

# Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec Fosse du Labrador



Photo 1 : Vue dans le bassin versant de la rivière à la Baleine  
(Julie Moisan)

Photo 2 : Station 12\_67, bassin versant de la rivière Koksoak,  
sous-bassin de la rivière Caniapiscau (Julie Moisan)

Photo 3 : Fond de rivière station 13\_13, bassin versant de la  
rivière Compeau (Daniel Blais et Joany Suazo)

Photo 4 : Trichoptère, Limnephilidae, *Asynarchus* sp.,  
station 13\_34, bassin versant de la rivière Nepihjee  
(Julie Moisan)

### **Coordination et rédaction**

Cette publication a été réalisée par la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

### **Renseignements**

Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire disponible à l'adresse suivante :

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp>

Téléphone : 418 521-3830  
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974

Le présent document peut être consulté sur le site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques à l'adresse suivante :

[www.mddelcc.gouv.qc.ca](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca)

ou

Visitez notre site Web :

[http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm)

### **Référence à citer**

Moisan, Julie, 2017. *Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec – Fosse du Labrador*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 35 pages + 8 annexes.

Dépôt légal – 2017  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN 978-2-550-78644-3 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays  
© Gouvernement du Québec – 2017

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

### Rédaction

Julie Moisan<sup>1</sup>, spécialiste en sciences physiques

### Échantillonnage et acquisition de données

Julie Moisan<sup>1</sup>

Daniel Blais<sup>2</sup>

Joany Suazo<sup>2</sup>

### Laboratoire – taxonomie

Diane Grenier<sup>3</sup>

Roger Audet<sup>1</sup>

René Therreault<sup>1</sup>

Guillaume Desrosiers<sup>1</sup>

Jean-Philippe Baillargeon<sup>1</sup>

Julie Moisan<sup>1</sup>

### Révision scientifique

Lyne Pelletier<sup>1</sup>, biologiste, M. Sc.

Daniel Blais<sup>2</sup>, géographe, M. Sc.

Isabelle Lavoie<sup>4</sup>, associée de recherche, Ph. D.

Philippe Archambault<sup>5</sup>, professeur titulaire, Ph. D.

Serge Hébert<sup>1</sup>, biologiste

---

<sup>1</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques.

<sup>2</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité.

<sup>3</sup> Contrat personnel.

<sup>4</sup> Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement.

<sup>5</sup> Université Laval, Département de biologie.

Mots clés : macroinvertébrés benthiques, benthos, condition, référence, rivière, ruisseau, nord, Québec, fosse du Labrador, biodiversité

## RÉSUMÉ

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Ils forment des communautés adaptées à leur milieu de vie et qui se modifient en fonction des stress environnementaux auxquels ils sont exposés.

Les objectifs de la présente étude sur les communautés benthiques sont les suivants : 1) établir un état de référence avant le développement et l'accélération des changements climatiques; 2) caractériser la biodiversité; 3) explorer les relations entre les communautés et les variables relatives à l'habitat et aux caractéristiques physicochimiques de l'eau; 4) vérifier l'applicabilité de l'indice de santé du benthos (ISB<sub>9</sub>) dans ce territoire. Les macroinvertébrés benthiques de 83 cours d'eau situés dans la fosse du Labrador au Québec ont été échantillonnés en 2012 et en 2013. Ces cours d'eau ont tous un substrat grossier et sont en grande majorité traversables à gué. Les communautés qui y vivent sont des communautés de référence, car elles ne sont soumises à aucun effet d'activités anthropiques, hormis ceux associés aux polluants aéroportés. Les deux taxons les plus largement distribués et présents dans presque toutes les stations sont des diptères Chironomidae, les Tanytarsini et les Orthocladiinae.

Huit communautés ont été identifiées et les taxons qui les caractérisent (taxons indicateurs) ont été déterminés. La plupart des taxons indicateurs appartiennent aux éphéméroptères, aux plécoptères et aux trichoptères (EPT), organismes qui sont reconnus pour leur sensibilité à différents stress environnementaux. Une communauté se distingue particulièrement par une forte abondance de mollusques pélicypodes de la famille des Sphaeriidae. Une nette démarcation dans la composition des communautés est notée au-delà de la limite des arbres. Les éphéméroptères Baetidae (*Baetis* et *Acentrella*), qui ont une large répartition spatiale, semblent bien adaptés aux conditions nordiques plus difficiles propres aux milieux caractérisés par une présence importante du pergélisol (soit de 50 à 90 % du sol gelé) et par la disparition des arbres. Les diptères de la famille des Simuliidae (*Simulium*, *Metacnephia* et *Cnephia*) semblent également bien adaptés.

Les relations entre ces communautés et des données relatives à l'habitat à l'échelle locale et à l'échelle du bassin versant ont été explorées. Des variables issues des deux échelles semblent structurer les communautés en place. Les principales variables environnementales qui expliquent la présence des communautés rencontrées sont l'occupation du sol dans le bassin versant et, à la station, le type d'écoulement, le type de substrat, la largeur de la rivière, la stabilité des berges, la sédimentation, la qualité de l'eau et l'altitude.

Les données issues de la présente étude nous renseignent sur la biodiversité des cours d'eau de la fosse du Labrador et pourraient appuyer ou aider à orienter les choix de territoire à protéger dans le Nord québécois. Elles dressent un portrait des communautés avant l'accélération des changements climatiques et du développement industriel. Les macroinvertébrés benthiques pourraient être utilisés en tant qu'indicateurs de suivi des effets générés par ceux-ci.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Méthodologie .....</b>	<b>2</b>
2.1 Territoire à l'étude .....	2
2.2 Échantillonnage des macroinvertébrés benthiques et traitement en laboratoire.....	3
2.3 Données descriptives recueillies .....	4
2.4 Analyse des données.....	5
<b>3. Résultats et discussion .....</b>	<b>7</b>
3.1 Analyse des communautés de macroinvertébrés benthiques échantillonnées en 2012 et en 2013 .....	7
3.2 Habitat.....	17
3.3 Principaux stress auxquels pourront être soumises les communautés de macroinvertébrés benthiques .....	29
<b>4. Conclusion .....</b>	<b>31</b>
<b>5. Références bibliographiques .....</b>	<b>32</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>36</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Meilleurs taxons indicateurs des groupes issus du groupement hiérarchique .....	10
Tableau 2	Résumé des variables environnementales significatives .....	24
Tableau 3	Six variables composant l'indice de santé du benthos des cours d'eau à substrat gros (ISB <sub>g</sub> ), valeurs de référence et valeur moyenne pour les stations étudiées .....	28



## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Territoire à l'étude .....	2
Figure 2	Paysage de la région naturelle des collines de Schefferville.....	2
Figure 3	Groupement hiérarchique des stations étudiées en 2012 et en 2013 .....	9
Figure 4	Positionnement des stations A) secteur nord – 2013, B) secteur sud – 2012.....	11
Figure 5	District écologique des crêtes du lac des Coussinets .....	12
Figure 6	Trichoptère <i>Dolophilodes</i> .....	12
Figure 7	Éphéméroptère <i>Plauditus</i> .....	12
Figure 8	Éphéméroptère <i>Ephemerella</i> et trichoptère <i>Hydroptila</i> .....	13
Figure 9	Mollusques pélicypodes de la famille des Spaeriidae, <i>Sphaerium</i> et <i>Pisidium</i> .....	13
Figure 10	Éphéméroptères de la famille des Baetidae, <i>Acentrella</i> et <i>Baetis</i> .....	13
Figure 11	Plécoptère <i>Amphinemura</i> et crustacé copépoïde.....	14
Figure 12	Diptères Simuliidae sur un substrat pierreuse, <i>Simulium</i> et tête de <i>Simulium</i> avec ses panaches de soies déployés.....	14
Figure 13	Diptère Chironomidae de la tribu des Tanytarsini.....	14
Figure 14	Diptère Chironomidae de la sous-famille des Orthoclaadiinae et plécoptère <i>Nemoura</i> ...	15
Figure 15	Analyse factorielle de correspondance redressée réalisée sur les données d'abondance relative des taxons de macroinvertébrés benthiques.....	16
Figure 16	Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables relatives à l'habitat à l'échelle locale.....	18
Figure 17	Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant – axes 1 et 2.....	19
Figure 18	Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant – axes 3 et 4.....	20
Figure 19	Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables environnementales – axes 1 et 2.....	21
Figure 20	Diagrammes en boîtes à moustaches des variables environnementales significatives ( $p < 0,05$ – test de Monte Carlo) pour chacun des groupes de stations.....	22
Figure 21	Positionnement des stations dans leur domaine bioclimatique .....	23
Figure 22	Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des invertébrés benthiques et les variables de communauté significatives – axes 1 et 2.....	26
Figure 23	Diagrammes en boîtes à moustaches des variables de communauté significatives ( $p < 0,05$ – test de Monte Carlo) .....	27

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Positionnement des stations d'échantillonnage du benthos en 2012 et en 2013.....	36
Annexe 2	Liste de tous les taxons échantillonnés dans la fosse du Labrador en 2012 et en 2013 .....	38
Annexe 3	Variables relatives à l'habitat à l'échelle locale (à la station).....	40
Annexe 4	Variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant (données cartographiques).....	41
Annexe 5	Variables de qualité de l'eau.....	42
Annexe 6	Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables environnementales, A = axes 1 et 3, B = axes 2 et 3, C = axes 1 et 4 .....	43
Annexe 7	Diagrammes en boîtes à moustaches de certaines variables de la qualité de l'eau.....	44
Annexe 8	Variables de communauté .....	45





## 1. INTRODUCTION

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques puisqu'ils sont une source de nourriture pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Parmi les communautés biologiques, les communautés de macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (Hellowell, 1986; Barbour et collab., 1999; WFD, 2003). Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident. Ces communautés sont adaptées aux conditions environnementales du milieu qui les abrite. Ces organismes sont donc reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau (MDDEFP, 2013; Drouin, Sirois et Archambault, 2006 et 2011).

Le Nord québécois est un vaste territoire où l'eau douce est omniprésente; de nombreux lacs, rivières, ruisseaux et milieux humides le parsèment. Les espèces aquatiques peuplant ces milieux et la composition des communautés benthiques y sont peu connues. La présente étude, issue d'une collaboration entre la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et la Direction de l'expertise en biodiversité, a été effectuée au cours d'activités d'inventaires écologiques aquatiques en milieu nordique. Ces activités, réalisées dans le cadre du Plan Nord, visent à faire avancer les connaissances écologiques sur le territoire. Plus précisément, les objectifs de cette étude sur les communautés benthiques sont les suivants : 1) établir un état de référence avant le développement et l'accélération des changements climatiques; 2) caractériser la biodiversité; 3) explorer les relations entre les communautés et les variables relatives à l'habitat et aux caractéristiques physicochimiques de l'eau; 4) vérifier l'applicabilité de l'indice de santé du benthos (ISB<sub>9</sub>) dans ce territoire. Les informations recueillies pourraient être utilisées en vue de choisir les territoires à protéger.

Dans les programmes de suivi aquatique, l'évaluation de l'état de santé d'un écosystème est généralement effectuée par la comparaison entre la communauté provenant d'un milieu de référence et celle qui est issue d'un milieu pollué ou perturbé. L'approche fondée sur les conditions de référence ou ACR consiste à établir une base de données biologiques (macroinvertébrés benthiques) et environnementales (chimiques et physiques) à partir de stations présentant des conditions peu ou pas altérées (stations de référence). C'est ce type d'approche qui a été préconisée dans le développement des deux indices de santé du benthos utilisés dans le sud du Québec (MDDEFP, 2012a et 2012b). Un territoire comme celui étudié ici est peu développé, de sorte qu'il présente des conditions de référence de très bonne qualité, ce qui est un net avantage par rapport aux territoires développés où les références sont bien souvent associées aux portions de territoire les moins altérées par différentes activités anthropiques. Établir l'état de référence, avant l'amplification des effets du développement, est tout à fait approprié, car on pourrait assister, au cours des prochaines décennies, à un développement industriel des milieux nordiques principalement caractérisé par une hausse marquée des activités minières. Toute activité industrielle peut influencer sur le milieu où elle est effectuée. Or, le territoire du Plan Nord comprend des ressources naturelles importantes, diversifiées, toutefois peu accessibles et localisées dans un environnement distinctif et souvent fragile qui mérite une attention particulière (Société du Plan Nord, 2014). Les activités industrielles peuvent nuire à la qualité de l'eau, en modifiant la chimie de l'eau par des rejets de substances polluantes, tout comme elles peuvent réduire la quantité d'eau, par les prélèvements liés à certaines activités. L'habitat aquatique peut également subir des altérations de divers types. Par ailleurs, plusieurs espèces sont sensibles au stress occasionné par différentes activités anthropiques. Lorsqu'elles sont exposées au stress, on remarque des changements dans la communauté : des espèces sensibles disparaissent et les espèces plus résistantes prolifèrent. Les connaissances acquises au cours de la présente étude servent à décrire les communautés et contribuent à comprendre ce qui en conditionne la composition.

## 2. MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Territoire à l'étude

Les échantillons de benthos ont été récoltés dans les ruisseaux et les rivières de la fosse du Labrador entre la baie d'Ungava et Schefferville (figure 1). L'échantillonnage du secteur sud s'est déroulé entre le 17 et le 30 juillet 2012. Au total, 41 stations ont été échantillonnées dans les cours d'eau situés dans les bassins versants des rivières à la Baleine et Koksoak, dans les régions naturelles des collines de la baie aux Feuilles, des collines de Schefferville, de la dépression du lac Jeannin et du plateau du lac du Sable. L'échantillonnage du secteur nord s'est déroulé entre le 19 et le 30 juillet 2013. Au total, 42 stations ont été échantillonnées dans plusieurs bassins versants, dont ceux des rivières Koksoak, Curot, Compeau, Nepihjee, False, Deharveng, Dancelou et quelques petits bassins non nommés. Ces stations étaient situées dans les régions naturelles des basses-terres de la Baleine et des collines de la baie aux Feuilles. Les stations des deux

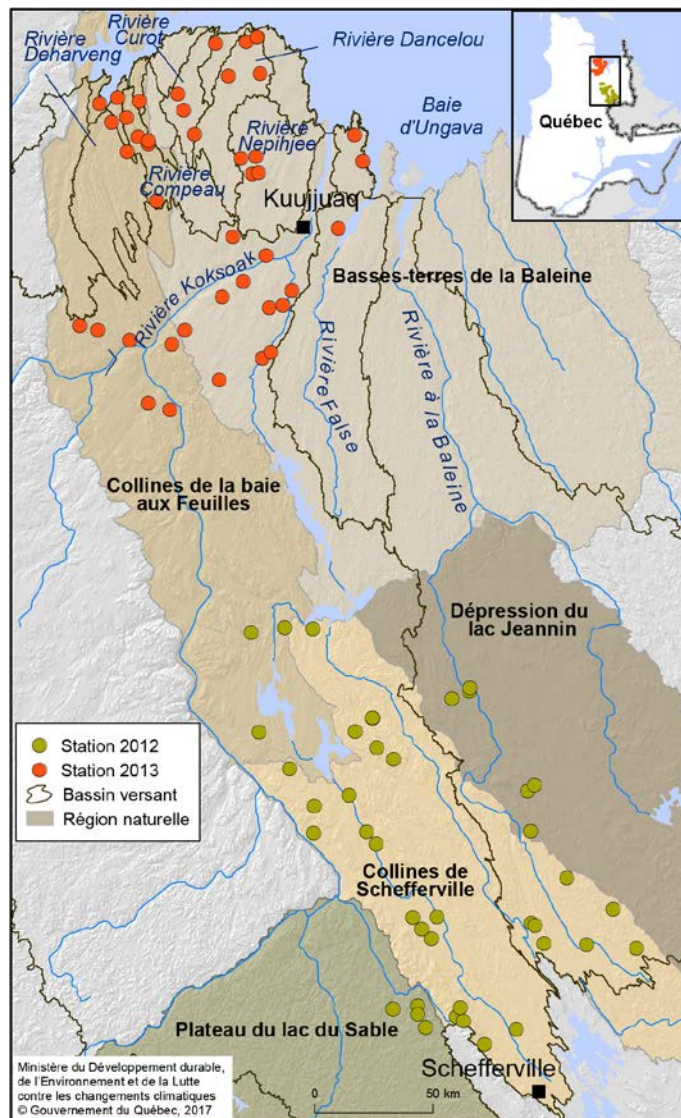


Figure 1 Territoire à l'étude

années sont presque exclusivement situées dans la partie ouest de la province naturelle du bassin de la baie d'Ungava, partie caractérisée par des affleurements rocheux où prédominent les buttes et les collines (Li et Ducruc, 1999, figure 2). Seules quatre stations sont situées dans le plateau central du Nord-du-Québec près de sa jonction avec le bassin de la baie d'Ungava. Dans ce climat subpolaire froid se trouvent des landes à lichens et arbustes ainsi que des forêts (MDDELCC, 2014a). La population est concentrée au nord à Kuujuaq, qui avec ses 2 000 habitants est le chef-lieu de l'Administration régionale Kativik (ARK), et au sud à Schefferville. La fosse du Labrador est propice au développement minier, car il s'agit de la zone la plus riche en fer du Québec. Elle possède de plus plusieurs gisements de cuivre, de nickel et d'éléments du groupe des platines (MERN, 2003-2013). La localisation des sites d'échantillonnage est présentée à l'annexe 1.



Figure 2 Paysage de la région naturelle des collines de Schefferville

## 2.2 Échantillonnage des macroinvertébrés benthiques et traitement en laboratoire

Les cours d'eau à l'étude sont des ruisseaux et des rivières dont le substrat est grossier et que l'on peut traverser à gué. Quatre rivières n'étaient pas traversables à gué et ont été échantillonnées dans les parties accessibles. Chaque station mesurait 100 m; seules les zones de seuils et de plats courants ont été échantillonnées. Les macroinvertébrés ont été délogés avec les mains sur une surface de 50 cm sur 30 cm pendant 30 secondes et récupérés à l'aide d'un filet troubleau de 600 µm de maille, ce qui correspond à un coup de filet. À quelques stations, là où la profondeur de l'eau était trop importante ou le courant trop rapide pour ce type d'échantillonnage, les pieds ont été utilisés pour frotter le substrat rocheux. Pour chaque station, dix coups de filet ont été donnés pour obtenir un échantillon composite d'une surface d'environ 1,5 m<sup>2</sup>. L'échantillon composite a été conservé dans l'alcool éthylique à 70 %. Des fiches descriptives des stations d'échantillonnage et d'évaluation de la qualité de l'habitat ont également été remplies.

En 2012, les échantillons ont été colorés avec du rose bengale en laboratoire, alors qu'en 2013, cette opération a été réalisée directement sur le terrain. Cette procédure a été mise en place pour faciliter le tri des échantillons, dont plusieurs contenaient des organismes de petite taille. Au laboratoire, chaque échantillon a été rincé sur un tamis à maille de 600 µm, puis déposé dans un plateau de fractionnement « Caton » d'une superficie de 30 cm sur 36 cm séparée en 30 carreaux (Caton, 1991). Des carreaux ont été choisis de façon aléatoire, jusqu'à l'obtention d'au moins 500 organismes, qui ont ensuite été triés et identifiés sous une loupe binoculaire. Le sous-échantillonnage réalisé est basé sur un compte fixe de 500 organismes. La méthode de sous-échantillonnage retenue au laboratoire exige toutefois de terminer le tri d'un carreau commencé. Le nombre d'organismes identifiés varie en 2012 de 193 à 4 768 organismes, ce qui excède largement le nombre visé. Cet important dépassement n'a eu lieu qu'une seule fois. La faible taille des organismes est en cause dans le mauvais jugement à l'égard de l'estimation de l'abondance avant le tri de plusieurs échantillons. En 2013, ce nombre varie de 55 à 1 036, mais la majorité des sous-échantillons sont composés d'environ 500 organismes, ce qui correspond à la cible. Parmi les échantillons, 14 % ont été triés au complet et comportent moins de 500 organismes.

