



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Empreinte spatiale des mines sur les communautés microbiennes des sols et de l'eau

Colloque de la Chaire industrielle CRSNG-UQAT sur la biodiversité en contexte minier

Christine Martineau, PhD

Chercheure scientifique

Centre de foresterie des Laurentides



Plan de la présentation

- RNCan, SCF, CFL...
- Le microbiome des sols et de l'eau: pourquoi l'étudier?
- Description du projet

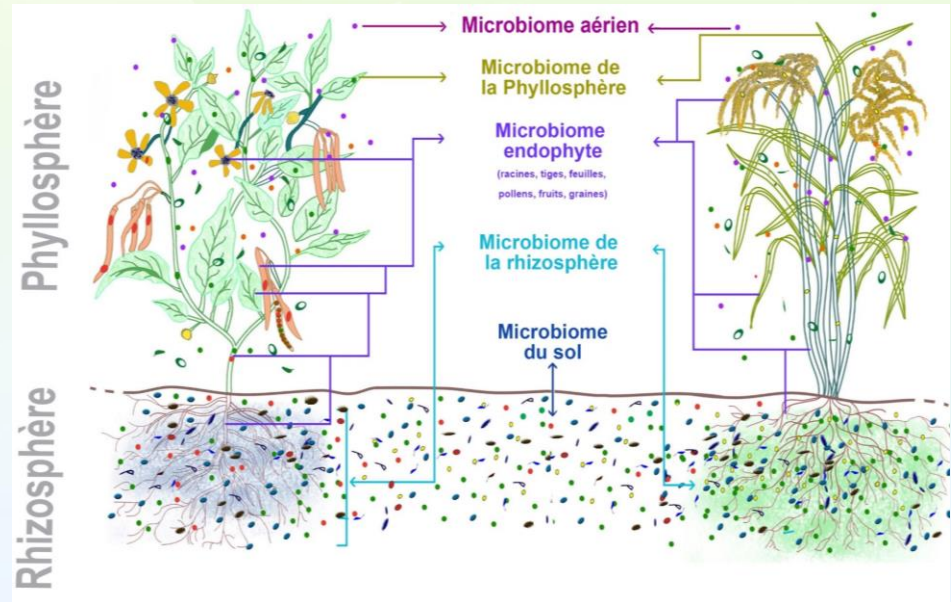
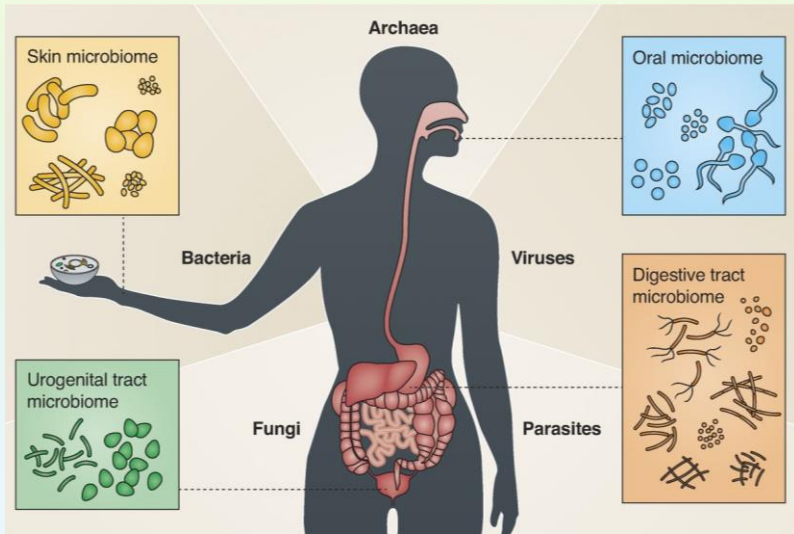


