

**Projets de recherche orientée en partenariat /
Développement durable du secteur minier - II – 2^e
concours**

Rapport de vulgarisation scientifique



2022-OMN-299554

1. TITRE DU PROGRAMME ET CONCOURS

Programme : Projets de recherche orientée en partenariat / Développement durable du secteur minier
- II

2. TITRE VULGARISÉ

Indiquez le titre du projet de recherche (doit être rédigé en français).

Le biofilm comme indicateur de la qualité des milieux récepteurs d'effluents miniers

3.1 MONTANT TOTAL DE L'OCTROI OBTENU

\$300 000

3.2 MONTANT TOTAL DU PROJET (incluant l'octroi
obtenu par le FRQNT et la contribution des partenaires)

\$300 000

**Projets de recherche orientée en partenariat /
Développement durable du secteur minier - II – 2^e
concours**

Rapport de vulgarisation scientifique

4. RÉSUMÉ VULGARISÉ (doit être rédigé en français. Maximum 1 page).

Veuillez résumer, de façon vulgarisée, votre projet de recherche : introduction, méthodologie, résultats, conclusion.

Ce projet visait à développer de nouveaux outils afin de mieux évaluer les impacts des activités minières sur les écosystèmes aquatiques. En effet, il est fondamental de pouvoir prédire ces effets afin d'assurer une gestion adéquate des milieux touchés. Les concentrations de contaminants dans l'eau sont souvent utilisées pour prédire le risque environnemental, mais elles ne reflètent pas nécessairement ce risque puisque de nombreux facteurs environnementaux peuvent atténuer ou exacerber les effets de ces contaminants. Nous proposons d'utiliser les biofilms comme indicateurs d'exposition et d'effets à ces contaminants. Le biofilm est un consortium d'algues, de bactéries, de champignons et autres petits organismes se développant dans les eaux de surface sur des substrats comme des cailloux. Parmi les composés pouvant être introduits dans les eaux réceptrices des effluents miniers, nous nous sommes attardés aux nitrates, au cuivre, au nickel et au zinc. L'objectif de ce projet était de raffiner nos connaissances sur la réponse des biofilms suite à des changements dans les milieux récepteurs. À terme, ceci nous permettra de quantifier les retombées positives de meilleures pratiques minières. Les objectifs spécifiques ont pris la forme de trois volets de recherche : (1) mettre au point des outils de suivi des impacts du nitrate sur les biofilms ; (2) identifier de nouveaux indicateurs d'effets du cuivre chez les organismes présents dans les biofilms ; et (3) contribuer au développement d'un modèle prédictif de l'accumulation des métaux dans les biofilms en fonction de la physico-chimie du milieu récepteur.

Dans un premier temps, une visite de terrain a permis de caractériser la composition chimique de l'eau et des biofilms entre des sites situés en amont et aval de l'exutoire de la mine, ainsi que l'exutoire lui-même. Une série d'expériences en laboratoires a par la suite été conduite pour mesurer l'importance des nitrates et des métaux dans la réponse des communautés aquatiques au gradient chimique mesuré sur le terrain.

Le volet 1 a démontré que les changements de chimie de l'eau sont accompagnés par des modifications de la structure des communautés procaryotes (bactéries et Archées) et eucaryotes (microalgues, champignons et microméiofaune) tel que caractérisés par séquençage métabarcoding. De même, des changements dans la qualité nutritive des biofilms (composition en acides gras) ont été observés. Des biofilms ont été prélevés aux trois sites mentionnés ci-dessus et un biofilm composite a été exposé soit aux conditions amont, aval et un état intermédiaire. En parallèle, un biofilm composite constitué comme précédemment, a été exposé aux conditions « aval », mais où seule la concentration en nitrates variait, allant des conditions « amont » (faible) à « aval » (élevé) et une concentration intermédiaire. Les résultats confirment que les communautés aquatiques répondent aux changements de la chimie de l'eau et que les nitrates jouent un rôle important. Dans le volet 2, nous avons concentré nos efforts sur les effets du cuivre en raison de son grand impact sur les producteurs primaires et sa présence ubiquiste dans les effluents miniers. Nous avons testé divers indicateurs d'effets sous-létaux en portant une attention particulière sur les animaux microscopiques vivants dans le biofilm et qui sont très rarement étudiés. Une expérience en microcosme a été menée pour examiner les effets du cuivre sur la biodiversité et la composition taxonomique de la microméiofaune du biofilm. Des biofilms ont été exposés pendant 28 jours à cinq concentrations de cuivre. Les résultats ont montré que le cuivre modifiait la composition taxonomique de la microméiofaune, entraînant une diminution de la densité des ciliés et des zooflagellés. De plus, le cuivre a entraîné une diminution des acides gras polyinsaturés et une augmentation des acides gras saturés dans le biofilm. Finalement, au sein du volet 3, nous avons constaté que les niveaux d'accumulation du cuivre, du nickel et du zinc par le biofilm en laboratoire sont comparables à ce qui est constaté sur le terrain. Ceci confirme que l'approche choisie en laboratoire peut adéquatement refléter les conditions de terrain et valide notre méthodologie. En revanche, nous n'avons pas détecté d'effet des autres paramètres d'exposition, soit l'acidité et la dureté, contrairement à nos attentes. Ces travaux ont contribué à poursuivre le développement d'un nouvel outil de biomonitoring basé sur les biofilms de rivières.