La majorité des organismes ont été identifiés au niveau taxonomique du genre. Il est à noter que les oligochètes ont été identifiés comme tels (classe) et que les diptères Chironomidae ont été identifiés au niveau de la tribu (Chironomini, Tanytarsini et Tanypodinae Pentaneurini ou non-Pentaneurini) ou à celui de la sous-famille (annexe 2). Les clés taxonomiques présentées par Merrit, Cumins et Berg (2008) ont servi à l'identification des insectes, alors que celles présentées par Smith (2001) ont servi à l'identification des autres organismes.

L'échantillonnage et le traitement des échantillons au laboratoire ont été réalisés en grande partie selon les méthodes décrites dans le *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier* (MDDEFP, 2013). Les éléments qui diffèrent par rapport à ce protocole sont les suivants : la superficie échantillonnée qui peut être exprimée en nombre de coups de filet (10 coups au lieu de 20), le nombre d'organismes visés par le sous-échantillonnage (500 organismes au lieu de 200) et la coloration des échantillons. Le nombre d'organismes identifiés a été haussé en raison du peu d'information disponible sur les communautés étudiées et pour en assurer une meilleure description. Le nombre visé dans le Québec méridional est lié au fait que les données acquises servent à calculer l'ISB<sub>g</sub> qui, lui, est basé sur un compte de 200 organismes.

## 2.3 Données descriptives recueillies

À chacune des stations, des données descriptives ont été recueillies sur le terrain, donc à une échelle locale, et d'autres à l'échelle du bassin versant à partir de données cartographiques. Sur le terrain, des données relatives à l'habitat et à la qualité de l'eau ont été recueillies à l'aide d'une sonde. À certaines stations, des échantillons d'eau ont été prélevés pour analyses subséquentes au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

### Habitat à la station

Les données descriptives de l'habitat riverain et aquatique ont été prises à la station, c'est-à-dire sur une longueur de 100 m. Ces données reflètent l'aspect physique du cours d'eau et de son environnement. Elles concernent principalement le type d'écoulement, la composition des berges et le type de substrat. Dix variables composant un indice de qualité d'habitat (IQH) ont également été évaluées. Bien que la plupart de ces variables soient liées aux modifications des cours d'eau engendrées par les activités anthropiques, certaines s'avèrent utiles pour qualifier les milieux échantillonnés. L'annexe 3 présente les différentes variables de l'habitat riverain et aquatique aux stations des cours d'eau étudiées et celles faisant partie de l'IQH y sont indiquées.

### Habitat (variables issues de données cartographiques)

Les variables de l'habitat issues de données cartographiques sont généralement calculées à l'échelle du bassin versant. Le bassin de chacune des stations d'échantillonnage a été délimité à l'aide des modèles matriciels d'écoulement de surface dérivé de la base de données topographiques CanVec<sup>1</sup>. L'information géologique provient du Système d'information géominière<sup>2</sup> et l'information sur l'occupation du sol est tirée de la cartographie de la couverture terrestre du Québec de l'année 2000<sup>3</sup>. Pour les dépôts de surface, le Cadre écologique de référence du Québec<sup>4</sup> a été utilisé. Toutes les analyses ont été effectuées avec le logiciel ArcGis.

L'altitude a été déterminée à partir de Google Earth. La liste de ces variables se trouve à l'annexe 4.

### Qualité de l'eau

Les données physicochimiques de l'eau prises directement sur le terrain à l'aide d'une sonde multiparamètres YSI 600QS incluent la température, le pH et la conductivité. Le carbone organique dissous (COD) a été analysé à toutes les stations échantillonnées. Divers métaux ont été analysés, mais ces analyses n'ont pas été effectuées à toutes les stations. Les procédures de prélèvement d'eau pour l'analyse des métaux sont décrites dans MDDELCC (2014b). La liste des variables de qualité de l'eau et les méthodes d'analyse utilisées sont présentées à l'annexe 5. Les prélèvements d'eau ont été effectués à une seule reprise, ce qui en limite l'interprétation.

---

<sup>1</sup> Ressources naturelles Canada, Base de données topographiques à l'échelle de 1/50 000 (CanVec).

<sup>2</sup> Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, Système d'information géominière (SIGEOM).

<sup>3</sup> Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides (RNCAN), 2006 et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), 2007. Cartographie intermédiaire en 52 classes de la couverture terrestre du Québec (CCTQ) réalisée dans le cadre du projet Observation de la Terre pour le développement durable des forêts (OTDD) à partir des images Landsat ca. 2000. La couverture terrestre au nord de la limite des forêts a été complétée dans le cadre d'un partenariat avec le MDDEP.

<sup>4</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec (CERQ).



## 2.4 Analyse des données

Les analyses effectuées visent en premier lieu à déterminer les différentes communautés présentes aux stations étudiées et à définir les taxons qui les caractérisent.

Comme toutes les stations étudiées sont des stations de référence, les analyses effectuées visent en second lieu à mettre en relation les diverses communautés benthiques avec les variables environnementales dans le but de comprendre ce qui en conditionne la composition.

### Classification et ordination

Ces analyses ont été réalisées à partir de l'abondance relative des taxons présents à chacune des stations. Les taxons présents dans moins de 5 % des stations et dont l'abondance est inférieure à 5 % ont été retranchés de la matrice de travail. L'abondance de tous les taxons retirés est inférieure à 2 %, hormis un taxon présent à une seule station, dont l'abondance était de 3,95 %.

Les données relatives à l'habitat ainsi qu'à la qualité de l'eau et les variables de communauté ont été transformées pour en normaliser, au besoin, la distribution. La distribution la plus normale a été choisie, pour chaque variable, entre la donnée brute, la racine carrée, le log naturel ou le log<sub>10</sub>. Certaines variables ont été retirées des analyses pour l'une ou l'autre des raisons suivantes :

- trop de zéros dans la matrice de données;
- pas assez d'amplitude dans les données;
- corrélation avec une autre variable.

Dans les analyses canoniques de correspondance, le facteur d'inflation de la variance (FIV; *variance inflation factor* ou *VIF*) a été utilisé en vue de déterminer la corrélation entre les variables. Si le FIV est élevé (> 10), la variable est presque parfaitement corrélée avec une autre variable (forte colinéarité) et elle n'a donc pas de contribution unique à l'équation de régression (Quinn et Keough, 2002). Elle a alors été retirée.

### Classification des communautés de macroinvertébrés benthiques et taxons indicateurs

L'analyse de groupement sert à visualiser les liens hiérarchiques unissant les communautés de différentes stations. Le type de lien choisi est le groupement à liaison moyenne (*Unweighted arithmetic average clustering* ou *unweighted pair-group method using arithmetic average* ou UPGMA; Legendre et Legendre, 1998) associé à une distance de Sorensen (coefficient de Bray-Curtis; mesure le pourcentage de dissimilarité).

La procédure de permutation à réponses multiples (PPRM; *multiple response permutation procedure* ou MRPP) permet d'évaluer si la différence entre des groupes est significative ( $p < 0,000$ ). La PPRM est un test non paramétrique permettant d'évaluer la capacité d'une classification à maximiser la similarité à l'intérieur d'un groupe et à minimiser la similarité entre les groupes, à partir du calcul de la statistique d'agrément à l'intérieur d'un groupe (A) et de la valeur de signification p associée (Mielke et Berry, 1982). La PPRM a été calculée en utilisant la distance de Sørensen (Bray-Curtis). La statistique A décrit l'homogénéité à l'intérieur d'un groupe comparé à ce qui est attendu par le hasard. Si tous les taxons sont identiques entre les groupes, alors  $A = 1$ , ce qui est la plus haute valeur possible. Si l'hétérogénéité entre les groupes est égale à ce qui peut être obtenu par hasard, alors  $A = 0$ . Avec des données écologiques, les valeurs sous 0,1 sont communes et une valeur supérieure à 0,3 est considérée comme élevée.

L'analyse de taxons indicateurs (*indicator species analysis*) combine des informations sur la concentration d'abondance et la fidélité de présence d'un taxon dans un groupe particulier. Un taxon indicateur caractérise un groupe de stations. Un bon taxon indicateur devrait se trouver surtout dans un seul groupe et être présent à la plupart des sites qui appartiennent à ce groupe (Legendre et Legendre, 2012). La valeur indicatrice de chaque taxon est calculée pour chacun des groupes. Les valeurs indicatrices (VI) des taxons s'échelonnent de 1 à 100, 1 représentant un taxon qui n'est pas indicateur et 100 un taxon qui est un très bon indicateur. Cette analyse s'accompagne d'une probabilité.

L'ensemble de ces analyses a été réalisé avec le logiciel PC-ORD (version 5).

#### Ordination

L'analyse factorielle des correspondances (AFC; *correspondence analysis* ou CA) a été utilisée pour évaluer les dissemblances ou les ressemblances entre les communautés biologiques des différentes stations (Legendre et Legendre, 1998 et 2012).

L'analyse canonique de correspondance (ACC; *correspondence analysis* ou CCA) a été utilisée pour mettre en relation les données d'abondance relative des taxons et différentes variables environnementales relatives à l'habitat et à la qualité de l'eau (Legendre et Legendre, 1998). Elle a également été utilisée pour évaluer la relation avec les variables de communauté. Comme mentionné précédemment, les variables environnementales ont au préalable été transformées, au besoin, en vue d'assurer une répartition normale des données (Grenier, 2010).

Les ordinations ont été réalisées à partir du logiciel CANOCO (version 4.5).

Enfin, plusieurs variables exprimant différents aspects de la structure de la communauté benthique ont été calculées. Elles se répartissent principalement dans trois catégories : mesure de richesse taxonomique, composition taxonomique et tolérance à la pollution. Dans le but de permettre la comparaison entre les stations, une raréfaction a été réalisée par simulation informatique (MDDEFP, 2013) pour atteindre 500 organismes par sous-échantillon. Cette procédure est particulièrement importante pour le calcul des variables se rapportant à la richesse taxonomique, telles que le nombre total de taxons ou le nombre de taxons appartenant à tel ou tel groupe. L'objectif de cet exercice est d'évaluer comment ces variables reflètent la composition des communautés et de déterminer les variables utiles au suivi des communautés soumises à des sources de contamination ou aux changements climatiques.



## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Analyse des communautés de macroinvertébrés benthiques échantillonnées en 2012 et en 2013

Le suivi réalisé en 2012 et en 2013 dans les rivières à substrat grossier de la fosse du Labrador (figure 1) a permis de répertorier au total (matrice de données brutes) 122 taxons principalement identifiés au genre, dont 103 sont des insectes. La moitié des taxons appartiennent au groupe EPT (éphéméroptères = 19, plécoptères = 14 et trichoptères = 29). L'échantillonnage de 2012 du sud de la fosse du Labrador a permis d'identifier 97 taxons (insectes = 81, éphéméroptères = 17, plécoptères = 13 et trichoptères = 20) et celui effectué dans le secteur nord de la fosse du Labrador, en 2013, a comporté 94 taxons (insectes = 77, éphéméroptères = 15, plécoptères = 9 et trichoptères = 27). La liste de tous les taxons identifiés se trouve à l'annexe 2.

Le nombre de taxons rencontrés à chacune des stations est plutôt restreint comparé au nombre qu'on trouve dans le sud du Québec. La valeur de référence pour le nombre total de taxons de l'ISB<sub>9</sub> est de 35 pour 200 organismes (MDDEFP, 2012b), alors que la moyenne pour l'ensemble du secteur est de 22 taxons pour 500 organismes identifiés. Seulement deux taxons sont présents dans presque toutes les stations, ce sont des diptères Chironomidae, les Tanytarsini et les Orthocladiinae.

Quelques constats généraux ont été tirés à partir des données brutes :

- **ÉPHÉMÉROPTÈRES** : Des 19 taxons rencontrés, les taxons les plus répandus sont *Baetis* (Baetidae), *Heptagenia* (Heptageniidae) et *Ephemerella* (Ephemerelidae). Au nord de la station 13\_10 (latitude 58,492978), l'abondance de *Baetis* représente plus de 50 % des organismes identifiés à plusieurs stations.
- **PLÉCOPTÈRES** : Le nombre de taxons rencontrés est plus élevé dans la partie sud de la fosse du Labrador que dans la partie nord. Les Perlidae, qui sont fréquemment rencontrés dans le Québec méridional, sont rares dans le territoire étudié et n'ont été rencontrés qu'au sud du 57° parallèle. En fait, très peu de spécimens d'un seul genre, *Agnatina*, ont été rencontrés. Stewart et Ricker (1997) ont observé qu'au Yukon, les Perlidae, munis de nombreuses branchies, sont absents des lacs et ruisseaux qui subissent des périodes de froid et de gel prolongées. Les *Pteronarcys* (Pteronarcyidae), qui sont considérés comme très intolérants à la pollution (Bode et collab., 2002), n'ont été capturés qu'à trois stations, la plus au nord étant à la limite du pergélisol discontinu de 10 à 50 % (Ressources naturelles du Canada, 1995). Stewart et Ricker (1997) ont également constaté cette rareté au Yukon et l'attribuent en partie aux faibles quantités de grosses particules organiques dans les cours d'eau, donc à un manque de nourriture.
- **TRICHOPTÈRES** : Bien que plusieurs genres soient présents sur le territoire étudié, la plupart présentent une faible abondance. Les taxons de la famille des Hydropsychidae, qui sont abondants dans le sud du Québec, sont, dans le territoire étudié, peu abondants sous la limite des arbres et quasi absents au-delà. Le taxon ayant la meilleure répartition spatiale est *Rhyacophila* (Rhyacophilidae).
- **DIPTÈRES** : Parmi les 30 taxons différents de diptères identifiés, les deux taxons les plus abondants, les Chironomidae Tanytarsini et Orthocladiinae, ont une très grande répartition spatiale. Les *Simulium* (Simuliidae), qui ont également une bonne répartition spatiale, ont une abondance relative plus élevée au-delà de la limite des arbres. Scott et collab. (2011) soulignent que, dans le bassin de la rivière Mackenzie, la richesse taxonomique spécifique des Chironomidae augmente avec la latitude et la grosseur du cours d'eau. Dans cette étude, l'identification de cette famille n'atteignant pas l'espèce, aucune conclusion n'est possible à ce sujet.
- **MOLLUSQUES** : Les mollusques pélicypodes de la famille des Sphaeriidae et du genre *Pisidium* sont présents dans la majorité des stations, mais de façon plus sporadique au-delà de la limite des arbres. Leur abondance peut dépasser 50 % des organismes présents dans certaines stations.

- ODNATES : Bien que plusieurs espèces d'odonates préfèrent les milieux lenticques, certaines se trouvent en milieu lotique. Le seul taxon rencontré est *Somatochlora*. Aucun spécimen n'a été récolté au nord du 56° parallèle.
- COLÉOPTÈRES : Très peu de coléoptères ont été échantillonnés dans cette étude : six taxons compris dans trois familles. La plupart se situent sous le 56° parallèle, à l'exception de la station 13\_54, près de la baie d'Ungava, où ont été rencontrés quatre taxons appartenant à la famille des Dytiscidae. Ce cours d'eau de petit gabarit, d'une largeur moyenne de 40 cm et d'une profondeur moyenne de 8 cm, est particulier. Il s'agit probablement d'un cours d'eau intermittent qui gèle complètement en hiver.

### Classification des communautés benthiques

Le groupement hiérarchique (liaison moyenne et distance de Sørensen) a permis de regrouper les stations en huit groupes en coupant à 30 % de l'information restante (% *information remaining*)<sup>5</sup> (figure 3). L'homogénéité à l'intérieur des groupes est élevée ( $A = 0,2768$ ) et les groupes sont significativement différents ( $p = 0,000$ ; PPRM). Les résultats de l'analyse de taxons indicateurs des différents groupes issus du groupement hiérarchique sont présentés au tableau 1. Les meilleurs taxons indicateurs de chacun des groupes sont présentés et ceux dont la valeur indicatrice est de 50 ou plus accompagnée d'une probabilité de 0,05 ou moins sont en grisé.

La station 12\_76 a été classée dans le groupe 4 et la station 12\_106 dans le groupe 3 à la suite d'analyses indépendantes (non présentées). À la suite d'une erreur de manipulation, les diptères Chironomidae de ces deux stations n'ont pu être identifiés au même niveau taxonomique que l'ensemble des stations, c'est-à-dire à la tribu ou dans certains cas à la sous-famille. La station 12\_49 ne fait partie d'aucun groupe et se distingue de l'ensemble des stations.

---

<sup>5</sup> Pourcentage de stations qu'il reste à grouper.

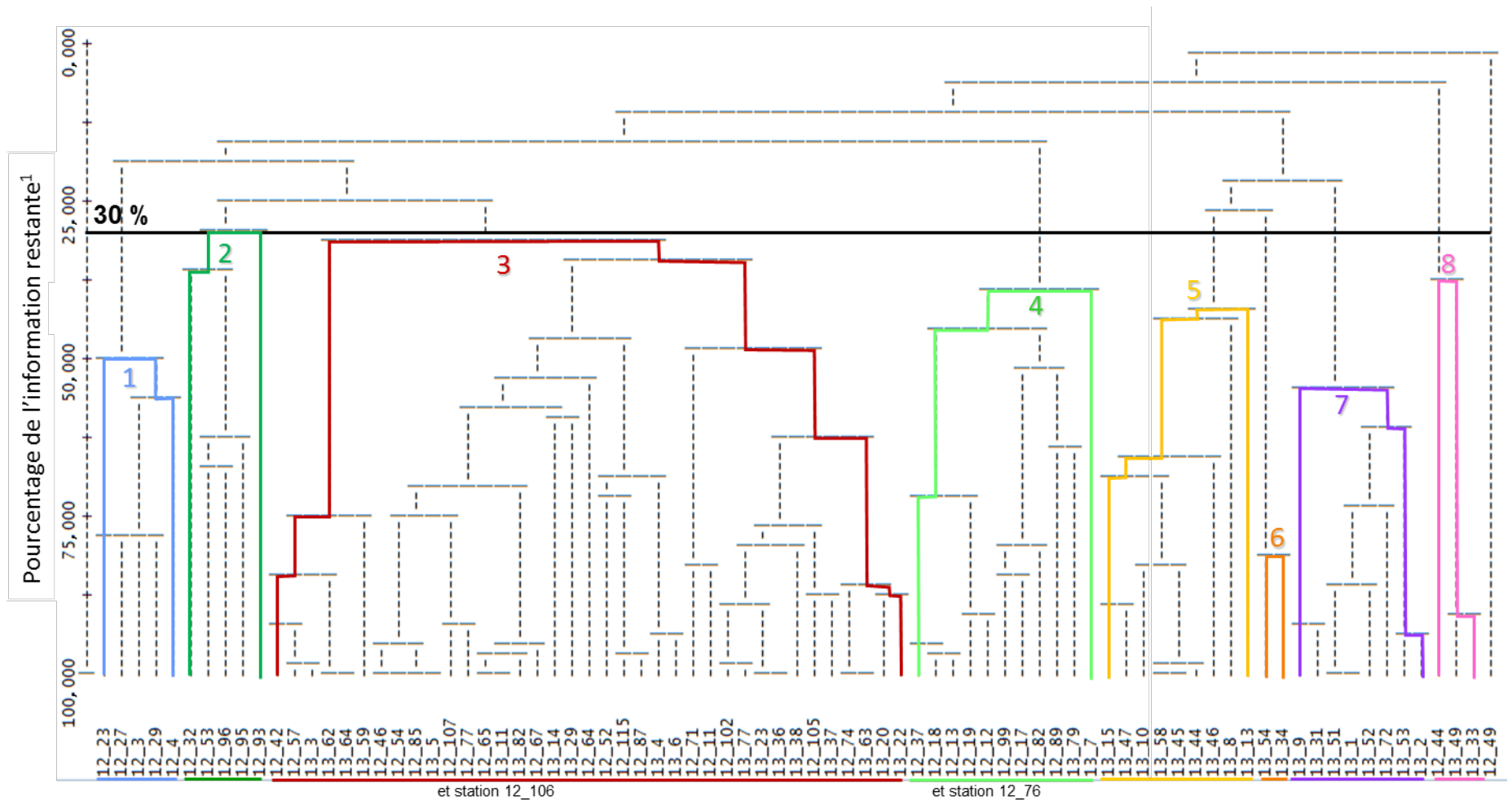


Figure 3 Groupement hiérarchique des stations étudiées en 2012 et en 2013

<sup>1</sup> Pourcentage de stations qu'il reste à grouper.