RNCan en bref

- Élaboration de politiques et d'innovation scientifique dans les domaines de:
 - forêts et foresterie (**Service Canadien des Forêts, SCF**)
 - sources d'énergie et réseau de distribution (CanmetÉNERGIE)
 - minéraux et exploitation minière (CanmetMINES)
 - sciences de la Terre (Commission Géologique du Canada)
- Le SCF offre une expertise et des avis scientifiques et politiques sur des enjeux nationaux liés au secteur forestier:
 - leadership en matière d'environnement dans le secteur forestier canadien;
 - approche visionnaire en matière de politiques et de planification de l'aménagement forestier durable;
 - connaissance des forêts fondée sur la science et la recherche.
- Le Centre de Foresterie des Laurentides, situé à Québec, est l'un des 6 centres de recherche du SCF
- Programme de recherche du SFC sur les effets cumulatifs des perturbations anthropiques et naturelles sur les écosystèmes forestiers



Le **microbiome** fait référence à l'ensemble des microorganismes (bactéries, bactériophages, champignons, protozoaires, virus) qui colonisent un environnement.



© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017



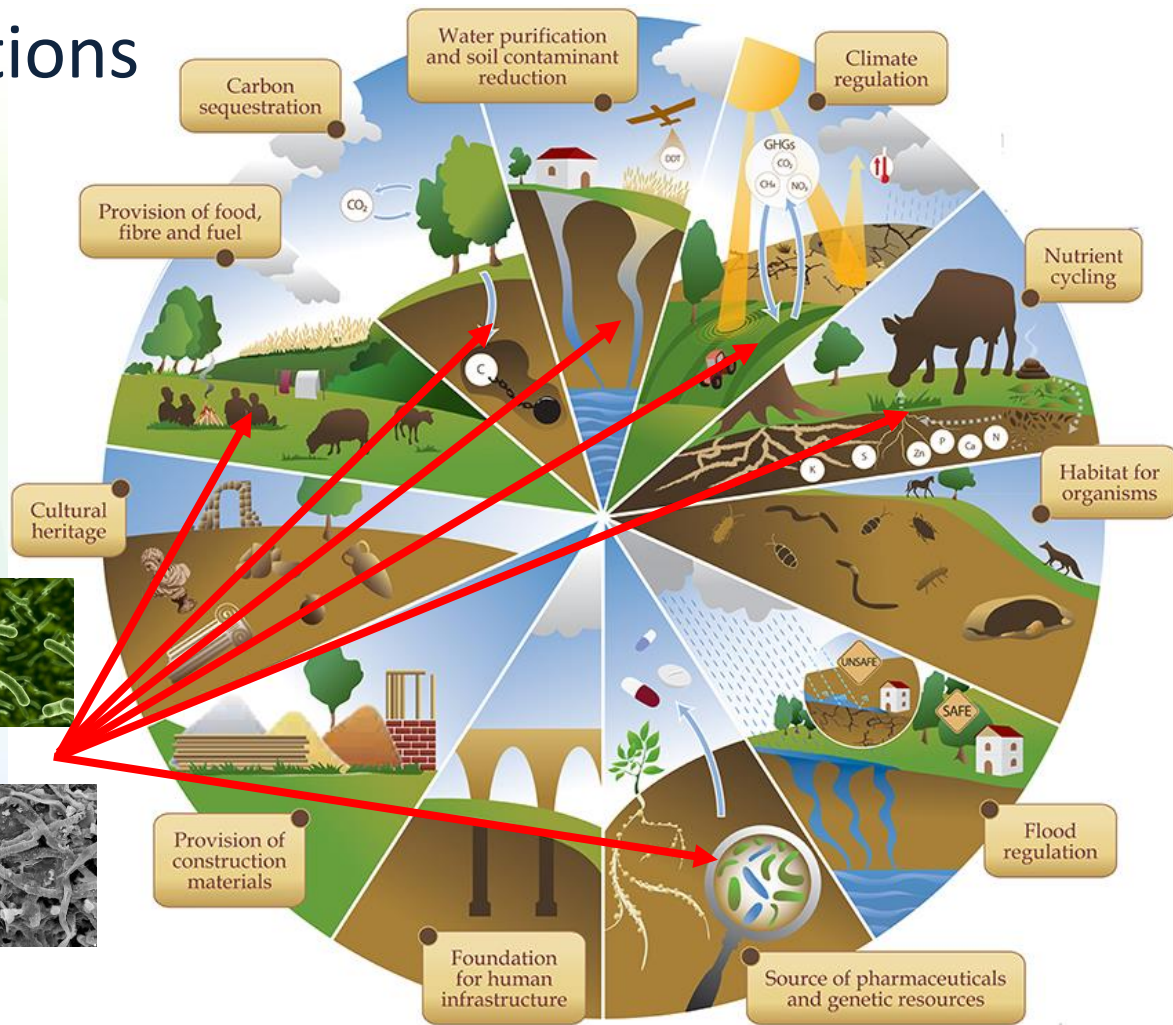
Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Microbiome et fonctions écologiques des sols

