *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 195: *Hydrobaenus* (54-79), *Zalutschia* (173, 180-185, 191-193), *Paratrissocladius* (253, 256-259)

Saether OA. 1983. The Larvae of Prodiamesinae (Diptera: Chironomidae) to the Holarctic region – Keys and Diagnoses. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 141-147

Simpson KW, Bode RW, Albu P. 1982. Keys for the genus *Criptopus* adapted from "Revision der Gattung *Criptopus* van der Wulp und ihrer Verwandten" (Diptera: Chironomidae) by M. Hirvenoja. *New York State Museum Bulletin* 450: 1-133

Wiederholm T (ed). 1983. Chironomidae of the Holarctic Region. Part 1: Larvae. Entomologica Scandinavica Supplement No 19

### **Ephemeroptera**

Allen RK, Edmunds GF. 1963. A Revision of the Genus *Ephemerella* (Ephemeroptera: Ephemerellidae) VI; The Subgenus *Serratella* in North America. Annals of the Entomological Society of America Vol. 56: 583-600

Allen RK, Edmunds GF. 1963. A Revision of the Genus *Ephemerella* (Ephemeroptera: Ephemerellidae) VIII; The Subgenus *Ephemerella* in North America. Misc. Publ. of the Entomol. Soc. of Amer.: 244-281

Bednarik AF, McCafferty WP. 1979. Biosystematic revision of the genus *Stenonema* (Ephemeroptera: Heptageniidae). Can Bull Fish Aquat Sci 201: 73 pp.

Berner L. 1978. A Review of the Mayfly Family Metretopodidae. Trans. Amer. Ent Soc. Vol. 104: 91-137

Burian, S.K. 2001. Revision of the Genus *Leptophlebia* Westwood in North America (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Leptophlebiinae). Bull. Ohio Biol. Survey (New Series) Vol. 13:3.

Kondratieff BC, Voshell JR. The North and Central American species of *Isonychia* (Ephemeroptera: Oligoneuriidae). Trans. Amer. Ent. Soc. Vol. 110: 129-244

Lugo-Ortiz CR, McCafferty WP, Waltz RD. 1994. Contribution to the Taxonomy of the Panamerican Genus *Fallceon* (Ephemeroptera: Baetidae). J. New York Entomol. Soc. 102(4): 460-475

McCafferty WP. 1971. New Genus of Mayflies from Eastern North America (Ephemeroptera: Ephemeridae). New York Ent. Soc. LXXIX (March): 45-51

McCafferty WP. 1975. The Burrowing Mayflies of the United States (Ephemeroptera: Ephemeroidea). Trans Amer. Ent. Soc. Vol. 101: 447-504

McCafferty WP, Waltz RD, Webb JM, Jacobus LM. 2005. Revision of *Heterocloeon* McDunnough (Ephemeroptera: Baetidae). Journal of Insect Science 5(35): 11pp.

Morihara DK, McCafferty WP. 1979. The Baetis Larvae of North America (Ephemeroptera: Baetidae) Trans. Amer. Ent. Soc Vol. 105: 139-221

Pescador ML, Berner L. 1981. The Mayfly Family Baetiscidae (Ephemeroptera); Part II Biosystematics of the Genus Baetisca. Trans. Amer. Ent. Soc. Vol. 107: 163-228

Provonsha AV. 1990. A Revision of the Genus Caenis in North America (Ephemeroptera: Caenidae). Trans. Amer. Ent. Soc. Vol. 116 (4): 801-884

Funk DH, Sweeney BW. 1994. The Larvae of Eastern North American Eurylophella Tiensuu (Ephemeroptera: Ephemerellidae). Trans. Amer. Ent. Soc. Vol. 120 (3): 209-286

Waltz RD, McCafferty WP. 1987. New Genera of Baetidae for some Nearctic Species Previously Included in Baetis Leach (Ephemeroptera). Ann. Entomol. Soc. Ame. 80 (5): 667-670

### **Heteroptera**

Cheng L, Fernando CH. 1970. The water-striders of Ontario (Heteroptera: Gerridae). ROM, Life sciences Misc. publ.: 1-23

### **Megaloptera**

Cuyler RD. 1958. The Larvae of Chauliodes Latreille (Megaloptera: Corydalidae). Annals Entomological Society of America Vol. 51: 582-586

Neunzig HH. 1966. Larvae of the Genus Nigronia Banks (Neuropter[id]a: Corydalidae). Proc. Ent. Soc. Wash. Vol. 68(1): 11-16

### **Plecoptera**

Fiance SB. 1977. The Genera of Eastern North American Chloroperlidae (Plecoptera): Key to Larval Stages. Psyche; A Journal of Entomology Vol. 84 (Sept-Dec): 308-316

Fullington KE, Stewart KW. 1980. Nymphs of the Stonefly genus Taeniopteryx (Plecoptera: Taeniopterygidae) of North America. Journal of the Kansas Entomological Society 53(2): 237-259

Harper PP. 1971. Plécoptères nouveaux du Québec (Insectes). Can. J. Zool. 49: 685-690

Harper PP, Hynes HBN. 1971. The Capniidae of Eastern Canada (Insecta: Plecoptera). Can. J. Zool. 49: 921-940

Harper PP, Hynes HBN. 1971. The Leuctridae of Eastern Canada (Insecta: Plecoptera). *Can. J. Zool.* 49: 915-920

Harper PP, Hynes HBN. 1971. The nymphs of the Taeniopterygidae of Eastern Canada (Insecta: Plecoptera). *Can. J. Zool.* 49: 941-947

Harper PP, Hynes HBN. 1971. The nymphs of the Nemouridae of Eastern Canada (Insecta: Plecoptera). *Can. J. Zool.* 49: 1129-1142

Stark BP. 1986. The Nearctic Species of Agnetina (Plecoptera: Perlidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 59(3): 437-445

Stark BP, Szczytko SW. 1981. Contributions to the systematics of Paragnetina (Plecoptera: Perlidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 54(3): 625-648

Stewart KW, Stark BP. 2002. Nymphs of North American Stonefly Genera (Plecoptera) (2nd ed.). Caddis Press, Columbus, OH, USA

### **Odonata**

Walker EM. 1953. The Odonata of Canada and Alaska Vol. 1 – Part I: General – Part II: The Zygoptera – Damselflies. University of Toronto Press

Walker EM. 1958. The Odonata of Canada and Alaska Vol. 2 – Part III: The Anisoptera (4 families). University of Toronto Press

Walker EM, Corbet PS. 1975. The Odonata of Canada and Alaska Vol. 3 – Part III: The Anisoptera (3 families). University of Toronto Press

### **Trichoptera**

Flint OS. 1962. Larvae of the Caddis Fly Genus *Rhyacophila* in Eastern North America (Trichoptera: Rhyacophilidae). *Proceedings of the United States National Museum Smithsonian Institution* vol. 113 (no 3464): 465-493

Flint OS. 1984. The genus *Brachycentrus* in North America, with a proposed phylogeny of the genera of Brachycentridae (Trichoptera). *Smithsonian Contributions to Zoology* No. 398, Washington, DC, USA.

Scheftner PW, Wiggins GB. 1986. A Systematic Study of the Nearctic Larvae of the *Hydropsyche*

morose Group (Trichoptera: Hydropsychidae). Life Sciences Miscellaneous Publication of the Royal Ontario Museum: 43pp.

Wiggins GB. 1996. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera) (2nd ed). University of Toronto Press, Toronto, ON, Canada.

### **Annelida**

Brinkhurst, R.O. 1986. Guide to the Freshwater Microdrile Oligochaetes of North America. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 84. 259 pp.

Cook DG, Brinkhurst RO. Key to the Marine Oligochaeta of the East Coast of North America (in Marina Flora and Fauna of the Northeastern United States. Annelida: Oligochaeta). NOAA Technical Report NMFS CIRC-374: 6-20

Kathman RD, Brinkhurst RO. 1998. Guide to the Freshwater Oligochaetes of North America.

Klemm D.J. 1985. A guide to the freshwater Annelida (Polychaeta, naidid and tubificid Oligochaeta, and Hirudinea) of North America. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing

Lafont M. 1983. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises – 3. Annélides Oligochètes. Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon 52e année (no 4, avril) : 108-135

Reynolds JW. 1977. The Earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario. Life Sci. Misc. Publ., Roy. Ont. Mus

### **Arachnida**

Conroy JC. 1992. A Revision of the species of the Genus Neumania sensu stricto in North America, with descriptions of seven species (Third Part). Acarologia t. 23 (1).

### **Mollusca**

Burch JB. 1972. Freshwater sphaeriacean clams (Mollusca: Pelecypoda) of North America. Biota of Freshwater Ecosystems Identification Manual No. 3: 31 pp.

Burch JB. 1980. North American Freshwater Snails – Species List, Ranges and Illustrations. Society for Experimental and Descriptive Macology

Burch JB. 1982. North American Freshwater Snails – Identification Keys, Generic Synonymy,

Supplemental Notes, Glossary, References, Index. Society for Experimental and Descriptive Macology

Burch JB. 1988. North American Freshwater Snails –Introduction, Systematics, Nomenclature, Identification, Morphology, Habitats, Distribution. Society for Experimental and Descriptive Macology

Clarke AH. 1981. Les Mollusques d'eau douce du Canada. Trad. La Rocque A. Musée national des sciences naturelles – Musée nationaux du Canada

Claudi R, Mackie GL. 1994. Practical Manual for Zebra Mussel Monitoring and Control. Lewis Publishers

Hershler R, Thompson FG. 1988. Notes on Morphology of *Amnicola Limosa* (Say, 1817) (Gastropoda: Hydrobiidae) with Comments on Status of the subfamily Amnicolinae. *Malacological Review* 21: 81-92

Hershler R, Thompson FG. 1996. Redescription of *Paludina integra* (Say, 1821) Type Species of Genus *Cincinnatia* (Gastropoda: Hydrobiidae). *J. Moll. Stud.* 62: 33-55

Hershler R. 1996. Review of the North American aquatic snail genus *Probythinella* (Rissooidea: Hydrobiidae). *Invertebrate Biology* 115 (2): 120-144

Mackie GL. 2007. Biology of Freshwater Corbiculid and Sphaeriid Clams of North America. Ohio Biological Survey 15 (3): 436pp.

Smith DG. 1999. Differences in Siphonal Anatomy Between *Dreissena polymorpha* and *D. bugensis* (Mollusca: Dreissenidae) in Lake Ontario. *The American Midland Naturalist* 141 (2): 402-405

### **Crustacés et autres Arthropodes**

Berner DB. Key to the Cladocera of Par Pond on the Savannah River Plant. Savannah River Plant National Environmental Research Program – United States Department of Energy: 62 pp.

Bousfield EL. 1958. Fresh-water Amphipod Crustaceans of Glaciated North America. *The Canadian Field-Naturalist* vol. 72 (no 2): 55-113

Cook DR. 1974. Water mite genera and subgenera. *Memoirs Am Entomol Inst* 21: 1-860

Dubé J, Desroches JF. 2007. Les Écrevisses du Québec: Biologie, identification et répartition géographique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de l'Estrie, de Montréal et de la Montérégie. 66 pp.

Holsinger JR. 1976. The Freshwater Amphipod Crustaceans (Gammaridae) of North America, U. S. Environmental Protection Agency: 89 pp.

Nuttall PM, Fernando CH. 1971. A Guide to the identification of the Freshwater Ostracoda of Ontario with a Provisional Key to the Species. University of Waterloo Biology Series: 33 pp.

Tressler WL. Ostracoda. Fresh-water Biology (chap. 28): 657-734

Victor R, Fernando CH. 1981. An Illustrated Key to the Freshwater Ostracod Genera of the Oriental Region. University of Waterloo Biology Series: 92 pp.

Williams, W.D. 1976. Freshwater isopods (Asellidae) of North America; biota of freshwater ecosystems, identification manual no. 7. U.S. Environmental Protection Agency, Water Pollution Control Research Series No. 18050 ELD05/72. Washington, D.C. 45 pp.

### **Bryozoa**

Ricciardi A, Reiswig HM. 1993. Taxonomy, distribution, and ecology of the freshwater bryozoans (Ectoprocta) of eastern Canada. Can. J. Zool. 72 : 339-359

### **Plantes**

Laplace-Treyture C, Peltre MC, Lambert É, Rodriguez S, Vergon JP, Chauvin C. 2014. Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Les éditions d'Irstea Bordeaux, Cestas : 204pp.

**ANNEXE 2 (Validation de la coll. de réf.)**

**Résultats de la validation de la collection de référence  
(Par Fernand Therrien)**

**Lac Saint-Jean 2024**

**Validation des ajouts à la collection de référence**

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Fiole	Commentaires
ARTHROPODA	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	61	Oui
	Insecta	Hemiptera	Corixidae	62	Oui

# ANNEXE

D

LISTE DES TAXONS  
OBSERVÉS EN 2024



Famille	Ordre	Classe	Embranchement
Spongillidae <sup>1</sup>	Haplosclerida	Demospongiae	Porifera
E.Nematoda	E.Nematoda	E.Nematoda	Nematoda
Hydrobiidae	Littorinida	Gastropoda	Mollusca
Unionidae	Unionida	Bivalvia	Mollusca
Sphaeriidae	Sphaeriida	Bivalvia	Mollusca
Enchytraeidae	Enchytraeida	Clitellata	Annelida
Lumbriculidae	Lumbriculida	Clitellata	Annelida
Naididae	Tubificida	Clitellata	Annelida
Cristatellidae <sup>1</sup>	Plumatellida	Phylactolaemata	Bryozoa
Hygrobatidae	Trombidiformes	Arachnida	Arthropoda
Limnesiidae	Trombidiformes	Arachnida	Arthropoda
Mideopsidae	Trombidiformes	Arachnida	Arthropoda
Sididae	Diplostraca	Branchiopoda	Arthropoda
Corixidae	Hemiptera	Insecta	Arthropoda
Leptoceridae	Trichoptera	Insecta	Arthropoda
Molannidae	Trichoptera	Insecta	Arthropoda
Polycentropodidae	Trichoptera	Insecta	Arthropoda
Ceratopogonidae	Diptera	Insecta	Arthropoda
Chironomidae	Diptera	Insecta	Arthropoda

Notes :

1 Taxon colonial.



# ANNEXE

**E**

SORTIES STATISTIQUES





# LAC ASKEEN PNPT 2024

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE .....</b>	<b>II</b>
1.1	Structure des communautés.....	ii
1.1.1	PERMANOVA.....	ii
1.1.2	PERMDISP .....	iv
1.1.3	nMDS.....	v
1.1.4	SIMPER.....	v
1.2	Composition des communautés.....	vii
1.2.1	PERMANOVA.....	vii
1.2.2	PERMDISP .....	viii
1.2.3	SIMPER.....	ix
1.3	Tests unidimensionnels .....	xi
1.3.1	Abondances .....	xi
1.3.2	Chironomides.....	xii
1.3.3	Richesse.....	xiv
1.3.4	Shannon .....	xvi
1.3.5	Équitabilité.....	xvii
1.3.6	Contribution dominant .....	xix
<b>2</b>	<b>ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE.....</b>	<b>XX</b>
2.1	Structure des communautés.....	xx
2.1.1	PERMANOVA.....	xx
2.1.2	PERMDISP .....	xxii
2.1.3	nMDS.....	xxiii
2.1.4	SIMPER.....	xxiii
2.2	Composition des communautés.....	xxv
2.2.1	PERMANOVA.....	xxv
2.2.2	PERMDISP .....	xxvi
2.2.3	SIMPER.....	xxvi
2.3	Dominance .....	xxviii
2.3.1	PERMANOVA .....	xxviii
2.3.2	PERMDISP .....	xxx
2.3.3	Dominance plots .....	xxxi
2.4	Tests unidimensionnels .....	xxxi
2.4.1	Abondances .....	xxxi
2.4.2	Chironomides.....	xxxiv
2.4.3	EPT .....	xxxv
2.4.4	EPT/C .....	xxxvii
2.4.5	Richesse.....	xxxviii
2.4.6	Shannon .....	xl
2.4.7	Équitabilité.....	xliii
2.4.8	Contribution dominant .....	xlv

<b>3</b>	<b>ZONE PROFONDE .....</b>	<b>XLVII</b>
3.1	Structure des communautés.....	xlvii
3.1.1	PERMANOVA.....	xlvi
3.1.2	PERMDISP .....	lxi
3.1.3	nMDS.....	l
3.1.4	SIMPER.....	l
3.2	Composition des communautés.....	liii
3.2.1	PERMANOVA.....	lii
3.2.2	PERMDISP .....	liii
3.2.3	nMDS.....	lv
3.2.4	SIMPER.....	lv
3.3	<b>Dominance .....</b>	<b>lvii</b>
3.3.1	PERMANOVA .....	lvii
3.3.2	PERMDISP .....	lviii
3.3.3	Dominance plots .....	lx
3.4	Tests unidimensionnels .....	ix
3.4.1	Abondances .....	ix
3.4.2	Chironomides .....	lxii
3.4.3	EPT .....	lxv
3.4.4	Richesse .....	lxvii
3.4.5	Shannon .....	lxix
3.4.6	Équitabilité .....	lxxi
3.4.7	Contribution dominant .....	lxxiv

# 1 ZONE DE MARNAGE SUPÉRIEURE

## 1.1 STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

### 1.1.1 PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem33

Data type: Similarity

Selection: 2-5;7-13;16-22

Transform: Square root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	21489	7163,1	5,4959	0,001
Res	14	18247	1303,3		
Total	17	39736			999

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

Source	EMS
Si	$1*V(Res) + 4,4444*S(Si)$
Res	$1*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1*Si$	$1*Res$	3	14

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	1318,4	36,31
V(Res)	1303,3	36,102

## PAIRWISE

### PERMANOVA

### Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem33

Data type: Similarity

Selection: 2-5;7-13;16-22

Transform: Square root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	0,90763	0,484	56
ENSL, TNSL2	3,2241	0,018	41
ENSL, TNSL3	3,5356	0,011	91
TNSL1, TNSL2	1,9859	0,106	41
TNSL1, TNSL3	2,3903	0,019	91
TNSL2, TNSL3	1,3163	0,202	41

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	$1*Res$	8
ENSL, TNSL2	$1*Res$	6
ENSL, TNSL3	$1*Res$	8
TNSL1, TNSL2	$1*Res$	6
TNSL1, TNSL3	$1*Res$	8
TNSL2, TNSL3	$1*Res$	6

Average Similarity between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	51,514			
TNSL1	47,971	40,347		
TNSL2	19,597	36,452	77,564	
TNSL3	15,572	28,15	64,644	61,594

### 1.1.2 PERMDISP

#### SITE

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem33

Data type: Similarity

Selection: 2-5;7-13;16-22

Transform: Square root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 18

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,9096 df1: 3 df2: 14

P(perm): 0,196

#### PAIRWISE COMPARISONS

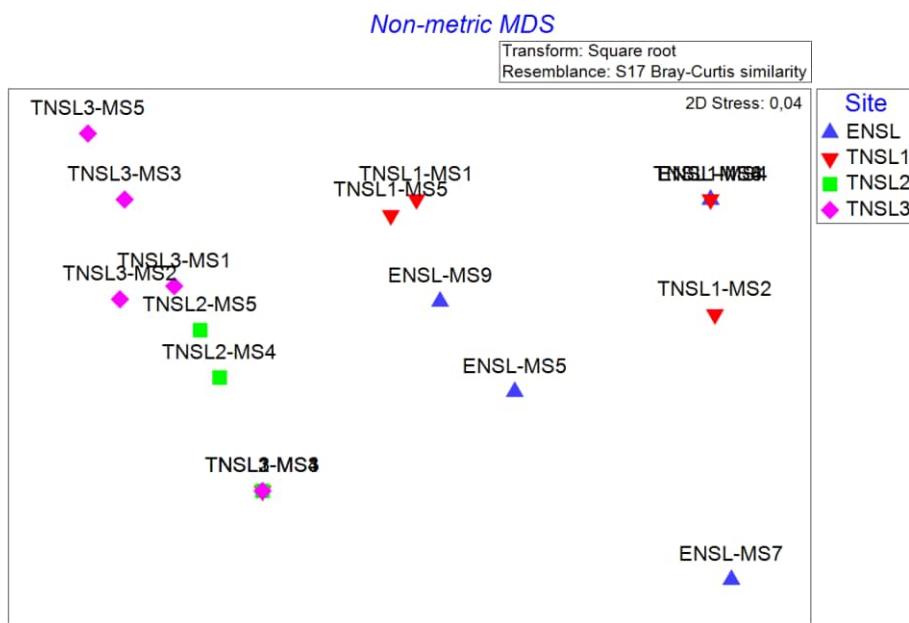
Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,71228	0,545
(ENSL,TNSL2)	3,2517	0,024
(ENSL,TNSL3)	1,2324	0,341
(TNSL1,TNSL2)	2,45	0,099
(TNSL1,TNSL3)	1,5511	0,265
(TNSL2,TNSL3)	1,2042	0,491

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	5	32,533	3,888
TNSL1	5	38,476	7,3825
TNSL2	3	13,426	3,7884
TNSL3	5	23,681	6,0402

Sample	Group	Distance
ENSL-MS4-2024	ENSL	30,675
ENSL-MS5-2024	ENSL	25,323
ENSL-MS6-2024	ENSL	30,675
ENSL-MS7-2024	ENSL	47,581
ENSL-MS9-2024	ENSL	28,412
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	22,648
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	45,487
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	60,453
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	42,404
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	21,389
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	20,018
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	6,8954
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	13,364
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	6,1018
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	22,935
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	18,056
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	42,786
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	28,524

### 1.1.3 NMDS



### 1.1.4 SIMPER

## SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

## One-Way Analysis

## Data worksheet

Name: Data34

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 Site

ENSL-MS3-2024 ENSL

ENSL-MS4-2024 ENSL

ENSL-MS5-2024 ENSL

ENSL-MS6-2024 ENSL

ENSL-MS7-2024 ENSL

ENSL-MS8-2024 ENSL

ENSL-MS9-2024 ENSL

TNSL1-MS1-2024 TNSL1

TNSL1-MS2-2024 TNSL1

TNSL1-MS3-2024 TNSL1

TNSL1-MS4-2024 TNSL1

TNSL1-MS5-2024 TNSL1

TNSL2-MS1-2024 TNSL2

TNSL2-MS2-2024 TNSL2

TNSL2-MS3-2024 TNSL2

TNSL2-MS4-2024 TNSL2

TNSL2-MS5-2024 TNSL2

TNSL3-MS1-2024 TNSL3

TNSL3-MS2-2024 TNSL3

TNSL3-MS3-2024 TNSL3

TNSL3-MS4-2024 TNSL3

TNSL3-MS5-2024 TNSL3

## Group ENSL

Average similarity: 25,76

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,24	23,08	0,83	89,60	89,60

## Group TNSL1

Average similarity: 40,35

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	0,95	25,59	1,02	63,43	63,43
Chironomidae	0,83	12,11	0,62	30,01	93,44

## Group TNSL2

Average similarity: 25,85

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Chironomidae	0,95	25,85	0,66	100,00	100,00

## Group TNSL3

Average similarity: 61,59

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Chironomidae	2,47	59,33	3,75	96,33	96,33

## Groups ENSL &amp; TNSL1

Average dissimilarity = 65,73

Species	Av. Abund	Group ENSL		Group TNSL1	
		Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%
Sphaeriidae	1,24	0,95	27,76	0,90	42,23
Chironomidae	0,34	0,83	22,49	0,87	34,22

## Groups ENSL &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 90,52

Species	Av. Abund	Group ENSL		Group TNSL2	
		Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%
Sphaeriidae	1,24	0,00	41,74	1,40	46,11
Chironomidae	0,34	0,95	40,13	1,09	44,33

## Groups TNSL1 &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 78,13

Species	Av. Abund	Group TNSL1		Group TNSL2	
		Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%
Sphaeriidae	0,95	0,00	35,93	1,09	45,99
Chironomidae	0,83	0,95	31,66	1,05	40,53