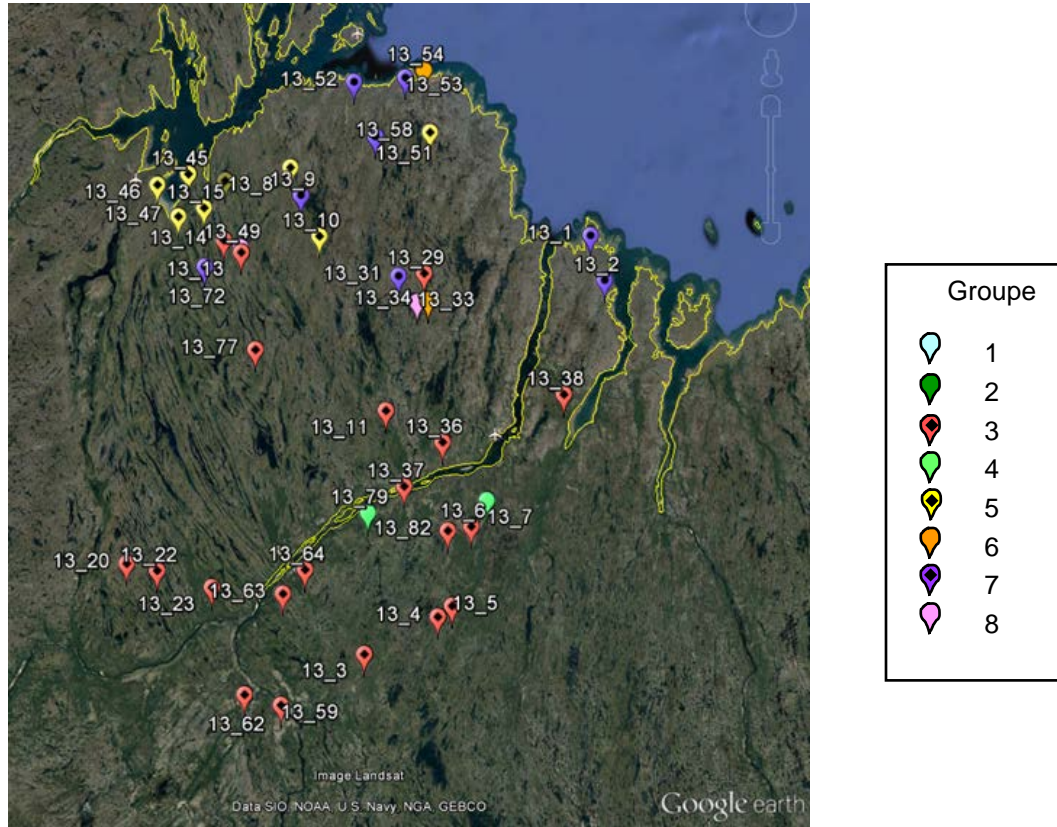
Tableau 1 Meilleurs taxons indicateurs des groupes issus du groupement hiérarchique  
(taxons en grisé VI ≥ 50 et p ≤ 0,05)

Groupe	Taxon (VI = valeur indicatrice et p = probabilité)	Famille – ordre ou (classe)
1	<i>Dolophilodes</i> (VI = 73,9 et p = 0,0002) <i>Leuctra</i> (VI = 53,1 et p = 0,0030) <i>Rhyacophila</i> (VI = 47,3 et p = 0,0078) <i>Heptagenia</i> (VI = 45,9 et p = 0,0014) <i>Leptophlebiidae</i> (VI = 46,6 et p = 0,0408)	Philopotamidae – trichoptère Leuctridae – plécoptère Rhyacophilidae – trichoptère Heptageniidae – éphéméroptère Leptophlebiidae – éphéméroptère
2	<i>Plauditus</i> (VI = 72,5 et p = 0,0002) <i>Stagnicola</i> (VI = 53,4 et p = 0,0196) <i>Dannella</i> (VI = 52,4 et p = 0,0090) <i>Diura</i> (VI = 47,6 et p = 0,0202) <i>Leucrocuta</i> (VI = 45,5 et p = 0,0238)	Baetidae – éphéméroptère Lymnaeidae – (gastéropode) Perlodidae – plécoptère Ephemerellidae – éphéméroptère Heptageniidae – éphéméroptère
3	<i>Ephemerella</i> (VI = 38,9 et p = 0,0140) <i>Hydroptila</i> (VI = 33,2 et p = 0,1184)	Ephemerellidae – éphéméroptère Hydroptilidae – trichoptère
4	<i>Pisidium</i> (VI = 65,4 et p = 0,0004) <i>Sphaerium</i> (VI = 41,5 et p = 0,0574)	Sphaeriidae – (pélécylope) Sphaeriidae – (pélécylope)
5	<i>Acentrella</i> (VI = 58,8 et p = 0,0194) <i>Baetis</i> (VI = 42,3 et p = 0,0002)	Baetidae – éphéméroptère Baetidae – éphéméroptère
6	<i>Amphinemura</i> (VI = 60,8 et p = 0,0038) Copepoda (VI = 55,4 et p = 0,0196) Nematoda (VI = 44,0 et p = 0,0304) Oligochaeta (VI = 42,1 et p = 0,0018)	Nemouridae – plécoptère - - -
7	<i>Simulium</i> (VI = 66,5 et p = 0,0002) <i>Metacnephia</i> (VI = 61,2 et p = 0,0058) <i>Cnephia</i> (VI = 49,1 et p = 0,0132)	Simuliidae – diptère Simuliidae – diptère Simuliidae – diptère
8	Tanytarsini (VI = 45,3 et p = 0,0002)	Chironomidae – diptère

Avant de décrire les caractéristiques des communautés formant les différents groupes issus du groupement hiérarchique, il convient de rappeler que celles-ci sont des communautés naturelles non influencées par de quelconques activités anthropiques. Ce sont donc des communautés de référence. La figure 4 présente le positionnement des stations sur le territoire et chaque groupe de stations est reconnaissable grâce à la coloration de son pictogramme. Le secteur sud fait référence aux stations échantillonnées en 2012 et le secteur nord à celles échantillonnées en 2013. Les photos d'organismes présentées pour illustrer les différents groupes ne proviennent pas nécessairement des échantillons analysés; l'espèce photographiée peut être absente des spécimens rencontrés.



A)



B)

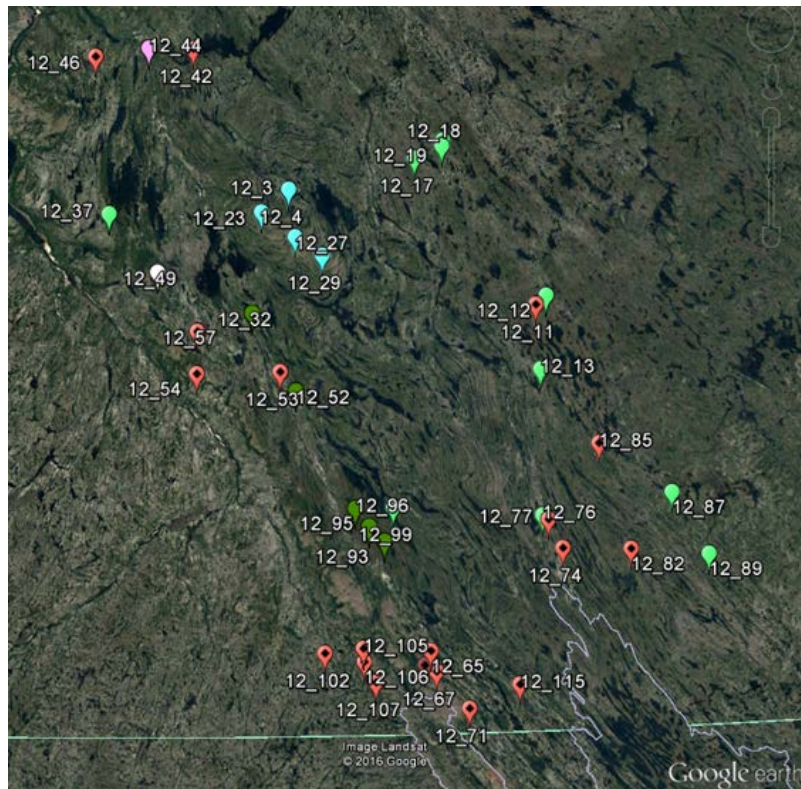


Figure 4 Positionnement des stations A) secteur nord – 2013, B) secteur sud – 2012

**Groupe 1 :** Le groupe 1 est constitué de cinq stations échantillonnées en 2012 (12\_3-4-23-27-29) qui sont à proximité les unes des autres dans le district écologique des crêtes du lac des Coussinets (figure 5), une région au relief plissé. Aucune autre station que celles appartenant à ce groupe ne se trouve dans ce district. Les taxons indicateurs qui représentent ces communautés sont tous des insectes et appartiennent au groupe EPT (éphéméroptères, plécoptères et trichoptères), groupe bien connu pour sa sensibilité aux différentes pressions anthropiques. Le meilleur taxon indicateur est le trichoptère *Dolophilodes* de la famille des Philopotamidae (figure 6). Ce groupe est celui qui est le plus homogène quant à sa répartition spatiale et il se distingue par rapport à l'ensemble des communautés. Cette particularité pourrait être prise en compte dans le choix de territoires à protéger dans le Québec nordique.



Figure 5 District écologique des crêtes du lac des Coussinets



Photo : René Therreault

Figure 6 Trichoptère *Dolophilodes*

**Groupe 2 :** Le groupe 2 est constitué de cinq stations échantillonnées en 2012 (12\_32-53-93-95-96) qui sont situées dans le district écologique des crêtes du lac de Fer. Elles n'ont cependant pas l'exclusivité de ce secteur, d'autres stations s'y trouvant également. Les taxons indicateurs sont pour la plupart des éphéméroptères sauf *Diura*, un plécoptère, et *Stagnicola*, un gastéropode de la famille des Lymnaeidae. Le meilleur taxon indicateur est l'éphéméroptère *Plauditus* de la famille des Baetidae (figure 7).



Photo : Julie Moisan

Figure 7 Éphéméroptère *Plauditus*



**Groupe 3** : Le groupe 3 représente le type de communauté le plus souvent rencontré, tant dans le secteur nord que dans le secteur sud. Ce groupe est constitué de 38 stations dont les meilleurs taxons indicateurs sont l'éphéméroptère *Ephemerella* et le trichoptère *Hydroptila* (figure 8). Leurs valeurs indicatrices sont moins élevées ( $VI < 50$ ) que celles des taxons indicateurs des autres groupes. Ces deux taxons se trouvent également en moins grande abondance dans d'autres groupes, principalement dans les groupes 1 à 4. Cette communauté, la plus largement répandue, serait la communauté typique de la fosse du Labrador.



Figure 8 Éphéméroptère *Ephemerella* et trichoptère *Hydroptila*

**Groupe 4** : Le groupe 4 est constitué de 12 stations, dont 2 sont situées dans le secteur nord. Les taxons indicateurs sont tous deux des pélécytopodes de la famille des Sphaeriidae, *Sphaerium* et *Pisidium* (figure 9). Dans ces stations, les communautés sont constituées de 19 à 64 % de Sphaeriidae. Cette composition particulière semble caractériser certaines communautés du nord du Québec. Une telle abondance a rarement été observée dans les suivis effectués par le Ministère depuis 2003. Elle a été observée à quatre stations, dont trois sont situées sur l'île d'Anticosti (Pelletier et Hébert, 2015).



Figure 9 Mollusques pélécytopodes de la famille des Sphaeriidae, *Sphaerium* et *Pisidium*

**Groupe 5** : Le groupe 5 est composé de neuf stations du secteur nord échantillonné en 2013. Les stations qui forment ce groupe ainsi que celles formant les groupes 6 et 7 sont situées près de la baie d'Ungava. Les taxons indicateurs sont *Acentrella* et *Baetis* (figure 10), deux éphéméroptères de la famille des Baetidae. Ces deux taxons sont de bons nageurs. Le genre *Baetis* est bien répandu dans le territoire étudié. On le trouve dans 94 % des stations, mais son abondance est bien supérieure dans les stations du groupe 5.

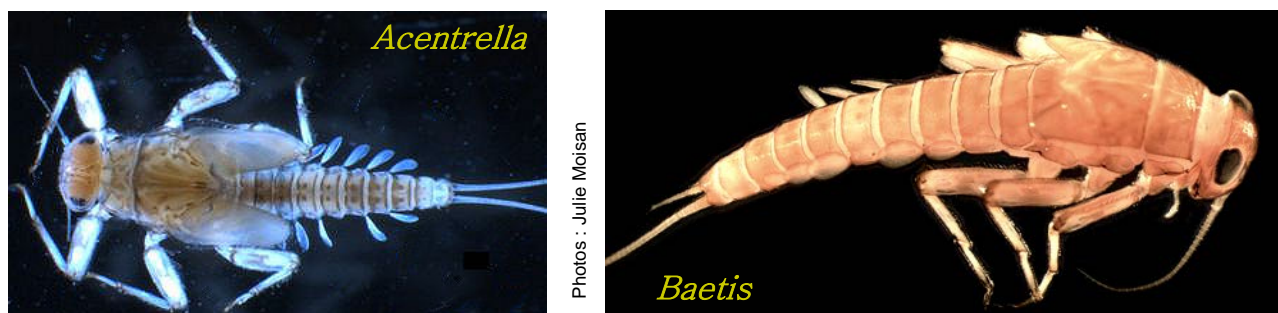


Figure 10 Éphéméroptères de la famille des Baetidae, *Acentrella* et *Baetis*

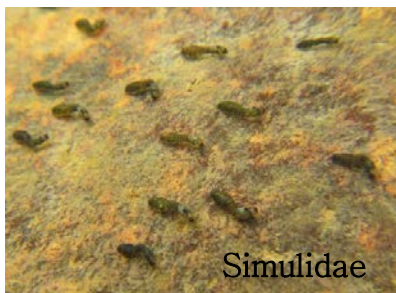
**Groupe 6** : Le groupe 6 est en fait un duo de stations échantillonnées dans le secteur nord qui ressemble au groupe précédent (figure 3), mais dont les taxons indicateurs sont le plécoptère *Amphinemura* de la famille des Nemouridae et le crustacé copépode (figure 11).



Photos : René Therreault

Figure 11 Plécoptère *Amphinemura* et crustacé copépode

**Groupe 7** : Le groupe 7 est un groupe de huit stations échantillonnées dans le secteur nord. Les taxons indicateurs appartiennent aux diptères, plus précisément à la famille des Simuliidae, famille des mouches noires (figure 12). Il s'agit des genres *Simulium*, *Metacnephia* et *Cnephia*.



*Simulium*

Photos : Julie Moisan



Figure 12 Diptères Simuliidae sur un substrat pierreux, *Simulium* et tête de *Simulium* avec ses panaches de soies déployés

**Groupe 8** : Le groupe 8 comprend trois stations échantillonnées dans les deux secteurs. Les stations 13\_49 et 13\_33 ont comme particularité la faible densité d'organismes qu'on y trouve, soit 19 organismes/m<sup>2</sup> et 159 organismes/m<sup>2</sup>, alors que la médiane est de 1 070 organismes/m<sup>2</sup>. À l'opposé, la station 12\_44 présente la plus forte densité observée avec 14 053 organismes/m<sup>2</sup>. Le taxon indicateur de ce groupe est le diptère Chironomidae de la tribu des Tanytarsini (figure 13). Les stations 13\_33 et 13\_49 ont près de la moitié de leur communauté constituée de Tanytarsini et la station 12\_44, 78 %. Ce groupement semble composé de stations « exceptionnelles »; c'est pourquoi il se joint tardivement à l'ensemble des groupes (figure 3).



Tanytarsini

Photo : Julie Moisan

Figure 13 Diptère Chironomidae de la tribu des Tanytarsini

**Station 12\_49 :** La station 12\_49, qui ne fait partie d'aucun groupe, est caractérisée par un haut pourcentage de diptères Chironomidae (73,4 %). La tribu des Orthoclaadiinae (figure 14) constitue plus de 97 % des Chironomidae. Puisque cette station est particulière, il n'est pas étonnant que sa communauté de macroinvertébrés benthiques le soit également. Il s'agit d'un tout petit cours d'eau coulant directement sur le roc dont la profondeur moyenne est de 3 cm et dont l'eau présente un pH de 3, valeur la plus acide de toutes les stations. Dans une matrice raréfiée à 500 organismes, qui permet de comparer les variables de diversité, on y a répertorié 14 taxons, alors que la moyenne pour l'ensemble des stations est de 22. Elle compte également le plus haut pourcentage de *Nemoura* (9,5 %), plécoptère de la famille des Nemouridae, reconnu pour être adapté à l'acidité naturelle des cours d'eau (Dangles, Malmqvist et Laudon, 2004).



Figure 14 Diptère Chironomidae de la sous-famille des Orthoclaadiinae et plécoptère *Nemoura*

## Analyse factorielle de correspondance redressée

Une analyse factorielle de correspondance redressée (AFCr; *detrended correspondence analysis* ou DCA) a été effectuée pour évaluer les dissemblances et les ressemblances entre les communautés benthiques des différentes stations (figure 15). Dans le but d'alléger le graphique, on a retiré les étiquettes d'identification des stations. Les stations sont colorées selon leur groupe d'appartenance dans l'analyse de groupement (figure 3). Les taxons indicateurs retenus au tableau 1 sont présentés sur le graphique. Bien que l'analyse de groupement et l'AFCr soient indépendantes l'une de l'autre, on observe que la seconde confirme la première. La séparation des groupes 1 à 4 des groupes 5 à 7 est visible dans les deux analyses.