- Cycle du carbone, production/dégradation de gaz à effet de serre
- Recyclage des nutriments
- Dégradation des contaminants
- Production de nourriture, de fibre et d'énergie



© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources Canada



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Étude du microbiome des sols et de l'eau

- La majorité des microorganismes environnementaux ne peuvent être mis en culture en laboratoire
- Ce n'est qu'avec les méthodes de biologie moléculaire que les gènes des microorganismes non cultivables ont pu être identifiés et décrits.
- L'arrivée des technologies de séquençage à haut débit ont permis une étude approfondie du microbiome des sols et de l'eau.

48 séquences



Séquenceur 1^{re} génération

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017

25-50 millions de séquences



ABI Ion Proton



Illumina MiSeq

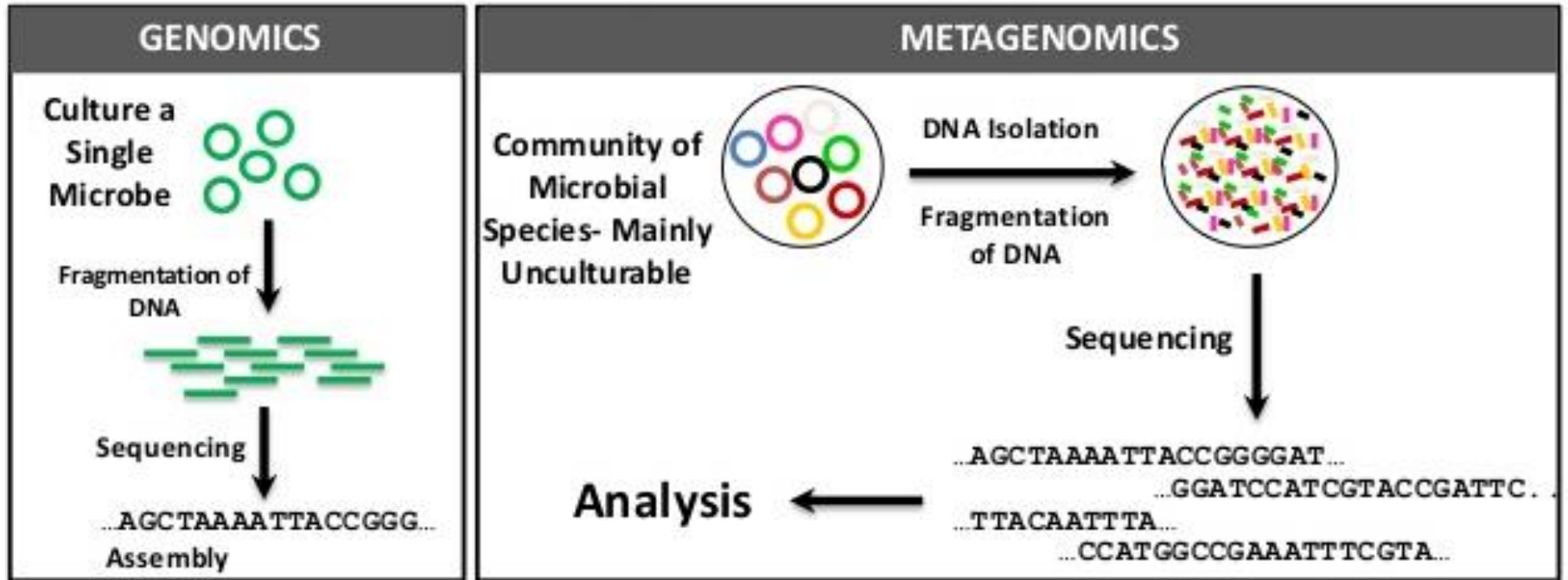
20 milliards de séquences



Illumina NovaSeq



Génomique vs métagénomique



© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Sites d'études – Microbiome - CFL