## Groups ENSL &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 88,88

Species	Av. Abund	Group ENSL		Group TNSL3	
		Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%
Chironomidae	0,34	2,47	50,09	1,78	56,36
Sphaeriidae	1,24	0,00	21,03	1,25	23,66

## Groups TNSL1 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 71,85

Species	Av. Abund	Group TNSL1		Group TNSL3	
		Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%
Chironomidae	0,83	2,47	34,10	1,69	47,46
Sphaeriidae	0,95	0,00	19,38	1,22	26,97

## Groups TNSL2 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 61,21

Group TNSL2      Group TNSL3

Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
Chironomidae	0,95	2,47	47,33	1,44	77,32	77,32

## 1.2 COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

---

### 1.2.1 PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet  
Name: Resem34  
Data type: Similarity  
Selection: 2-5;7-13;16-22  
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: Unrestricted permutation of raw data  
Number of permutations: 999

Factors  
Name Abbrev. Type Levels  
Site Si Fixed 4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	22091	7363,6	8,0539	0,002
Res	14	12800	914,29		
Total	17	34891			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 4,4444*S(Si)
Res	1*V(Res)

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares  
Source Numerator Denominator Num.df Den.df  
Si 1\*Si 1\*Res 3 14

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	1451,1	38,093
V(Res)	914,29	30,237

### PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet  
Name: Resem34  
Data type: Similarity  
Selection: 2-5;7-13;16-22  
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: Unrestricted permutation of raw data  
Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	P(MC)
ENSL, TNSL1	1,0853	0,31	23	0,3313
ENSL, TNSL2	4,4232	0,014	19	0,007
ENSL, TNSL3	4,4955	0,003	48	0,001
TNSL1, TNSL2	2,4054	0,097	6	0,055
TNSL1, TNSL3	2,7506	0,052	22	0,011
TNSL2, TNSL3	0,98198	0,467	6	0,405

## Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	8
ENSL, TNSL2	1*Res	6
ENSL, TNSL3	1*Res	8
TNSL1, TNSL2	1*Res	6
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	6

## Average Similarity between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	62			
TNSL1	56,4	50		
TNSL2	23,333	40	100	
TNSL3	20,133	33,6	80	70

**1.2.2 PERMDISP**

## SITE

## PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

## Resemblance worksheet

Name: Resem34

Data type: Similarity

Selection: 2-5;7-13;16-22

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 18

## DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 4,332 df1: 3 df2: 14

P(perm): 0,054

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL, TNSL1)	0,6113	0,513
(ENSL, TNSL2)	8,1594	0,017
(ENSL, TNSL3)	1,3239	0,319
(TNSL1, TNSL2)	2,4754	0,028
(TNSL1, TNSL3)	1,1125	0,32
(TNSL2, TNSL3)	4,8937	0,011

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	5	25,897	2,3804
TNSL1	5	32	9,6954
TNSL2	3	3,4008E-15	1,9193E-15
TNSL3	5	20,654	3,1654

Sample	Group	Distance
ENSL-MS4-2024	ENSL	22,998
ENSL-MS5-2024	ENSL	24,676
ENSL-MS6-2024	ENSL	22,998
ENSL-MS7-2024	ENSL	35,34
ENSL-MS9-2024	ENSL	23,476
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	10
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	40
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	60
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	40
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	10
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	3,5596E-15
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	0
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	6,6428E-15
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	14,142
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	31,269
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	21,858
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	14,142
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	21,858

### 1.2.3 SIMPER

#### SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

One-Way Analysis

Data worksheet

Name: Data35

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	Site
ENSL-MS3-2024	ENSL
ENSL-MS4-2024	ENSL
ENSL-MS5-2024	ENSL
ENSL-MS6-2024	ENSL
ENSL-MS7-2024	ENSL
ENSL-MS8-2024	ENSL
ENSL-MS9-2024	ENSL
TNSL1-MS1-2024	TNSL1
TNSL1-MS2-2024	TNSL1
TNSL1-MS3-2024	TNSL1
TNSL1-MS4-2024	TNSL1
TNSL1-MS5-2024	TNSL1
TNSL2-MS1-2024	TNSL2
TNSL2-MS2-2024	TNSL2
TNSL2-MS3-2024	TNSL2
TNSL2-MS4-2024	TNSL2
TNSL2-MS5-2024	TNSL2
TNSL3-MS1-2024	TNSL3
TNSL3-MS2-2024	TNSL3
TNSL3-MS3-2024	TNSL3
TNSL3-MS4-2024	TNSL3
TNSL3-MS5-2024	TNSL3

Group ENSL

Average similarity: 31,00

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	0,71	27,33	0,88	88,17	88,17

Group TNSL1

Average similarity: 50,00

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	0,80	33,33	1,00	66,67	66,67
Chironomidae	0,60	13,33	0,61	26,67	93,33

## Group TNSL2

Average similarity: 33,33

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	0,60	33,33	0,67	100,00	100,00

## Group TNSL3

Average similarity: 70,00

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	1,00	65,00	4,45	92,86	92,86

## Groups ENSL &amp; TNSL1

Average dissimilarity = 59,71

Species	Group ENSL Av. Abund	Group TNSL1 Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	0,71	0,80	20,48	0,62	34,29	34,29
Chironomidae	0,29	0,60	20,24	0,79	33,89	68,18
Ceratopogonidae	0,00	0,40	9,71	0,76	16,27	84,45

## Groups ENSL &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 88,71

Species	Group ENSL Av. Abund	Group TNSL2 Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	0,71	0,00	38,17	1,29	43,03	43,03
Chironomidae	0,29	0,60	36,83	0,98	41,52	84,55

## Groups TNSL1 &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 76,00

Species	Group TNSL1 Av. Abund	Group TNSL2 Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	0,80	0,00	39,33	1,23	51,75	51,75
Chironomidae	0,60	0,60	25,33	0,81	33,33	85,09

## Groups ENSL &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 85,62

Species	Group ENSL Av. Abund	Group TNSL3 Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	0,29	1,00	34,57	1,12	40,38	40,38
Sphaeriidae	0,71	0,00	21,76	1,33	25,42	65,80
Sididae	0,00	0,40	13,24	0,73	15,46	81,26

## Groups TNSL1 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 66,40

Species	Group TNSL1 Av. Abund	Group TNSL3 Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sphaeriidae	0,80	0,00	24,80	1,54	37,35	37,35
Chironomidae	0,60	1,00	16,00	0,77	24,10	61,45
Sididae	0,00	0,40	11,20	0,77	16,87	78,31

## Groups TNSL2 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 52,00

Species	Group TNSL2 Av. Abund	Group TNSL3 Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chironomidae	0,60	1,00	28,00	0,73	53,85	53,85
Sididae	0,00	0,40	16,00	0,77	30,77	84,62

## 1.3 TESTS UNIDIMENSIONNELS

---

### 1.3.1 ABONDANCES

#### PERMDISP

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem1

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,94125 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,851

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,1073	0,759
(ENSL,TNSL2)	1,1544	0,764
(ENSL,TNSL3)	0,13649	0,941
(TNSL1,TNSL2)	0,16249	0,86
(TNSL1,TNSL3)	1,2879	0,339
(TNSL2,TNSL3)	1,3656	0,346

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	3,8367	1,6606
TNSL1	5	1,6	0,4
TNSL2	5	1,52	0,28705
TNSL3	5	3,52	1,4361

Sample	Group	Distance
ENSL-MS3-2024	ENSL	3,8571
ENSL-MS4-2024	ENSL	2,8571
ENSL-MS5-2024	ENSL	0,14286
ENSL-MS6-2024	ENSL	2,8571
ENSL-MS7-2024	ENSL	13,143
ENSL-MS8-2024	ENSL	3,8571
ENSL-MS9-2024	ENSL	0,14286
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	2
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	5,5511E-16
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	2
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	2
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	2
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	0,6
TNSL2-MS2-2024	TNSL2	1,6
TNSL2-MS3-2024	TNSL2	1,6
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	1,4
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	2,4
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	1,6
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	0,6
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	1,4
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	6,6
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	7,4

## PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem1

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Si	3	98,743	32,914	1,6867	0,168	624
Res	18	351,26	19,514			
Total	21	450				

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	2,4567	1,5674
V(Res)	19,514	4,4175

### 1.3.2 CHIRONOMIDES

## PERMDISP

## PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem18

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,9346 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,074

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,4662	0,418
(ENSL,TNSL2)	2,9625	0,043
(ENSL,TNSL3)	2,2385	0,022

(TNSL1,TNSL2)	1,2312	0,337
(TNSL1,TNSL3)	1,5089	0,256
(TNSL2,TNSL3)	1,1272	0,383

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,61224	0,16113
TNSL1	5	1,04	0,26382
TNSL2	5	1,52	0,28705
TNSL3	5	2,96	1,2448

Sample	Group	Distance
ENSL-MS3-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MS4-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MS5-2024	ENSL	0,57143
ENSL-MS6-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MS7-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MS8-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MS9-2024	ENSL	1,5714
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	0,8
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	1,2
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	1,2
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	1,8
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	0,6
TNSL2-MS2-2024	TNSL2	1,6
TNSL2-MS3-2024	TNSL2	1,6
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	1,4
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	2,4
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	0,8
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	0,8
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	1,2
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	5,8
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	6,2

## PERMANOVA

## PERMANOVA

## Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem18

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	FP(perm)	Unique perms
Si	3	134,26	44,753	8,177	0,001	467
Res	18	98,514	5,473			
Total	21	232,77				

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$ Res  $1^*V(Res)$ 

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1^*Si	1^*Res	3	18

## Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	7,2013	2,6835
V(Res)	5,473	2,3394

## PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem18

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

## Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	1,2848	0,29	10
ENSL, TNSL2	1,5383	0,218	11
ENSL, TNSL3	3,8833	0,004	33
TNSL1, TNSL2	0,4	0,853	7
TNSL1, TNSL3	2,7724	0,034	17
TNSL2, TNSL3	2,479	0,031	16

## Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

## Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	0,7619			
TNSL1	1,1714	1,6		
TNSL2	1,5714	1,6	2,2	
TNSL3	6,4286	5,84	5,6	5,2

## 1.3.3 RICHESSE

## PERMDISP

## PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

## Resemblance worksheet

Name: Resem6

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,2851 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,185

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,1021	0,312
(ENSL,TNSL2)	0,42306	0,673
(ENSL,TNSL3)	1,9183	0,168
(TNSL1,TNSL2)	2,1184	0,08
(TNSL1,TNSL3)	3,7024	0,013
(TNSL2,TNSL3)	5,3026	0,01

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,5615	0,15693
TNSL1	5	0,35138	0,035863
TNSL2	5	0,48	0,04899
TNSL3	5	0,19882	0,020292

Sample	Group	Distance
ENSL-MS3-2024	ENSL	0,98262
ENSL-MS4-2024	ENSL	0,017384
ENSL-MS5-2024	ENSL	0,74943
ENSL-MS6-2024	ENSL	0,017384
ENSL-MS7-2024	ENSL	0,74943
ENSL-MS8-2024	ENSL	0,98262
ENSL-MS9-2024	ENSL	0,4316
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	0,43923
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	0,29282
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	0,29282
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	0,29282
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	0,43923
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	0,4
TNSL2-MS2-2024	TNSL2	0,6
TNSL2-MS3-2024	TNSL2	0,6
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	0,4
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	0,4
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	0,24853
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	0,16569
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	0,16569
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	0,24853
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	0,16569

#### PERMANOVA

##### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem6

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	1,5241	0,50804	1,7286	0,19
Res	18	5,2902	0,2939		
Total	21	6,8143			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,039258	0,19814
V(Res)	0,2939	0,54213

### 1.3.4 SHANNON

#### PERMDISP

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem9

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 18

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 8,8503 df1: 3 df2: 14

P(perm): 0,007

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,1705	0,299
(ENSL,TNSL2)	2,5835	0,031
(ENSL,TNSL3)	1,5873	0,163
(TNSL1,TNSL2)	6,9639	0,014
(TNSL1,TNSL3)	5,3003	0,013
(TNSL2,TNSL3)	6,4903	0,017

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	5	0,50243	0,14586
TNSL1	5	0,69429	0,074774
TNSL2	3	0	0
TNSL3	5	0,26583	0,030718

#### Sample Group Distance

ENSL-MS4-2024	ENSL	0,62804
ENSL-MS5-2024	ENSL	0,87196
ENSL-MS6-2024	ENSL	0,62804
ENSL-MS7-2024	ENSL	0,012165
ENSL-MS9-2024	ENSL	0,37196

TNSL1-MS1-2024	TNSL1	0,94335
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	0,57858
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	0,57858
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	0,57858
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	0,79237
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	0
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	0
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	0
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	0,33229
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	0,25938
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	0,17097
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	0,33229
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	0,23422

#### PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem9

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	0,9088	0,30293	0,92561	0,428
Res	14	4,5819	0,32728		
Total	17	5,4907			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 4,4444*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	14

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	-0,0054779	-0,074013
V(Res)	0,32728	0,57208

### 1.3.5 ÉQUITABILITÉ

#### PERMDISP

PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem14

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site  
 Number of permutations: 999

Number of groups: 3  
 Number of samples: 8

## DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 8,2003 df1: 2 df2: 5

P(perm): 0,201

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,4431	0,508
(ENSL,TNSL3)	3,3197	0,107
(TNSL1,TNSL3)	0,96954	0,59

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	3	0,25301	0,065118
TNSL1	2	0,047628	0
TNSL3	3	0,033703	0,011125

Sample	Group	Distance
ENSL-MS5-2024	ENSL	0,16295
ENSL-MS7-2024	ENSL	0,37951
ENSL-MS9-2024	ENSL	0,21656
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	0,047628
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	0,047628
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	0,037859
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	0,050555
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	0,012696

## PERMANOVA

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem14

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	3

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	Unique	
					perm	perms
Si	2	0,16838	0,084189	1,8612	0,289	273
Res	5	0,22617	0,045234			
Total	7	0,39455				

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 2,625*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	2	5

Estimates of components of variation

Source Estimate Sq.root

S(Si) 0,01484 0,12182  
 V(Res) 0,045234 0,21268

### 1.3.6 CONTRIBUTION DOMINANT

#### PERMDISP

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem26

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 18

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 15,189 df1: 3 df2: 14

P(perm): 0,001

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,37124	0,864
(ENSL,TNSL2)	5,3236	0,022
(ENSL,TNSL3)	4,9428	0,01
(TNSL1,TNSL2)	4,5	0,017
(TNSL1,TNSL3)	4,361	0,006
(TNSL2,TNSL3)	5,6976	0,016

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	5	22,118	3,116
TNSL1	5	24	4
TNSL2	3	0	0
TNSL3	5	6,1968	0,81572

Sample	Group	Distance
ENSL-MS4-2024	ENSL	22,353
ENSL-MS5-2024	ENSL	27,647
ENSL-MS6-2024	ENSL	22,353
ENSL-MS7-2024	ENSL	10,588
ENSL-MS9-2024	ENSL	27,647
TNSL1-MS1-2024	TNSL1	40
TNSL1-MS2-2024	TNSL1	20
TNSL1-MS3-2024	TNSL1	20
TNSL1-MS4-2024	TNSL1	20
TNSL1-MS5-2024	TNSL1	20
TNSL2-MS1-2024	TNSL2	0
TNSL2-MS4-2024	TNSL2	0
TNSL2-MS5-2024	TNSL2	0
TNSL3-MS1-2024	TNSL3	7,746
TNSL3-MS2-2024	TNSL3	6,5397
TNSL3-MS3-2024	TNSL3	3,3651
TNSL3-MS4-2024	TNSL3	7,746
TNSL3-MS5-2024	TNSL3	5,5873

#### PERMANOVA

##### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem26  
 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: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	1312,3	437,43	1,013	0,393
Res	14	6045,4	431,82		
Total	17	7357,7			

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

Source	EMS
Si	$1^*V(Res) + 4,4444^*S(Si)$
Res	$1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1^*Si$	$1^*Res$	3	14

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	1,263	1,1238
V(Res)	431,82	20,78

## 2 ZONE DE MARNAGE INFÉRIEURE

### 2.1 STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

#### 2.1.1 PERMANOVA

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem35  
 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: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms

Si	3	3968,1	1322,7	2,1238	0,034	999
Res	18	11211	622,81			
Total	21	15179				

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

Source	EMS
Si	$1*V(Res) + 5,4545*S(Si)$
Res	$1*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1*Si$	$1*Res$	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	128,32	11,328
V(Res)	622,81	24,956

## PAIRWISE

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem35

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	
ENSL, TNSL1	2,0041	0,018	566	
ENSL, TNSL2	0,80291	0,634	571	
ENSL, TNSL3	1,3723	0,153	565	
TNSL1, TNSL2	1,9559	0,008	126	
TNSL1, TNSL3	0,82022	0,632	126	
TNSL2, TNSL3	1,3064	0,208	126	

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	$1*Res$	10
ENSL, TNSL2	$1*Res$	10
ENSL, TNSL3	$1*Res$	10
TNSL1, TNSL2	$1*Res$	8
TNSL1, TNSL3	$1*Res$	8
TNSL2, TNSL3	$1*Res$	8

Average Similarity between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	69,287			
TNSL1	60,777	66,746		
TNSL2	66,679	54,313	61,465	
TNSL3	65,69	67,915	62,166	66,695

## 2.1.2 PERMDISP

### SITE

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem35

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Fourth root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,93651 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,459

### PAIRWISE COMPARISONS

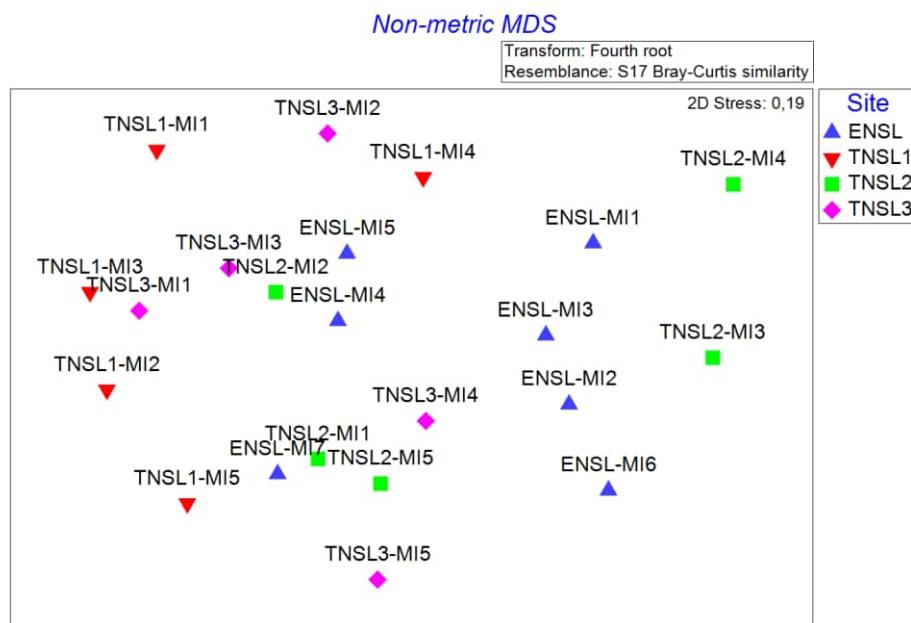
Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,1934	0,851
(ENSL,TNSL2)	1,7489	0,105
(ENSL,TNSL3)	0,33581	0,746
(TNSL1,TNSL2)	1,277	0,254
(TNSL1,TNSL3)	0,10897	0,958
(TNSL2,TNSL3)	1,2641	0,223

### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	20,504	1,9434
TNSL1	5	21,136	2,7637
TNSL2	5	25,374	1,8366
TNSL3	5	21,536	2,4169

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	17,528
ENSL-MI2-2024	ENSL	22,642
ENSL-MI3-2024	ENSL	10,855
ENSL-MI4-2024	ENSL	19,214
ENSL-MI5-2024	ENSL	23,08
ENSL-MI6-2024	ENSL	25,955
ENSL-MI7-2024	ENSL	24,255
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	19,095
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	16,251
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	15,016
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	28,702
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	26,617
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	22,887
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	25,183
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	24,524
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	32,348
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	21,926
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	19,123
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	22,947
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	15,014
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	20,93
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	29,667

### 2.1.3 NMDS



### 2.1.4 SIMPER

## SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

## One-Way Analysis

## Data worksheet

Name: Data37

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 Site

ENSL-MI1-2024	ENSL
ENSL-MI2-2024	ENSL
ENSL-MI3-2024	ENSL
ENSL-MI4-2024	ENSL
ENSL-MI5-2024	ENSL
ENSL-MI6-2024	ENSL
ENSL-MI7-2024	ENSL
TNSL1-MI1-2024	TNSL1
TNSL1-MI2-2024	TNSL1
TNSL1-MI3-2024	TNSL1
TNSL1-MI4-2024	TNSL1
TNSL1-MI5-2024	TNSL1
TNSL2-MI1-2024	TNSL2
TNSL2-MI2-2024	TNSL2
TNSL2-MI3-2024	TNSL2
TNSL2-MI4-2024	TNSL2
TNSL2-MI5-2024	TNSL2
TNSL3-MI1-2024	TNSL3
TNSL3-MI2-2024	TNSL3
TNSL3-MI3-2024	TNSL3
TNSL3-MI4-2024	TNSL3
TNSL3-MI5-2024	TNSL3

## Group ENSL

Average similarity: 69,29

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	2,75	64,63	6,58	93,27	93,27

## Group TNSL1

Average similarity: 66,75

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	3,04	40,57	7,42	60,79	60,79
Chironomidae	1,17	9,66	1,16	14,47	75,26

## Group TNSL2

Average similarity: 61,46

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	2,28	53,52	5,35	87,07	87,07

## Group TNSL3

Average similarity: 66,70

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	2,63	46,35	7,03	69,49	69,49
Chironomidae	0,86	10,61	1,13	15,91	85,40

## Groups ENSL &amp; TNSL1

Average dissimilarity = 39,22

Species	Group ENSL		Group TNSL1		Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD		
Naididae	0,29	1,09	8,07	1,52	20,58	20,58
Chironomidae	0,43	1,17	7,98	1,43	20,33	40,91
Sididae	0,00	0,72	6,19	1,16	15,78	56,69
Leptoceridae	0,14	0,40	4,04	0,83	10,30	66,99
Molannidae	0,14	0,40	3,59	0,85	9,16	76,16

## Groups ENSL &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 33,32

Species	Group ENSL		Group TNSL2		Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD		
Chironomidae	0,43	0,68	7,27	1,08	21,81	21,81
Sphaeriidae	2,75	2,28	6,77	1,23	20,32	42,13
Nematoda	0,14	0,40	4,96	0,83	14,90	57,03
Hydrobiidae	0,29	0,20	4,77	0,73	14,31	71,34

## Groups TNSL1 &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 45,69

Species	Group TNSL1		Group TNSL2		Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD		
Naididae	1,09	0,20	8,74	1,57	19,12	19,12
Chironomidae	1,17	0,68	7,39	1,21	16,18	35,30
Sphaeriidae	3,04	2,28	7,24	1,67	15,84	51,15
Sididae	0,72	0,00	6,35	1,14	13,90	65,05
Leptoceridae	0,40	0,00	3,97	0,77	8,70	73,75

## Groups ENSL &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 34,31

Species	Group ENSL		Group TNSL3		Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD		
Chironomidae	0,43	0,86	6,57	1,12	19,15	19,15
Sididae	0,00	0,64	6,24	1,18	18,20	37,35
Naididae	0,29	0,60	5,59	1,05	16,29	53,64
Leptoceridae	0,14	0,20	3,06	0,61	8,93	62,56
Nematoda	0,14	0,20	2,89	0,61	8,41	70,98

Groups TNSL1 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 32,08

Species	Group TNSL1		Group TNSL3		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund				
Naididae	1,09	0,60	5,84	1,25	18,19	18,19		
Chironomidae		1,17	0,86	5,41	1,18	16,86	35,04	
Sididae	0,72	0,64	4,93	1,09	15,37	50,41		
Leptoceridae		0,40	0,20	3,67	0,84	11,42	61,83	
Sphaeriidae		3,04	2,63	3,44	1,56	10,71	72,54	