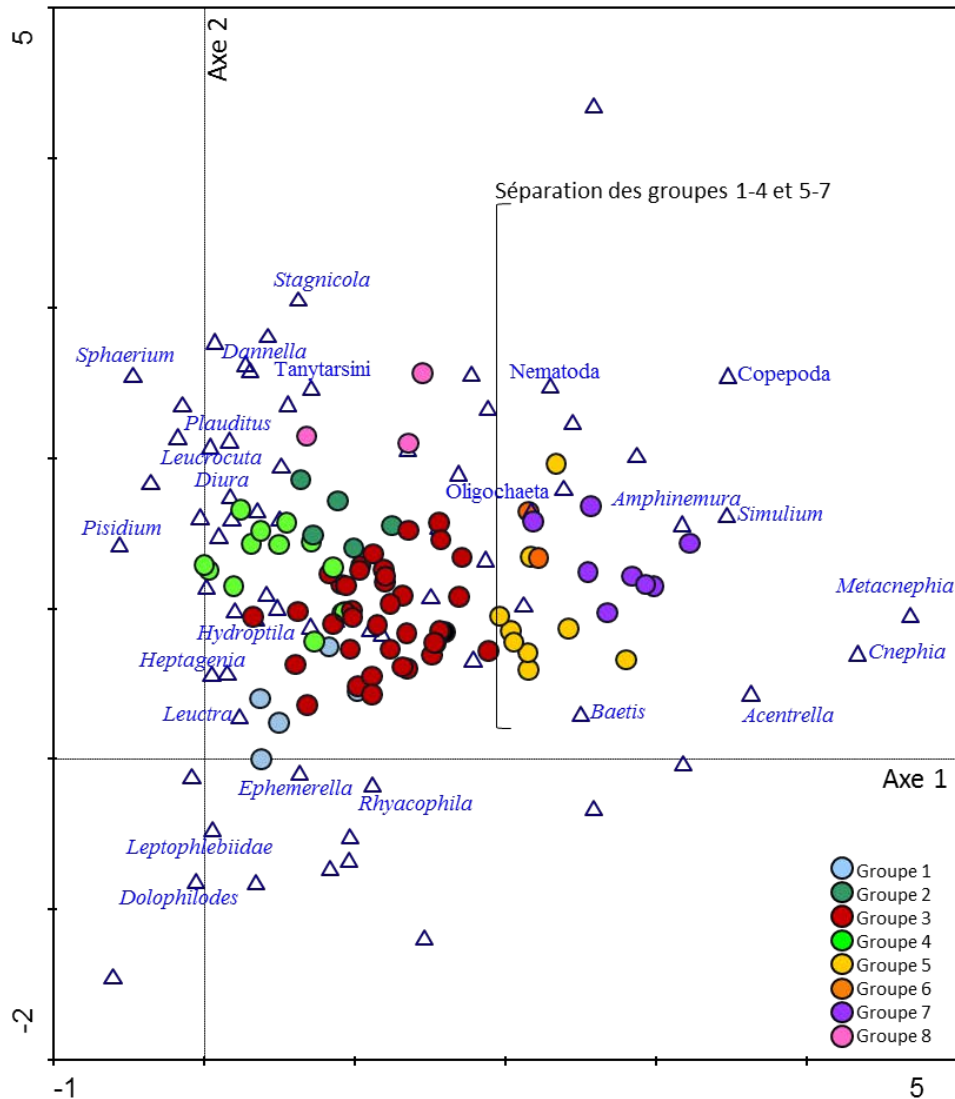


Figure 15 Analyse factorielle de correspondance redressée réalisée sur les données d'abondance relative des taxons de macroinvertébrés benthiques  
(Cercle : station; cercle noir : station 12\_49; triangle : position des taxons, seuls les meilleurs taxons indicateurs ont une étiquette)



## 3.2 Habitat

Dans le but de mettre en relation la matrice des taxons rencontrés et les données relatives à l'habitat, diverses analyses canoniques de correspondance (ACC; *canonical correspondence analysis* ou CCA) ont été effectuées. Ce type d'analyse a été préféré à une analyse canonique de redondance (ACR; *redundancy analysis* ou RDA) étant donné la distribution unimodale des données de taxons. L'objectif est de mettre en évidence les variables environnementales qui expliquent le mieux les groupes issus de l'analyse de groupement (figure 3). Dans toutes les ACC, ces différents groupes sont désignés par leurs couleurs respectives.

### Données relatives à l'habitat à l'échelle locale (à la station)

La première ACC effectuée concerne des données relatives à l'habitat récoltées sur le terrain. La liste des variables analysées et des codes les désignant se trouve à l'annexe 3. Le lecteur désirant plus d'informations sur ces variables relatives à l'habitat peut consulter le *Guide de surveillance biologique* du ministère de Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (2013). Dix de ces variables composent un indice de qualité de l'habitat pour les organismes benthiques. Certaines sont liées à la dégradation de l'habitat par des activités anthropiques. Elles ont peu d'utilité dans le présent exercice, mais elles pourraient être utiles dans des comparaisons ultérieures, à la suite de développements sur le territoire. Une variable n'est pas présente dans ce guide : le pourcentage occupé par les mousses et les lichens dans la composition des berges. Pour s'adapter à la réalité du territoire étudié, on a ajouté cette variable.

Au bout du compte, huit variables relatives à l'habitat à l'échelle locale ont été conservées ( $p < 0,05$  – test de Monte Carlo) et mises en relation avec les taxons présents aux différentes stations. Les variables non significatives, en grisé, sont « passives » et n'influencent pas l'ordination. Les stations 12\_76 et 12\_106 sont elles aussi « passives », étant donné le problème d'identification au niveau des diptères Chironomidae; elles sont présentées dans la figure, mais elles n'influencent pas l'ordination. Seule l'illustration graphique des axes 1 et 2 de l'ACC est présentée (figure 16). Les deux premiers axes expliquent 49,4 % de la relation entre les taxons et les données relatives à l'habitat à l'échelle locale, et les quatre premiers axes expliquent 75,0 % de cette relation. Les graphiques illustrant les relations entre les autres axes ont été explorés, mais ils ne sont pas présentés ici. La variable concernant la sédimentation (H. sédimentation) est inversée, la valeur maximale indiquant une sédimentation moins importante.

Les stations des groupes 5 (jaune) et 7 (violet) ont un écoulement des eaux moins rapide (É. régulier), leurs berges ne sont pas arborescentes (B. arbres) et les berges sont moins stables (H. stabilité).

Les stations du groupe 4 (vert pâle) ont un écoulement des eaux plus rapide (É. régulier), des berges plus stables (H. stabilité), occupées par une bonne proportion d'arbres (B. arbres).

Les stations du groupe 2 (vert foncé) sont situées dans des cours d'eau plus larges. Les berges sont également occupées par une bonne proportion d'arbres.

Il est difficile de tirer des conclusions pour les groupes 1, 3, 6 et 8.





## Données relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant (données cartographiques)

La deuxième ACC effectuée concerne des données relatives à l'habitat calculées à l'échelle du bassin versant, y compris trois variables de qualité de l'eau, soit le carbone organique dissous (COD), le pH et la conductivité. Certaines variables sont d'ordre général, comme l'ordre de Strahler, alors que d'autres décrivent la géologie, le type de dépôts de surface ou l'occupation du sol à l'échelle du bassin versant. Les trois variables de qualité de l'eau ont été incluses dans cette analyse parce qu'elles reflètent des caractéristiques du bassin versant. Elles sont également disponibles à toutes les stations, contrairement aux analyses de métaux dans l'eau, pour lesquelles la matrice de données est incomplète. Les variables étudiées, ainsi que leurs codes, se trouvent à l'annexe 4; celles qui concernent les trois variables de qualité de l'eau sont présentées à l'annexe 6.

Les dix variables significatives sont mises en relation avec les taxons présents aux différentes stations. Les 14 autres variables ont une relation non significative ( $p \geq 0,05$  – test de Monte Carlo) et sont présentées comme variables passives qui n'influencent pas l'ordination. Comme dans l'ACC précédente, les stations 12\_76 et 12\_106 sont « passives ». L'illustration graphique des axes 1 et 2 de l'ACC est présentée à la figure 17. Les deux premiers axes expliquent 52,2 % de la relation entre les taxons et les variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant et les quatre premiers axes expliquent 72,8 % de cette relation. La relation entre les axes 3 et 4 est présentée à la figure 18. Les résultats des graphiques illustrant les relations entre les autres axes ont été explorés, mais ils ne sont pas présentés ici.

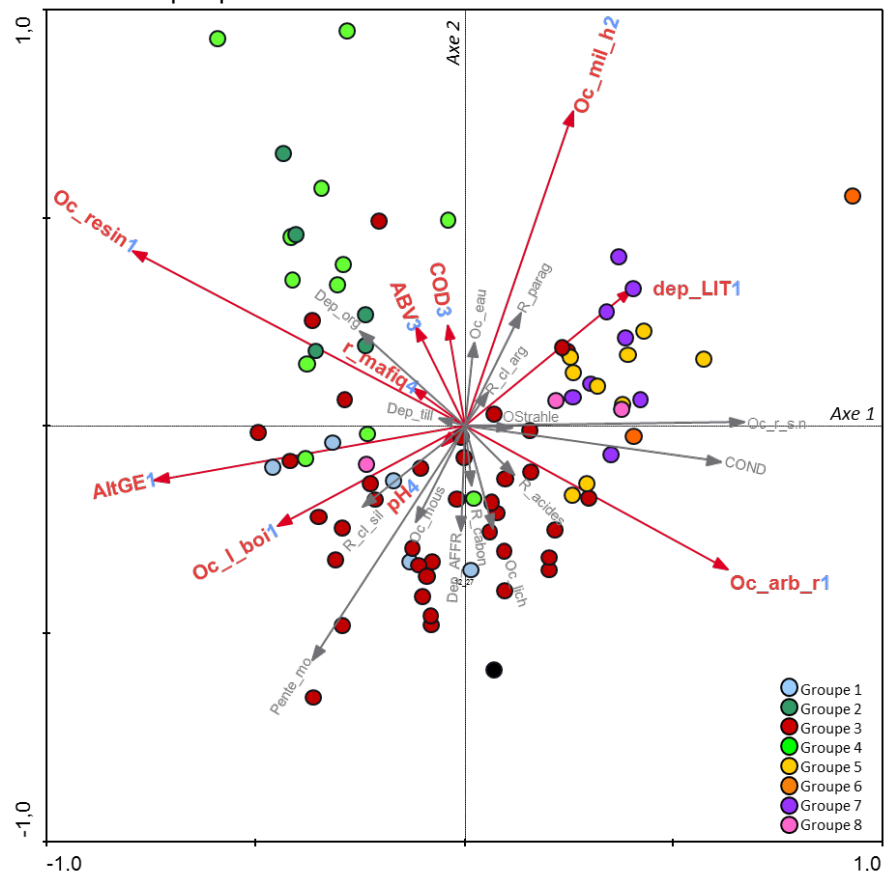


Figure 17 Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant – axes 1 et 2

(Cercle : station; cercle noir : station 12\_49; chiffre en bleu après chaque variable : axe le plus influencé<sup>1</sup>; vecteur rouge : variable environnementale significative; vecteur gris : variable environnementale passive)

<sup>1</sup> S'il y a plus d'un chiffre, les relations entre les taxons et la variable sont d'une importance semblable sur les axes désignés.

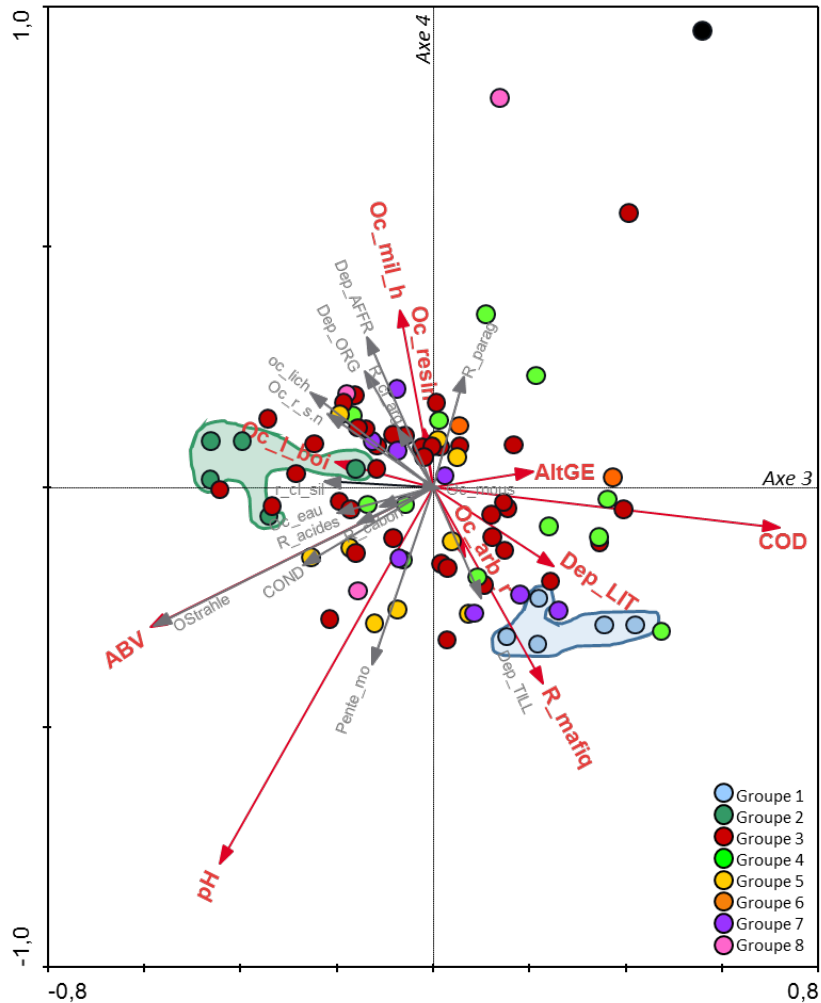


Figure 18 Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant – axes 3 et 4  
(Cercle : station; cercle noir : station 12\_49; vecteur rouge : variable environnementale significative; vecteur gris : variable environnementale passive)

En observant ces graphiques, on se rend compte que le groupe 1 (bleu) est composé de stations situées plus en altitude, avec de plus petits bassins versants et plus de carbone organique dissous dans l'eau (AltGE, ABV, COD). Les stations de ce groupe se distinguent par la présence plus importante de roches mafiques et ultramafiques (R\_mafiq, figure 18).

Les groupes 2 (vert foncé) et 4 (vert pâle) ont des caractéristiques communes, soit des stations situées plus en altitude, avec une importante occupation du territoire par les arbres résineux (AltGE, OC\_resin). Les stations du groupe 2 ont de plus grands bassins versants et des quantités moindres de carbone organique dissous dans l'eau (ABV, COD, figure 18).

Le groupe 3 (rouge) est caractérisé par des bassins versants qui comprennent moins de milieux humides. Bien qu'elle soit non significative, la pente du bassin (Pente\_mo) y est plus accentuée.

Les groupes 5, 6 et 7 ont plus de dépôts littoraux, comprennent plus de milieux humides, sont situés à une altitude moindre et leur sol est peu occupé par les arbres résineux (Dep\_lit, Oc\_mil\_h, AltGE, Oc\_resin). L'occupation du sol y est plutôt constituée d'arbustes et de régénération (Oc\_arb\_reg). Bien que ces variables soient non significatives, la pente du bassin y est, de façon générale, moins accentuée et des surfaces dénudées

sont présentes dans le bassin versant (Pente\_mo, Oc\_r\_s.n). Les eaux de ces stations montrent également une conductivité plus élevée (non significatif, COND).

Le groupe 8 ne semble pas comporter de caractéristiques d'habitat particulières, parmi les variables analysées, qui expliqueraient que les communautés benthiques qui s'y trouvent se ressemblent.

### Variables environnementales (habitat à l'échelle locale et à l'échelle du bassin versant)

La troisième ACC met en relation les taxons et les variables relatives à l'habitat qui se sont avérées significatives dans les deux ACC précédentes regroupées sous le vocable de « variables environnementales ». Neuf variables sont locales (habitat) et 10 variables représentent des caractéristiques du bassin versant, pour un total de 19 variables environnementales. Parmi ces 19 variables, 11 se sont révélées significatives ( $p < 0,05$  – test de Monte Carlo) et sont présentées dans l'ACC suivante (figure 19). Les variables non significatives sont présentées comme variables passives qui n'influencent pas l'ordination. Les relations entre les autres axes sont présentées à l'annexe 6. Comme dans les analyses précédentes, les stations 12\_76 et 12\_106 sont « passives ». Les quatre premiers axes expliquent 69,6 % de la relation entre les taxons et les variables environnementales (axe 1 = 31,2 %, axe 2 = 15,5 %, axe 3 = 12,0 % et axe 4 = 10,9 %).

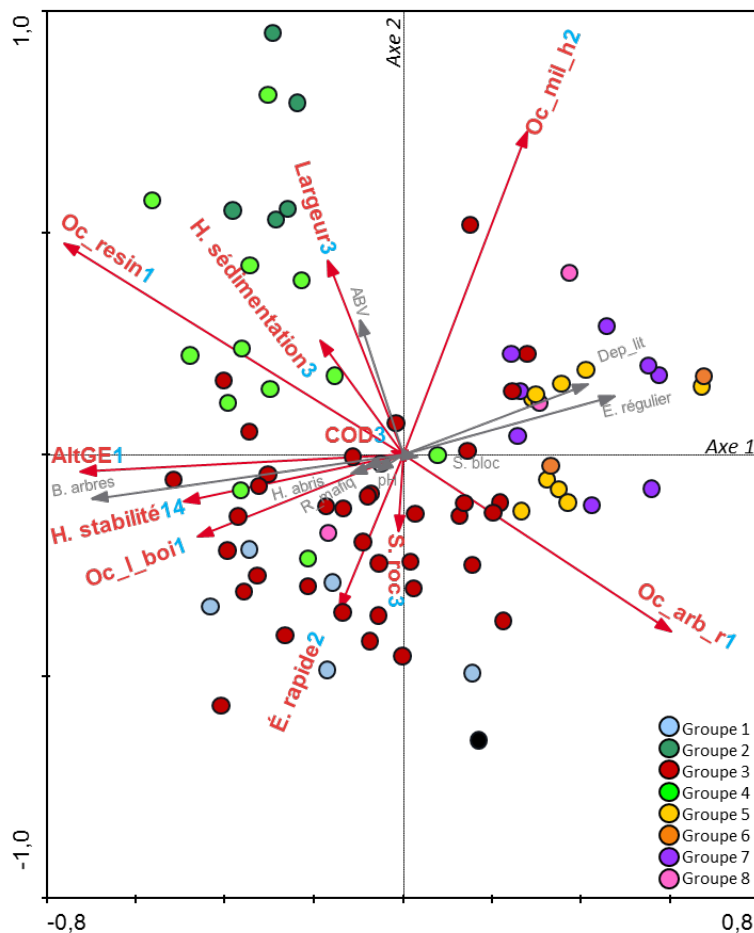


Figure 19 Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables environnementales – axes 1 et 2  
(Cercle : station; cercle noir : station 12\_49; chiffre en bleu après chaque variable : axe le plus influencé<sup>1</sup>;  
vecteur rouge : variable environnementale significative; vecteur gris : variable environnementale passive)

<sup>1</sup> S'il y a plus d'un chiffre, les relations entre les taxons et la variable sont d'une importance semblable sur les axes désignés.

Les diagrammes en boîtes à moustaches des variables environnementales significatives sont présentés à la figure 20. On constate que quatre variables séparent les groupes 1 à 4 des groupes 5 à 7, soit le pourcentage de résineux et celui de landes boisées dans le bassin versant, l'altitude à la station ainsi que la stabilité des berges à la station. Le pourcentage d'arbustes et de régénération sépare également ces groupes, mis à part le groupe 1, qui ressemble plus aux groupes 5 à 7. Le groupe 9 présente le résultat de la station 12\_49.