Projets de recherche orientée en partenariat /
Développement durable du secteur minier - II – 2^e
concours

Rapport de vulgarisation scientifique

5. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ET RETOMBÉES (doit être rédigé en français. Maximum ½ page).

1) Énoncer très brièvement les résultats attribuables directement aux travaux financés. 2) Décrire clairement, s'il y a lieu, toute(s) retombée(s) déjà observée(s) ou confirmée(s) qui découle des travaux, que ce soit sur le plan scientifique, économique, social, environnemental, politique, culturel, artistique ou technologique. 3) Préciser aussi, s'il y a lieu, les nouvelles pistes ou questions de recherche soulevées par les résultats.

Grâce à ces travaux nous avons pu faire de nombreuses avancées dans nos connaissances et le développement d'un nouvel outil de biosuivi. Les résultats montrent que les nitrates sont en grande partie responsables de la réponse des communautés aquatiques (des bactéries à la microméiofaune; c-à-d des animaux microscopiques). En effet, les communautés observées dans le gradient de nitrate présentent un profil similaire à celui du gradient minier. Toutefois les abondances relatives des organismes présents diffèrent entre les deux gradients. Par exemple, chez les bactéries, une augmentation des nitrates dans le milieu engendre un développement plus important des *Cyanobactéries* du genre *Phormidium* SAG 37.90 au détriment des *Protéobactéries*. Les principaux organismes contributeurs observés le long du gradient de nitrate sont les mêmes que ceux retrouvés le long du gradient minier. Cette observation se maintient pour les autres groupes d'organismes. Cette restructuration des communautés le long des deux gradients engendre un changement dans les profils lipidiques des biofilms. Les profils lipidiques passent donc d'une dominance des acides gras caractéristiques des bactéries et champignons sous de faibles concentrations en nitrates alors que la production d'acides gras spécifiques aux algues et aux diatomées augmente avec les nitrates. En ce qui concerne les métaux, les résultats ont montré, au fil de l'exposition, une bioaccumulation croissante et proportionnelle du cuivre dans le biofilm en fonction de la concentration d'exposition. À 7 jours, le cuivre a conduit à une diminution des proportions en acides gras saturés et à une augmentation des acides gras poly-insaturés, suivies d'une stabilisation au 28^e jour. L'exposition au cuivre a également modifié la composition taxonomique de la microméiofaune, entraînant une diminution de la densité des ciliés et des zooflagellés. Une diminution de la quantité de diatomées vivantes a aussi été observée, ainsi qu'une augmentation transitoire des cyanobactéries. Enfin, les données d'ADNc ont révélé des différences dans la répartition des genres et une diminution de la richesse bactérienne. En ce qui concerne notre capacité à prédire l'accumulation des métaux dans les biofilms, nous avons été en mesure de valider une approche en laboratoire qui permettra de poursuivre le développement d'un modèle prédictif de l'accumulation des métaux sans devoir recourir systématiquement à des sorties de terrain coûteuses. Ce type de modèle peut aider les gestionnaires de l'environnement à identifier les problématiques de contamination métallique et à prioriser les interventions. Parmi les questions de recherche soulevées par ces travaux, il demeure à déterminer quel rôle peut jouer le substrat sélectionné dans le contrôle des conditions physico-chimiques au sein même du biofilm. En collaboration avec COREM et le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), ce projet a permis de contribuer à la formation de quatre étudiantes à la maîtrise. Ces travaux contribuent donc à fournir une relève pour le développement durable de l'industrie minière et à améliorer l'évaluation des impacts de l'exploitation minière et des bénéfices des traitements des eaux novateurs développés par COREM.

6. ÉTUDIANTS ET ÉTUDIANTES, POSTDOCTORANTS ET POSTDOCTORANTES IMPLIQUÉ(E)S DANS LE PROJET

A) Indiquez le nombre d'étudiant(e)s et de stagiaires postdoctoraux / postdoctorales impliqué(e)s dans la réalisation du projet de recherche par cycle d'études.

Collège / Université	1 ^{er} cycle	Maîtrise	Doctorat	Postdoctorat
INRS	2	4		