Groups TNSL2 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 37,83

Species	Group TNSL2		Group TNSL3		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund				
Chironomidae		0,68	0,86	6,50	1,02	17,18	17,18	
Sididae	0,00	0,64	6,45	1,15	17,04	34,21		
Naididae	0,20	0,60	5,88	1,06	15,54	49,75		
Sphaeriidae		2,28	2,63	4,80	1,32	12,70	62,45	
Nematoda		0,40	0,20	4,36	0,86	11,53	73,98	

## 2.2 COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

### 2.2.1 PERMANOVA

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem36

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	4763,7	1587,9	1,3881	0,213
Res	18	20591	1144		
Total	21	25355			

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$ Res  $1^*V(Res)$ 

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1^*Si$	$1^*Res$	3	18

Estimates of components of variation

Source Estimate Sq.root

S(Si) 81,389 9,0216

V(Res) 1144 33,822

## 2.2.2 PERMDISP

### SITE

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem36

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Presence/absence

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1,0194 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,441

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,6557	0,132
(ENSL,TNSL2)	0,69152	0,435
(ENSL,TNSL3)	1,2248	0,278
(TNSL1,TNSL2)	0,97251	0,381
(TNSL1,TNSL3)	0,40676	0,784
(TNSL2,TNSL3)	0,5692	0,591

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	32,973	1,7611
TNSL1	5	25,193	5,0684
TNSL2	5	30,813	2,777
TNSL3	5	27,897	4,3043

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	30,895
ENSL-MI2-2024	ENSL	37,824
ENSL-MI3-2024	ENSL	24,473
ENSL-MI4-2024	ENSL	31,338
ENSL-MI5-2024	ENSL	33,594
ENSL-MI6-2024	ENSL	37,824
ENSL-MI7-2024	ENSL	34,861
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	19,616
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	20,121
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	12,033
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	37,523
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	36,67
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	28,797
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	32,199
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	31,015
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	39,633
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	22,422
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	18,364
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	33,735
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	18,364
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	28,715
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	40,309

## 2.2.3 SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

## One-Way Analysis

## Data worksheet

Name: Data39

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	Site
ENSL-MI1-2024	ENSL
ENSL-MI2-2024	ENSL
ENSL-MI3-2024	ENSL
ENSL-MI4-2024	ENSL
ENSL-MI5-2024	ENSL
ENSL-MI6-2024	ENSL
ENSL-MI7-2024	ENSL
TNSL1-MI1-2024	TNSL1
TNSL1-MI2-2024	TNSL1
TNSL1-MI3-2024	TNSL1
TNSL1-MI4-2024	TNSL1
TNSL1-MI5-2024	TNSL1
TNSL2-MI1-2024	TNSL2
TNSL2-MI2-2024	TNSL2
TNSL2-MI3-2024	TNSL2
TNSL2-MI4-2024	TNSL2
TNSL2-MI5-2024	TNSL2
TNSL3-MI1-2024	TNSL3
TNSL3-MI2-2024	TNSL3
TNSL3-MI3-2024	TNSL3
TNSL3-MI4-2024	TNSL3
TNSL3-MI5-2024	TNSL3

## Group ENSL

Average similarity: 51,09

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	43,83	3,73	85,80	85,80

## Group TNSL1

Average similarity: 60,13

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	23,02	8,15	38,29	38,29
Naididae	0,80	13,50	1,14	22,45	60,74
Chironomidae	0,80	12,67	1,16	21,06	81,80

## Group TNSL2

Average similarity: 52,95

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	41,05	3,48	77,52	77,52

## Group TNSL3

Average similarity: 56,84

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	27,35	4,60	48,12	48,12
Chironomidae	0,80	15,49	1,12	27,25	75,37

## Groups ENSL &amp; TNSL1

Average dissimilarity = 50,49

Species	Group ENSL Av. Abund 0,29	Group TNSL1 Av. Abund 0,80	Av. Diss 9,84	Diss/SD 1,22	Contrib% 19,50	Cum.% 19,50
Naididae						

Sididae	0,00	0,60	8,64	1,17	17,11	36,61
Chironomidae	0,43	0,80	8,46	1,06	16,76	53,37
Leptoceridae	0,14	0,40	6,83	0,82	13,54	66,91
Molannidae	0,14	0,40	5,99	0,84	11,87	78,77

Groups ENSL &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 41,75

Species	Group ENSL		Group TNSL2		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Chironomidae	0,43	0,60	10,48	0,99	25,09	25,09	
Nematoda	0,14	0,40	8,15	0,80	19,53	44,62	
Hydrobiidae	0,29	0,20	7,84	0,71	18,78	63,40	
Naididae	0,29	0,20	6,51	0,74	15,59	79,00	

Groups TNSL1 &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 51,37

Species	Group TNSL1		Group TNSL2		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Naididae	0,80	0,20	10,35	1,33	20,14	20,14	
Sididae	0,60	0,00	8,47	1,16	16,50	36,64	
Chironomidae	0,80	0,60	7,09	0,86	13,79	50,43	
Leptoceridae	0,40	0,00	6,39	0,76	12,43	62,87	
Molannidae	0,40	0,20	6,10	0,85	11,88	74,75	

Groups ENSL &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 49,05

Species	Group ENSL		Group TNSL3		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Chironomidae	0,43	0,80	9,86	0,99	20,09	20,09	
Sididae	0,00	0,60	9,25	1,14	18,86	38,96	
Naididae	0,29	0,60	8,83	1,03	18,01	56,97	
Leptoceridae	0,14	0,20	4,80	0,60	9,78	66,75	
Nematoda	0,14	0,20	4,49	0,60	9,16	75,91	

Groups TNSL1 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 35,88

Species	Group TNSL1		Group TNSL3		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Sididae	0,60	0,60	6,17	0,92	17,18	17,18	
Naididae	0,80	0,60	5,88	0,84	16,39	33,57	
Leptoceridae	0,40	0,20	5,73	0,83	15,96	49,53	
Molannidae	0,40	0,20	5,18	0,86	14,43	63,95	
Chironomidae	0,80	0,80	4,44	0,66	12,38	76,33	

Groups TNSL2 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 47,03

Species	Group TNSL2		Group TNSL3		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Sididae	0,00	0,60	9,07	1,12	19,28	19,28	
Naididae	0,20	0,60	8,78	1,05	18,66	37,94	
Chironomidae	0,60	0,80	8,18	0,81	17,39	55,34	
Nematoda	0,40	0,20	6,46	0,85	13,73	69,07	
Molannidae	0,20	0,20	4,72	0,66	10,04	79,10	

## 2.3 DOMINANCE

### 2.3.1 PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem37

Data type: Distance

Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Si	3	3099,5	1033,2	3,2414	0,038	999
Res	18	5737,4	318,75			
Total	21	8837				

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

Source	EMS
Si	$1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$
Res	$1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1^*Si$	$1^*Res$	3	18

## Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	130,98	11,445
V(Res)	318,75	17,853

## PAIRWISE

## PERMANOVA

## Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem37

Data type: Distance

Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	2,7398	0,007	571
ENSL, TNSL2	1,5673	0,112	459
ENSL, TNSL3	2,6867	0,024	573
TNSL1, TNSL2	1,4563	0,202	126
TNSL1, TNSL3	0,98072	0,446	126
TNSL2, TNSL3	1,0696	0,297	126

## Denominators

Groups	Denominator	Den.df
--------	-------------	--------

ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups				
	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	7,4866			
TNSL1	31,578	34,682		
TNSL2	14,635	29,515	19,434	
TNSL3	20,146	26,9	20,326	20,895

### 2.3.2 PERMDISP

#### SITE

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem37

Data type: Distance

Selection: All

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,0299 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,307

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,2056	0,036
(ENSL,TNSL2)	1,5491	0,359
(ENSL,TNSL3)	2,2916	0,059
(TNSL1,TNSL2)	0,96928	0,53
(TNSL1,TNSL3)	0,83938	0,589
(TNSL2,TNSL3)	0,27135	0,792

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

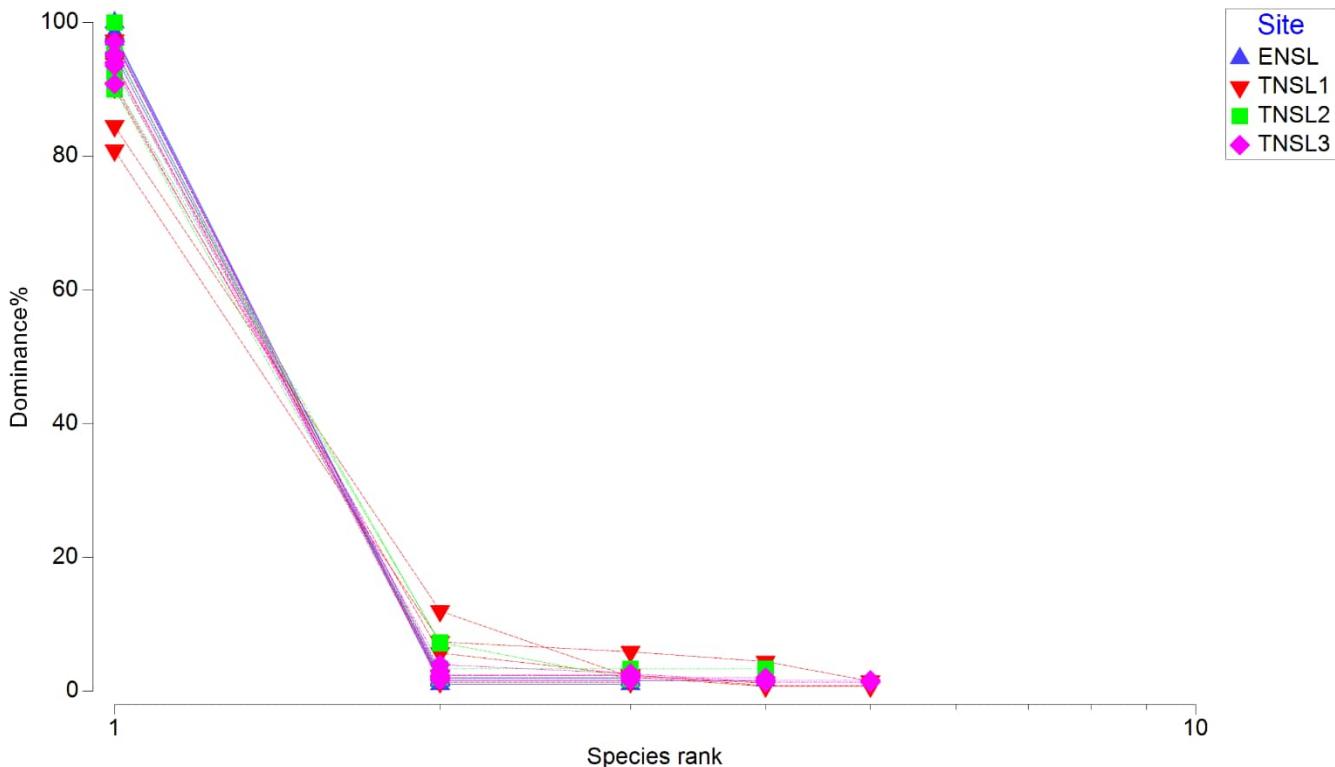
Group	Size	Average	SE
ENSL	7	5,0262	1,5327
TNSL1	5	20,269	8,0446
TNSL2	5	11,372	4,42
TNSL3	5	12,903	3,5064

#### Sample Group Distance

ENSL-MI1-2024	ENSL	3,9109
ENSL-MI2-2024	ENSL	3,5916
ENSL-MI3-2024	ENSL	6,3226
ENSL-MI4-2024	ENSL	3,743
ENSL-MI5-2024	ENSL	13,561
ENSL-MI6-2024	ENSL	2,8013
ENSL-MI7-2024	ENSL	1,2531
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	4,3224
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	5,095
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	46,69
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	29,713
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	15,524
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	6,7249
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	26,119
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	16,127
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	7,0008

TNSL2-MI5-2024	TNSL2	0,88715
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	16,947
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	11,834
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	15,352
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	20,381
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0

### 2.3.3 DOMINANCE PLOTS



## 2.4 TESTS UNIDIMENSIONNELS

### 2.4.1 ABONDANCES

#### PERMDISP

PERMDISP  
Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet  
Name: Resem2  
Data type: Distance  
Selection: All  
Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site  
Number of permutations: 999

Number of groups: 4  
Number of samples: 22

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,4077 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,223

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,1732	0,229
(ENSL,TNSL2)	0,62035	0,682
(ENSL,TNSL3)	0,20174	0,909
(TNSL1,TNSL2)	1,9072	0,07
(TNSL1,TNSL3)	2,3268	0,062
(TNSL2,TNSL3)	0,54352	0,68

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	11,633	4,8835
TNSL1	5	27,12	4,8976
TNSL2	5	15,68	3,4633
TNSL3	5	12,96	3,6124

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	0,14286
ENSL-MI2-2024	ENSL	7,1429
ENSL-MI3-2024	ENSL	5,1429
ENSL-MI4-2024	ENSL	7,1429
ENSL-MI5-2024	ENSL	3,8571
ENSL-MI6-2024	ENSL	21,143
ENSL-MI7-2024	ENSL	36,857
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	43,4
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	24,4
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	30,6
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	23,6
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	13,6
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	16,6
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	2,4
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	18,4
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	18,4
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	22,6
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	23,2
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	10,8
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	9,2
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	18,8
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	2,8

## PERMANOVA

## PERMANOVA

## Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F		Unique perms
				perm	P(perm)	
Si	3	11500	3833,3	7,9528	0,003	988
Res	18	8676,1	482			
Total	21	20176				

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	614,4	24,787
V(Res)	482	21,955

## PAIRWISE

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem2

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	2,6579	0,022	208
ENSL, TNSL2	2,5627	0,03	137
ENSL, TNSL3	0,7181	0,513	126
TNSL1, TNSL2	3,9469	0,016	63
TNSL1, TNSL3	2,8247	0,013	80
TNSL2, TNSL3	1,7996	0,107	54

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	19,333			
TNSL1	42,057	39,2		
TNSL2	29,457	66,2	23,4	
TNSL3	18,543	46,52	25,28	20,8

## 2.4.2 CHIRONOMIDES

### PERMDISP

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem20

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,86955 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,666

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,1168	0,337
(ENSL,TNSL2)	0,91441	0,343
(ENSL,TNSL3)	0,65545	0,459
(TNSL1,TNSL2)	0,56537	0,693
(TNSL1,TNSL3)	1,0712	0,299
(TNSL2,TNSL3)	0,937	0,315

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,4898	0,028862
TNSL1	5	0,92913	0,47321
TNSL2	5	0,64	0,19391
TNSL3	5	0,37856	0,20062

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI2-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI3-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI4-2024	ENSL	0,57143
ENSL-MI5-2024	ENSL	0,57143
ENSL-MI6-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,57143
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	2,3228
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	0,068233
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	0,068233
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	1,8003
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	0,38607
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	0,8
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	0,8
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	1,2
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	0,78564
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	0,94641
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	0,05359
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	0,05359
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0,05359

### PERMANOVA

#### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem20

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	5,6294	1,8765	2,2775	0,103
Res	18	14,831	0,82393		
Total	21	20,46			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,19297	0,43928
V(Res)	0,82393	0,9077

## 2.4.3 EPT

PERMDISP

PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem23

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1,2469 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,563

PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,2431	0,426
(ENSL,TNSL2)	0,64179	0,841
(ENSL,TNSL3)	0,69636	0,709
(TNSL1,TNSL2)	1,4033	0,329
(TNSL1,TNSL3)	0,8	0,384
(TNSL2,TNSL3)	1,2344	0,653

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,40816	0,07904
TNSL1	5	0,64	0,19391
TNSL2	5	0,32	0,12
TNSL3	5	0,48	0,04899

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	0,28571
ENSL-MI2-2024	ENSL	0,28571
ENSL-MI3-2024	ENSL	0,28571
ENSL-MI4-2024	ENSL	0,28571
ENSL-MI5-2024	ENSL	0,28571
ENSL-MI6-2024	ENSL	0,71429
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,71429
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	0,8
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	1,2
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	0,8
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	0,8
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	0,2
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	0,6
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	0,4
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	0,4
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	0,4
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0,6

## PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem23

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	1,0896	0,3632	1,0496	0,489
Res	18	6,2286	0,34603		
Total	21	7,3182			

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$ Res  $1^*V(Res)$ 

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1^*Si	1^*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source Estimate Sq.root

S(Si)	0,0031481	0,056108
V(Res)	0,34603	0,58824

## 2.4.4 EPT/C

### PERMDISP

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem25

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 14

### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,73499 df1: 3 df2: 10

P(perm): 0,841

### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,5811	0,457
(ENSL,TNSL2)	7,7429E-08	0,791
(ENSL,TNSL3)	0,59761	0,724
(TNSL1,TNSL2)	1,5811	0,451
(TNSL1,TNSL3)	0,54772	0,725
(TNSL2,TNSL3)	0,59761	0,775

### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	3	0,44444	0,11111
TNSL1	4	0,25	0,068041
TNSL2	3	0,44444	0,11111
TNSL3	4	0,33333	0,13608

Sample	Group	Distance
ENSL-MI4-2024	ENSL	0,33333
ENSL-MI5-2024	ENSL	0,33333
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,66667
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	0,25
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	0,41667
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	0,083333
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	0,25
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	0,66667
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	0,33333
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	0,33333
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	5,2042E-17
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	0,33333
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	0,33333
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0,66667

### PERMANOVA

#### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem25

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: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Unique	
				Pseudo-FP(perm)	perms
Si	3	0,019841	0,0066138	0,028686	1
Res	10	2,3056	0,23056		
Total	13	2,3254			74

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 3,4762*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	10

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	-0,064422	-0,25381
V(Res)	0,23056	0,48016

## 2.4.5 RICHESSE

### PERMDISP

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem7

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,094608 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,959

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,20627	0,912
(ENSL,TNSL2)	0,33531	0,721
(ENSL,TNSL3)	0,087127	0,929
(TNSL1,TNSL2)	0,51426	0,635
(TNSL1,TNSL3)	0,30151	0,763
(TNSL2,TNSL3)	0,24526	0,851

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,77551	0,18926
TNSL1	5	0,72	0,17436
TNSL2	5	0,88	0,25768
TNSL3	5	0,8	0,2

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI2-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI3-2024	ENSL	1,4286
ENSL-MI4-2024	ENSL	0,57143
ENSL-MI5-2024	ENSL	1,5714
ENSL-MI6-2024	ENSL	0,42857
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,57143
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	0,6
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	0,6
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	0,6
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	1,4
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	0,4
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	0,4
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	1,4
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	1,6
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	0,6
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	0,4
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	1
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	1
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	1
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	1
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	1,1102E-16

### PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem7

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Unique	
				Pseudo-F	perm
Si	3	16,249	5,4165	5,3823	0,006
Res	18	18,114	1,0063		
Total	21	34,364			

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$

Res  $1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1^*Si	1^*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source Estimate Sq.root

S(Si) 0,80852 0,89918

V(Res) 1,0063 1,0032

## PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem7

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	Unique	
		P(perm)	perms
ENSL, TNSL1	3,566	0,009	13
ENSL, TNSL2	0,28024	1	5
ENSL, TNSL3	2,7229	0,03	12
TNSL1, TNSL2	2,7775	0,059	6
TNSL1, TNSL3	0,66667	0,753	5
TNSL2, TNSL3	2,0642	0,134	5

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	1,1429			
TNSL1	2,0286	1		
TNSL2	1,0857	1,88	1,4	
TNSL3	1,6857	0,96	1,56	1,2

## 2.4.6 SHANNON

## PERMDISP

PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem12

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

## DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1,9737 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,193

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,2568	0,033
(ENSL,TNSL2)	1,5244	0,178
(ENSL,TNSL3)	0,87392	0,401
(TNSL1,TNSL2)	0,72056	0,493
(TNSL1,TNSL3)	1,4216	0,198
(TNSL2,TNSL3)	0,72218	0,573

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,077319	0,027534
TNSL1	5	0,24574	0,080807
TNSL2	5	0,17177	0,063302
TNSL3	5	0,11792	0,039432

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	0,050808
ENSL-MI2-2024	ENSL	0,038063
ENSL-MI3-2024	ENSL	0,1731
ENSL-MI4-2024	ENSL	0,096449
ENSL-MI5-2024	ENSL	0,17417
ENSL-MI6-2024	ENSL	0,0010627
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,0075815
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	0,1757
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	0,0018675
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	0,43865
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	0,41035
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	0,20213
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	0,071299
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	0,26935
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	0,35814
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	0,013094
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	0,14699
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	0,20813
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	0,081204
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	0,069132
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	0,21358
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0,017525

## PERMANOVA

## PERMANOVA

## Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem12

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Unique	
				Pseudo-F	P(perm)
Si	3	0,57683	0,19228	4,1473	0,019
Res	18	0,83452	0,046362		
Total	21	1,4113			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,026751	0,16356
V(Res)	0,046362	0,21532

## PAIRWISE

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem12

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	perms	P(MC)
ENSL, TNSL1	3,3498	0,003	564	0,005	
ENSL, TNSL2	1,8204	0,088	475	0,099	
ENSL, TNSL3	3	0,015	578	0,017	
TNSL1, TNSL2	1,4105	0,222	126	0,187	
TNSL1, TNSL3	1,2825	0,25	126	0,25	
TNSL2, TNSL3	0,36591	0,721	126	0,733	

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	0,13079			
TNSL1	0,45324	0,41517		
TNSL2	0,25773	0,36007	0,29465	
TNSL3	0,24663	0,31268	0,21036	0,19875

## 2.4.7 ÉQUITABILITÉ

### PERMDISP

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem16

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 20

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,8297 df1: 3 df2: 16

P(perm): 0,129

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	1,9979	0,041
(ENSL,TNSL2)	1,2334	0,486
(ENSL,TNSL3)	1,3647	0,186
(TNSL1,TNSL2)	0,8233	0,467
(TNSL1,TNSL3)	2,2201	0,041
(TNSL2,TNSL3)	1,7055	0,135

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	6	0,033921	0,0057852
TNSL1	5	0,089394	0,029933
TNSL2	4	0,057215	0,022069
TNSL3	5	0,020355	0,0084294

Sample	Group	Distance
ENSL-MI1-2024	ENSL	0,030996
ENSL-MI2-2024	ENSL	0,013225
ENSL-MI4-2024	ENSL	0,031693
ENSL-MI5-2024	ENSL	0,035995
ENSL-MI6-2024	ENSL	0,034075
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,057541
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	0,066688
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	0,0030263
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	0,1568
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	0,15784
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	0,062621
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	0,11443
TNSL2-MI2-2024	TNSL2	0,020289
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	0,069447
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	0,024693
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	0,050889
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	0,010988
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	0,011098
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	0,025457
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0,0033456

### PERMANOVA

#### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem16

Data type: Distance  
 Selection: All  
 Transform: Square root  
 Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)  
 Fixed effects sum to zero for mixed terms  
 Permutation method: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F(perm)	Unique	
					perms	999
Si	3	0,078317	0,026106	4,7349	0,014	
Res	16	0,088215	0,0055134			
Total	19	0,16653				

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

Source	EMS
Si	$1^*V(Res) + 4,9667^*S(Si)$
Res	$1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1^*Si$	$1^*Res$	3	16

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,0041461	0,06439
V(Res)	0,0055134	0,074253

## PAIRWISE

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem16  
 Data type: Distance  
 Selection: All  
 Transform: Square root  
 Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)  
 Fixed effects sum to zero for mixed terms  
 Permutation method: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	999
ENSL, TNSL1	2,6261	0,021	406	
ENSL, TNSL2	4,2559	0,007	209	
ENSL, TNSL3	3,8183	0,004	411	
TNSL1, TNSL2	0,33005	0,747	126	
TNSL1, TNSL3	0,96871	0,416	126	
TNSL2, TNSL3	2,0238	0,095	126	

## Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	9
ENSL, TNSL2	1*Res	8
ENSL, TNSL3	1*Res	9
TNSL1, TNSL2	1*Res	7
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	7

## Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	0,047187			
TNSL1	0,14769	0,15172		
TNSL2	0,15914	0,10831	0,092672	
TNSL3	0,08229	0,10059	0,095641	0,032089

**2.4.8 CONTRIBUTION DOMINANT**

## PERMDISP

## PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

## Resemblance worksheet

Name: Resem29

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

## DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 5,5213 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,01

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	3,5148	0,007
(ENSL,TNSL2)	2,5486	0,019
(ENSL,TNSL3)	0,74472	0,459
(TNSL1,TNSL2)	1,3326	0,21
(TNSL1,TNSL3)	2,4785	0,057
(TNSL2,TNSL3)	1,4928	0,156

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	1,1124	0,35036
TNSL1	5	5,3777	1,3747
TNSL2	5	3,2178	0,85874
TNSL3	5	1,6172	0,642

## Sample Group Distance

ENSL-MI1-2024	ENSL	0,71055
ENSL-MI2-2024	ENSL	0,49042
ENSL-MI3-2024	ENSL	2,3772
ENSL-MI4-2024	ENSL	1,3964
ENSL-MI5-2024	ENSL	2,3103
ENSL-MI6-2024	ENSL	0,18689
ENSL-MI7-2024	ENSL	0,31536
TNSL1-MI1-2024	TNSL1	4,9098
TNSL1-MI2-2024	TNSL1	0,82705
TNSL1-MI3-2024	TNSL1	8,5345
TNSL1-MI4-2024	TNSL1	7,9165
TNSL1-MI5-2024	TNSL1	4,7008
TNSL2-MI1-2024	TNSL2	1,9814

TNSL2-MI2-2024	TNSL2	3,9369
TNSL2-MI3-2024	TNSL2	6,0631
TNSL2-MI4-2024	TNSL2	1,0798
TNSL2-MI5-2024	TNSL2	3,0278
TNSL3-MI1-2024	TNSL3	3,3375
TNSL3-MI2-2024	TNSL3	1,1111
TNSL3-MI3-2024	TNSL3	0,57857
TNSL3-MI4-2024	TNSL3	2,9319
TNSL3-MI5-2024	TNSL3	0,12696

### PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem29

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	196,65	65,551	4,1538	0,02
Res	18	284,05	15,781		
Total	21	480,71			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	9,1244	3,0207
V(Res)	15,781	3,9725

### PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem29

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	3,1638	0,007	592
ENSL, TNSL2	2,2209	0,051	470
ENSL, TNSL3	3,185	0,006	560
TNSL1, TNSL2	1,2812	0,267	126
TNSL1, TNSL3	1,4758	0,216	126
TNSL2, TNSL3	0,090678	0,922	126

## Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

## Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	1,8051			
TNSL1	8,3847	8,5025		
TNSL2	4,6714	6,7984	5,0019	
TNSL3	3,6432	6,3139	3,522	2,8457

### 3 ZONE PROFONDE

#### 3.1 STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

##### 3.1.1 PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet  
Name: Resem38  
Data type: Similarity  
Selection: All  
Transform: Square root  
Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)  
Fixed effects sum to zero for mixed terms  
Permutation method: Unrestricted permutation of raw data  
Number of permutations: 999

Factors  
Name Abbrev. Type Levels  
Site Si Fixed 4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Unique	
				Pseudo-F	perm
Si	3	14297	4765,7	8,7687	0,001
Res	18	9782,9	543,5		
Total	21	24080			

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

Source EMS  
 Si  $1*V(Res) + 5,4545*S(Si)$   
 Res  $1*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	774,08	27,822
V(Res)	543,5	23,313

## PAIRWISE

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem38  
 Data type: Similarity  
 Selection: All  
 Transform: Square root  
 Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	3,2974	0,002	579
ENSL, TNSL2	4,3323	0,005	595
ENSL, TNSL3	4,3274	0,003	568
TNSL1, TNSL2	1,9429	0,027	126
TNSL1, TNSL3	0,88244	0,527	126
TNSL2, TNSL3	1,3627	0,149	126

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Similarity between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	71,562			
TNSL1	41,236	58,16		
TNSL2	43,917	57,921	76,104	
TNSL3	39,728	64,433	69,283	69,882

### 3.1.2 PERMDISP

#### SITE

PERMDISP  
Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem38

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,7609 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,104

#### PAIRWISE COMPARISONS

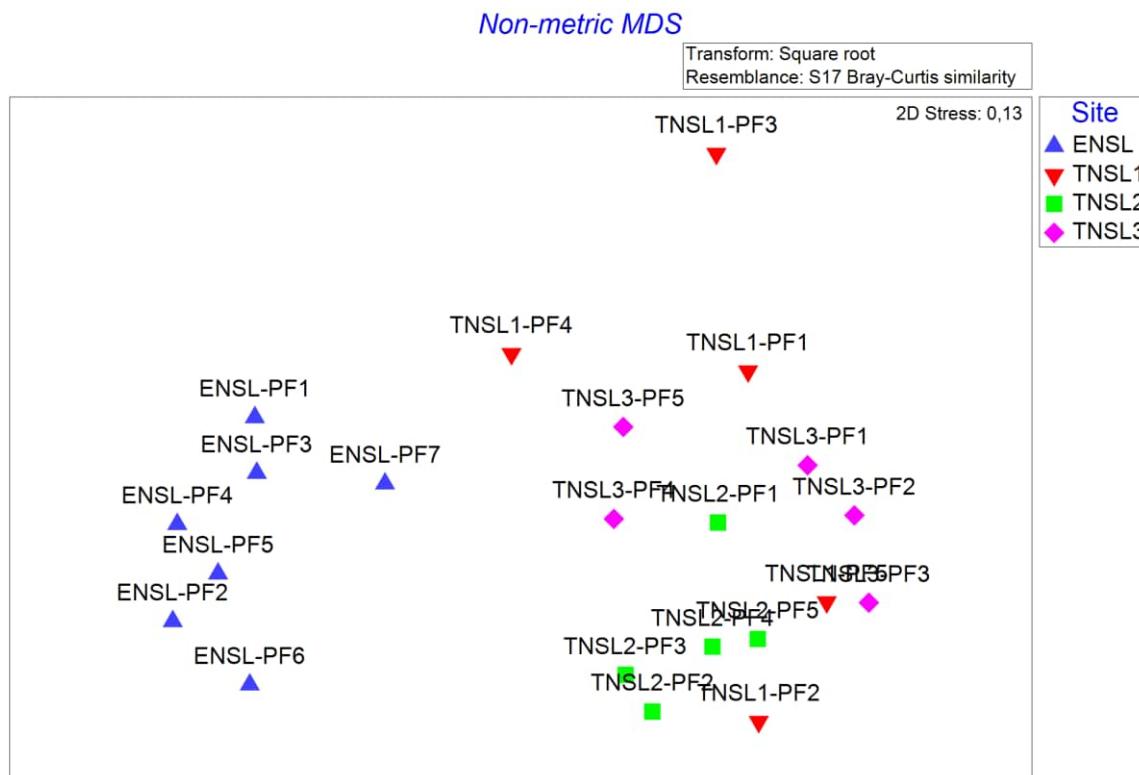
Groups	t	P(perm)
(ENSL, TNSL1)	2,074	0,074
(ENSL, TNSL2)	1,0725	0,345
(ENSL, TNSL3)	0,24098	0,797
(TNSL1, TNSL2)	2,3424	0,069
(TNSL1, TNSL3)	1,5938	0,116
(TNSL2, TNSL3)	1,0871	0,238

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	18,724	1,9175
TNSL1	5	26,618	3,6617
TNSL2	5	14,756	3,4981
TNSL3	5	19,48	2,5787

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	15,903
ENSL-PF2-2024	ENSL	17,482
ENSL-PF3-2024	ENSL	15,33
ENSL-PF4-2024	ENSL	11,766
ENSL-PF5-2024	ENSL	21,018
ENSL-PF6-2024	ENSL	23,008
ENSL-PF7-2024	ENSL	26,558
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	14,795
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	29,807
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	37,273
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	26,758
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	24,456
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	24,395
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	12,69
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	21,105
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	5,5234
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	10,066
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	13,368
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	13,235
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	25,495
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	22,239
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	23,063

### 3.1.3 NMDS



### 3.1.4 SIMPER

## SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

## One-Way Analysis

## Data worksheet

Name: Data40

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	Site
ENSL-PF1-2024	ENSL
ENSL-PF2-2024	ENSL
ENSL-PF3-2024	ENSL
ENSL-PF4-2024	ENSL
ENSL-PF5-2024	ENSL
ENSL-PF6-2024	ENSL
ENSL-PF7-2024	ENSL
TNSL1-PF1-2024	TNSL1
TNSL1-PF2-2024	TNSL1
TNSL1-PF3-2024	TNSL1
TNSL1-PF4-2024	TNSL1
TNSL1-PF5-2024	TNSL1
TNSL2-PF1-2024	TNSL2
TNSL2-PF2-2024	TNSL2
TNSL2-PF3-2024	TNSL2

TNSL2-PF4-2024 TNSL2  
 TNSL2-PF5-2024 TNSL2  
 TNSL3-PF1-2024 TNSL3  
 TNSL3-PF2-2024 TNSL3  
 TNSL3-PF3-2024 TNSL3  
 TNSL3-PF4-2024 TNSL3  
 TNSL3-PF5-2024 TNSL3

## Group ENSL

Average similarity: 71,56

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	5,84	27,63	8,26	38,61	38,61
Naididae	3,28	12,03	3,38	16,81	55,42
Leptoceridae	2,10	9,04	8,77	12,63	68,05
Sididae	2,16	6,17	1,27	8,62	76,67

## Group TNSL1

Average similarity: 58,16

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	3,20	48,94	4,46	84,14	84,14

## Group TNSL2

Average similarity: 76,10

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	5,22	66,59	7,09	87,49	87,49

## Group TNSL3

Average similarity: 69,88

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	4,06	66,95	6,35	95,80	95,80

## Groups ENSL &amp; TNSL1

Average dissimilarity = 58,76

Species	Av. Abund	Group ENSL		Group TNSL1		Contrib%
		Av. Abund	Av. Diss	Av. Diss	Diss/SD	
Naididae	3,28	0,35	11,02	2,60	18,75	18,75
Sphaeriidae	5,84	5,22	3,20	10,29	3,09	17,51
Sididae	2,16	0,55	6,80	1,49	11,58	47,84
Chironomidae	1,49	0,20	5,53	1,58	9,41	57,25
Leptoceridae	2,10	0,83	4,84	1,66	8,23	65,48
Nematoda	1,05	0,00	4,04	1,41	6,88	72,36

## Groups ENSL &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 56,08

Species	Av. Abund	Group ENSL		Group TNSL2		Contrib%
		Av. Abund	Av. Diss	Av. Abund	Diss/SD	
Naididae	3,28	0,20	10,97	3,13	19,57	19,57
Leptoceridae	2,10	0,00	7,72	9,80	13,77	33,33
Sididae	2,16	0,00	7,61	1,70	13,57	46,90
Chironomidae	1,49	0,00	5,83	1,77	10,39	57,29
Sphaeriidae	5,84	5,22	3,92	1,53	6,98	64,27
Nematoda	1,05	0,00	3,88	1,41	6,93	71,20

## Groups TNSL1 &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 42,08

Species	Av. Abund	Group TNSL1		Group TNSL2		Contrib%
		Av. Abund	Av. Diss	Av. Abund	Diss/SD	
Sphaeriidae	3,20	5,22	16,36	1,60	38,89	38,89
Leptoceridae	0,83	0,00	6,83	1,09	16,24	55,13
Hygrobatidae	0,48	0,97	6,02	1,25	14,30	69,42
Sididae	0,55	0,00	3,83	0,76	9,09	78,51

## Groups ENSL &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 60,27

Species	Group ENSL		Group TNSL3		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Naididae	3,28	0,00	12,36	3,86	20,50	20,50		
Sididae	2,16	0,00	8,01	1,69	13,29	33,79		
Sphaeriidae	5,84	4,06	7,12	1,97	11,81	45,60		
Leptoceridae	2,10	0,40	6,68	2,65	11,09	56,69		
Chironomidae	1,49	0,20	5,63	1,56	9,33	66,02		
Nematoda	1,05	0,00	4,10	1,40	6,81	72,83		

Groups TNSL1 & TNSL3

Average dissimilarity = 35,57

Species	Group TNSL1		Group TNSL3		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Sphaeriidae	3,20	4,06	8,60	1,17	24,19	24,19		
Leptoceridae	0,83	0,40	7,21	1,05	20,27	44,46		
Hygrobatidae	0,48	0,20	4,76	0,89	13,39	57,85		
Sididae	0,55	0,00	4,27	0,76	12,02	69,87		
Unionidae	0,20	0,40	3,96	0,84	11,13	80,99		

Groups TNSL2 & TNSL3

Average dissimilarity = 30,72

Species	Group TNSL2		Group TNSL3		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Sphaeriidae	5,22	4,06	11,86	1,32	38,59	38,59		
Hygrobatidae	0,97	0,20	7,01	1,46	22,82	61,41		
Unionidae	0,20	0,40	3,52	0,85	11,48	72,89		

## 3.2 COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS

### 3.2.1 PERMANOVA

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem39

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	15971	5323,5	5,9671	0,001
Res	18	16059	892,15		
Total	21	32029			998

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$

Res  $1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	812,42	28,503
V(Res)	892,15	29,869

## PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem39

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	2,4881	0,003	567
ENSL, TNSL2	4,5176	0,002	453
ENSL, TNSL3	3,273	0,001	577
TNSL1, TNSL2	1,5049	0,109	50
TNSL1, TNSL3	0,78447	0,605	91
TNSL2, TNSL3	1,4122	0,178	41

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Similarity between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	70,504			
TNSL1	44,334	50,571		
TNSL2	31,823	53,581	67,381	
TNSL3	35,335	54,467	56,629	51,048

## 3.2.2 PERMDISP

### SITE

#### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem39

Data type: Similarity  
 Selection: All  
 Transform: Presence/absence  
 Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

Group factor: site  
 Number of permutations: 999

Number of groups: 4  
 Number of samples: 22

DEVIATIONS FROM CENTROID  
 F: 3,55 df1: 3 df2: 18  
 P(perm): 0,05

PAIRWISE COMPARISONS

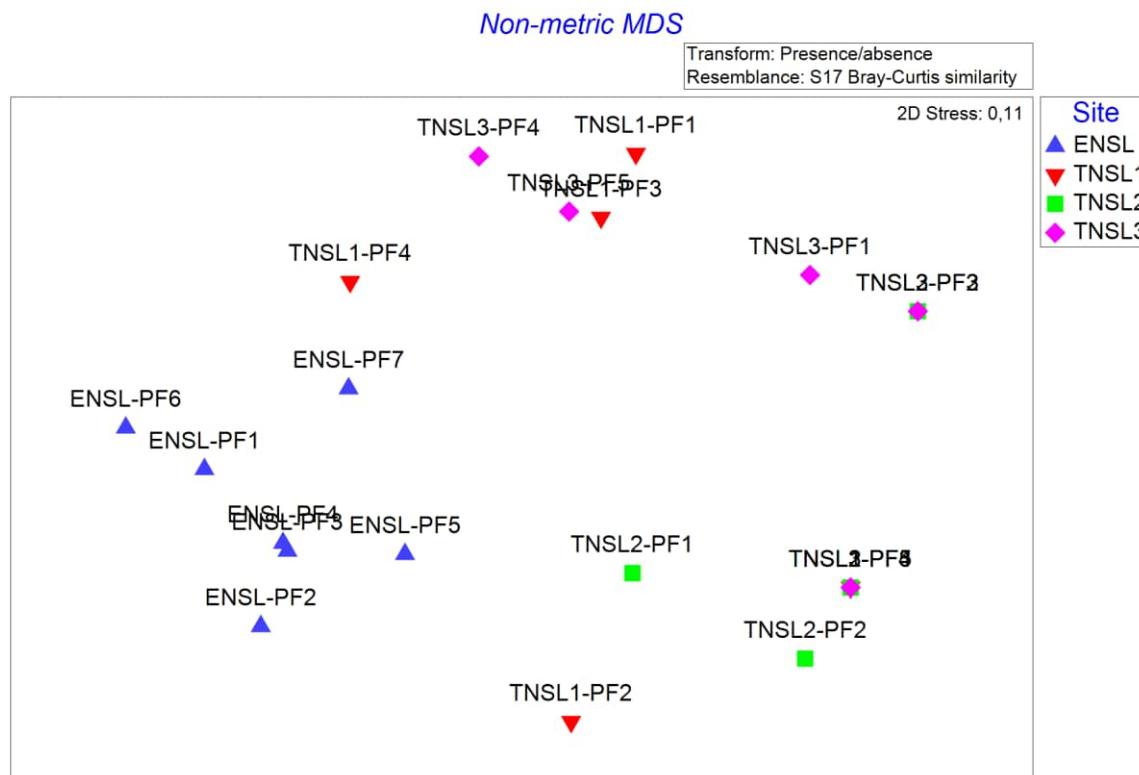
Groups	t	P(perm)
(ENSL, TNSL1)	3,3161	0,014
(ENSL, TNSL2)	0,23502	0,864
(ENSL, TNSL3)	3,0607	0,01
(TNSL1, TNSL2)	1,9121	0,154
(TNSL1, TNSL3)	0,2909	0,762
(TNSL2, TNSL3)	1,7813	0,136

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	19,211	2,8704
TNSL1	5	32,516	2,4845
TNSL2	5	17,556	7,4188
TNSL3	5	31,494	2,4863

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	10,988
ENSL-PF2-2024	ENSL	18,657
ENSL-PF3-2024	ENSL	18,939
ENSL-PF4-2024	ENSL	8,1312
ENSL-PF5-2024	ENSL	23,192
ENSL-PF6-2024	ENSL	29,413
ENSL-PF7-2024	ENSL	25,158
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	24,68
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	39,364
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	33,253
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	29,941
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	35,343
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	31,695
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	22,363
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	33,722
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	25,453
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	25,453
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	36,256
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	35,927
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	34,378

### 3.2.3 NMDS



### 3.2.4 SIMPER

## SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

One-Way Analysis

## Data worksheet

Name: Data41

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	Site
ENSL-PF1-2024	ENSL
ENSL-PF2-2024	ENSL
ENSL-PF3-2024	ENSL
ENSL-PF4-2024	ENSL
ENSL-PF5-2024	ENSL
ENSL-PF6-2024	ENSL
ENSL-PF7-2024	ENSL
TNSL1-PF1-2024	TNSL1
TNSL1-PF2-2024	TNSL1
TNSL1-PF3-2024	TNSL1
TNSL1-PF4-2024	TNSL1
TNSL1-PF5-2024	TNSL1
TNSL2-PF1-2024	TNSL2
TNSL2-PF2-2024	TNSL2
TNSL2-PF3-2024	TNSL2

TNSL2-PF4-2024	TNSL2
TNSL2-PF5-2024	TNSL2
TNSL3-PF1-2024	TNSL3
TNSL3-PF2-2024	TNSL3
TNSL3-PF3-2024	TNSL3
TNSL3-PF4-2024	TNSL3
TNSL3-PF5-2024	TNSL3

## Group ENSL

Average similarity: 70,50

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	11,25	8,49	15,96	15,96
Naididae	1,00	11,25	8,49	15,96	31,91
Leptoceridae	1,00	11,25	8,49	15,96	47,87
Chironomidae	0,86	7,89	1,51	11,19	59,06
Sididae	0,86	7,55	1,53	10,71	69,77
Unionidae	0,71	5,60	0,92	7,95	77,72

## Group TNSL1

Average similarity: 50,57

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	34,55	4,80	68,31	68,31
Leptoceridae	0,60	10,19	0,61	20,15	88,47

## Group TNSL2

Average similarity: 67,38

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	44,86	3,36	66,57	66,57
Hygrobatidae	0,80	22,52	1,12	33,43	100,00

## Group TNSL3

Average similarity: 51,05

Species	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
Sphaeriidae	1,00	44,86	3,36	87,87	87,87

## Groups ENSL &amp; TNSL1

Average dissimilarity = 55,67

Species	Group ENSL	Group TNSL1	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund			
Naididae	1,00	0,20	6,98	12,53	12,53
Chironomidae	0,86	0,20	6,14	11,04	23,57
Nematoda	0,71	0,00	6,03	10,84	34,41
Lumbriculidae	0,71	0,00	5,83	10,47	44,88
Unionidae	0,71	0,20	5,50	9,89	54,77
Sididae	0,86	0,40	4,95	1,13	8,90
Hygrobatidae	0,57	0,40	4,32	0,99	63,67
					71,43

## Groups ENSL &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 68,18

Species	Group ENSL	Group TNSL2	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund			
Leptoceridae	1,00	0,00	9,03	13,25	13,25
Chironomidae	0,86	0,00	7,64	2,15	24,46
Naididae	1,00	0,20	7,47	1,83	35,41
Sididae	0,86	0,00	7,30	2,30	46,13
Nematoda	0,71	0,00	6,38	1,45	55,48
Lumbriculidae	0,71	0,00	6,14	1,52	64,50
Unionidae	0,71	0,20	5,95	1,22	73,23

## Groups TNSL1 &amp; TNSL2

Average dissimilarity = 46,42

Species	Group TNSL1	Group TNSL2	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund				

Leptoceridae	0,60	0,00	11,84	1,11	25,51	25,51
Hygrobatidae	0,40	0,80	10,84	1,02	23,36	48,87
Sididae	0,40	0,00	6,41	0,78	13,81	62,68
Unionidae	0,20	0,20	5,60	0,65	12,06	74,74

Groups ENSL &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 64,67

Species	Group ENSL		Group TNSL3		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Naididae	1,00	0,00	9,03	5,37	13,96	13,96	13,96
Sididae	0,86	0,00	7,30	2,30	11,30	25,26	25,26
Chironomidae	0,86	0,20	6,47	1,47	10,00	35,26	35,26
Nematoda	0,71	0,00	6,38	1,45	9,87	45,13	45,13
Lumbriculidae	0,71	0,00	6,14	1,52	9,50	54,63	54,63
Leptoceridae	1,00	0,40	5,77	1,16	8,92	63,55	63,55
Unionidae	0,71	0,40	5,05	1,03	7,82	71,37	71,37

Groups TNSL1 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 45,53

Species	Group TNSL1		Group TNSL3		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Leptoceridae	0,60	0,40	10,60	0,95	23,29	23,29	23,29
Hygrobatidae	0,40	0,20	8,80	0,81	19,34	42,63	42,63
Unionidae	0,20	0,40	8,13	0,83	17,86	60,49	60,49
Sididae	0,40	0,00	6,41	0,78	14,08	74,57	74,57

Groups TNSL2 &amp; TNSL3

Average dissimilarity = 43,37

Species	Group TNSL2		Group TNSL3		Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Hygrobatidae	0,80	0,20	14,51	1,25	33,45	33,45	33,45
Unionidae	0,20	0,40	8,88	0,82	20,47	53,92	53,92
Leptoceridae	0,00	0,40	7,04	0,77	16,24	70,16	70,16

### 3.3 DOMINANCE

#### 3.3.1 PERMANOVA

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem40

Data type: Distance

Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique	
					perms	perms
Si	3	6,0149E+05	2,005E+05	30,684	0,001	999
Res	18	1,1762E+05	6534,2			
Total	21	7,1911E+05				

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

Source EMS  
 Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$   
 Res  $1^*V(Res)$

Construction of Pseudo-F ratio(s) from mean squares  
 Source Numerator Denominator Num.df Den.df  
 Si 1\*Si 1\*Res 3 18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	35560	188,57
V(Res)	6534,2	80,835

## PAIRWISE

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

Resemblance worksheet  
 Name: Resem40  
 Data type: Distance  
 Selection: All

Sums of squares type: Type III (partial)  
 Fixed effects sum to zero for mixed terms  
 Permutation method: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors  
 Name Abbrev. Type Levels  
 Site Si Fixed 4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	Unique	
		P(perm)	perms
ENSL, TNSL1	5,1277	0,007	573
ENSL, TNSL2	6,0815	0,001	580
ENSL, TNSL3	6,1972	0,001	580
TNSL1, TNSL2	1,8975	0,093	126
TNSL1, TNSL3	2,2062	0,084	91
TNSL2, TNSL3	0,24023	0,842	66