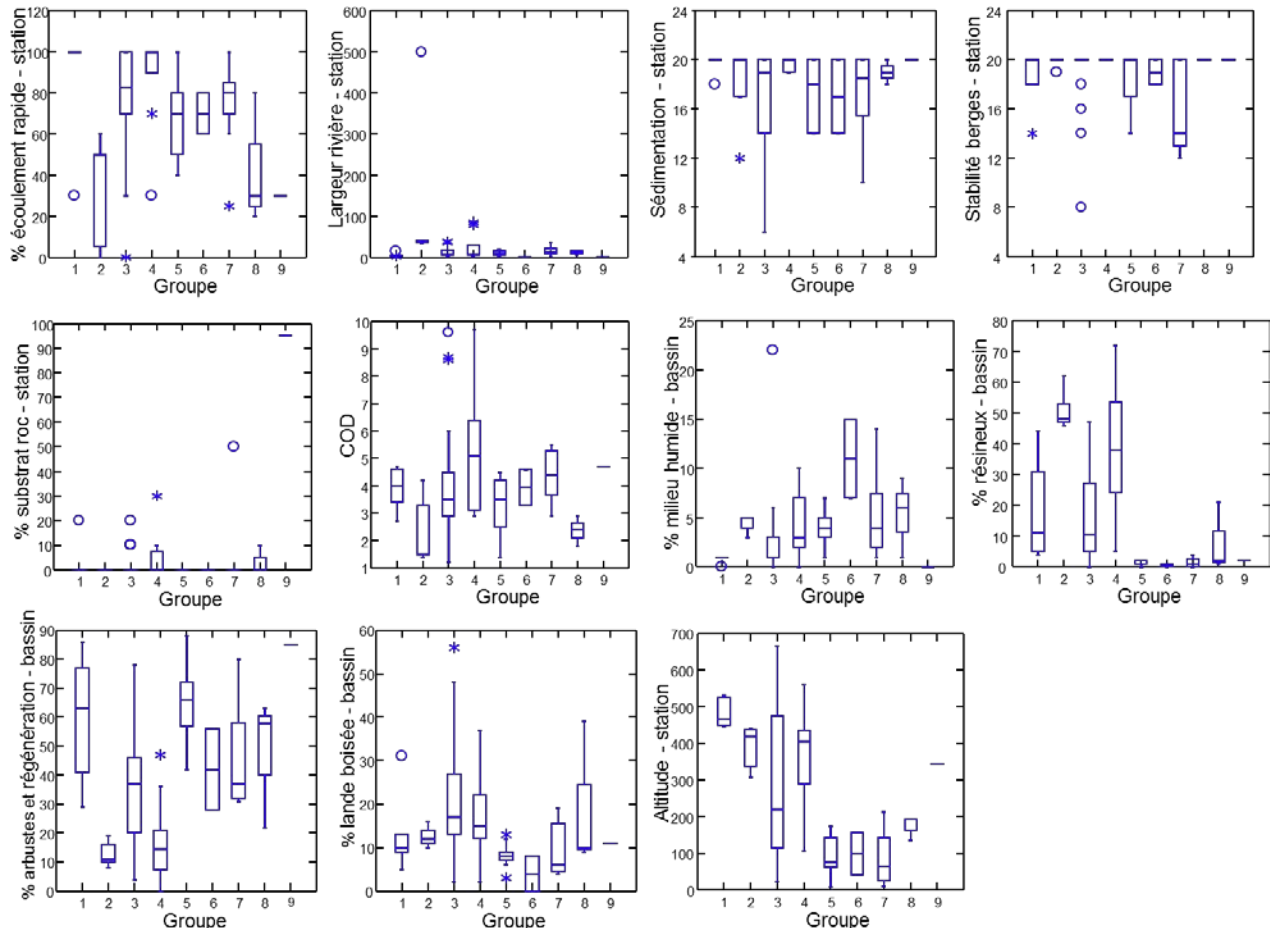


Figure 20 Diagrammes en boîtes à moustaches des variables environnementales significatives ( $p < 0,05$  – test de Monte Carlo) pour chacun des groupes de stations

Les communautés des groupes 5, 6 et 7 sont situées de façon presque parfaite au-delà de la limite des arbres, dans la toundra arctique arbustive (figure 21). Dans ce domaine bioclimatique croissent des arbustes nains côtoyant des plantes herbacées, des mousses et des lichens; le couvert végétal n'y dépasse généralement pas deux mètres (MFFP, 2003-2016). De façon générale, ce domaine bioclimatique est caractérisé par du pergélisol continu, mais les stations de ces groupes sont à la limite sud de ce bioclimat. En consultant la carte de pergélisol de Ressources naturelles Canada (Heginbottom, Dubreuil et Harker, 1995), on peut voir que ces stations se situent à l'intérieur de la délimitation du pergélisol discontinu étendu, où l'on rencontre de 50 à 90 % de pergélisol. Selon Harper et Harper (1981), peu d'espèces d'éphéméroptères peuvent survivre au-delà de la ligne des arbres, exception faite d'un groupe hautement spécialisé, principalement des espèces de *Baetis*. Les taxons indicateurs du groupe 5 (jaune) sont les éphéméroptères *Baetidae*, *Acentrella* et *Baetis*. À l'époque de la publication de Harper et Harper (1981), le

genre *Acentrella* était inclus dans celui de *Baetis*. Giberson, Burian et Shouldice (2007) suggèrent qu'une combinaison de différentes caractéristiques, notamment la tolérance des œufs au gel, une bonne capacité de dispersion et la possible reproduction par parthénogenèse, seraient responsables du succès des Baetidae dans l'Arctique. Scott (2010) souligne que les communautés benthiques nordiques sont souvent dominées par les diptères, plus particulièrement les Chironomidae et les Simuliidae. Les Simuliidae représentent de 24 à 75 % des organismes aux stations du groupe 7.

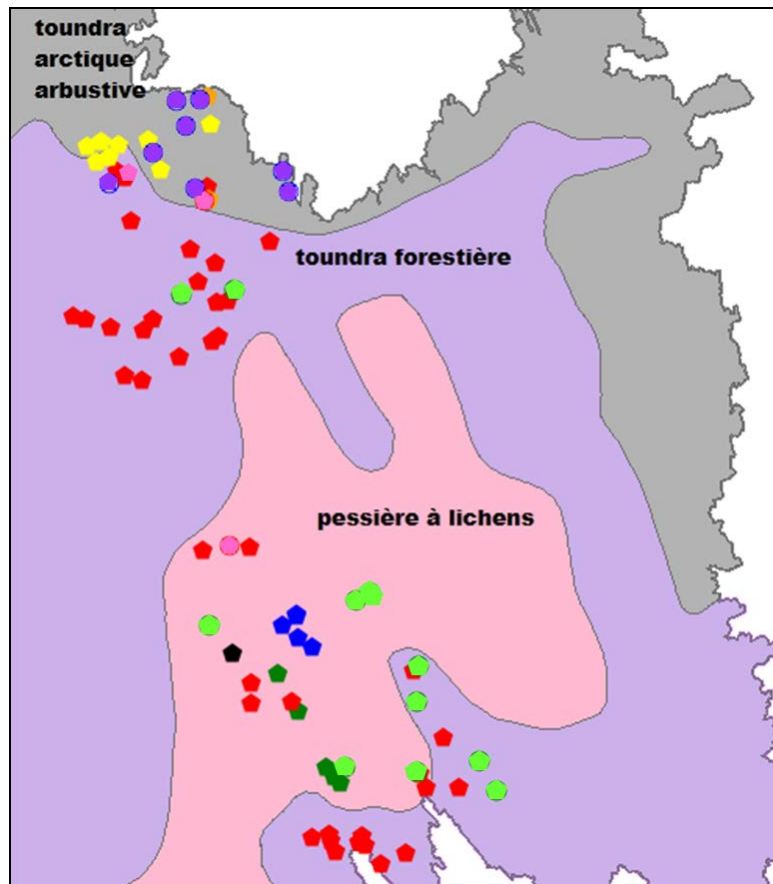


Figure 21 Positionnement des stations dans leur domaine bioclimatique

Des 11 variables environnementales retenues dans la dernière ACC, 5 font partie de la première matrice de données relatives à l'habitat à l'échelle locale et 6 de la seconde matrice, composée des données à l'échelle du bassin versant.

Les communautés benthiques sont donc influencées par des variables issues des deux échelles spatiales. Heino, Nuotka et Paavola (2003) ont souligné l'importance d'examiner les variables issues de diverses échelles dans la compréhension de l'organisation des communautés benthiques. Les variables à l'échelle du bassin versant expliquent un peu mieux la répartition des taxons et les groupements observés pour les deux premiers axes (52,2 % à l'échelle du bassin versant et 49,4 % à l'échelle locale), alors que la performance est meilleure à l'échelle locale lorsque l'on prend en considération les quatre premiers axes. On ne peut conclure qu'une échelle est plus explicative que l'autre. Un résumé des variables environnementales significatives et non autocorrélées issues de la troisième ACC se trouve au tableau 2.



Tableau 2 Résumé des variables environnementales significatives  
(sens de la relation : + = plus et - = moins)

Groupe ou station	Altitude	Occupation du sol	Géologie	Dépôt de surface	Qualité de l'eau	Type d'écoulement	Type de substrat	Largeur de la rivière	Stabilité des berges	Sédimentation
1	+ Alt.	+ résineux + landes boisées - milieux humides	-	-	-	+ rapide	-	- large	+ stable	- sédiment
2	+ Alt.	+ résineux - arbustes et régénération	-	-	- COD	- rapide	- roc	+ large	+ stable	- sédiment
3	-	- milieux humides	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+ Alt.	+ résineux + landes boisées - arbustes et régénération	-	-	+ COD	+ rapide	+ roc	-	+ stable	- sédiment
5	- Alt.	- résineux - landes boisées + arbustes et régénération	-	-	-	-	-	-	- stable	-
6	- Alt.	- résineux - landes boisées + arbustes et régénération	-	-	-	-	-	- large	- stable	-
7	- Alt.	- résineux - landes boisées + arbustes et régénération	-	-	-	-	-	-	- stable	-
8	-	-	-	-	- COD	- rapide	-	-	-	-
st. 12_49	-	-	-	-	+ COD	+ rapide	+ roc	- large	-	- sédiment

### Qualité de l'eau

Vingt-neuf variables de qualité de l'eau, dont plusieurs concernent les métaux, ont été prises en considération. Malheureusement, pour certaines stations, il n'y a aucune donnée, hormis celles concernant le carbone organique dissous (COD), le pH et la conductivité. C'est pourquoi les autres données relatives à la qualité de l'eau n'ont pas été incluses dans les analyses précédentes. Les relations avec les différentes variables sont décrites à titre informatif, car elles découlent d'analyses réalisées à partir d'un seul prélèvement d'eau.

Une ACC (non présentée) a été effectuée pour explorer la relation entre sept variables relatives à la qualité de l'eau significatives ( $p < 0,05$  – test de Monte Carlo) et les taxons présents aux différentes stations. L'axe 1 expliquait à lui seul plus de 40 % de la variance de la relation entre les taxons et la qualité de l'eau avec le sodium (Na) comme principale variable. Le sodium, en plus grande concentration aux stations des groupes 5, 6 et 7, est la seule variable qui séparait les groupes de façon cohérente. La salinité naturelle des cours d'eau est attribuable à l'érosion du bassin versant, elle-même liée à la géologie du bassin et aux précipitations, aux embruns marins ou à de petites quantités de sel dissous dans la pluie venant de l'évaporation de l'eau de mer (Cañedo-Argüelles et collab., 2013).

Bien qu'elles soient non significatives dans l'ACC, quelques variables semblent liées au groupement des taxons. Les diagrammes en boîtes à moustaches des variables les plus éloquentes sont présentés à l'annexe 7. Certaines caractéristiques physicochimiques lient les groupes 1 à 4 et d'autres lient les groupes 5 à 7. Le groupe 8 est formé de stations qui présentent des caractéristiques moins fréquentes. On observe que les communautés des groupes 1 à 4 vivent dans des eaux où la conductivité est moins élevée et où il y a

moins de calcium et de magnésium (et du fait même, moins de dureté) ainsi que moins de potassium et de strontium, que les groupes 5 à 7. Parmi les groupes 1 à 4, le groupe 4 est le plus différent. Le COD y est plus présent, le calcium et le magnésium ainsi que la dureté y présentent des valeurs plus basses et la conductivité ainsi que le pH y sont également plus bas (annexe 7). Rappelons que les taxons ayant les meilleures valeurs indicatrices dans ce groupe de stations sont deux mollusques pélécytopodes de la famille des Sphaeriidae, *Pisidium* et *Sphaerium*. Les Sphaeriidae sont adaptés à un large spectre de conditions (Smith, 2001). Bien que les espèces rencontrées ne soient pas identifiées, *Pisidium casertanum*, le mollusque d'eau douce le plus répandu dans le monde et présent dans les secteurs étudiés (Clarke, 1981), peut survivre dans des eaux dont le pH est plus bas que 5 et où les concentrations en calcium sont très faibles, avec des valeurs de moins de 4 mg/l (Kubíková, Simon et Fricová, 2011). Les concentrations en calcium dans l'eau des stations du groupe 4 sont plus faibles que celles des autres groupes, avec une valeur médiane de 3,1 mg/l, alors que la médiane des autres stations est de 7,6 mg/l. Les valeurs de pH des stations du groupe 4 sont semblables à celles des autres stations (médianes de 7,36 et de 7,53). Des valeurs de calcium sous 4 mg/l caractérisent des milieux très sensibles à l'acidification (Nagpal, Pommen et Swain, 1995). Une étude des communautés benthiques de l'île d'Anticosti (Pelletier et Hébert, 2015) a également mis en évidence une forte abondance de *Pisidium*, mais le calcium contenu dans l'eau y était élevé et variait de 34 à 61 mg/l. Une identification de ce taxon à l'espèce aurait pu mener à une meilleure compréhension de cette abondance élevée. On peut constater que les communautés des groupes 5 à 7 vivent dans des eaux où la conductivité est plus élevée et où il y a plus de calcium et de magnésium (et du fait même, plus de dureté) que celles des groupes 1 à 4. Elles contiennent également plus de potassium et de strontium. Les groupes 5 et 7 diffèrent entre eux principalement en raison du sodium et de la dureté de l'eau. Les stations du groupe 5 ont des eaux plus dures (plus de calcium et de magnésium), alors que celles du groupe 7 ont plus de sodium. Quelques stations situées à proximité de la mer ont des valeurs plus élevées. Quelques autres paramètres diffèrent également. Par exemple, le groupe 7 présente des valeurs plus élevées pour le bore et moins élevées pour le molybdène, le strontium et l'uranium. Notons que toutes les valeurs de concentration de ces quatre éléments chimiques sont bien en deçà des valeurs des critères de protection pour la vie aquatique (effet chronique). Aucune information particulière n'est attribuable au groupe 6, composé de deux seules stations. Deux des trois stations du groupe 8 ont des caractéristiques peu communes dans l'ensemble des stations étudiées. Les eaux y sont conductrices, le pH y est faible et le COD, moins présent. Plusieurs éléments chimiques, majoritairement des métaux, s'y trouvent en plus grande concentration (As, Al, Be, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Ni, Pb, U et Zn). La station 12\_49 (groupe 9) est évidemment très particulière avec un pH de 3,0, ce qui a donné lieu à une communauté très différente de celle des autres stations.

## Variables de communauté

Les stations échantillonnées sont exemptes d'effets d'activités anthropiques. Le nord du Québec est cependant appelé à se développer dans les prochaines décennies. La conception d'indices d'intégrité biotique pourrait s'avérer utile pour mesurer les effets de ces développements sur les communautés benthiques. Ces indices sont normalement composés de variables exprimant différents aspects de la structure des communautés. Une cinquantaine de variables de communauté (annexe 8) ont été calculées pour explorer les particularités des communautés en place.

Bien que le nombre visé par la méthode de sous-échantillonnage au laboratoire soit de 500 organismes, plusieurs échantillons dépassent amplement cette cible. Dans le but de comparer les variables de communauté calculées à partir des données de diverses stations, une raréfaction a été effectuée pour obtenir des échantillons de 500 organismes. Il s'agit d'une simulation informatique du sous-échantillonneur Marchant qui prend la forme d'une macrocommande conçue pour Excel par Walsh (1997).

Cette procédure est nécessaire à la comparabilité des données de richesse taxonomique (Vinson et Hawkins, 1996; Feldman, Bostrom et Bukantis, 2006) car, pour un échantillon donné, l'augmentation de la fraction étudiée tend à en augmenter la diversité taxonomique.

Les variables de communauté ont été transformées pour en normaliser la distribution et l'ACC a été effectuée à partir de l'abondance relative des taxons. L'ACC (figure 22) présente les variables de communauté qui se sont avérées significatives ( $p < 0,05$  – test de Monte Carlo) et la figure 23 présente les diagrammes en boîtes à moustaches de ces variables selon le groupement. Le groupe 9 des diagrammes en boîtes à moustaches présente le résultat de la station 12\_49.

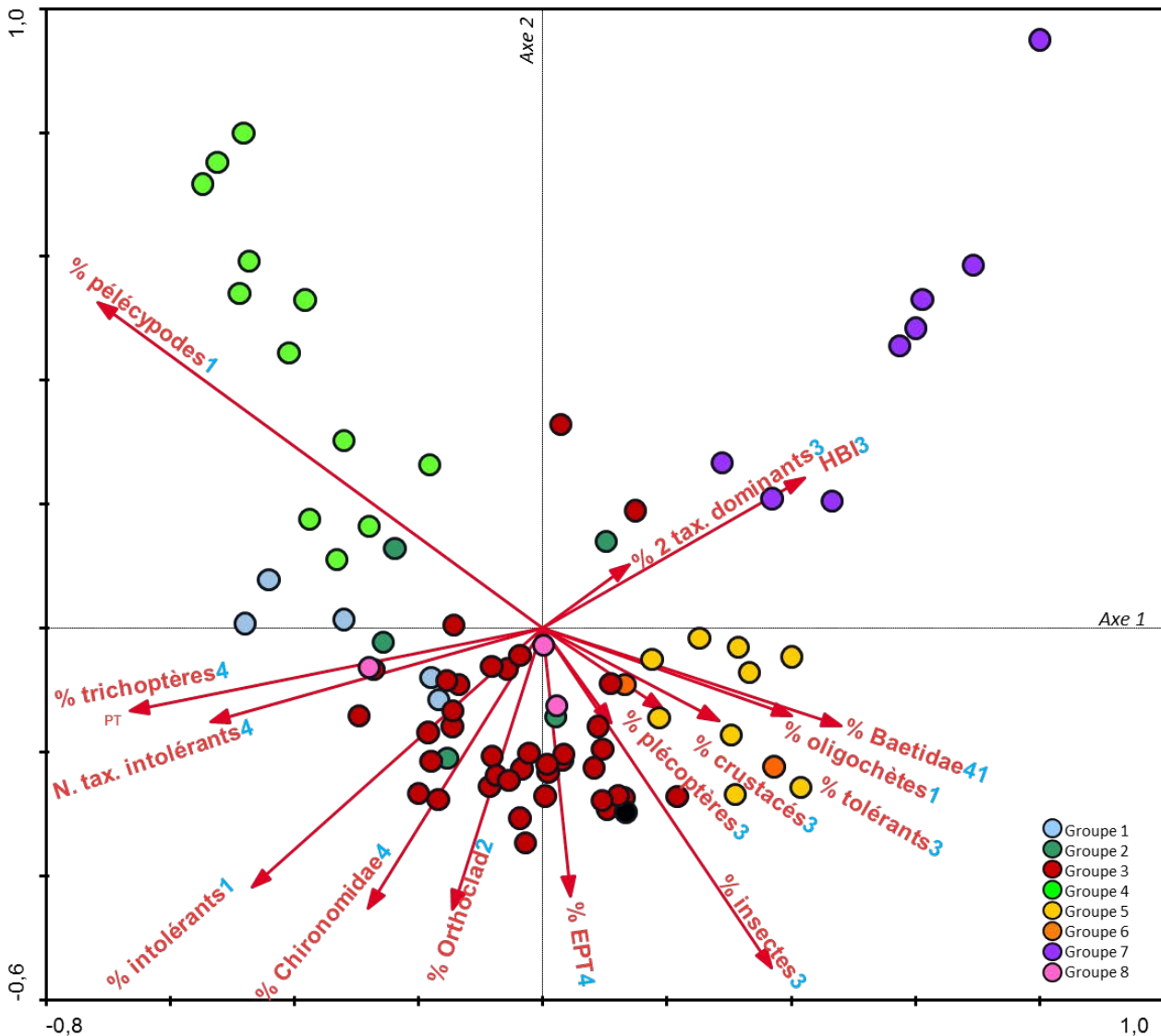


Figure 22 Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des invertébrés benthiques et les variables de communauté significatives – axes 1 et 2  
(Cercle : station; cercle noir : station 12\_49; chiffre en bleu après chaque variable : axe le plus influencé<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> S'il y a plus d'un chiffre, les relations entre les taxons et la variable sont d'une importance semblable sur les axes désignés.