Impacts possibles de l'activité minière sur le microbiome des sols et de l'eau

- **Effets toxiques** des métaux lourds menant à des changements dans la diversité, l'abondance et l'activité des microorganismes.
- Effet direct des métaux lourds sur l'**activité enzymatique**:
 - Le plomb réduit l'activité des uréases, catalases, invertases et acides phosphatases
 - Inhibition de plusieurs processus microbiens enzymatiques tels que la nitrification ou la fixation de l'azote
- D'autres propriétés des sols et de l'eau peuvent être modifiées (ex.: pH) et ainsi affecter les communautés microbiennes



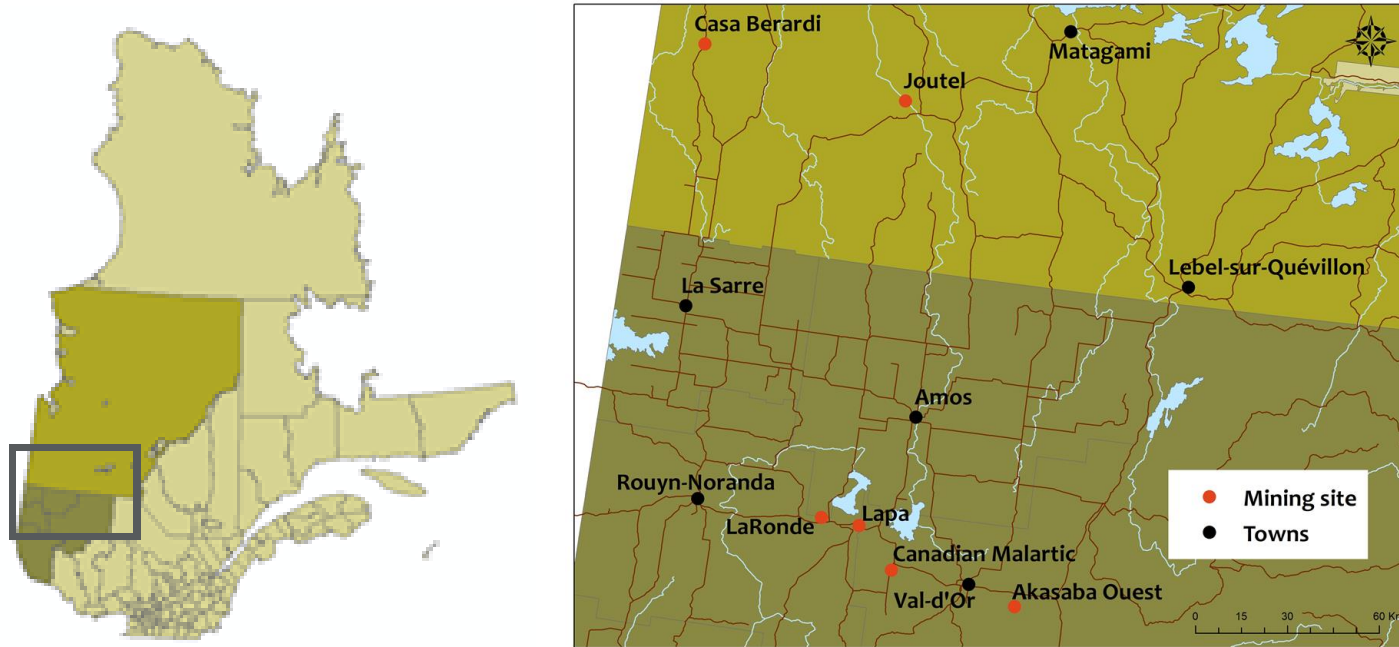
Objectif

Évaluer l'impact de l'activité minière sur les communautés microbiennes et les processus qui leurs sont associés dans les sols et les cours d'eau autour des mines