Denominators  
 Groups Denominator Den.df  
 ENSL, TNSL1  $1^*Res$  10  
 ENSL, TNSL2  $1^*Res$  10  
 ENSL, TNSL3  $1^*Res$  10  
 TNSL1, TNSL2  $1^*Res$  8  
 TNSL1, TNSL3  $1^*Res$  8  
 TNSL2, TNSL3  $1^*Res$  8

Average Distance between/within groups  
 ENSL TNSL1 TNSL2 TNSL3  
 ENSL 165,05  
 TNSL1 323,1 65,497  
 TNSL2 368,66 59,836 30,694  
 TNSL3 372,3 60,261 22,023 21,466

## 3.3.2 PERMDISP

### SITE

PERMDISP  
 Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

## Resemblance worksheet

Name: Resem40

Data type: Distance

Selection: All

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

## DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 8,6608 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,001

## PAIRWISE COMPARISONS

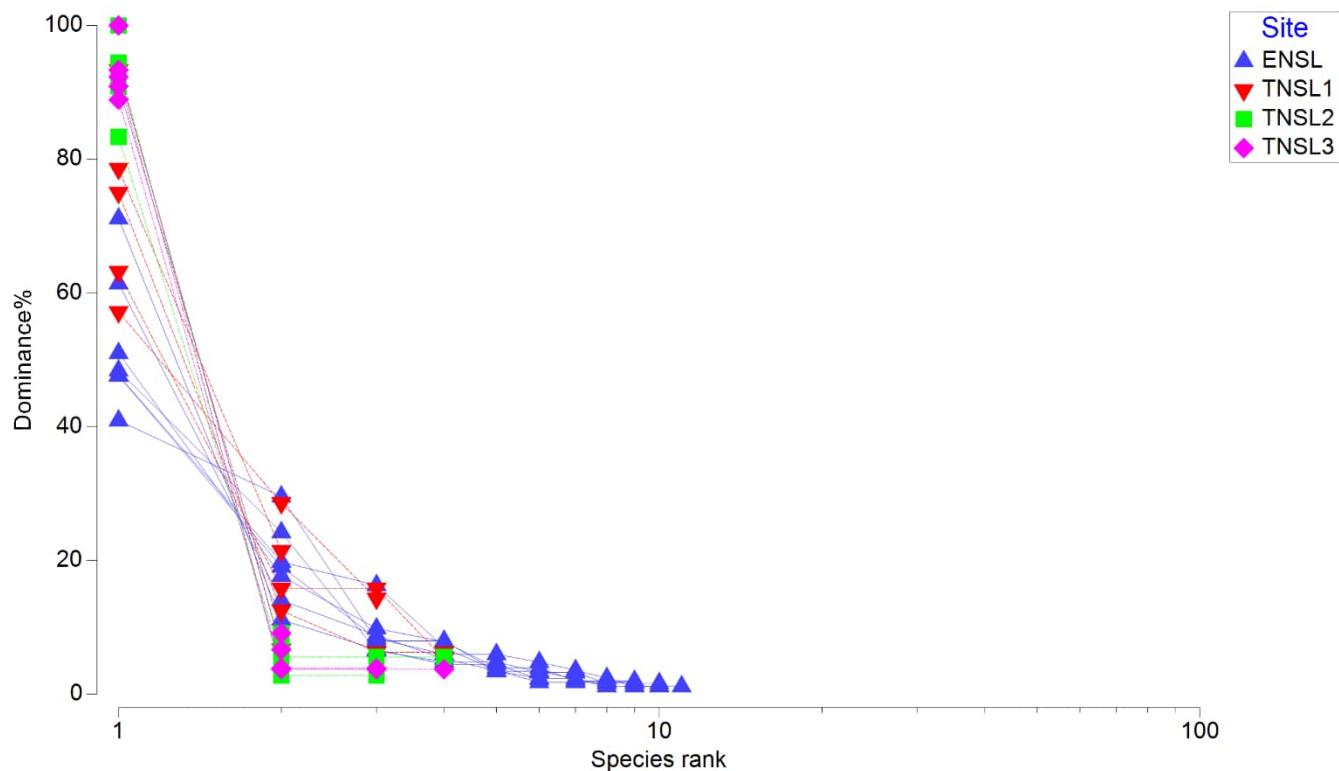
Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,3277	0,022
(ENSL,TNSL2)	3,1206	0,01
(ENSL,TNSL3)	3,425	0,005
(TNSL1,TNSL2)	2,3939	0,065
(TNSL1,TNSL3)	4,0009	0,01
(TNSL2,TNSL3)	0,79772	0,544

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	107,79	22,807
TNSL1	5	43,082	5,8844
TNSL2	5	20,195	7,5351
TNSL3	5	13,143	4,623

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	34,133
ENSL-PF2-2024	ENSL	111,12
ENSL-PF3-2024	ENSL	99,387
ENSL-PF4-2024	ENSL	136,46
ENSL-PF5-2024	ENSL	90,962
ENSL-PF6-2024	ENSL	60,621
ENSL-PF7-2024	ENSL	221,85
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	36,699
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	28,364
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	36,465
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	55,049
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	58,835
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	48,943
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	8,836
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	21,56
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	11,911
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	9,7259
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	8,2975
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	18,013
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	6,089
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	4,2927
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	29,022

### 3.3.3 DOMINANCE PLOTS



## 3.4 TESTS UNIDIMENSIONNELS

### 3.4.1 ABONDANCES

#### PERMDISP

PERMDISP  
Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem4

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1,637 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,256

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,2075	0,054
(ENSL,TNSL2)	0,76608	0,445

(ENSL,TNSL3)	1,0553	0,29
(TNSL1,TNSL2)	1,1025	0,352
(TNSL1,TNSL3)	1,3905	0,172
(TNSL2,TNSL3)	0,060357	0,95

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,95747	0,14823
TNSL1	5	0,43124	0,19164
TNSL2	5	0,75905	0,22734
TNSL3	5	0,74362	0,11721

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	1,0147
ENSL-PF2-2024	ENSL	1,2247
ENSL-PF3-2024	ENSL	0,28215
ENSL-PF4-2024	ENSL	1,009
ENSL-PF5-2024	ENSL	1,1175
ENSL-PF6-2024	ENSL	0,60632
ENSL-PF7-2024	ENSL	1,4479
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	0,017799
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	0,27614
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	1,0781
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	0,63504
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	0,14913
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	1,1626
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	0,59471
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	1,3029
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0,02012
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0,71487
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,34508
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	0,61251
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	0,90144
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,88095
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	0,97809

## PERMANOVA

## PERMANOVA

## Permutational MANOVA

## Resemblance worksheet

Name: Resem4

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

## Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	73,057	24,352	27,468	0,001
Res	18	15,959	0,88659		
Total	21	89,016			

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$ Res  $1^*V(Res)$ 

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	4,3021	2,0741
V(Res)	0,88659	0,94159

#### PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem4

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

#### PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	7,9771	0,005	573
ENSL, TNSL2	4,4284	0,003	458
ENSL, TNSL3	6,6014	0,001	584
TNSL1, TNSL2	3,1836	0,016	126
TNSL1, TNSL3	1,019	0,329	91
TNSL2, TNSL3	2,0134	0,092	126

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	1,3236			
TNSL1	4,4323	0,73693		
TNSL2	2,7509	1,6907	1,2481	
TNSL3	3,9381	0,88391	1,4052	1,0505

#### 3.4.2 CHIRONOMIDES

##### PERMDISP

PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem22

Data type: Distance  
 Selection: All  
 Transform: Square root  
 Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site  
 Number of permutations: 999

Number of groups: 4  
 Number of samples: 22

DEVIATIONS FROM CENTROID  
 F: 1,8828 df1: 3 df2: 18  
 P(perm): 0,391

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,66345	0,444
(ENSL,TNSL2)	2,0409	0,052
(ENSL,TNSL3)	0,66345	0,434
(TNSL1,TNSL2)	2,6667	0,006
(TNSL1,TNSL3)	3,9268E-08	0,887
(TNSL2,TNSL3)	2,6667	0,008

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,49342	0,20147
TNSL1	5	0,32	0,12
TNSL2	5	0	0
TNSL3	5	0,32	0,12

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	0,07819
ENSL-PF2-2024	ENSL	0,23965
ENSL-PF3-2024	ENSL	0,07819
ENSL-PF4-2024	ENSL	0,07819
ENSL-PF5-2024	ENSL	1,4924
ENSL-PF6-2024	ENSL	0,74366
ENSL-PF7-2024	ENSL	0,74366
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	0,8
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	0,2
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	0
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	0
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	0
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,2
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	0,2
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	0,2
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,8
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	0,2

#### PERMANOVA

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

Resemblance worksheet  
 Name: Resem22  
 Data type: Distance  
 Selection: All  
 Transform: Square root  
 Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)  
 Fixed effects sum to zero for mixed terms  
 Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	8,9489	2,983	10,719	0,001
Res	18	5,0091	0,27828		
Total	21	13,958			

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

Source	EMS
Si	$1*V(Res) + 5,4545*S(Si)$
Res	$1*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1*Si$	$1*Res$	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,49586	0,70417
V(Res)	0,27828	0,52753

## PAIRWISE

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem22

Data type: Distance

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: D1 Euclidean distance

Sums of squares type: Type III (partial)

Fixed effects sum to zero for mixed terms

Permutation method: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique perms
ENSL, TNSL1	3,4021	0,015	41
ENSL, TNSL2	4,3652	0,017	23
ENSL, TNSL3	3,4021	0,022	41
TNSL1, TNSL2	1	1	1
TNSL1, TNSL3	Negative		
TNSL2, TNSL3	1	1	1

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	$1*Res$	10
ENSL, TNSL2	$1*Res$	10
ENSL, TNSL3	$1*Res$	10
TNSL1, TNSL2	$1*Res$	8
TNSL1, TNSL3	$1*Res$	8
TNSL2, TNSL3	$1*Res$	8

Average Distance between/within groups				
	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	0,82569			
TNSL1	1,3495	0,4		
TNSL2	1,4924	0,2	0	
TNSL3	1,3495	0,32	0,2	0,4

### 3.4.3 EPT

#### PERMDISP

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem24

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,711 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,119

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,91922	0,375
(ENSL,TNSL2)	2,2394	0,057
(ENSL,TNSL3)	1,5097	0,164
(TNSL1,TNSL2)	2,4842	0,097
(TNSL1,TNSL3)	1,0119	0,418
(TNSL2,TNSL3)	1,8898	0,425

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	1,5918	0,46597
TNSL1	5	1,04	0,26382
TNSL2	5	0,32	0,12
TNSL3	5	0,72	0,17436

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	0,14286
ENSL-PF2-2024	ENSL	2,8571
ENSL-PF3-2024	ENSL	0,14286
ENSL-PF4-2024	ENSL	0,85714
ENSL-PF5-2024	ENSL	1,8571
ENSL-PF6-2024	ENSL	2,1429
ENSL-PF7-2024	ENSL	3,1429
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	1,8
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	1,2
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	0,8
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	1,2
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	0,8
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0,2
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0,2
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,6
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	0,6
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	0,6
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,4

TNSL3-PF5-2024 TNSL3 1,4

**PERMANOVA**

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem24

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

**PERMANOVA table of results**

Source	df	SS	MS	Unique	
				Pseudo-F	perm
Si	3	98,161	32,72	15,64	0,001
Res	18	37,657	2,0921		
Total	21	135,82			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	5,6152	2,3696
V(Res)	2,0921	1,4464

**PAIRWISE**

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem24

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

**PAIR-WISE TESTS**

Term 'Si'

Unique

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
ENSL, TNSL1	3,6704	0,011	14	0,002
ENSL, TNSL2	5,076	0,007	29	0,001
ENSL, TNSL3	4,4751	0,008	28	0,003
TNSL1, TNSL2	1,6222	0,289	4	0,144
TNSL1, TNSL3	0,84853	0,615	5	0,446
TNSL2, TNSL3	0,89443	0,735	3	0,387

## Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

## Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	2,5714			
TNSL1	4	1,6		
TNSL2	4,9429	1,16	0,4	
TNSL3	4,5429	1,16	0,64	1

**3.4.4 RICHESSE**

## PERMDISP

## PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

## Resemblance worksheet

Name: Resem8

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

## DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 0,08895 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,975

## PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,03963	0,971
(ENSL,TNSL2)	0,33968	0,756
(ENSL,TNSL3)	0,33968	0,757
(TNSL1,TNSL2)	0,43386	0,682
(TNSL1,TNSL3)	0,43386	0,662
(TNSL2,TNSL3)	0	1

## MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	1,0612	0,40748
TNSL1	5	1,04	0,26382
TNSL2	5	0,88	0,25768
TNSL3	5	0,88	0,25768

## Sample Group Distance

ENSL-PF1-2024	ENSL	0,14286
ENSL-PF2-2024	ENSL	2,1429
ENSL-PF3-2024	ENSL	0,14286
ENSL-PF4-2024	ENSL	1,1429
ENSL-PF5-2024	ENSL	0,85714

ENSL-PF6-2024	ENSL	0,14286
ENSL-PF7-2024	ENSL	2,8571
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	1,2
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	0,8
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	0,2
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	1,8
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	1,2
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	1,6
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	0,6
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	1,4
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0,4
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0,4
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,4
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	1,4
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	0,4
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,6
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	1,6

### PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem8

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	Unique perms
Si	3	322,31	107,44	60,325	0,001
Res	18	32,057	1,781		
Total	21	354,36			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 5,4545*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	19,37	4,4011
V(Res)	1,781	1,3345

### PAIRWISE

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem8

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

#### PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	
ENSL, TNSL1	8,8861	0,003	41	
ENSL, TNSL2	10,198	0,001	42	
ENSL, TNSL3	10,198	0,002	41	
TNSL1, TNSL2	1,0328	0,503	6	
TNSL1, TNSL3	1,0328	0,465	6	
TNSL2, TNSL3	1,7289E-08		1	5

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	1,8095			
TNSL1	7,6571	1,6		
TNSL2	8,4571	1,36	1,4	
TNSL3	8,4571	1,36	1,12	1,4

### 3.4.5 SHANNON

#### PERMDISP

PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem13

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 1,1174 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,515

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL, TNSL1)	1,2447	0,44
(ENSL, TNSL2)	0,25009	0,851
(ENSL, TNSL3)	0,65408	0,705
(TNSL1, TNSL2)	1,2928	0,249

(TNSL1,TNSL3)	1,8864	0,176
(TNSL2,TNSL3)	0,31533	0,725

MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,23939	0,074629
TNSL1	5	0,38302	0,087877
TNSL2	5	0,20854	0,10243
TNSL3	5	0,16912	0,071663

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	0,12294
ENSL-PF2-2024	ENSL	0,24743
ENSL-PF3-2024	ENSL	0,1569
ENSL-PF4-2024	ENSL	0,27929
ENSL-PF5-2024	ENSL	0,031297
ENSL-PF6-2024	ENSL	0,19076
ENSL-PF7-2024	ENSL	0,6471
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	0,28065
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	0,15603
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	0,34854
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	0,45298
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	0,67689
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	0,49802
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	0,051067
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	0,41617
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0,054115
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0,023331
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,034718
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	0,38808
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	0,051419
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,080089
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	0,29129

## PERMANOVA

PERMANOVA  
Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem13

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	FP(perm)	Unique perms
Si	3	12,335	4,1115	33,701	0,001	999
Res	18	2,196	0,122			
Total	21	14,531				

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

Source EMS

Si  $1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$

Res  $1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1^*Si	1^*Res	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,73142	0,85523
V(Res)	0,122	0,34929

#### PAIRWISE

PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem13

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

#### PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	
ENSL, TNSL1	4,8164	0,001	570	
ENSL, TNSL2	8,9845	0,001	559	
ENSL, TNSL3	10,029	0,003	575	
TNSL1, TNSL2	2,3946	0,083	126	
TNSL1, TNSL3	2,6973	0,048	91	
TNSL2, TNSL3	0,15312	0,885	66	

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	0,36011			
TNSL1	1,1006	0,57778		
TNSL2	1,7147	0,68064	0,38116	
TNSL3	1,7428	0,68433	0,28421	0,29471

## 3.4.6 ÉQUITABILITÉ

#### PERMDISP

PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem17

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 20

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 3,3285 df1: 3 df2: 16

P(perm): 0,085

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	2,5381	0,019
(ENSL,TNSL2)	1,1908	0,456
(ENSL,TNSL3)	0,2524	0,822
(TNSL1,TNSL2)	1,282	0,437
(TNSL1,TNSL3)	1,9705	0,08
(TNSL2,TNSL3)	1,0596	0,317

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	0,046394	0,011315
TNSL1	5	0,15062	0,046801
TNSL2	4	0,076046	0,027122
TNSL3	4	0,041259	0,0185

#### Sample Group Distance

ENSL-PF1-2024	ENSL	0,03679
ENSL-PF2-2024	ENSL	0,013275
ENSL-PF3-2024	ENSL	0,014478
ENSL-PF4-2024	ENSL	0,051323
ENSL-PF5-2024	ENSL	0,046514
ENSL-PF6-2024	ENSL	0,062171
ENSL-PF7-2024	ENSL	0,10021
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	0,088071
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	0,068385
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	0,20839
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	0,080089
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	0,30817
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	0,084844
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	0,1419
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0,010197
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	0,067249
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,0036205
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	0,082517
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,0616
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	0,017297

#### PERMANOVA

##### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem17

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Unique

Source	df	SS	MS	Pseudo-FP(perm)	perms
Si	3	0,44542	0,14847	10,771	0,001
Res	16	0,22056	0,013785		
Total	19	0,66598			

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

Source	EMS
Si	1*V(Res) + 4,9*S(Si)
Res	1*V(Res)

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	1*Si	1*Res	3	16

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	0,027488	0,16579
V(Res)	0,013785	0,11741

## PAIRWISE

### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem17

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: Unrestricted permutation of raw data

Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	
ENSL, TNSL1	0,16243	0,895	570	
ENSL, TNSL2	6,3134	0,004	318	
ENSL, TNSL3	8,574	0,003	318	
TNSL1, TNSL2	2,623	0,054	126	
TNSL1, TNSL3	2,9291	0,033	91	
TNSL2, TNSL3	0,25543	0,808	25	

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	9
ENSL, TNSL3	1*Res	9
TNSL1, TNSL2	1*Res	7
TNSL1, TNSL3	1*Res	7
TNSL2, TNSL3	1*Res	6

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	0,066236			
TNSL1	0,14918	0,23791		
TNSL2	0,30195	0,30913	0,12628	
TNSL3	0,31722	0,31316	0,088263	0,074338

### 3.4.7 CONTRIBUTION DOMINANT

#### PERMDISP

##### PERMDISP

Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions

Resemblance worksheet

Name: Resem32

Data type: Distance

Selection: All

Resemblance: D1 Euclidean distance

Group factor: Site

Number of permutations: 999

Number of groups: 4

Number of samples: 22

#### DEVIATIONS FROM CENTROID

F: 2,2024 df1: 3 df2: 18

P(perm): 0,227

#### PAIRWISE COMPARISONS

Groups	t	P(perm)
(ENSL,TNSL1)	0,73462	0,531
(ENSL,TNSL2)	1,2185	0,396
(ENSL,TNSL3)	1,7677	0,316
(TNSL1,TNSL2)	1,693	0,126
(TNSL1,TNSL3)	2,1532	0,082
(TNSL2,TNSL3)	0,62901	0,59

#### MEANS AND STANDARD ERRORS

Group	Size	Average	SE
ENSL	7	7,8136	2,1763
TNSL1	5	10,633	3,3954
TNSL2	5	4,1895	1,7189
TNSL3	5	2,8631	1,2214

Sample	Group	Distance
ENSL-PF1-2024	ENSL	1,6031
ENSL-PF2-2024	ENSL	11,674
ENSL-PF3-2024	ENSL	4,1964
ENSL-PF4-2024	ENSL	4,9645
ENSL-PF5-2024	ENSL	4,9091
ENSL-PF6-2024	ENSL	8,82
ENSL-PF7-2024	ENSL	18,528
TNSL1-PF1-2024	TNSL1	5,1303
TNSL1-PF2-2024	TNSL1	1,5589
TNSL1-PF3-2024	TNSL1	16,298
TNSL1-PF4-2024	TNSL1	10,283
TNSL1-PF5-2024	TNSL1	19,892
TNSL2-PF1-2024	TNSL2	9,0247
TNSL2-PF2-2024	TNSL2	2,0864
TNSL2-PF3-2024	TNSL2	7,6419
TNSL2-PF4-2024	TNSL2	0,74538
TNSL2-PF5-2024	TNSL2	1,449
TNSL3-PF1-2024	TNSL3	0,24553
TNSL3-PF2-2024	TNSL3	6,9122
TNSL3-PF3-2024	TNSL3	2,1787
TNSL3-PF4-2024	TNSL3	0,78011
TNSL3-PF5-2024	TNSL3	4,1989

#### PERMANOVA

##### PERMANOVA

Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem32  
 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: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

PERMANOVA table of results

Source	df	SS	MS	Unique	
				Pseudo-F	perm
Si	3	6664,9	2221,6	24,387	0,001
Res	18	1639,8	91,099		
Total	21	8304,7			

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

Source	EMS
Si	$1^*V(Res) + 5,4545^*S(Si)$
Res	$1^*V(Res)$

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

Source	Numerator	Denominator	Num.df	Den.df
Si	$1^*Si$	$1^*Res$	3	18

Estimates of components of variation

Source	Estimate	Sq.root
S(Si)	390,6	19,764
V(Res)	91,099	9,5446

## PAIRWISE

PERMANOVA  
 Permutational MANOVA

Resemblance worksheet

Name: Resem32  
 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: Unrestricted permutation of raw data  
 Number of permutations: 999

Factors

Name	Abbrev.	Type	Levels
Site	Si	Fixed	4

## PAIR-WISE TESTS

Term 'Si'

Groups	t	P(perm)	Unique	
			perms	
ENSL, TNSL1	2,987	0,018	584	
ENSL, TNSL2	7,7254	0,004	556	
ENSL, TNSL3	8,285	0,004	563	
TNSL1, TNSL2	2,7554	0,039	126	
TNSL1, TNSL3	2,9846	0,039	91	
TNSL2, TNSL3	0,22119	0,862	59	

Denominators

Groups	Denominator	Den.df
ENSL, TNSL1	1*Res	10
ENSL, TNSL2	1*Res	10
ENSL, TNSL3	1*Res	10
TNSL1, TNSL2	1*Res	8
TNSL1, TNSL3	1*Res	8
TNSL2, TNSL3	1*Res	8

Average Distance between/within groups

	ENSL	TNSL1	TNSL2	TNSL3
ENSL	11,57			
TNSL1	22,354	17,559		
TNSL2	39,775	19,929	7,3737	
TNSL3	40,504	20,278	5,2197	4,9293

# ANNEXE

**F**

CERTIFICATS D'ANALYSES DU  
CARBONE ORGANIQUE TOTAL  
ET DE LA GRANULOMÉTRIE



NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC  
125, RUE RACINE EST  
CHICOUTIMI, QC G7H1R5  
(418) 698-4488

À L'ATTENTION DE: Stephanie Cimon

N° DE PROJET: CA0033338.7358

N° BON DE TRAVAIL: 24Q205787

ANALYSE DES SOLS VÉRIFIÉ PAR: Marwa Jebali, Chimiste, AGAT Québec

DATE DU RAPPORT: 16 oct. 2024

NOMBRE DE PAGES: 7

VERSION\*: 1

Pour tout complément d'information concernant cette analyse, veuillez contacter votre chargé(e) de projet client au (418) 266-5511.