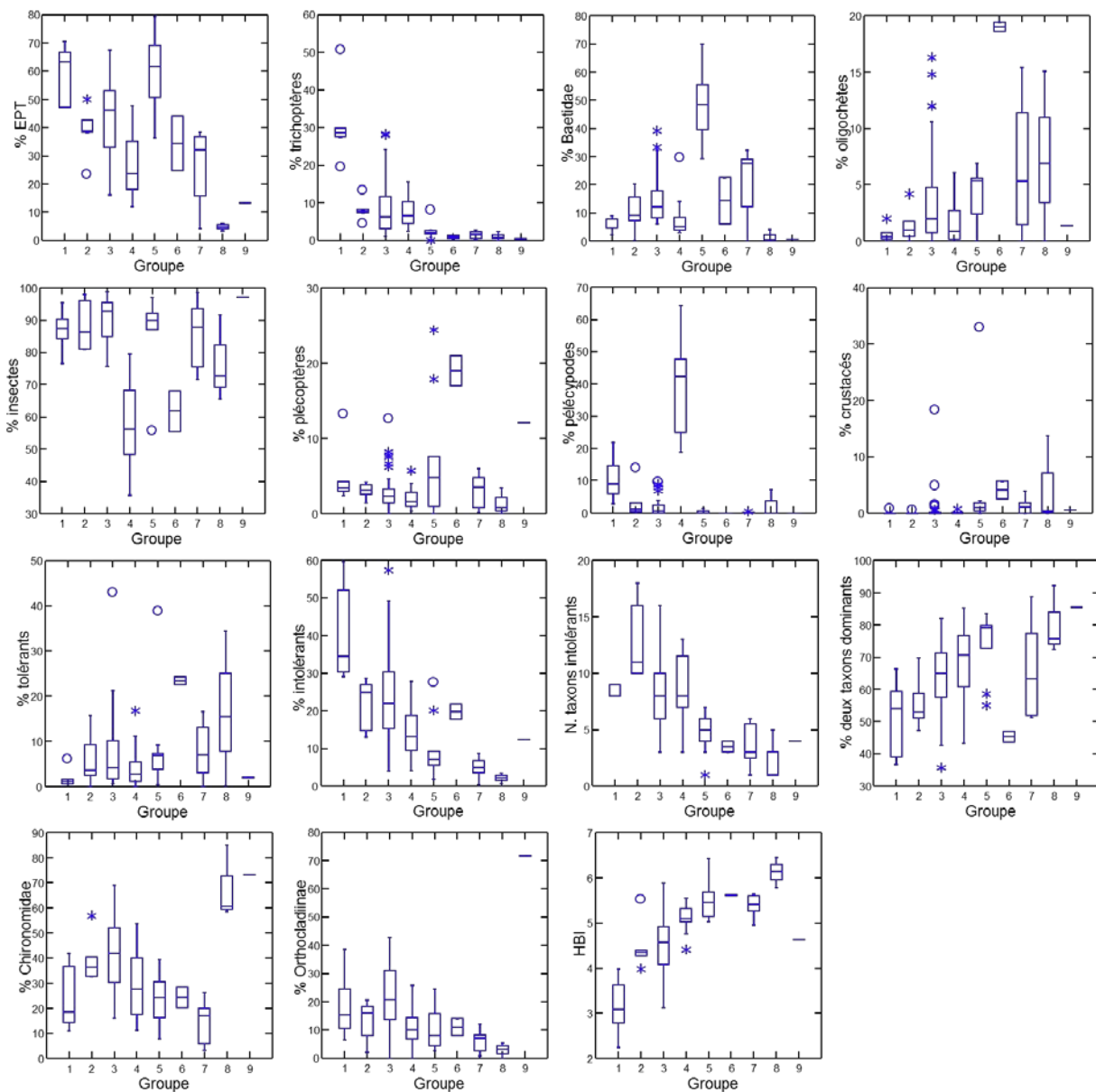


Figure 23 Diagrammes en boîtes à moustaches des variables de communauté significatives ( $p < 0,05$  – test de Monte Carlo)

Les variables présentées ne nous renseignent pas nécessairement sur celles qui pourraient être sélectionnées dans la composition d'éventuels indices, mais elles nous indiquent que plusieurs variables présentent de grands écarts avec la composition des communautés de référence du sud du Québec (MDDEFP, 2012). Le tableau 3 présente les variables qui constituent l'ISB<sub>g</sub> du sud du Québec, ses valeurs de référence et les moyennes de ces variables dans les cours d'eau étudiés. Même si la présente étude ne comprend aucune station soumise à une source de pollution, il est clair que l'utilisation de cet indice dans ces territoires est à proscrire. Par exemple, la valeur de référence de la variable « pourcentage de diptères Chironomidae » de l'ISB<sub>g</sub> du sud du Québec est de 4,1 % et cette valeur varie de 3,2 à 85,1 %, la moyenne étant de 35,2 %. Rappelons que les valeurs de référence des deux variables de composition taxonomique de l'ISB<sub>g</sub> sont établies pour un sous-échantillon de 200 organismes et que les valeurs moyennes pour le territoire étudié sont calculées pour 500 organismes.

Tableau 3 Six variables composant l'indice de santé du benthos des cours d'eau à substrat grossier (ISB<sub>g</sub>), valeurs de référence et valeur moyenne pour les stations étudiées

<b>Variable qui diminue avec la dégradation</b>	Valeur de référence 95 <sup>e</sup> centile – ISB <sub>g</sub> , au sud du Québec	Valeur moyenne (toutes les stations), au nord du Québec
Nombre total de taxons	35 pour 200 organismes	22,1 pour 500 organismes
Nombre de taxons EPT	22,4 pour 200 organismes	11,2 pour 500 organismes
% d'EPT sans Hydropsychidae	72,5	39,7
<b>Variable qui augmente avec la dégradation</b>	Valeur de référence 5 <sup>e</sup> centile	Valeur moyenne (toutes les stations)
% de Chironomidae	4,1	35,2
% des deux taxons dominants	32	64,6
HBI	2,53	4,80

Les variables testées montrent cependant un clivage entre les groupes de stations. À la lumière de l'information présentée dans les figures 22 et 23, on constate que la ligne des arbres, c'est-à-dire le passage d'une végétation arborescente à une végétation de taille beaucoup plus modeste, a des effets sur certaines variables de communauté. Cette limite, dans le secteur étudié, correspond à peu près à celle du pergélisol discontinu étendu où 50 à 90 % du sol renferme du pergélisol. Le pourcentage de trichoptères, le pourcentage de Baetidae, le pourcentage d'oligochètes, le pourcentage d'organismes tolérants, le nombre de taxons intolérants et l'indice biotique d'Hilsenhoff (HBI) diffèrent donc pour les groupes 5, 6 et 7 par rapport aux autres groupes. L'ACC montre que les stations de ces groupes tendent à se rassembler. Les communautés de part et d'autre de cette démarcation seront difficiles à comparer en ce qui a trait à leur intégrité biotique, car leur composition est passablement différente. La forte abondance de pélicypodes, comme celle des stations du groupe 4, devra également être prise en compte, car elle modifie toutes les variables s'exprimant en pourcentage. Finalement, le dernier facteur d'importance à prendre en considération est la forte abondance de Baetidae au-dessus de la limite des arbres, particulièrement pour le groupe 5.

Scott et collab. (2011) suggère que les gradients spatiaux dans la richesse de certains insectes aquatiques vont probablement nuire à l'applicabilité de variables de suivi des communautés qui utilisent des groupes dont la richesse varie en fonction de la latitude. Milner, Conn et Brown (2006) ont observé que certaines espèces abondantes une année étaient rares ou absentes de suivis subséquents, démontrant, pour les cours d'eau en Alaska, une difficulté à définir la composition de communautés de référence à l'aide de variables de composition des communautés. Dans les climats froids, la glace, le froid, les forts débits printaniers, les courts étés frais et les conditions imprévisibles posent des défis aux insectes aquatiques (Danks, 2007), ce qui pourrait expliquer la variabilité interannuelle dans la composition. Avant de choisir des variables permettant de juger l'effet d'activités anthropiques sur un territoire si particulier et éventuellement d'en faire un indice de santé, il conviendrait de vérifier cette variabilité. Il faudra également tenir compte des effets engendrés par les changements climatiques. Il est probable que plusieurs espèces verront une expansion nordique de leur répartition. Certaines variables de communauté, en particulier celles qui illustrent la richesse taxonomique, risquent d'augmenter. Si tel est le cas, une augmentation d'indices de santé comme l'ISB<sub>g</sub> pourrait laisser croire, à tort, à une amélioration de la situation. Une telle augmentation due au dérèglement du climat pourrait être difficile à départager des effets d'activités anthropiques. Les variables ou les indices utilisés devront être adaptés au territoire et au suivi à réaliser.



### 3.3 Principaux stress auxquels pourront être soumises les communautés de macroinvertébrés benthiques

Les communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec sont peu connues. La présente étude en donne un portrait partiel, car plusieurs régions sont, à ce titre, inexplorées. Le territoire nordique sera soumis à des modifications qui auront des impacts sur tous les êtres qui y vivent, qu'ils soient aquatiques ou terrestres, et qui toucheront également les êtres humains. Le suivi des communautés de macroinvertébrés benthiques est une façon de mesurer les effets de ces changements.

**Les changements climatiques** touchent déjà les communautés benthiques et continueront de les toucher dans le futur. Dans la synthèse des connaissances d'Ouranos (2015), les tendances en matière de température moyenne sont à la hausse dans toutes les régions du Québec pour la période de 1950 à 2011 et le nord du Québec (Kuujuaq) présente des tendances significatives à la hausse pour la pluie d'été et d'automne. Pour cette région, l'enneigement survient de une à deux semaines plus tard en automne et se termine de trois à quatre semaines plus tôt au printemps qu'il y a une trentaine d'années. Ju et Masek (2016) soulignent qu'entre 1984 et 2012, le verdissement le plus accentué de la toundra d'Amérique du Nord a eu lieu au Québec et au Labrador. Parmi les impacts projetés les plus connus se trouvent le réchauffement des températures moyennes, ainsi que des extrêmes chauds et froids, les augmentations projetées pour plusieurs indices thermiques (longueur de la saison de croissance, degrés-jours de croissance) et une diminution projetée dans la longueur de la saison de gel (Ouranos, 2015). Les petits cours d'eau seront vraisemblablement plus touchés que les plus grands en raison de l'étroite relation entre la température de l'air et de l'eau (Heino, 2009). Typiquement, le nombre d'espèces aquatiques présentes diminue avec l'accroissement de la latitude, les distributions étant d'abord liées aux températures. Les changements climatiques modifieront les communautés présentes, entre autres en fonction des préférences thermiques des espèces. Plus celles-ci requièrent des températures froides pour accomplir leur cycle de vie, plus elles risquent d'être mises en danger par un réchauffement. L'orientation des bassins versants du Nord québécois constituera une contrainte supplémentaire pour des organismes en quête de refuge climatique, car aucun ne présente un écoulement du nord au sud. Dans un même bassin versant, les refuges qui permettent de se soustraire à des températures plus élevées sont principalement liés à l'altitude plutôt qu'à la latitude. Les cours d'eau en tête de bassin seront cependant sensibles au réchauffement à cause de leur taille. Les insectes aquatiques ayant un stade terrestre ailé leur offrant une bonne mobilité, telles les libellules, seront avantagés, car ils pourront se déplacer vers le nord. Une hausse des températures, un régime des précipitations en changement, le dégel prévu du pergélisol, des événements météorologiques extrêmes et des changements dans la végétation auront des effets sur l'habitat, sur la dynamique du réseau trophique et sur la phénologie des organismes aquatiques.

**Le développement industriel du nord du Québec** devrait s'amplifier au cours des prochaines décennies. Le Plan Nord vise la mise en valeur des ressources naturelles tout en respectant les principes du développement durable (Société du Plan Nord, 2014). Ce vaste territoire situé au nord du 49<sup>e</sup> parallèle, excluant l'île d'Anticosti et la pointe de la Gaspésie, représente 72 % de la superficie du Québec. Les ressources naturelles qu'il renferme comprennent de nombreux gisements miniers, des forêts et une bonne capacité de production hydroélectrique.

Le potentiel minier est, entre autres, attribuable aux gisements d'or, de cuivre, de zinc, de nickel, d'argent, de fer et d'éléments du groupe du platine (MERN, 2003-2013). L'exploitation de ces gisements peut avoir des impacts négatifs sur la qualité de l'eau par les stériles et les résidus qu'ils génèrent. Le drainage des sites miniers contient des métaux et il est souvent générateur d'acide. Cette contamination peut atteindre les eaux souterraines et les eaux de surface. Des problèmes environnementaux peuvent advenir pendant l'exploitation et persister des dizaines d'années après la fin de l'exploitation, en ayant des répercussions entre autres sur les communautés benthiques (Moisan et Pelletier, 2014; Berryman, Guay et Beaudoin, 2012). Même si certaines populations ont un potentiel d'adaptabilité à la présence de métaux, le coût énergétique pour « contrôler » l'effet de ces métaux semble rendre les organismes plus vulnérables aux autres stress, tels l'acidification ou les rayons UVB (Zuellig et collab., 2008; Courtney et Clements, 2000).

Plus de 200 000 km<sup>2</sup> de forêts couvrent le territoire du Plan Nord (Société du Plan Nord, 2014). La récolte forestière peut nuire à l'intégrité des écosystèmes aquatiques en modifiant le régime d'écoulement des cours d'eau ou en ayant des conséquences sur la qualité de l'eau (Tremblay, 2007). Outre la coupe elle-même, les chemins d'accès et leurs ponceaux peuvent avoir pour effet que les sédiments en suspension augmentent, allant même jusqu'à modifier localement le substrat d'un cours d'eau lorsqu'ils ne sont pas conçus correctement.

Le développement hydroélectrique se traduit par la présence de barrages et l'inondation de territoires. Ceux-ci influencent bien sûr le régime d'écoulement des rivières et modifient le processus d'érosion et de transport des solides. Les modifications du régime de crue et d'étiage touchent particulièrement les espèces qui vivent dans la zone de marnage. L'habitat des organismes aquatiques s'en trouve donc modifié du point de vue physique, mais également du point de vue chimique.

Les communautés benthiques du nord du Québec ont été, jusqu'à présent, relativement peu touchées par les pressions d'origine anthropique comme celles que l'on connaît dans le sud du Québec. L'intensification du développement industriel projeté est susceptible de modifier les communautés aquatiques. La minimisation des impacts attendus grâce à des pratiques respectueuses de l'environnement est primordiale, car l'adaptation à des stress dans un contexte de changements climatiques est un défi pour tous les êtres vivants.

## 4. CONCLUSION

La présente étude a permis de dresser un portrait des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord et du sud de la fosse du Labrador. Les communautés décrites sont des communautés de référence. Les stations composant les groupes 5, 6 et 7 de l'analyse de groupement se dispersent de façon presque parfaite au nord de la limite des arbres, alors que les autres groupes se trouvent au sud. La limite des arbres, qui correspond à peu de chose près à la limite du pergélisol discontinu étendu, est une frontière au-delà de laquelle les communautés changent. Les facteurs environnementaux conditionnant la composition des communautés sont complexes et, parmi les variables recueillies, celles qui expliquent le mieux cette composition reflètent les caractéristiques environnementales tant à l'échelle locale qu'à celle du bassin versant. Les principales variables environnementales expliquant la composition des communautés rencontrées sont l'altitude, l'occupation du sol (résineux, landes boisées, arbustes et régénération ainsi que milieux humides dans le bassin versant), la qualité de l'eau à la station (COD, sodium), le type d'écoulement, le type de substrat, la largeur de la rivière, la stabilité des berges et la sédimentation à la station. L'obtention de données issues de différentes échelles s'avère donc utile dans la compréhension de l'organisation des communautés. Cette étude nous renseigne également sur la biodiversité présente avant l'accélération des changements climatiques et du développement industriel. Les informations qui en découlent peuvent être utilisées en appui aux choix qui devront être effectués pour protéger des portions de territoire.

Les macroinvertébrés benthiques ont démontré leur utilité dans divers suivis, et ce, dans différentes portions du globe. Des organismes ou des groupes d'organismes sont sensibles à certains stress, alors que d'autres, qui n'y sont pas sensibles, peuvent être favorisés. La communauté se modifie donc en fonction des conditions présentes dans le milieu. La création éventuelle d'indices multivariés pour effectuer des suivis environnementaux devra prendre en compte les particularités des communautés de ce territoire. La forte abondance de Baetidae ou de Sphaeriidae en est un exemple. L'ISB<sub>9</sub> conçu pour le sud du Québec ne pourrait être utilisé tel quel. La stabilité de la composition des communautés d'année en année devra être évaluée si l'élaboration d'indices adaptés au nord du Québec devient une visée; des stations devront être échantillonnées plus d'une fois à cette fin.

À l'avenir, les macroinvertébrés des petits cours d'eau à substrat grossier du nord du Québec devraient être échantillonnés et traités en laboratoire selon les méthodologies utilisées dans cette étude, et ce, pour qu'on puisse comparer les différentes communautés. Cela est d'autant plus souhaitable en raison des difficultés d'accès au territoire et des coûts engendrés.

## 5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARBOUR, M. T. et collab., 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, second edition, [En ligne], Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes, [<http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/wp61pdf/rbp.pdf>].

BERRYMAN, D., I. GUAY et J. BEAUDOIN, 2012. *Concentrations de métaux et toxicité de l'eau de la rivière Charest en aval de l'ancien site de Notre-Dame-de-Montauban*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63953-4 (PDF), 40 p.

BODE, R. W., M. A. NOVAK et L. E. ABELE, 1996. *Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State*, Albany (New York), NYS Department of Environmental Conservation, 89 p.

BODE, R. W. et collab., 2002. *Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State*, Albany (New York), Stream Biomonitoring Unit Bureau of Water Assessment and Management Division of Water, NYS Department of Environmental Conservation, 41 p. (y compris 13 annexes).

CAÑEDO-ARGÜELLES, M. et collab., 2013. "Salinisation of rivers: an urgent ecological issue", *Environmental Pollution*, vol. 173, p. 157-167.

CATON, L. W., 1991. "Improving subsampling methods for the EPA 'Rapid Bioassessment' benthic protocols", *Bulletin of the North America Benthological Society*, vol. 8, n° 3, p. 317-319.

CLARKE, A. H., 1981. *Les mollusques d'eau douce du Canada*, Ottawa, Musées nationaux du Canada, 447 p.

COURTNEY, L. A. et W. H. CLEMENTS, 2000. "Sensitivity to acidic pH in benthic invertebrate assemblages with different histories of exposure to metals", *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 19, n° 1, p. 112-127.

DANGLES, O., B. MALMQVIST et H. LAUDON, 2004. "Naturally acid freshwater ecosystems are diverse and functional: evidence from boreal streams", *Oikos*, vol. 104, n° 1, p. 149-155.

DANKS, H. V., 2007. "How aquatic insects live in cold climates", *The Canadian Entomologist*, vol. 139, n° 04, p. 443-471.

DROUIN, A., P. SIROIS et P. ARCHAMBAULT, 2011. "Distinction of nektonic and benthic communities between fish-present (*Salvelinus fontinalis*) and natural fishless lakes", *Boreal Environment Research*, vol. 16, n° 2, p. 101-114.

DROUIN, A., P. SIROIS et P. ARCHAMBAULT, 2006. *Structure des communautés d'invertébrés et des espèces d'amphibiens dans des lacs avec et sans omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) en forêt boréale*. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2628, vii + 40.