- Impact de la distance de la mine
- Impact du cycle de la vie de la mine
- Impact du type d'écosystème



Sites d'étude



Régions de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017

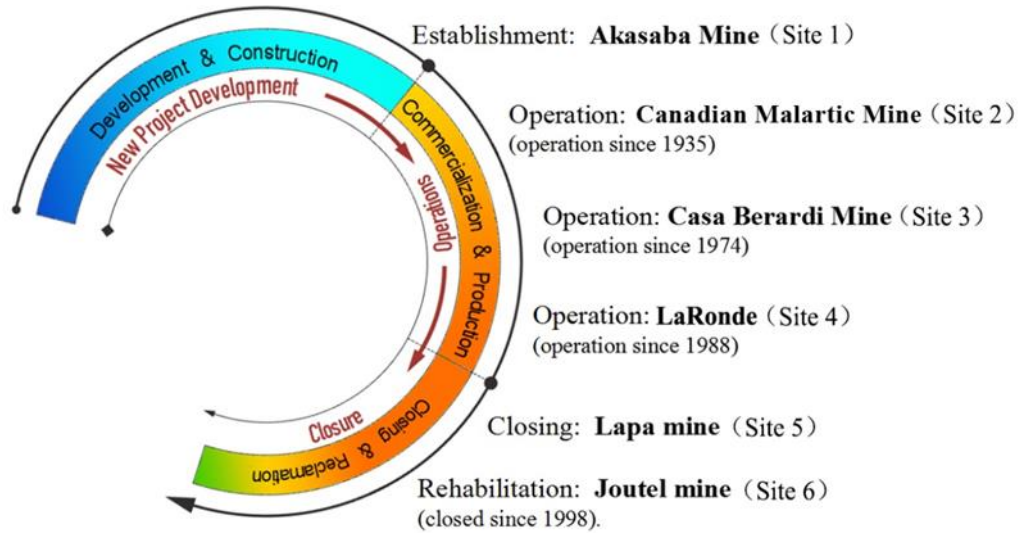


Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Dispositif expérimental



6 mines à différents stades du cycle de la vie
d'une mine + 2 sites de référence



Transects autour de la mine de Joutel. Les parcelles sont situées à 0, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 m