\*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 trente (30) jours après réception au laboratoire à moins qu'une Entente d'entreposage à long terme ne soit signée et retournée. Certaines analyses spécialisées peuvent être exemptées. Veuillez communiquer avec votre chargé de projets à la clientèle pour plus d'informations.
- 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, ISO/IEC 17025 :2005 (Québec), DR-12-PALA et/ou NELAP
- Ce document est signé par un signataire autorisé qui rencontre les exigences du MELCCFP, CALA, CCN et NELAP.
- Pour les échantillons environnementaux dans la province de Québec : L'analyse est effectuée et les résultats s'appliquent aux échantillons tels que reçus. Une température supérieure à 6°C à la réception, comme indiqué dans la notification de réception d'échantillon (SRN), pourrait indiquer que l'intégrité des échantillons a été compromise si le délai entre l'échantillonage et la soumission au laboratoire ne pouvait être minimisé.

# Certificat d'analyse

N° BON DE TRAVAIL: 24Q205787

N° DE PROJET: CA0033338.7358

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: Stephanie Cimon

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: St-Henri de taillon

## Analyses inorganiques (sédiments)

DATE DE RÉCEPTION: 2024-10-03

DATE DU RAPPORT: 2024-10-16

Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:			ENSL - MS	ENSL - Mi	ENSL - PF	TNSL1-MS	TNSL1-Mi	TNSL1-PF	DUPP-1	TNSL-2-MS
	MATRICE:			Sédiment							
	DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:			2024-09-04	2024-09-04	2024-09-04	2024-09-05	2024-09-05	2024-09-05	2024-09-05	2024-09-27
Unités	C / N	LDR	6200348	6200362	6200363	6200364	6200365	6200366	6200367	6200371	
Carbone organique total	%	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	<0.05	0.06	0.05	0.06	
Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:			TNSL-2-Mi	TNSL-2-PF	TNSL-3-MS	TNSL-3-Mi	TNSL-3-PF			
	MATRICE:			Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment			
	DATE D'ÉCHANTILLONNAGE:			2024-09-27	2024-09-27	2024-09-27	2024-09-28	2024-09-28			
Unités	C / N	LDR	6200372	6200373	6200374	6200375	6200376				
Carbone organique total	%	0.05	<0.05	0.06	0.06	0.08	0.08				

Commentaires: LDR - Limite de détection rapportée; C / N - Critères Normes

6200348-6200376 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.

Les analyses ont été effectuées par AGAT Montréal (sauf celles marquées d'un \*)




Certifié par:

# Certificat d'analyse

N° BON DE TRAVAIL: 24Q205787

N° DE PROJET: CA0033338.7358

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: Stephanie Cimon

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: St-Henri de taillon

## Analyses inorganiques - Granulométrie

DATE DE RÉCEPTION: 2024-10-03

DATE DU RAPPORT: 2024-10-16

Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:			ENSL - MS	ENSL - Mi	ENSL - PF	TNSL1-MS	TNSL1-Mi	TNSL1-PF	TNSL2-MS	TNSL2-Mi
	Unités	C / N	LDR	6200348	6200362	6200363	6200364	6200365	6200366	6200371	6200372
Granulométrie (Wentworth)	NA	NA	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe
Paramètre	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON:			TNSL-2-PF	TNSL-3-MS	TNSL-3-Mi	TNSL-3-PF				
	Unités	C / N	LDR	6200373	6200374	6200375	6200376				
Granulométrie (Wentworth)	NA	NA	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe	Annexe				

Commentaires: LDR - Limite de détection rapportée; C / N - Critères Normes

Les analyses ont été effectuées par AGAT Québec (sauf celles marquées d'un \*)




Certifié par:



**AGAT**

Laboratoires

350, rue Franquet  
Québec, Québec  
CANADA G1P 4P3  
TEL (418)266-5511  
FAX (418)653-2335  
<http://www.agatlabs.com>

## Contrôle de qualité

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC

N° DE PROJET: CA0033338.7358

PRÉLEVÉ PAR: Marie-Claude Julien

N° BON DE TRAVAIL: 24Q205787

À L'ATTENTION DE: Stephanie Cimon

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: St-Henri de taillon

### Analyse des Sols

Date du rapport: 2024-10-16			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 6211651 0.22 0.24 NA < 0.05 103% 80% 120% NA 80% 120% 93% 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.

  
Marie-Claude Julien  
CHIMISTE  
QUÉBEC

Certifié par:



## Sommaire de méthode

NOM DU CLIENT: WSP CANADA INC

N° DE PROJET: CA0033338.7358

PRÉLEVÉ PAR: Marie-Claude Julien

N° BON DE TRAVAIL: 24Q205787

À L'ATTENTION DE: Stéphanie Cimon

LIEU DE PRÉLÈVEMENT: St-Henri de taillon

PARAMÈTRE	PRÉPARÉ LE	ANALYSÉ LE	AGAT P.O.N.	RÉFÉRENCE DE LITTÉRATURE	TECHNIQUE ANALYTIQUE
<b>Analyse des Sols</b>					
Carbone organique total	2024-10-15	2024-10-15	INOR-101-6057F	MA. 405-C 1.1	TITRAGE
Granulométrie (Wentworth)	2024-10-09	2024-10-11	INOR-161-6031F, non accrédité MELCCFP	MA. 100 - Gran. 2.0	TAMISAGE





## Chaîne de traçabilité Environnement

### Information pour le rapport

Compagnie: *WSP CANADA INC.*  
Adresse: *DE RACINE EST  
OTICOOUTOU, QC, G7H 1R5*  
Téléphone: *581.823.0131* Téléc.: *581.823.0131*  
Projet: *CA0033330.7358*  
Lieu de prélèvement: *LAC ST JEAN M-CLAUDE-JEAN*  
Prélevé par: *ST-HENRI DE TELLION (ASKEN)*  
N° de site: *ST-HENRI DE TELLION (ASKEN)*

9770 Route Transcanadienne  
St-Laurent, QC, H4S 1V9  
Tél: 514.337.1000  
fr.agatlabs.com

350 Rue Franquet  
Québec, QC, G1P 4P3  
Tél: 418.266.5511  
fr.agatlabs.com

Eau potable RQEP (réseau) - Veuillez utiliser la CDT du MELCC

### Rapport envoyé à

1. Nom: *Sophie Cimon*  
Courriel: *Sophie.cimon@wsp.com*

2. Nom: *Luc Bouchard*  
Courriel: *Luc.Bouchard@wsp.com*

### Critères à respecter

- PRTC ABC  RESC
- CCME  Eau consommation
- Eau résurg. Surface  Eau résurg. Salée
- CMM Sanitaire  Pluvial

### Facturé à

Même adresse:  Oui  Non

Compagnie:

Contact:

Courriel:

Adresse:

Bon de commande:

Soumission:

### Commentaires:

*Suite*

**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

PRÉLÈVEMENT  
DATE (AA/MM/JJ) HEURE MATRICE NB DE CONTENANTS

*TNSL 3 : MS 2024-09-27 10h30 SE 2*  
*TNSL 3 : M 2024-09-28 10h10 SE 2*  
*TNSL 3 : PF 2024-09-28 10h10 SE 2*

### Hydrocarbures pétroliers C10-C50

HAP	<input type="checkbox"/> BTEX <input type="checkbox"/> HAM <input type="checkbox"/> HAC-HAM <input type="checkbox"/> THM	<input type="checkbox"/> BPC: Congénères <input type="checkbox"/> Aroclor <input type="checkbox"/> CBNC	<input type="checkbox"/> Éthylène glycol	<input type="checkbox"/> Huiles et graisses: Minérales <input type="checkbox"/> Totales	<input type="checkbox"/> Pesticides: OC <input type="checkbox"/> OP <input type="checkbox"/> Herbicides	<input type="checkbox"/> Phénols (GC-MS) <input type="checkbox"/> Indice phénolique (4AAP)	<input type="checkbox"/> Métaux - sol: 6Mtx <input type="checkbox"/> 13Mtx <input type="checkbox"/> Balayage	<input type="checkbox"/> Métaux - eau: 6Mtx <input type="checkbox"/> 17Mtx <input type="checkbox"/> Balayage	<input type="checkbox"/> Hg <input type="checkbox"/> Se <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> CrVI <input type="checkbox"/> CrIII	<input type="checkbox"/> Métaux: Filtré sur terrain <input type="checkbox"/> Filtré au lab	<input type="checkbox"/> Métaux (spécifier):	<input type="checkbox"/> Durée totale	<input type="checkbox"/> Alcalinité <input type="checkbox"/> Bromates <input type="checkbox"/> Conductivité	<input type="checkbox"/> Chlorures <input type="checkbox"/> Fluorures <input type="checkbox"/> Sulfates <input type="checkbox"/> Bromures	<input type="checkbox"/> Cyanures : Totaux <input type="checkbox"/> Disponibles	<input type="checkbox"/> DCO <input type="checkbox"/> COT	<input type="checkbox"/> NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> <input type="checkbox"/> NTK <input type="checkbox"/> NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> P total	<input type="checkbox"/> Solides : Totaux <input type="checkbox"/> Dissous <input type="checkbox"/> MES	<input type="checkbox"/> MESV	<input type="checkbox"/> Sulfures - Eau <input type="checkbox"/> Soufre total - Sol	<input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> NO <sub>3</sub> <input type="checkbox"/> o-Po4 <input type="checkbox"/> COD	<input type="checkbox"/> Absorbance UV <input type="checkbox"/> Couleur <input type="checkbox"/> Turbidité	<input type="checkbox"/> DBO <sub>5</sub> <input type="checkbox"/> DBO <sub>5</sub> Carbonée <input type="checkbox"/> DBO <sub>5</sub> Soluble	<input type="checkbox"/> Coliformes : Totaux <input type="checkbox"/> Fécaux <input type="checkbox"/> E. coli	<input type="checkbox"/> Microbiologie (autre):	<input type="checkbox"/> DBO <sub>5</sub> Soluble <input type="checkbox"/> DBO <sub>5</sub> Carbonée Soluble	<input type="checkbox"/> HR/MS : Dioxines/Furanes <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> BPC <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> NPE	<input type="checkbox"/> RMD	<input type="checkbox"/> REIMR art.

Échantillon remis par (nom en lettres moulées et signature)

*MARIE-CLAUDE JULIEN (M)*

Échantillon remis par (nom en lettres moulées et signature)

Date (AA/MM/JJ) Heure

*29/10/23*

Échantillon reçu par (nom en lettres moulées et signature)

*REÇU LE*

*03 OCT. 2024*

### À l'usage exclusif du laboratoire

Bon de travail AGAT:

Nb. de glacières:

Température à l'arrivée:

*15*

Glace  Bloc réfrigérant  Aucun

Scellé légal intact:  Oui  Non  N/A

### Délais d'analyse requis (jours ouvrables)

Environnemental:  Haute Résolution:

Régulier:  5 à 7 jours

Urgent:  Même jour

Régulier:  10 à 15 jours

Urgent:  1 jour

Urgent:  2 jours

Urgent:  3 jours

Date Requise: *AA/MM/JJ*

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

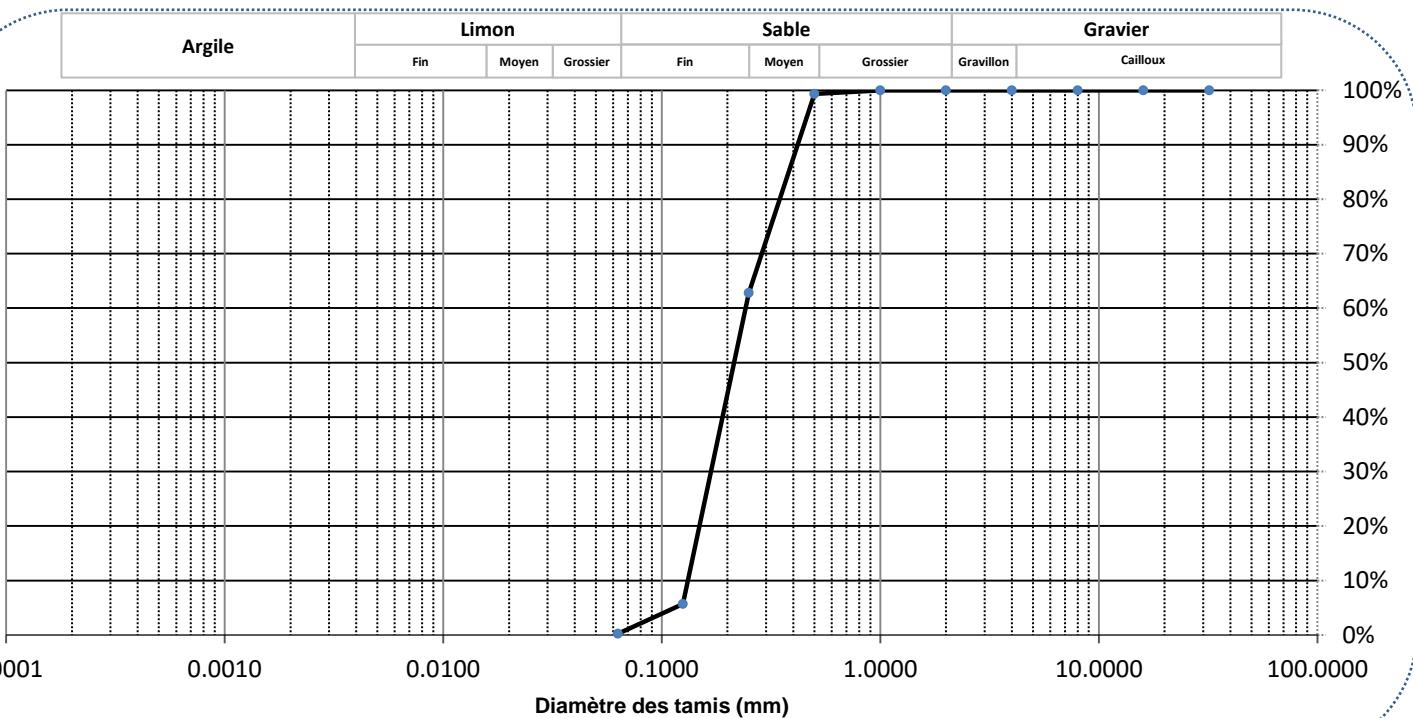
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200348

Votre référence : ENSL - MS

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	100.0%
0.500	99.3%
0.250	62.8%
0.125	5.7%
0.063	0.2%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.79%

Limon, Argile (<63um) : 0.21%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

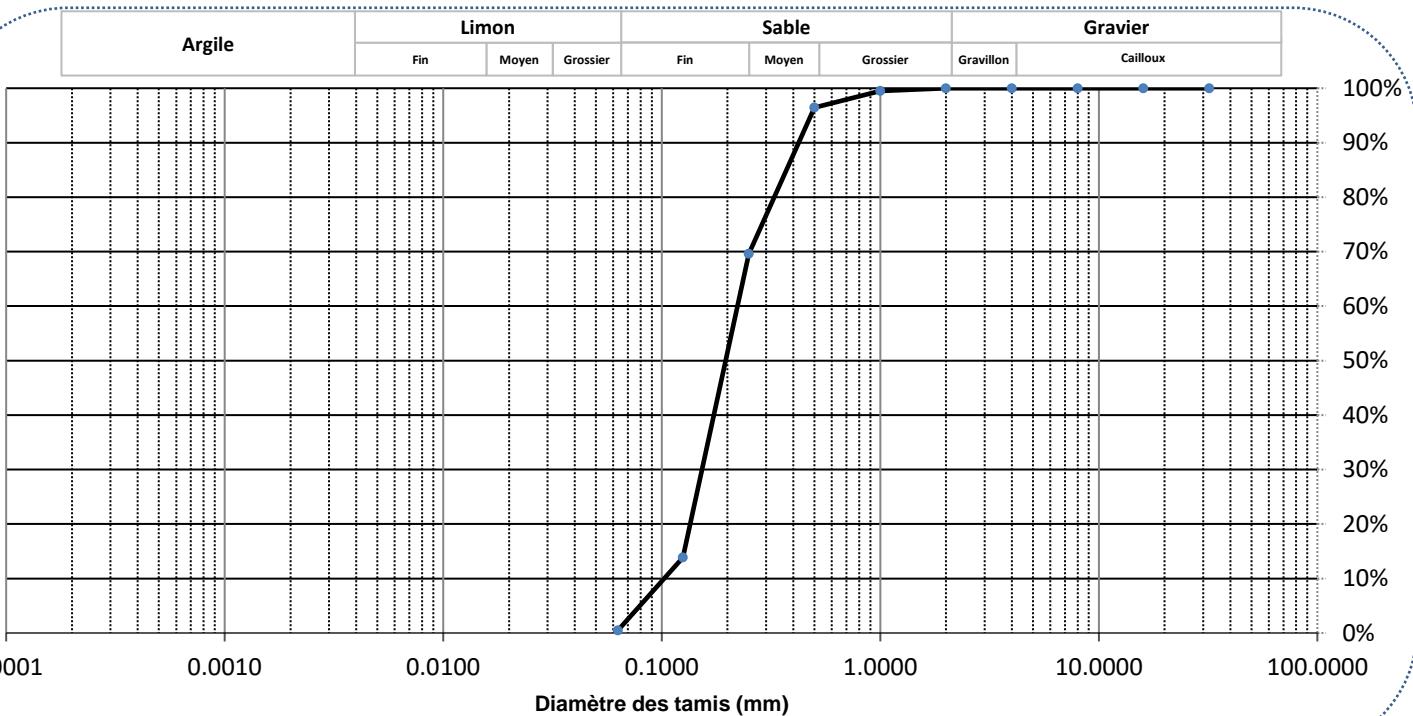
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200362

Votre référence : ENSL - Mi

Version du certificat : 1

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	96.5%
0.250	69.6%
0.125	13.8%
0.063	0.5%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.52%

Limon,Argile (<63um) : 0.48%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

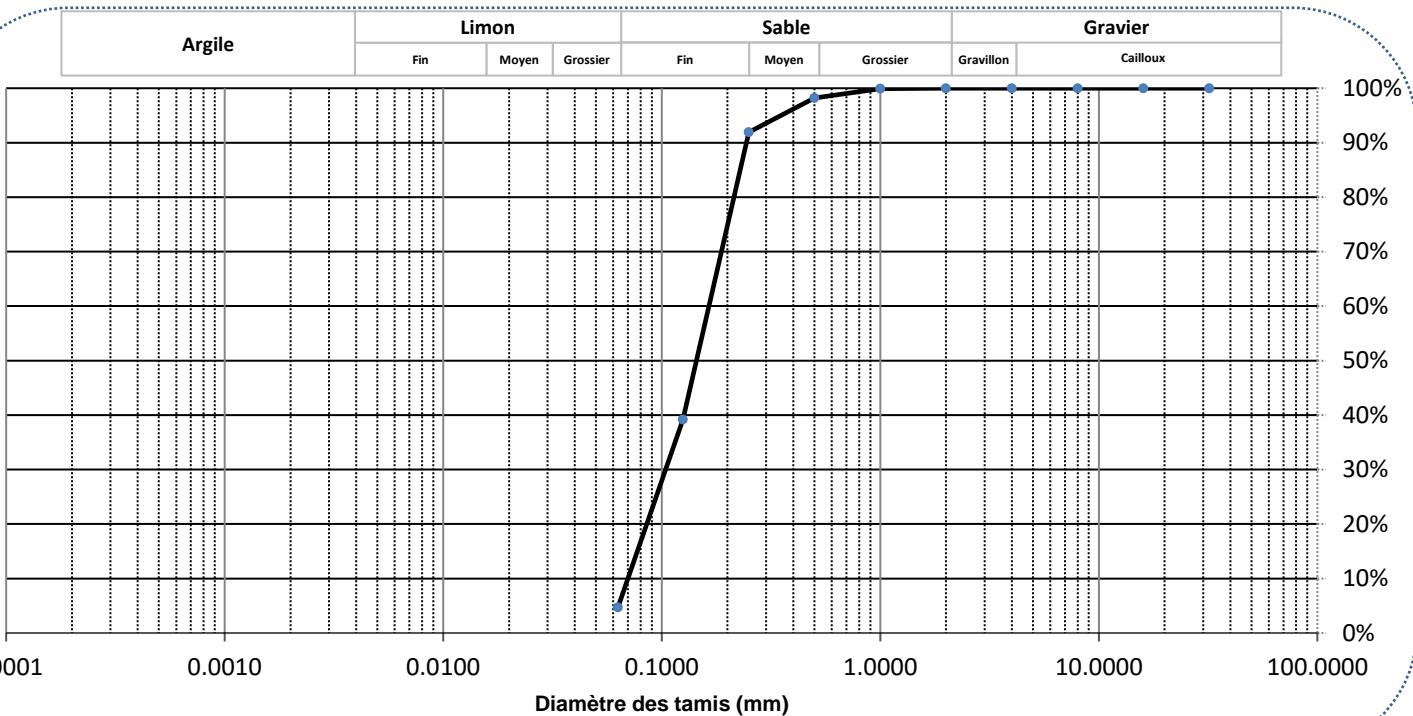
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200363

Votre référence : ENSL - PF

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	99.9%
0.500	98.2%
0.250	91.9%
0.125	39.2%
0.063	4.7%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 95.32%

Limon,Argile (<63um) : 4.68%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

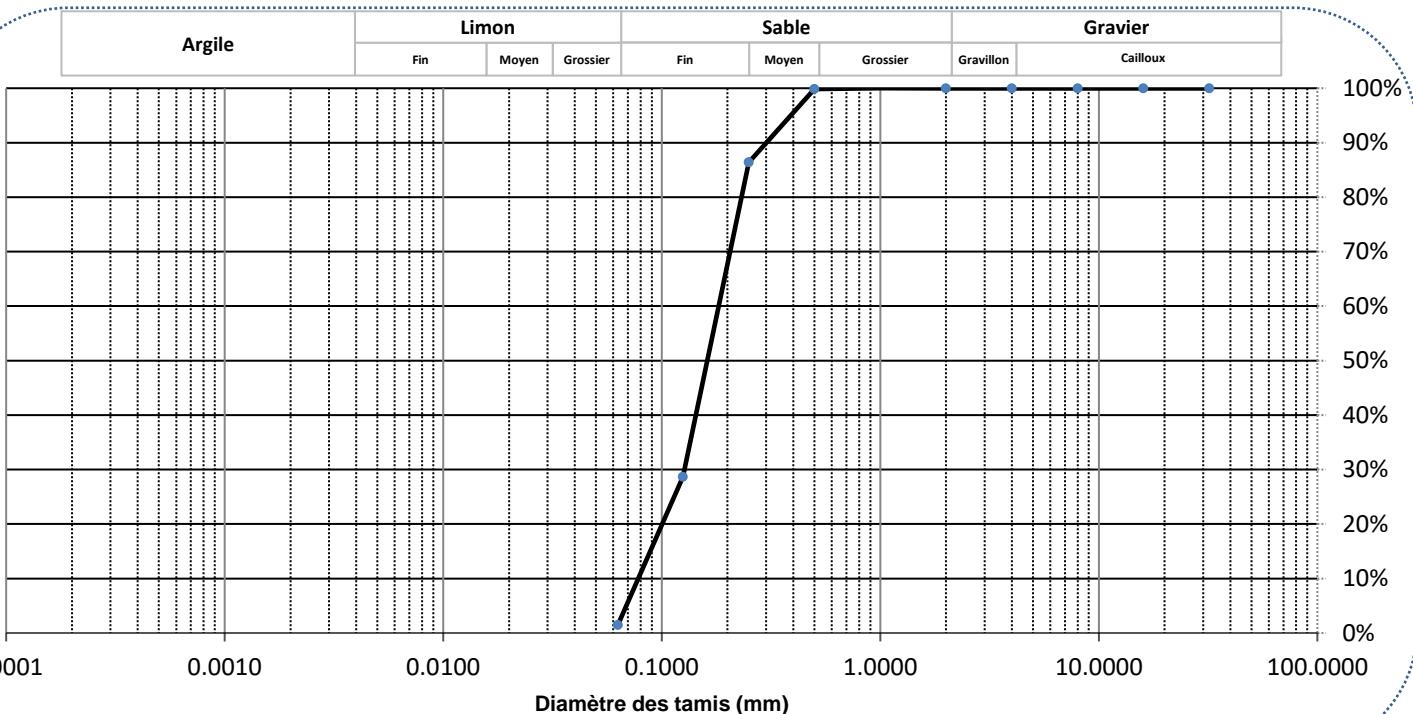
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200364