FELDMAN, P., D. M. BOSTROM et B. BUKANTIS, 2006. *Sample Collection, Sorting, and Taxonomic Identification of Benthic Macroinvertebrates*, Water Quality Standards Section, Montana Department of Environmental Quality Helena, MT WQPBWQM-009, Rev#: 02, p. 1-32.

GIBERSON, D.J., S.K. BURIAN et M. SHOULDICE, 2007. "Life history of the northern mayfly *Baetis bundyae* in Rankin Inlet, Nunavut, Canada, with updates to the list of mayflies of Nunavut", *The Canadian Entomologist*, vol. 139, n° 05, p. 628-642.

GRENIER, M., 2010. *Évaluation du niveau d'intégrité biologique des rivières du Québec à partir de l'Approche par Conditions de Référence et du système GIBSI (Gestion Intégrée des Bassins versants à l'aide d'un Système Informatisé)*. Thèse de doctorat, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 309 p.

HARPER, F. et P.P. HARPER, 1981. "Northern Canadian mayflies (Insecta; Ephemeroptera), records and descriptions", *Canadian Journal of Zoology*, vol. 59, n° 9, p. 1784-1789.

HEGINBOTTOM, J.A., M.A. DUBREUIL et P.A.C. HARKER, 1995. "Permafrost", dans *The National Atlas of Canada*, fifth edition, Ottawa, National Atlas Information Service, Geomatics Canada and Geological Survey of Canada. [Carte].

HEINO, J., T. MUOTKA et R. PAAVOLA, 2003. "Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences", *Journal of Animal Ecology*, vol. 72, n° 3, p. 425-434.

HEINO, J., R. VIRKKALA et H. TOIVONEN, 2009. "Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions", *Biological Reviews*, vol. 84, n° 1, p. 39-54.

HELLAWELL, J. M., 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*, Londres, Elsevier, 546 p.

HILSENHOFF, W. L., 1988. "Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index", *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 7, n° 1, p. 65-68.

JU, J., and J.G. MASEK, 2016. "The vegetation greenness trend in Canada and US Alaska from 1984-2012 Landsat data", *Remote Sensing of Environment*, vol. 176, p. 1-16.

KUBÍKOVÁ, L., O. SIMON et K. FRICOVÁ, 2011. "The occurrence of *Pisidium* species (Bivalvia: Sphaeriidae) in oligotrophic springs of the Blanice River catchment (Czech Republic) in relation to ecological conditions", *Biologia*, vol. 66, n° 2, p. 299-307.

LEGENDRE, P. et L. LEGENDRE, 1998. *Numerical Ecology: Developments in Environmental Modelling*, deuxième édition anglaise, Amsterdam, Elsevier Science B.V., vol. 20, 853 p.

LEGENDRE, P. et L. LEGENDRE, 2012. *Numerical Ecology*, troisième édition anglaise, Amsterdam, Elsevier Science B.V., vol. 24, 1006 p.

LI, T. et DUCRUC, J. P., 1999. *Les provinces naturelles. Niveau I du cadre écologique de référence du Québec*, Québec, Ministère de l'Environnement, 90 p.

MERRIT, R. W., K. W. CUMINS et M. B. BERG, 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, fourth edition, Dubuque (Iowa), Kendall/Hunt Publishing Company, 1158 p.

MIELKE, P. W. JR. et K. J. BERRY, 1982. "An extended class of permutation techniques for matched pairs", *Communications in Statistics – Theory and Methods*, vol. 11, p. 1197-1207.

MILNER, A. M., S. C. CONN et L. E. BROWN, 2006. "Persistence and stability of macroinvertebrate communities in streams of Denali National Park, Alaska: implications for biological monitoring", *Freshwater Biology*, vol. 51, n° 2, p. 373-387.



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2012a. *Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-66035-4 (PDF), 72 p. (y compris 7 annexes).

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2012b. *Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat meuble*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65630-2 (PDF), 62 p. (y compris 10 annexes).

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*, deuxième édition, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 88 p. (y compris 6 annexes).

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC), 2014a. *Les provinces naturelles : première fenêtre sur l'écologie du Québec*, 22 p., [En ligne], [[http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/rapports/Provinces\\_Internet\\_16-12-2014.pdf](http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/rapports/Provinces_Internet_16-12-2014.pdf)] (Page consultée le 28 avril 2016).

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC), 2014b. *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69205-8 (PDF), 19 p.

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP), 2003-2016. *Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec*, [En ligne], [<https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-zones-carte.jsp>] (Page consultée le 18 octobre 2016).

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES (MERN), 2003-2013. *Gros plan sur les mines, aperçu géologique*, [En ligne], [<http://mern.gouv.qc.ca/mines/geologie/geologie-apercu.jsp>] (Page consultée le 4 novembre 2016).

MOISAN, J. et L. PELLETIER, 2014. *Réponses des macroinvertébrés benthiques à la contamination métallique – Site minier de Notre-Dame-de-Montauban*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70752-3 (PDF), 24 p. (y compris 5 annexes).

NAGPAL, N., L. W. POMMEN et L. G. SWAIN, 1995. *Approved and Working Criteria for Water Quality*, Victoria, BC, Water Quality Branch, Environmental Protection, British Columbia Ministry of Environment, 45 p.

OURANOS, 2015. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1 : Évolution climatique au Québec*, Montréal, Ouranos, 114 p.

PELLETIER, L. et S. HÉBERT, 2015. *Établissement de la qualité initiale des eaux de surface et des communautés des macroinvertébrés benthiques des rivières de l'île d'Anticosti et détermination des milieux aquatiques sensibles (Étude AENV09 et AENV10)*, rapport produit pour le compte du gouvernement du Québec dans le cadre des évaluations environnementales stratégiques sur les hydrocarbures, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-74626-3 (PDF), 27 p. et 7 annexes.

- QUINN, G. P. et M. J. KEOUGH, 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*, Cambridge, Cambridge University Press.
- RESSOURCES NATURELLES CANADA, 1995. « Canada pergélisol », dans *The National Atlas of Canada*, fifth edition, [En ligne], Ottawa, National Atlas Information Service, Geomatics Canada and Geological Survey of Canada, [[http://ftp.geogratis.gc.ca/pub/nrcan\\_rncan/raster/atlas\\_5\\_ed/fra/environment/land/mcr4177.jpg](http://ftp.geogratis.gc.ca/pub/nrcan_rncan/raster/atlas_5_ed/fra/environment/land/mcr4177.jpg)], (Page consultée le 28 octobre) [Carte].
- SCOTT, R. W., 2010. *The Diversity and Composition of Benthic Macroinvertebrate Assemblages in Streams in the Mackenzie River System, Northwest Territories*. Thèse, Université de Waterloo, Ontario, 138 p.
- SCOTT, R. W. et collab., 2011. "Latitudinal gradients and local control of aquatic insect richness in a large river system in northern Canada", *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 30, n° 3, p. 621-634.
- SOCIÉTÉ DU PLAN NORD, 2014. Plan Nord, [En ligne], [<http://plannord.gouv.qc.ca/fr/>] (Page consultée le 3 novembre 2016).
- SMITH, D. G, 2001. *Pennak's Freshwater Invertebrates of the United States: Porifera to Crustacean*, fourth edition, New York, John Wiley & Sons, Inc., 648 p.
- STEWART, K. W. et W. E. RICKER, 1997. "Stoneflies (Plecoptera) of the Yukon", *Insects of Yukon. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods)*, Ottawa, p. 201-222.
- VINSON, M. R et C. P. HAWKINS, 1996. "Effects of sampling area and subsampling procedure on comparisons of taxa richness among streams", *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 15, n° 3, p. 392-399.
- WALSH, C. J., 1997. "A multivariate method for determining optimal subsample size in the analysis of macroinvertebrate samples", *Marine and Freshwater Research*, vol. 48, n° 3, p. 241-248 [Aabstract].
- WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (WFD), 2003. *Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential*, [En ligne], Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT), 28 p. et 2 annexes, [<http://cwss.www.de/workshops/wfd/Ecological-Classification-Guidance.pdf>].
- TREMBLAY, Y., 2007. *Effets de la récolte forestière sur 50 % de la superficie de petits bassins versants sur les débits de pointe et la qualité de l'eau, forêt Montmorency, Québec*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 134 p.
- ZUELLIG, R. E. et collab., 2008. "The influence of metal exposure history and ultraviolet-B radiation on benthic communities in Colorado Rocky Mountain streams", *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 27, n° 1, p. 120-134.

## ANNEXES

Annexe 1 Positionnement des stations d'échantillonnage du benthos en 2012 et en 2013

N° de station	Bassin versant	N° BQMA	Latitude	Longitude	Eau / métaux analysés
12_3	Koksoak	10370069	56,262455	-67,904757	n. d.
12_4	Koksoak	10370070	56,265333	-67,905163	n. d.
12_11	à la Baleine	10400047	55,975602	-66,852415	n. d.
12_12	à la Baleine	10400048	55,996832	-66,806860	n. d.
12_13	à la Baleine	10400049	55,820666	-66,840482	n. d.
12_17	à la Baleine	10400033	56,334063	-67,357992	x
12_18	à la Baleine	10400034	56,362173	-67,238288	x
12_19	à la Baleine	10400035	56,375858	-67,233443	x
12_23	Koksoak	10370040	56,211735	-68,024315	x
12_27	Koksoak	10370077	56,151155	-67,880555	n. d.
12_29	Koksoak	10370079	56,105412	-67,764674	n. d.
12_32	Koksoak	10370041	55,969720	-68,069535	x
12_37	Koksoak	10370042	56,211713	-68,684327	x
12_42	Koksoak	10370044	56,607273	-68,312627	x
12_44	Koksoak	10370045	56,610368	-68,507965	n. d.
12_46	Koksoak	10370046	56,591487	-68,742560	x
12_49	Koksoak	10370047	56,070300	-68,475272	x
12_52	Koksoak	10370048	55,781760	-67,887210	x
12_53	Koksoak	10370049	55,828092	-67,953617	x
12_54	Koksoak	10370050	55,825935	-68,310767	x
12_57	Koksoak	10370051	55,927537	-68,306396	x
12_64	Koksoak	10370052	55,116854	-67,363719	x
12_65	Koksoak	10370053	55,150953	-67,337497	x
12_67	Koksoak	10370054	55,100594	-67,315566	x
12_71	Koksoak	10370055	55,009327	-67,180815	x
12_74	à la Baleine	10400036	55,389629	-66,768772	x
12_76	à la Baleine	10400037	55,470200	-66,850584	x
12_77	à la Baleine	10400038	55,459581	-66,826042	x
12_82	à la Baleine	10400039	55,382039	-66,479456	x
12_85	à la Baleine	10400040	55,638555	-66,601107	x
12_87	à la Baleine	10400041	55,514605	-66,296943	x
12_89	à la Baleine	10400042	55,362576	-66,148345	x
12_93	Koksoak	10370056	55,416959	-67,522693	x
12_95	Koksoak	10370057	55,453918	-67,586550	x
12_96	Koksoak	10370058	55,497787	-67,644068	x
12_99	Koksoak	10370059	55,498762	-67,482693	x
12_102	Koksoak	10370060	55,150210	-67,784109	x
12_105	Koksoak	10370061	55,160178	-67,621738	x
12_106	Koksoak	10370062	55,127890	-67,619534	x
12_107	Koksoak	10370063	55,078008	-67,572166	x
12_115	Koksoak	10370065	55,063892	-66,966022	x

Annexe 1 Positionnement des stations d'échantillonnage du benthos en 2012 et en 2013 (suite)

N° de station	Bassin versant	N° BQMA	Latitude	Longitude	Eau / métaux analysés
13_1	Non défini	10630001	58,491068	-68,001814	x
13_2	Non défini	10630002	58,390353	-67,944182	x
13_3	Koksoak	10370123	57,556556	-68,972906	x
13_4	Koksoak	10350041	57,640101	-68,664883	x
13_5	Koksoak	10350042	57,664321	-68,605063	x
13_6	Koksoak	10350043	57,842476	-68,522492	x
13_7	Koksoak	10350044	57,900606	-68,456413	x
13_8	Curot	10320001	58,646652	-69,289819	x
13_9	Curot	10320002	58,584622	-69,243600	x
13_10	Curot	10320003	58,492978	-69,164097	x
13_11	Koksoak	10350045	58,102673	-68,880812	x
13_13	Compeau	10300001	58,455922	-69,498586	x
13_14	Compeau	10300002	58,482687	-69,573282	x
13_15	Compeau	10300003	58,555098	-69,659398	x
13_20	Koksoak	10360004	57,755967	-69,971488	x
13_22	Koksoak	10360006	57,741258	-69,842947	x
13_23	Koksoak	10360007	57,704961	-69,612187	x
13_29	Nepihjee	10340007	58,409487	-68,716138	x
13_31	Nepihjee	10340009	58,403729	-68,825486	x
13_33	Nepihjee	10340011	58,345096	-68,746117	x
13_34	Nepihjee	10340012	58,348683	-68,698999	x
13_36	Koksoak	10350048	58,031747	-68,641619	x
13_37	Koksoak	10350049	57,933132	-68,804529	x
13_38	False	10380001	58,136051	-68,125540	x
13_44	Non défini	10630004	58,616294	-69,570201	x
13_45	Non défini	10630005	58,630576	-69,728758	x
13_46	Non défini	10630006	58,605754	-69,861435	x
13_47	Deharveng	10290001	58,535185	-69,769558	x
13_49	Compeau	10300004	58,467122	-69,501111	x
13_51	Dancelou	10330002	58,716170	-68,923546	x
13_52	Non défini	10630007	58,839245	-69,015596	x
13_53	Dancelou	10330003	58,848607	-68,793638	x
13_54	Dancelou	10330004	58,865108	-68,712702	n. d.
13_58	Dancelou	10330008	58,725470	-68,688027	n. d.
13_59	Koksoak	10370124	57,441273	-69,320520	x
13_62	Koksoak	10370127	57,464380	-69,472688	x
13_63	Koksoak	10350050	57,692002	-69,313966	x
13_64	Koksoak	10350051	57,746303	-69,221419	x
13_77	Compeau	10300008	58,423271	-69,653979	x
13_72	Deharveng	10290005	58,238396	-69,435077	x
13_79	Koksoak	10350053	57,874162	-68,957288	x
13_82	Koksoak	10350056	57,833268	-68,621364	x

Annexe 2 Liste de tous les taxons échantillonnés dans la fosse du Labrador en 2012 et en 2013

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Sous-famille	Genre
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE		<i>Acentrella</i>
					<i>Acerpenna</i>
					<i>Baetis</i>
					<i>Centroptilum</i>
					<i>Plauditus</i>
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	BAETISCIDAE		<i>Baetisca*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	CAENIDAE		<i>Caenis*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	EPHEMERELLIDAE		<i>Dannella</i>
					<i>Drunella</i>
					<i>Ephemerella</i>
					<i>Eurylophella</i>
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	HEPTAGENIIDAE		<i>Epeorus</i>
					<i>Heptagenia</i>
					<i>Leucocuta</i>
					<i>Maccafortium</i>
					<i>Rhithrogena</i>
					<i>Stenonema*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIIDAE		
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	METREPODIDAE		<i>Metretopus*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	APATANIIDAE		<i>Apatania</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	BRACHYCENTRIDAE		<i>Micrasema*</i>
					<i>Brachycentrus*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	GLOSSOSOMATIDAE		<i>Agapetus*</i>
					<i>Glossosoma</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	GOERIDAE		<i>Goera*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE		<i>Arctopsyche</i>
					<i>Ceratopsyche</i>
					<i>Cheumatopsyche</i>
					<i>Hydropsyche*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPTILIDAE		<i>Hydroptila</i>
					<i>Oxyethira</i>
					<i>Stactobiella*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPIDOSTOMATIDAE		<i>Lepidostoma</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE		<i>Ceraclea</i>
					<i>Nectopsyche*</i>
					<i>Oecetis*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE <sup>1</sup>		
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE		<i>Frenesia*<sup>1</sup></i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE		<i>Anabolia*<sup>1</sup></i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE		<i>Asynarchus*<sup>1</sup></i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE		<i>Limnephilus*<sup>1</sup></i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE		<i>Psychoglypha*<sup>1</sup></i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE		<i>Pycnopsyche*<sup>1</sup></i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE		<i>Dolophilodes</i>
					<i>Wormaldia</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	PHRYGANEIDAE		<i>Oligostomis*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE		<i>Neureclipsis</i>
					<i>Polycentropus</i>
ARTHROPODA	INSECTA	TRICHOPTERA	RHYACOPHILIDAE		<i>Rhyacophila</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	CAPNIIDAE*		-
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	CHLOROPERLIDAE		<i>Alloperla*</i>
					<i>Haploperla</i>
					<i>Sweltsa</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	LEUCTRIDAE		<i>Leuctra</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	NEMOURIDAE		<i>Amphinemura</i>
					<i>Nemoura</i>
					<i>Zapada*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE		<i>Agnetina*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	PERLODIDAE		<i>Cultus*</i>
					<i>Diura</i>
					<i>Isoperla</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	PTERONARCYIDAE		<i>Pteronarcys*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	TAENIOPTERYGIDAE		<i>Taeniopteryx</i>



Annexe 2 Liste de tous les taxons échantillonnés dans la fosse du Labrador en 2012 et en 2013 (suite)

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Sous-famille	Genre
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE		<i>Bezzia/Palpomyia</i>
					<i>Probezzia</i>
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	CHIRONOMINAE	Chironomini (tribu)
				CHIRONOMINAE	Tanytarsini (tribu)
				DIAMESINAE	
				ORTHOCLADIINAE	
				PRODIAMESINAE*	
				TANYPODINAE	non-Pentaneurini <sup>2</sup>
				TANYPODINAE	Pentaneurini (tribu)
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	DIXIDAE		<i>Dixella*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	EMPIDIDAE		<i>Chelifera*</i>
					<i>Clinocera*</i>
					<i>Hemerodromia*</i>
					<i>Neoplasta</i>
					<i>Oreogeton</i>
					<i>Roederiodes*</i>
					<i>Tricholincera*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	MUSCIDAE*		
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	NYMPHOMYIIDAE		<i>Nymphomyia</i>
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	SIMULIIDAE		<i>Prosimulium*</i>
					<i>Cnephia</i>
					<i>Metacnephia</i>
					<i>Simulium</i>
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	TABANIDAE		<i>Chrysops*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE		<i>Antocha*</i>
					<i>Dicranota</i>
					<i>Helius*</i>
					<i>Hexatoma</i>
					<i>Pedicia*</i>
					<i>Tipula</i>
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	DYTISCIDAE		<i>Agabus</i>
					<i>Hydroporus*</i>
					<i>Liodessus*</i>
					<i>Sanfilippodytes*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE		<i>Optioservus*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	HYDROPHILIDAE		<i>Helophorus*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	ODONATA	CORDULIIDAE		<i>Somatochlora*</i>
ARTHROPODA	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE*		
ARTHROPODA	INSECTA	LEPIDOPTERA*	-		
ARTHROPODA	CRUSTACEA	AMPHIPODA	GAMMARIDAE		<i>Gammarus</i>
ARTHROPODA	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE		<i>Hyalella*</i>
ARTHROPODA	CRUSTACEA	CLADOCERA			
ARTHROPODA	CRUSTACEA	COPEPODA			
ARTHROPODA	CRUSTACEA	OSTRACODA			
ARTHROPODA	ARACHNOIDEA	ACARI			
MOLLUSCA	PELECYPODA	EULAMELLIBRANCHIA	SPHAERIIDAE		<i>Pisidium</i>
					<i>Sphaerium</i>
MOLLUSCA	GASTROPODA	LIMNOPHILA	LYMNAEIDAE		<i>Stagnicola</i>
MOLLUSCA	GASTROPODA	LIMNOPHILA	PLANORBIDAE		<i>Gyraulus</i>
MOLLUSCA	GASTROPODA	MESOGASTROPODA	VALVATIDAE		<i>Valvata</i>
ANNELLIDA	HIRUDINEA	HIRUDINEA*			
ANNELLIDA	OLIGOCHAETA	OLIGOCHAETA			
NEMATODA					
PLATYHELMINTHES*					
COELENTERATA	HYDROZOA*				
PORIFERA*					
BRYOZOA*					
TARDIGRADA*					

<sup>1</sup> Limnephilidae : genres ramenés à la famille pour l'analyse, spécimens généralement trop petits pour l'identification au genre.