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017

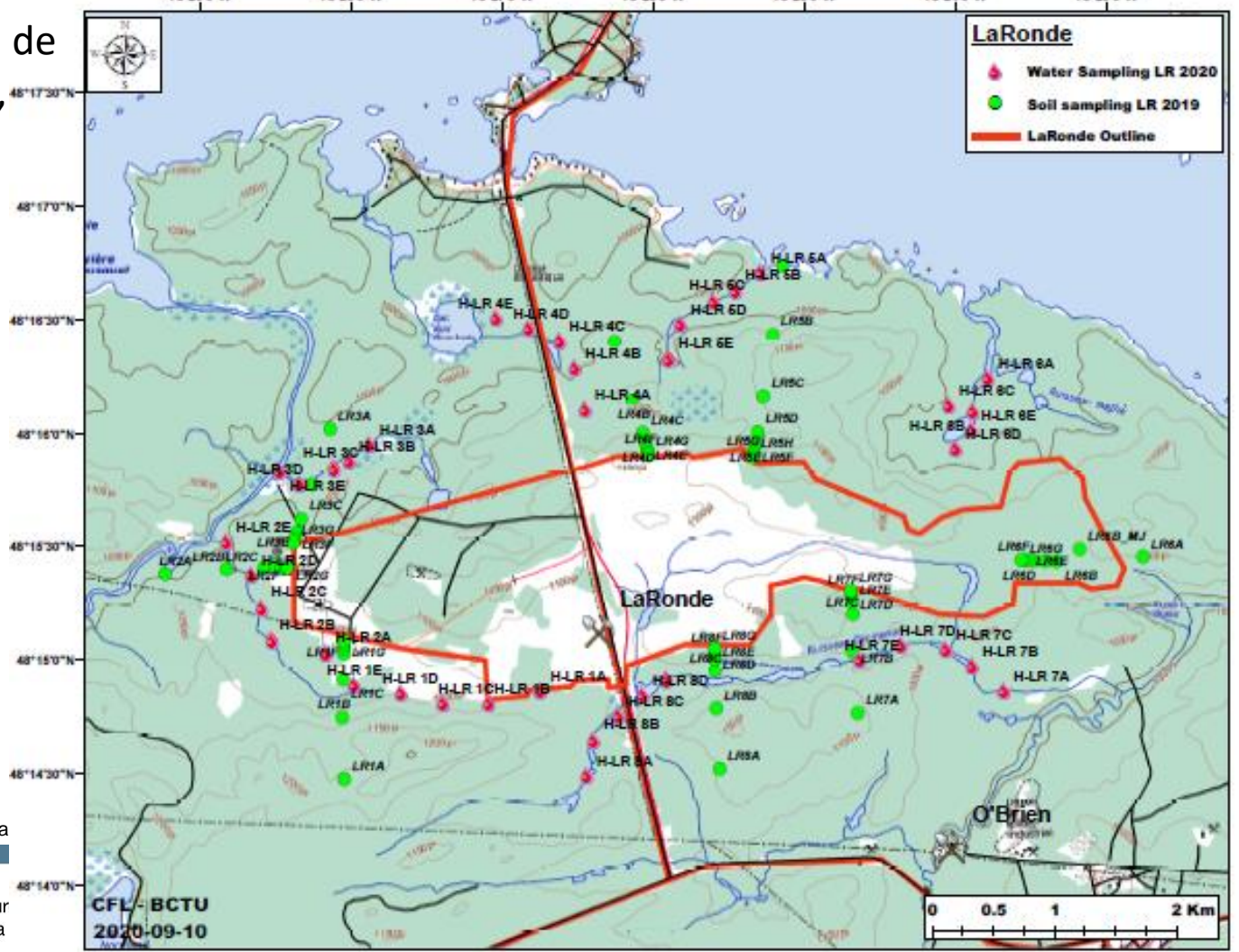


Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Plan d'échantillonnage de l'eau et des sédiments, LaRonde 2020



Récolte d'échantillons



Sol organique + minéral, 2019 (>300 échantillons)



Eau de ruisseaux/rivières, 2020-2021



Sédiments, 2020-2021

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources Canada



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Propriétés physico-chimiques

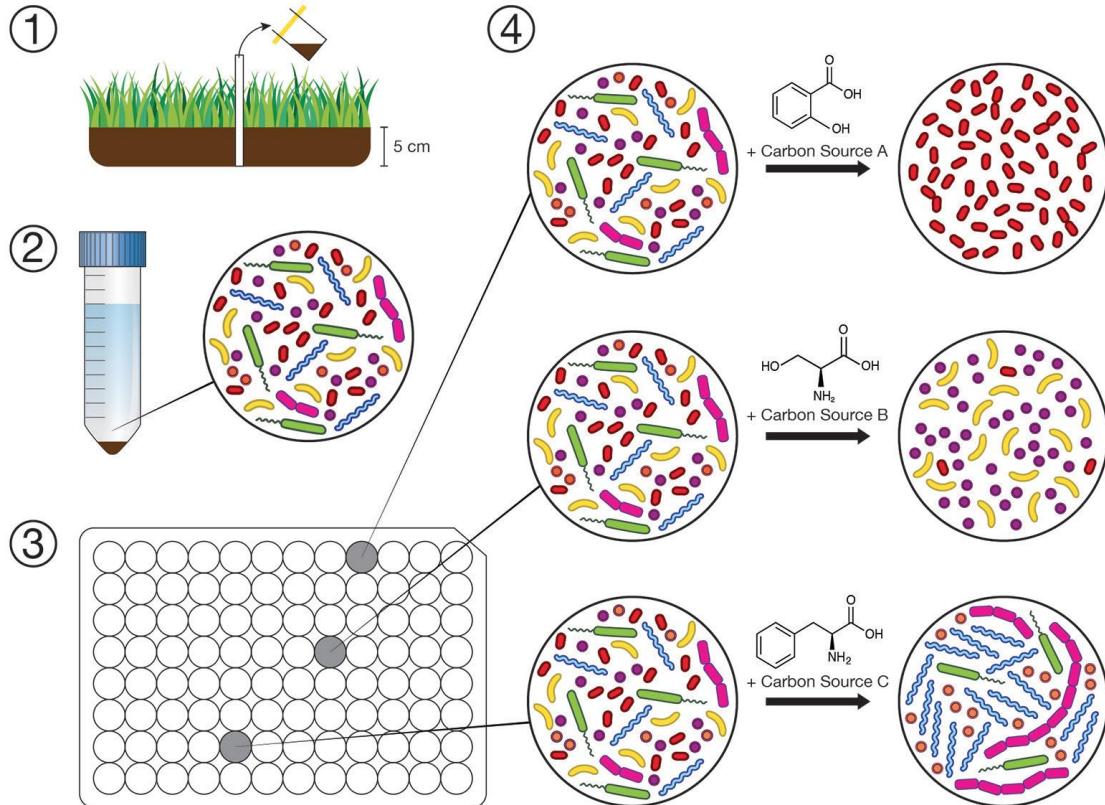
- Grande influence sur les communautés microbiennes
- Peuvent être affectées par l'activité minière