Votre référence : TNSL1-MS

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	100.0%
0.500	99.9%
0.250	86.4%
0.125	28.7%
0.063	1.5%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 98.52%

Limon,Argile (<63um) : 1.48%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

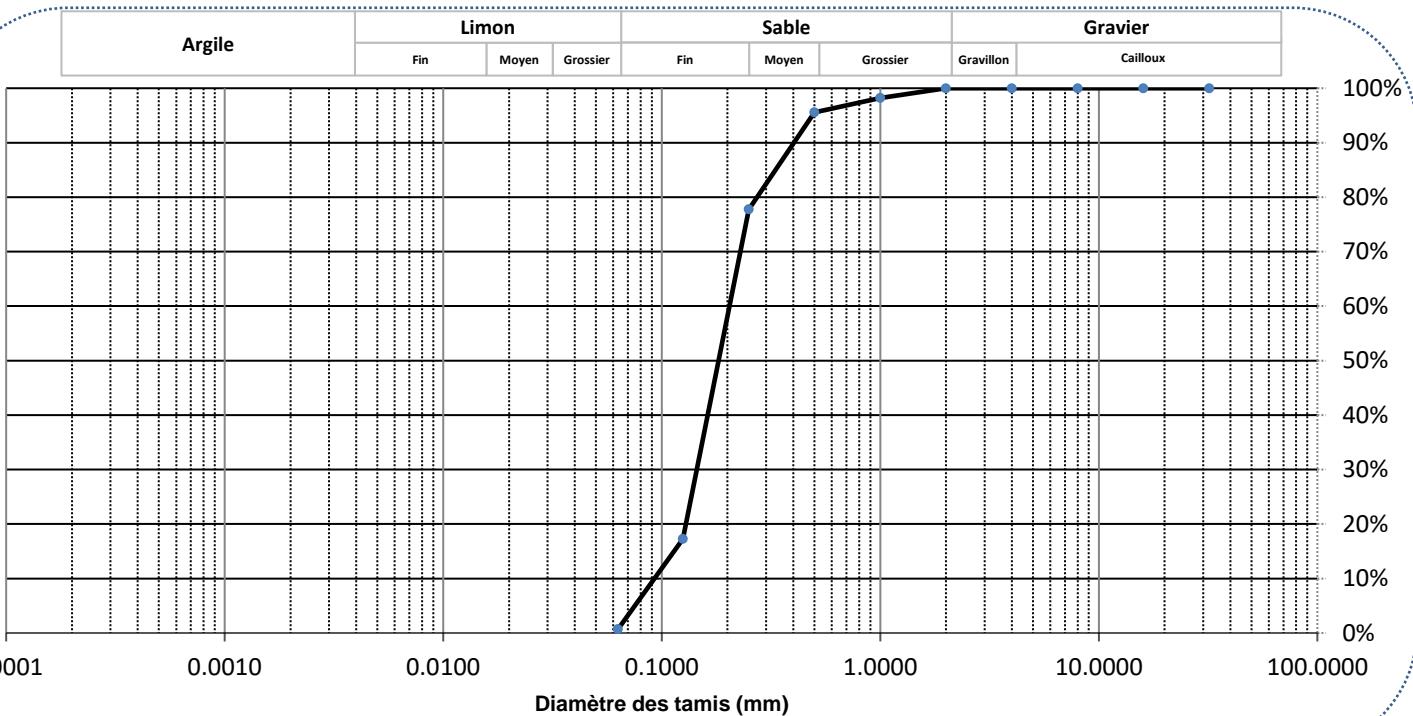
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200365

Votre référence : TNSL1-Mi

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	98.2%
0.500	95.6%
0.250	77.8%
0.125	17.3%
0.063	0.7%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.32%

Limon,Argile (<63um) : 0.68%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

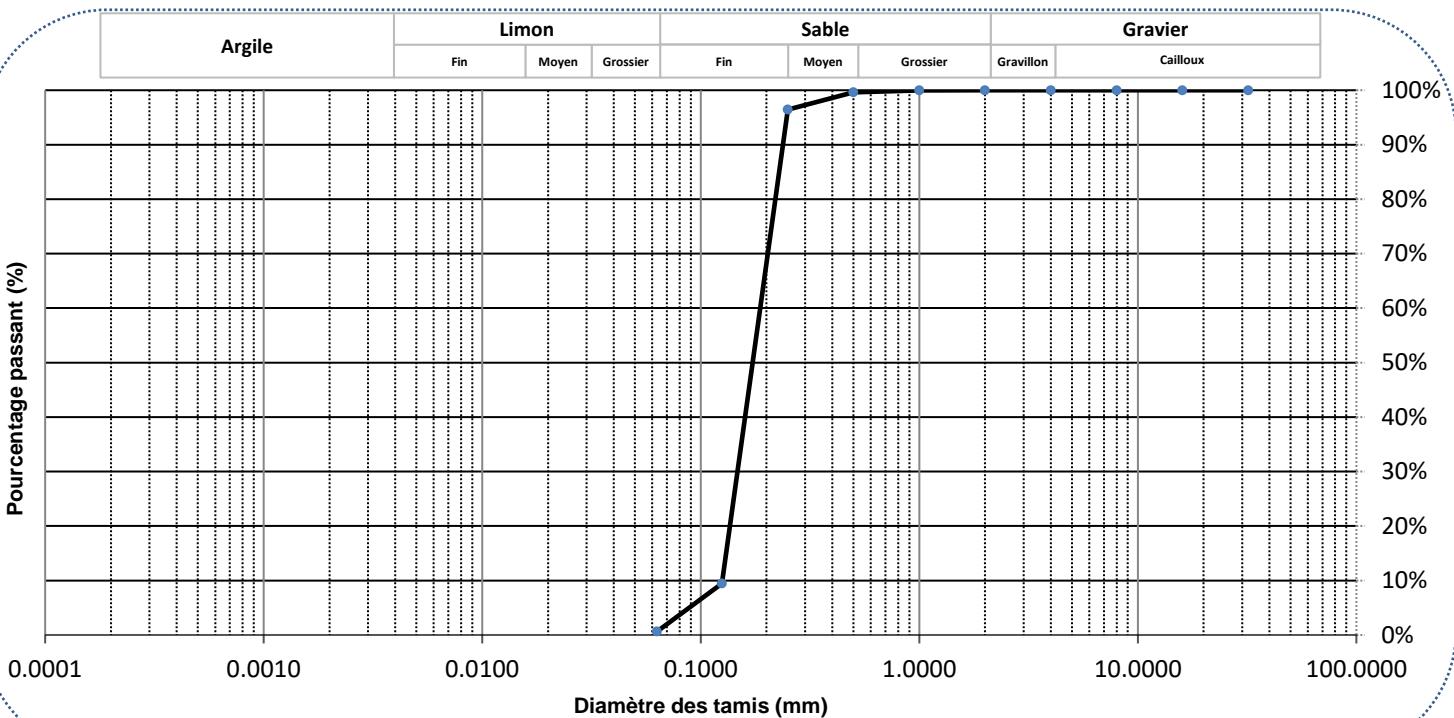
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200366

Votre référence : TNSL1-PF

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	100.0%
0.500	99.6%
0.250	96.4%
0.125	9.4%
0.063	0.6%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.38%

Limon,Argile (<63um) : 0.62%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

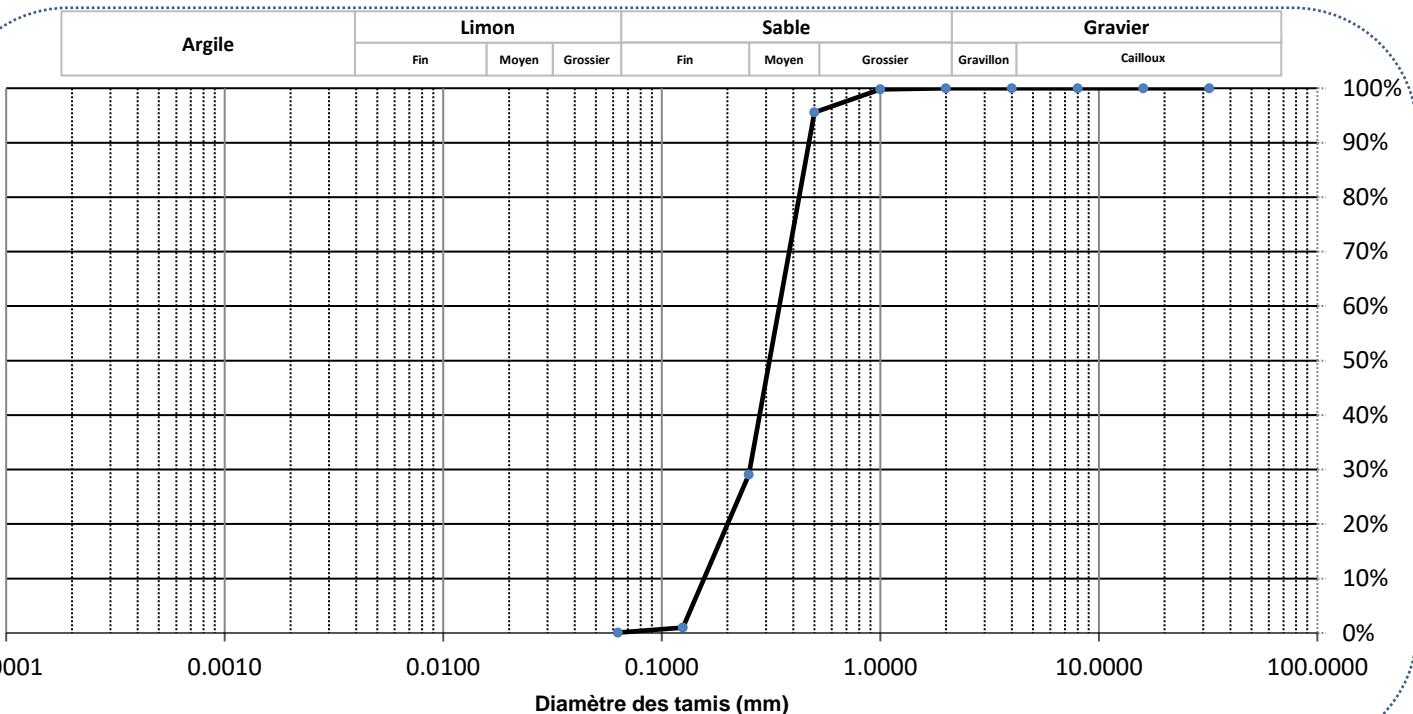
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200371

Votre référence : TNSL-2-MS

Version du certificat : 1

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	95.6%
0.250	29.1%
0.125	1.0%
0.063	0.1%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.94%

Limon,Argile (<63um) : 0.08%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

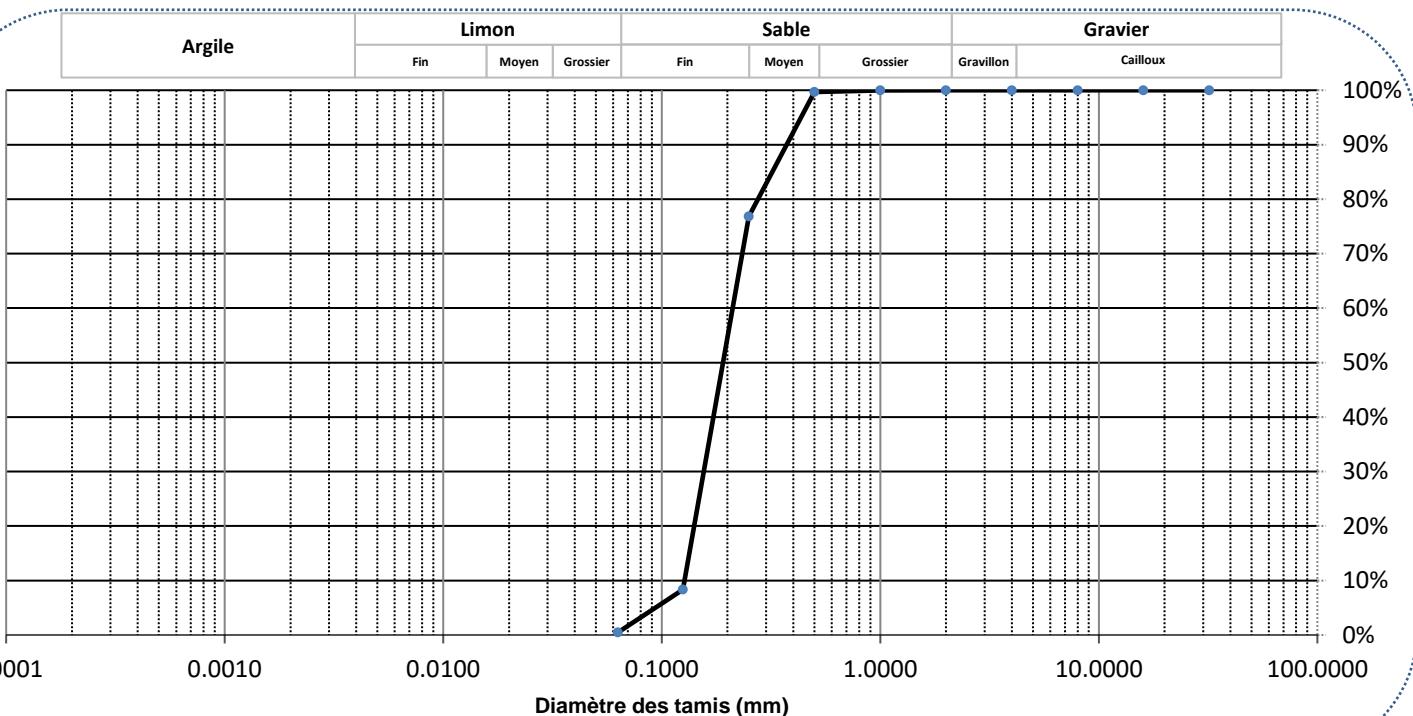
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200372

Votre référence : TNSL-2-Mi

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	100.0%
0.500	99.7%
0.250	76.8%
0.125	8.4%
0.063	0.5%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.54%

Limon, Argile (<63um) : 0.46%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

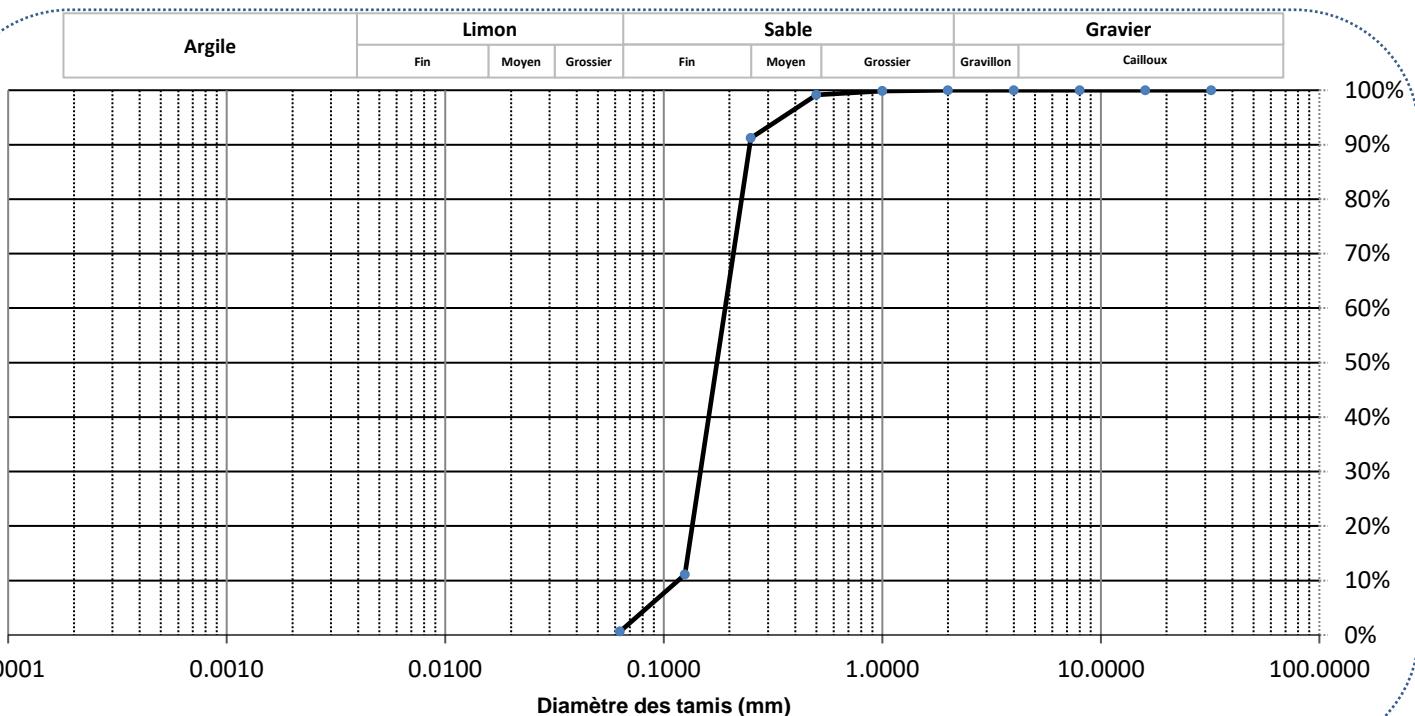
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200373

Votre référence : TNSL-2-PF

Version du certificat : 1

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	99.2%
0.250	91.2%
0.125	11.1%
0.063	0.6%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.39%

Limon,Argile (<63um) : 0.47%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

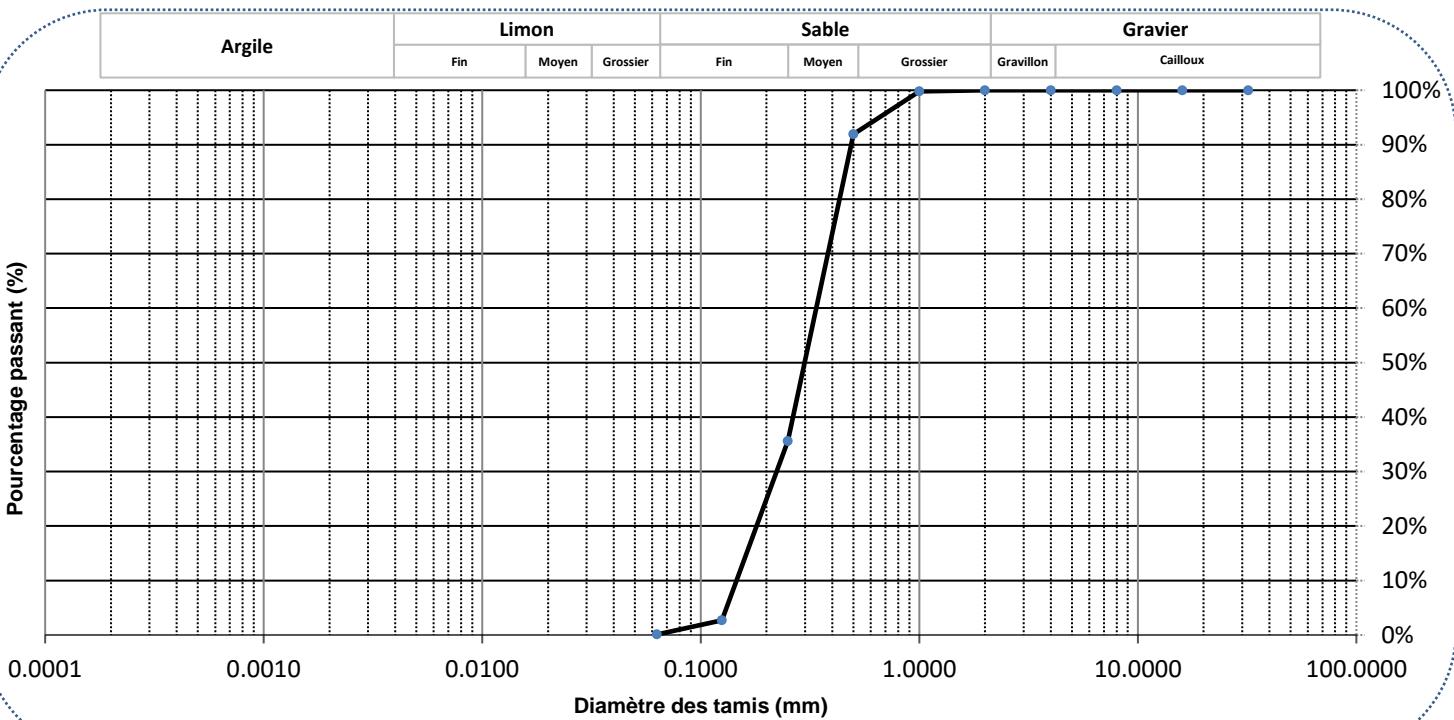
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200374

Votre référence : TNSL-3-MS

Version du certificat : 1

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	91.9%
0.250	35.6%
0.125	2.7%
0.063	0.1%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.91%

Limon,Argile (<63um) : 0.09%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

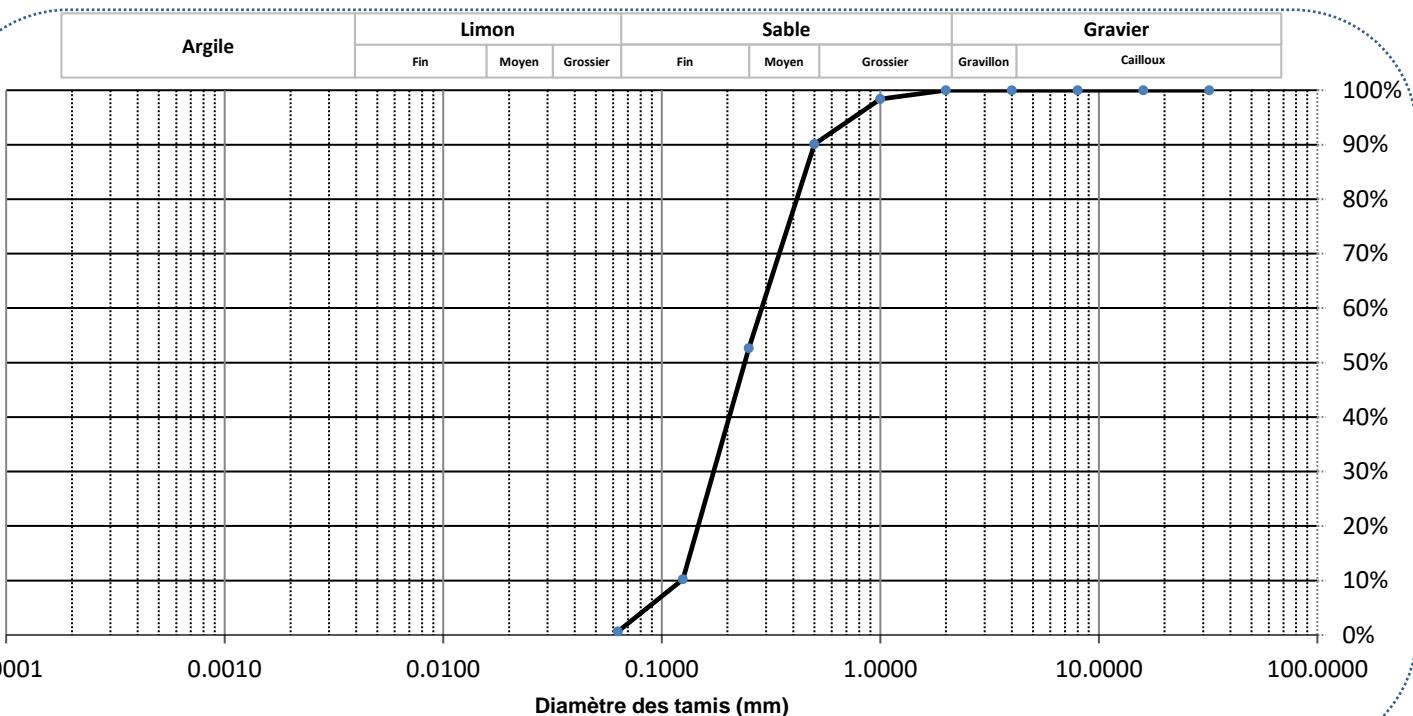
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200375