<sup>2</sup> N'est pas une tribu, comprend tous les taxons Tanypodinae qui ne sont pas des Pentaneurini.

\* Taxon retiré de l'analyse.

Annexe 3 Variables relatives à l'habitat à l'échelle locale (à la station)

Variable relative à l'habitat à l'échelle locale	Unité	Code
Largeur en eau	mètre	Largeur
Largeur aux berges	mètre	Largeur B.
Profondeur moyenne	centimètre	Profondeur
Écoulement – fosse	% à la station	É. fosse
Écoulement – régulier	% à la station	É. régulier
Écoulement – eau vive/rapide	% à la station	É. rapide
Vitesse du courant	cote de 1 à 3	Vitesse
Transparence de l'eau	cote de 1 à 3	Transparence
Couvert forestier	% sur la rivière	Couvert forest.
Composition des berges – rocheux	% des 2 berges (10 m x station)	B. roches
Composition des berges – sol nu	% des 2 berges (10 m x station)	B. sol
Composition des berges – herbacées	% des 2 berges (10 m x station)	B. herbacées
Composition des berges – mousses/lichens	% des 2 berges (10 m x station)	B. mousses/lichens
Composition des berges – arbustes	% des 2 berges (10 m x station)	B. arbustes
Composition des berges – arbres	% des 2 berges (10 m x station)	B. arbres
Abondance des macrophytes	% à la station	Macrophytes
Substrat – argile	% à la station	S. argile
Substrat – sable	% à la station	S. sable
Substrat – gravier	% à la station	S. gravier
Substrat – galets	% à la station	S. galets
Substrat – blocs	% à la station	S. blocs
Substrat – roc	% à la station	S. roc
Mousses aquatiques	cote de 1 à 3	Mousses
Substrat-abris / variable 1 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. abris
Ensamblage, envasement / variable 2 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. envasement
Types de courant / variable 3 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. vitesse
Sédimentation / variable 4 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. sédimentation
Degré de marnage / variable 5 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. marnage
Modification du cours d'eau / variable 6 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. modification
Fréquence des seuils / variable 7 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. fréq. seuils
Stabilité des berges / variable 8 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. stabilité
Protection végétale / variable 9 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. protection
Largeur de la bande végétale / variable 10 de l'IQH	cote de 0 à 20	H. larg. vég.
Indice de qualité de l'habitat (IQH)	%	IQH

Annexe 4 Variables relatives à l'habitat à l'échelle du bassin versant (données cartographiques)

Champ d'intérêt	Variable relative à l'habitat à l'échelle du bassin	Unité	Code
	Ordre de Strahler	unité	OStrahle
	Volume drainé annuel	m <sup>3</sup>	Vol_d_an
	Aire drainée – bassin versant	km <sup>2</sup>	ABV
	Aire drainée – portion terrestre du bassin versant	km <sup>2</sup>	AD
	Pente moyenne de la portion terrestre du bassin versant	%	pente_moy
	Altitude à la station (Google Earth)	mètre	AltGE
<b>Géologie</b>	Roches acides de type granitique ou gneissique	%	R_acides
	Paragneiss	%	R_parag
	Roches mafiques et ultramafiques	%	R_mafiq
	Roches clastiques siliceuses	%	R_cl_sil
	Roches clastiques argileuses	%	R_cl_arg
	Roches carbonatées	%	R_cabon
	Autres roches (ex. : impactites, formations de fer)	%	R_autres
	Dépôts littoraux	%	Dep_lit
	Affleurement rocheux	%	Dep_affroc
	Dépôts glaciaires	%	Dep_till
<b>Dépôts de surface</b>	Organique	%	Dep_org
	Dépôts alluvionnaires; deltaïques marins	%	Dep_ald
	Eau	%	Oc_eau
	Affleurement rocheux/débris, surface dénudée	%	Oc_r_s.n
	Lichens	%	Oc_lich
<b>Occupation du sol</b>	Mousses (et roc)	%	Oc_mous
	Arbustes et régénération	%	Oc_arb_reg
	Milieus humides	%	Oc_mil_h
	Résineux	%	Oc_resin
	Landes boisées	%	Oc_l_bois
	Perturbations	%	Oc_pertur
	Forêt mixte	%	Oc_f-mixt
	Absence de données, ombre, nuages, glace, neige	%	occ_abs

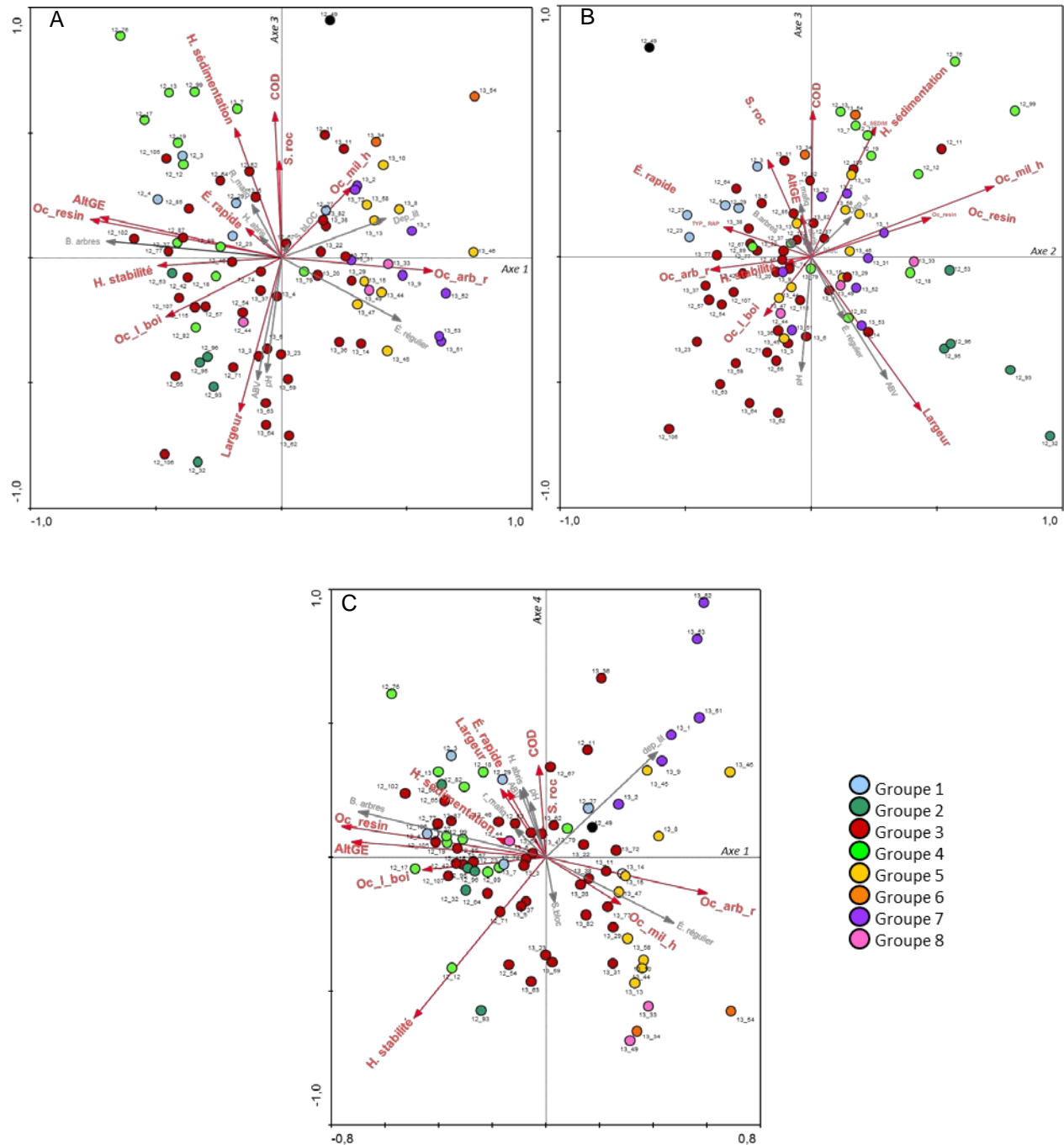
### Annexe 5 Variables de qualité de l'eau

Abréviation	Paramètre	Méthode analytique <sup>1</sup>	Unité de mesure	Limite de détection
COND	Conductivité – terrain	sonde YSI 600QS	µs / cm	
pH	pH – terrain	sonde YSI 600QS	unité pH	
COD	Carbone organique dissous – filtré	300 – C 1.0	mg/l	0,2
DURETÉ	Dureté calculée (à partir du Ca et du Mg) 2,497 x [Ca] + 4,118 x [Mg]		mg/l de CaCO <sub>3</sub>	
AG-EXT	Métal trace extractible total – argent	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,001
AL-EXT	Métal trace extractible total – aluminium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,1
AS-EXT	Métal trace extractible total – arsenic	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,03
BA-EXT	Métal trace extractible total – baryum	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,02
BE-EXT	Métal trace extractible total – béryllium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,004
B-EXT	Métal trace extractible total – bore	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,3
CA	Calcium	203 – Mét. 3.2	mg/l	0,008
CD-EXT	Métal trace extractible total – cadmium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,004
CO-EXT	Métal trace extractible total – cobalt	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,007
CR-EXT	Métal trace extractible total – chrome	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,04
CU-EXT	Métal trace extractible total – cuivre	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,05
FE-EXT	Métal trace extractible total – fer	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,5
K	Potassium	203 – Mét. 3.2	mg/l	0,03
MG	Magnésium	203 – Mét. 3.2	mg/l	0,02
MN-EXT	Métal trace extractible total – manganèse	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,004
MO-EXT	Métal trace extractible total – molybdène	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,003
NA	Sodium	203 – Mét. 3.2	mg/l	0,02
NI-EXT	Métal trace extractible total – nickel	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,02
PB-EXT	Métal trace extractible total – plomb	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,02
SB-EXT	Métal trace extractible total – antimoine	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,004
SE-EXT	Métal trace extractible total – sélénium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,3
SR-EXT	Métal trace extractible total – strontium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,004
U-EXT	Métal trace extractible total – uranium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,0009
V-EXT	Métal trace extractible total – vanadium	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,01
ZN-EXT	Métal trace extractible total – zinc	203 – Mét-Tra. 1.0	µg/l	0,7

<sup>1</sup> Méthodes décrites dans le site du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec à l'adresse suivante : [http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/methode\\_index.htm](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/methode_index.htm).

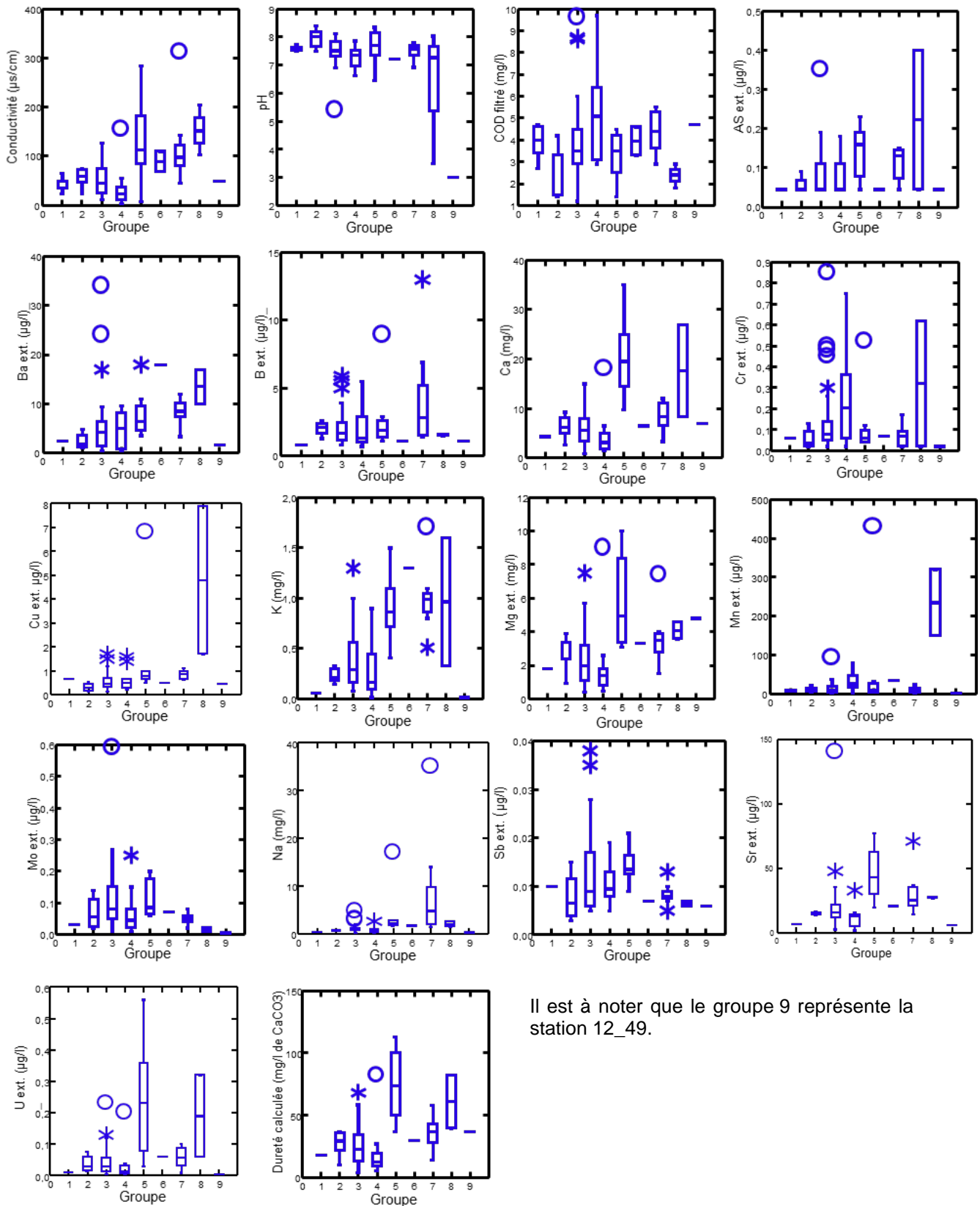
Annexe 6 Analyse canonique de correspondance réalisée sur les données d'abondance relative des macroinvertébrés benthiques et les variables environnementales, A = axes 1 et 3, B = axes 2 et 3, C = axes 1 et 4

(Cercle : station; cercle noir : station 12\_49; vecteur rouge : variable environnementale significative; vecteur gris : variable environnementale passive)





Annexe 7 Diagrammes en boîtes à moustaches de certaines variables de la qualité de l'eau



Il est à noter que le groupe 9 représente la station 12\_49.

Annexe 8 Variables de communauté

Catégorie	Variable	Variable et formule
Mesure de la richesse taxonomique	N. tax.	Nombre total de taxons/500 organismes
	N. tax. EPT	Nombre de taxons éphéméroptères, trichoptères et plécoptères/500 organismes
	N. tax. éphéméroptères	Nombre de taxons éphéméroptères/500 organismes
	N. tax. plécoptères	Nombre de taxons plécoptères/500 organismes
	N. tax. trichoptères	Nombre de taxons trichoptères/500 organismes
	N. tax. odonates	Nombre de taxons odonates/500 organismes
	N. tax. Chironomidae	Nombre de taxons Chironomidae/500 organismes
	N. tax. pélicypodes	Nombre de taxons pélicypodes/500 organismes
	N. tax. gastéropodes	Nombre de taxons gastropodes/500 organismes
	N. tax. POET	Nombre de taxons plécoptères, odonates, éphéméroptères et trichoptères/500 organismes
Mesure de la composition taxonomique	% insectes	Abondance <sup>1</sup> d'insectes/abondance totale * 100
	% non-insectes	Abondance de non-insectes/abondance totale * 100
	% EPT	Abondance de taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères/abondance totale * 100
	% éphém.	Abondance de taxons éphéméroptères/abondance totale * 100
	% Baet./éphém.	Abondance de taxons Baetidae/abondance éphéméroptères * 100
	% Baetidae	Abondance de taxons Baetidae/abondance totale * 100
	% plécoptères	Abondance de taxons plécoptères/abondance totale * 100
	% trichoptères	Abondance de taxons trichoptères/abondance totale * 100
	% Hydrop./trichoptères	Abondance d'Hydropsychidae/abondance de trichoptères * 100
	% Hydropsychidae	Abondance d'Hydropsychidae/abondance totale * 100
	% EPT- Hydrop.	Abondance de taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (excluant Hydropsychidae)/abondance totale * 100
	% EPT/Chiro.	Abondance de taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères/abondance de Chironomidae * 100
	% Chironomini/Chironomidae	Abondance de Chironomini/abondance de Chironomidae totale * 100
	% Chironomini	Abondance de Chironomini/abondance totale * 100
	% Orthoclaadiinae/Chironomidae	Abondance d'Orthoclaadiinae/abondance de Chironomidae totale * 100
	% Orthoclaadiinae	Abondance d'Orthoclaadiinae/abondance totale * 100
	% Tanytarsini/Chironomidae	Abondance de Tanytarsini/abondance de Chironomidae totale * 100
	% Tanytarsini	Abondance de Tanytarsini/abondance totale * 100
	% oligochètes	Abondance d'oligochètes/abondance totale * 100
	% crustacés	Abondance de crustacés/abondance totale * 100
% gastéropodes	Abondance de gastéropodes/abondance totale * 100	
% pélicypodes	Abondance de pélicypodes/abondance totale * 100	
% mollusques	Abondance de mollusques/abondance totale * 100	
Mesure de la tolérance à la pollution organique <sup>2</sup>	N. taxons intolérants	Nombre de taxons ayant une cote de tolérance < 4
	N. taxons tolérants	Nombre de taxons ayant une cote de tolérance > 6
	% taxon dominant (famille)	Abondance du taxon le plus abondant/abondance totale * 100
	% 2 taxons dominants (famille)	Abondance des deux taxons les plus abondants/abondance totale * 100
	% tolérants	Abondance d'organismes ayant une cote de tolérance > 6/abondance totale * 100
	N. taxons EPTm	Nombre de taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères ayant une cote de tolérance < 4
	% taxons intolérants	Nombre de taxons ayant une cote de tolérance < 4/nombre total de taxons * 100
	% intolérants	Abondance des organismes ayant une cote de tolérance < 4/abondance totale * 100
	% taxons tolérants	Nombre de taxons ayant une cote de tolérance > 6/nombre total de taxons * 100
	HBI	Indice biotique d'Hilsenhoff : $\sum x_i t_i / n$ ; échelle de 0 à 10 $x_i$ = nombre d'organismes de l' <sup>i</sup> e taxon $t_i$ = tolérance au genre de l' <sup>i</sup> e taxon, n = nombre d'organismes

<sup>1</sup> Abondance : nombre d'organismes.

<sup>2</sup> Les cotes de tolérance déterminées pour le niveau d'identification au genre sont tirées de Bode et collab. (2002) ainsi que de Bode, Novak et Abele (1996) et sont complétées au besoin, surtout pour le niveau d'identification à la famille, par Hilsenhoff (1988). Dans le présent document, l'expression « pollution organique » se rapporte à l'enrichissement par la matière organique et par les nutriments.



**Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques**

**Québec** 