Votre référence : TNSL-3-Mi

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	98.4%
0.500	90.1%
0.250	52.7%
0.125	10.2%
0.063	0.6%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.36%

Limon,Argile (<63um) : 0.64%

Date : 2024-10-15

## GRANULOMÉTRIE

### Classification Wentworth

No bon de travail : 24Q205787

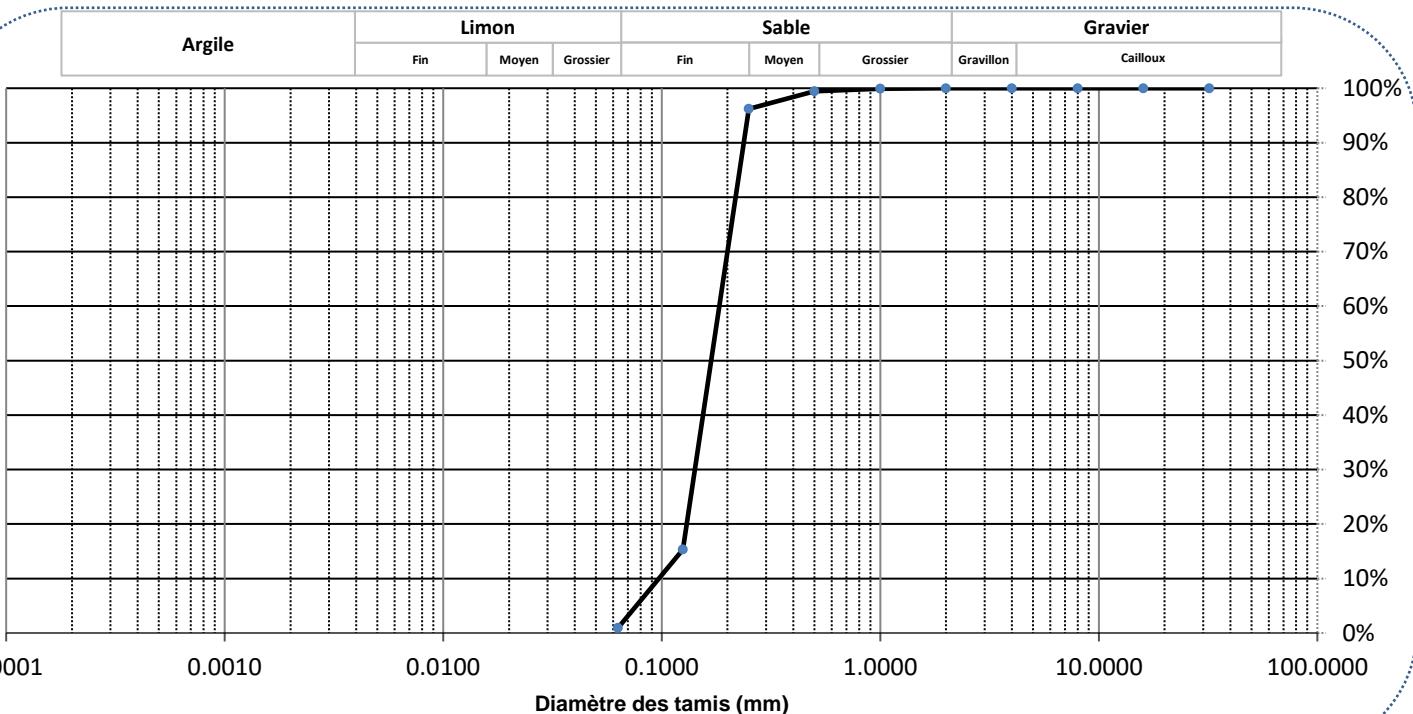
Client : WSP CANADA INC

No échantillon : 6200376

Votre référence : TNSL-3-PF

Version du certificat : 1

Granulométrie Tamis (mm)	Pourcentage Passant (%)
32	100.0%
16	100.0%
8	100.0%
4	100.0%
2	100.0%
1	99.9%
0.500	99.5%
0.250	96.2%
0.125	15.3%
0.063	0.9%



Commentaires :

Gravier (2-32mm) : 0.00%  
Sable (0.063-<2mm) : 99.08%

Limon,Argile (<63um) : 0.81%

Date : 2024-10-15



# ANNEXE

**G**

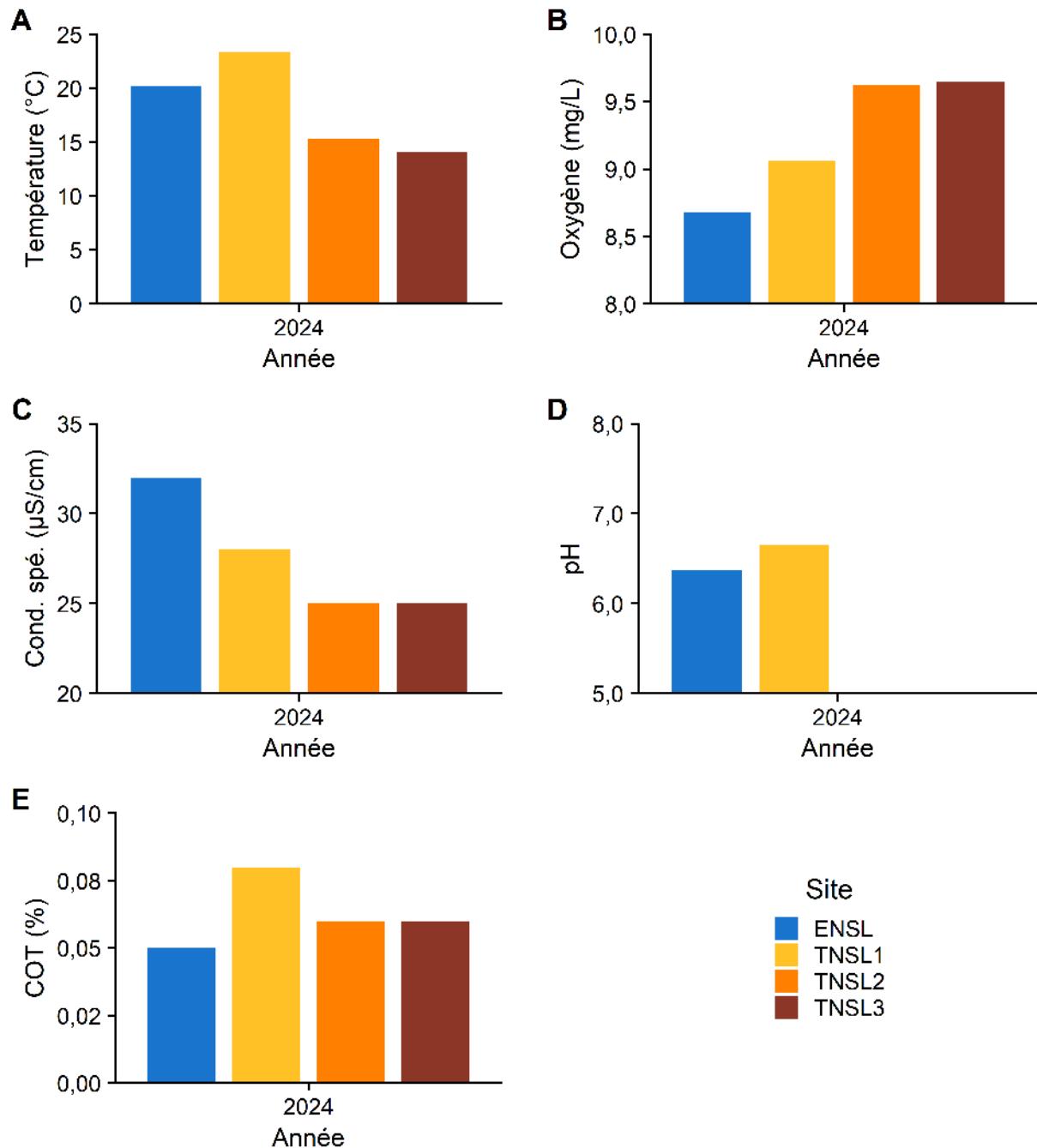
## DESCRIPTION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE



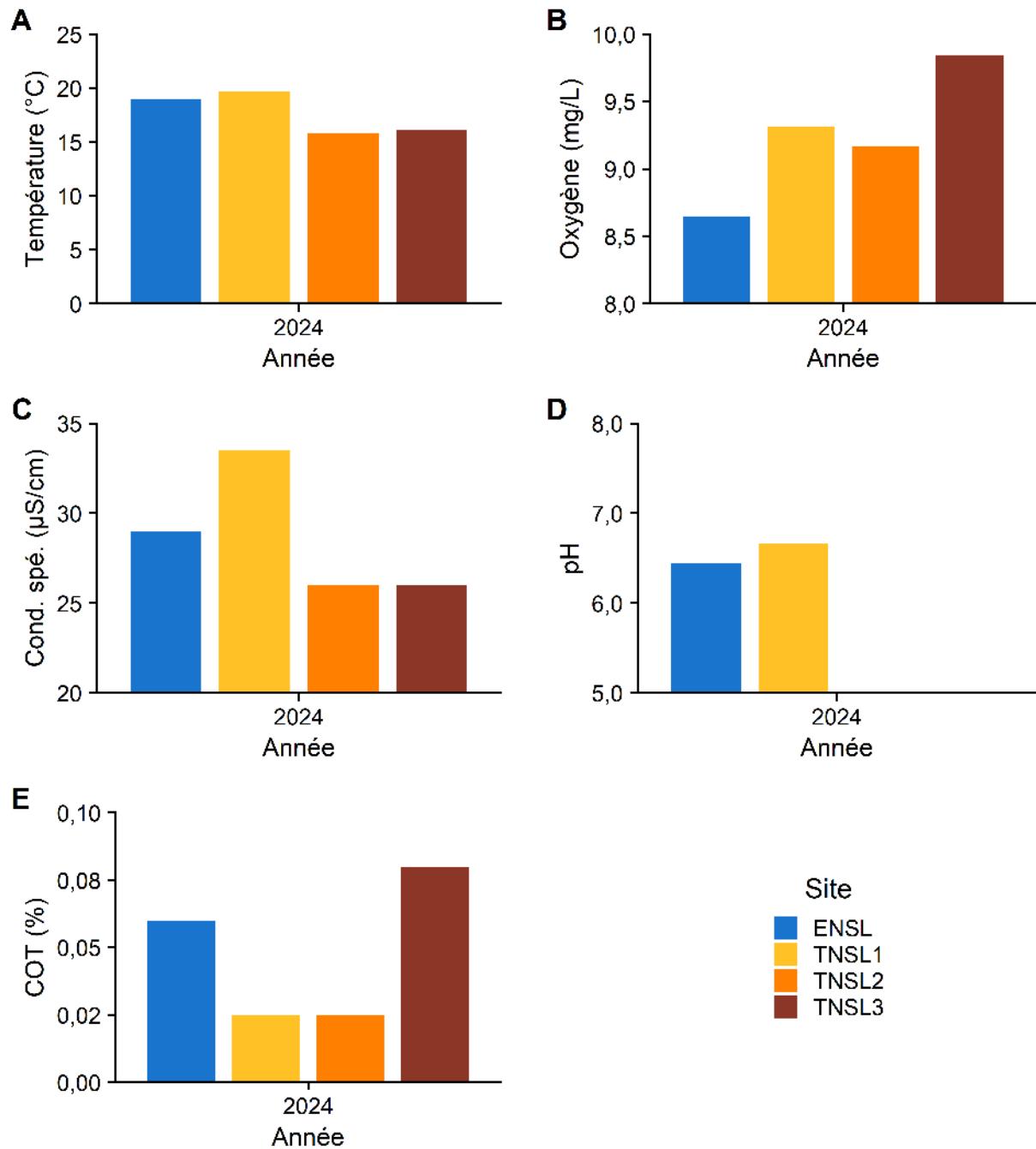
Année d'échantillon	Infos générales					Heure d'échantillonage	Moyenne profondeur	Substrat						Physicochimie et physique										Transparence (m)								
	Site	Strate	Station	Date d'échantillonage				MO	Granulo terrain			État du substrat			Qualité sédiments		DJP		Température		Oxygène dissous (mg/L)		% saturation		Cond. (µS/cm)		Conductivité spéci. (µS/cm)		pH			
									Algues	Mousses	Plante aquatique	Autre							Surface		Profonde		Surface		Profonde		Surface		Profonde			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS1	04-sept-24	11 h 40	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19,2	19,2	9	9	95,7	95,7	33	33	35	35	6,11	6,11	0,4			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS2	04-sept-24	11h57	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19,3	19,3	8,81	8,81	95	95	28	28	30	30	6,2	6,2	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS3	04-sept-24	13h00	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	ENSL-MS3-2024	N	20,2	20,2	8,68	8,55	96,9	95,8	29	28	32	31	6,37	6,38	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS4	04-sept-24	13h35	0,433	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	20,5	20,5	8,84	8,7	97,2	96,7	27	27	30	30	6,37	6,4	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS5	04-sept-24	13h50	0,5	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	20,7	20,7	8,72	8,7	96,9	96,4	27	27	29	29	6,38	6,4	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS6	04-sept-24	14h10	0,5	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	20,9	20,9	8,8	8,74	95,6	97	28	27	30	29	6,4	6,42	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS7	04-sept-24	14h25	0,533	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	20,8		8,8	8,92	97,2	94,2	27	26	29	29	6,39	6,44	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS8	27-sept-24	16h00	0,2	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	17,7	N	10,1	N	107	N	21	N	24	N	N	N	full			
2024	ENSL	MS	ENSL-MS9	27-sept-24	16h10	0,2	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	17,8	N	9,99	N	104	N	20	N	24	N	N	N	full			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI1	04-sept-24	15h00	2,667	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19	18,9	8,63	8,5	92	90,7	26	26	29	30	6,34	6	2			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI2	04-sept-24	15h20	2,667	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19,1	18,9	8,6	8,35	91	87,7	26	26	29	29	6,54	6,53	2			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI3	04-sept-24	15h40	2,6	0	0	100	0	N	N	N	N	ENSL-MI3-2024	N	19	19	8,58	8,71	92,2	92,9	26	26	29	29	6,45	6,43	1,9			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI4	05-sept-24	9h15	2,6	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	18,6	18,5	9,72	9,77	103	104	27	26	30	29	6,6	5,4	1,9			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI5	05-sept-24	9h35	2,633	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	18,7	18,5	9,85	9,88	105	104	25	25	28	28	6,46	6,48	2			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI6	05-sept-24	9h50	2,6	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	18,7	18,5	9,77	9,8	104	104	25	25	28	28	6,48	6,53	2			
2024	ENSL	MI	ENSL-MI7	05-sept-24	10H03	2,633	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	18,7	18,5	9,86	9,75	105	9,75	24	24	27	27	6,43	6,45	2			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF1	05-sept-24	10h34	4,967	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	18,8	18,5	9,76	9,58	104	102	32	32	38	36	6,65	6,07	2			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF2	05-sept-24	10h50	4,967	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	18,8	18,5	9,67	9,57	103	102	33	32	37	36	6,85	6,89	2			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF3	05-sept-24	11h04	5	0	0	100	0	N	N	N	N	ENSL-PF3-2024	DUPP1-2024	19	18,5	9,7	9,68	101	101	34	31	38	36	6,93	6,95	1,9			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF4	05-sept-24	11h30	5	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19	18,5	9,6	9,53	102	100	34	32	38	36	6,95	6,97	2			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF5	05-sept-24	11H42	5,033	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19,8	18,5	9,57	9,47	101	100	34	32	38	36	6,94	6,97	2			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF6	05-sept-24	12h01	4,967	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19,3	18,5	9,49	9,4	100	48	33	32	37	36	6,91	6,92	2			
2024	ENSL	PF	ENSL-PF7	05-sept-24	12h13	5	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	19,3	18,5	9,49	9,41	101	99,2	33	32	37	36	6,89	6,91	2			
2024	TNSL1	MS	TNSL1-MS1	05-sept-24	17h29	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	23,4	N	9,05	N	106	N	27	N	28	N	6,66	N	full			
2024	TNSL1	MS	TNSL1-MS2	05-sept-24	17h23	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	23,6	N	9,03	N	106	N	27	N	28	N	6,66	N	full			
2024	TNSL1	MS	TNSL1-MS3	05-sept-24	16h59	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	TNSL1-MS3-2024	N	23,3	N	9,06	N	106	N	27	N	28	N	6,65	N	full			
2024	TNSL1	MS	TNSL1-MS4	05-sept-24	16h42	0,4	0	0	100	0	N	N	N	N	Non	N	24,2	N	8,97													

Infos générales							Moyenne profondeur	Substrat						Physicochimie et physique														
Année d'échantillon	Site	Strate	Station	Date d'échantillonage	Heure d'échantillonage	MO		Granulo terrain		État du substrat			Qualité sédiments	DJP	Température	Oxygène dissous (mg/L)	% saturation	Cond. (µS/cm)		Conductivité spéci. (µS/cm)		pH		Transparence (m)				
								Argile-limon (<0,02 cm)	Sable (0,02-0,2 cm)	Gravier (0,2-2cm)	Algues	Mousses	Plante aquatique			Surface	Profonde	Surface	Profonde	Surface	Profonde	Surface	Profonde					
2024	TNSL2	MS	TNSL2-MS1	27-sept-24	10h36	0,2	0	0	100	0	N	N	N	Non	N	14,8	N	9,74	N	95,8	N	20	N	25	N	N	full	
2024	TNSL2	MS	TNSL2-MS2	27-sept-24	10h52	0,2	0	0	100	0	N	N	N	Non	N	15,2	N	9,64	N	96,4	N	21	N	26	N	N	full	
2024	TNSL2	MS	TNSL2-MS3	27-sept-24	11h00	0,15	0	0	100	0	N	N	N	TNSL2-MS3	N	15,3	N	9,62	N	95,9	N	21	N	25	N	N	full	
2024	TNSL2	MS	TNSL2-MS4	27-sept-24	11h30	0,2	0	0	100	0	N	N	N		N	15,4	N	9,8	N	97,7	N	21	N	25	N	N	full	
2024	TNSL2	MS	TNSL2-MS5	27-sept-24	11h43	0,2	0	0	100	0	N	N	N		N	15,1	N	9,7	N	96,8	N	21	N	26	N	N	full	
2024	TNSL2	MI	TNSL2-MI1	27-sept-24	12h30	2,2	0	0	100	0	N	N	N		N	15	15,5	9,45	10,4	95,1	104	21	21	26	26	N	N	full
2024	TNSL2	MI	TNSL2-MI2	27-sept-24	12h50	2,2	0	0	100	0	N	N	N		N	16	15,7	9,08	9,03	92,1	92,7	21	21	26	26	N	N	full
2024	TNSL2	MI	TNSL2-MI3	27-sept-24	13h00	2,2	0	0	100	0	N	N	N	TNSL2-MI3	N	16	15,7	9,18	9,15	92,6	91,3	21	21	26	26	N	N	full
2024	TNSL2	MI	TNSL2-MI4	27-sept-24	14h00	2,2	0	0	100	0	N	N	N		N	16,3	15,8	9,3	9,35	95	94,5	21	21	26	25	N	N	full
2024	TNSL2	MI	TNSL2-MI5	27-sept-24	14h10	2,3	0	0	100	0	N	N	N		N	16,2	15,9	9,6	8,64	98,8	87,4	21	21	25	26	N	N	full
2024	TNSL2	PF	TNSL2-PF1	27-sept-24	N	4,5	0	0	100	0	N	N	N		N	17,8	16,5	8,63	9,5	90,6	97,8	22	21	25	25	N	N	2,5
2024	TNSL2	PF	TNSL2-PF2	27-sept-24	14h50	4,5	0	0	100	0	N	N	N		N	17,6	16,5	9,3	9,18	97,5	95,6	22	21	25	25	N	N	2,5
2024	TNSL2	PF	TNSL2-PF3	27-sept-24	15h00	4,5	0	0	100	0	N	N	N	TNSL2-PF3	N	17,2	16,5	9,41	9,18	97,5	93,4	22	21	25	25	N	N	2,5
2024	TNSL2	PF	TNSL2-PF4	27-sept-24	15h17	4,533	0	0	100	0	N	N	N		N	17,6	N	9,43	8,83	98,7	92,8	22	21	25	25	N	N	2,5
2024	TNSL2	PF	TNSL2-PF5	27-sept-24	15h30	4,5	0	0	100	0	N	N	N		N	17,3	16,5	9,3	8,9	97,2	91,6	22	21	25	25	N	N	2,5
2024	TNSL3	MS	TNSL3-MS1	27-sept-24	9h00	0,2	0	0	100	0	N	N	N	TNSL3-MS3	N	14	N	9,72	N	94,1	N	19	N	25	N	N	full	
2024	TNSL3	MS	TNSL3-MS2	27-sept-24	9h20	0,2	0	0	100	0	N	N	N		N	14,1	N	9,81	N	94,9	N	19	N	24	N	N	full	
2024	TNSL3	MS	TNSL3-MS3	27-sept-24	9h30	0,2	0	0	100	0	N	N	N		N	14,1	N	9,65	N	95	N	20	N	25	N	N	full	
2024	TNSL3	MS	TNSL3-MS4	27-sept-24	9h40	0,2	0	0	100	0	N	N	N		N	14,2	N	9,79	N	94,6	N	20	N	25	N	N	full	
2024	TNSL3	MS	TNSL3-MS5	27-sept-24	9h48	0,2	0	0	100	0	N	N	N		N	14,3	N	9,59	N	93,1	N	20	N	25	N	N	full	
2024	TNSL3	MI	TNSL3-MI1	28-sept-24	12h40	2,3	0	0	100	0	N	N	N	TNSL3-MI3	N	16,4	16,1	9,73	9,72	99,7	97,3	22	22	26	26	N	N	full
2024	TNSL3	MI	TNSL3-MI2	28-sept-24	12h34	2,4	0	0	100	0	N	N	N		N	16,4	16,2	9,91	9,8	100	99,3	22	22	26	26	N	N	full
2024	TNSL3	MI	TNSL3-MI3	28-sept-24	12h16	2,3	0	0	100	0	N	N	N		N	16,2	16,1	9,9	9,77	99,5	99,1	22	22	26	26	N	N	full
2024	TNSL3	MI	TNSL3-MI4	28-sept-24	12h05	2,3	0	0	100	0	N	N	N		N	16,1	16,1	9,99	n	100	99,4	22	22	26	26	N	N	full
2024	TNSL3	MI	TNSL3-MI5	28-sept-24	11h55	2,3	0	0	100	0	N	N	N		N	16	16	9,8	9,8	99,7	99,5	22	22	26	27	N	N	full
2024	TNSL3	PF	TNSL3-PF1	28-sept-24	10h55	4,5	<1	0	100	0	N	N	N	TNSL3-PF3	N	16,7	16,6	9,6	9,56	98,2	97,8	22	22	26	26	N	N	24
2024	TNSL3	PF	TNSL3-PF2	28-sept-24	10h40	4,6	<1	0	100	0	N	N	N		N	16,6	16,6	9,65	9,61	98,7	98,2	22	22	26	26	N	N	24
2024	TNSL3	PF	TNSL3-PF3	28-sept-24	10h10	4,5	0	0	100	0	N	N	N		N	16,6	16,6	9,65	9,63	98,2	98,5	22	22	26	26	N	N	24
2024	TNSL3	PF	TNSL3-PF4	28-sept-24	9h53	4,5	0	0	100	0	N	N	N		N	16,5	16,5	9,6	9,55	97,2	98,9	22	22	26	26	N	N	24
20																												

## Zone de marnage supérieure



## Zone de marge inférieure



## Zone profonde