| Sample type | Physico-chemical properties |
|-------------|---|
| Sols | pH, total C-N-S, DOC, DON, exchangeable cations, heavy metals |
| Eau | pH, TOC, DOC/DOM, nutrients (TN, TP), heavy metals |
| Sédiments | pH, total C-N-S, DOC, DON, exchangeable cations, heavy metals |

✓ Analyses complétées pour les sols

Profils métaboliques - Biolog Ecoplates

- Plaques 96 puits comprenant 31 sources de carbone en triplicats
- Couleur mauve si une source de carbone peut être utilisée par les microorganismes de l'échantillon
- Incubation et mesure de l'absorbance pendant 10 jours



© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Biolog Ecoplates



- ✓ Analyses complétées pour les sols

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2017



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada 

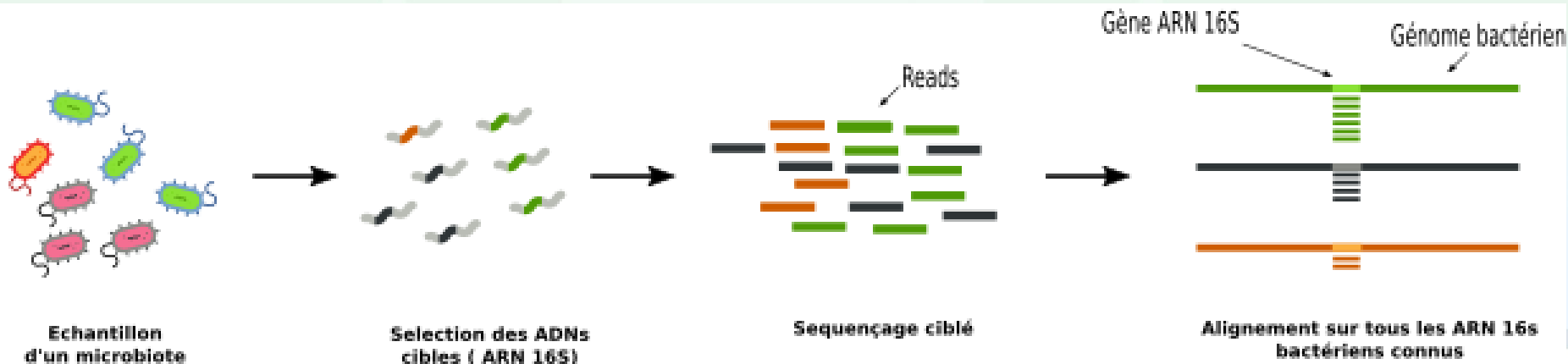
Métabarcoding

Le métabarcoding ou **métagénomique ciblée** : un gène unique reconnu comme un marqueur taxonomique pour un groupe d'organismes est amplifié et séquencé à partir de l'ADN environnemental.

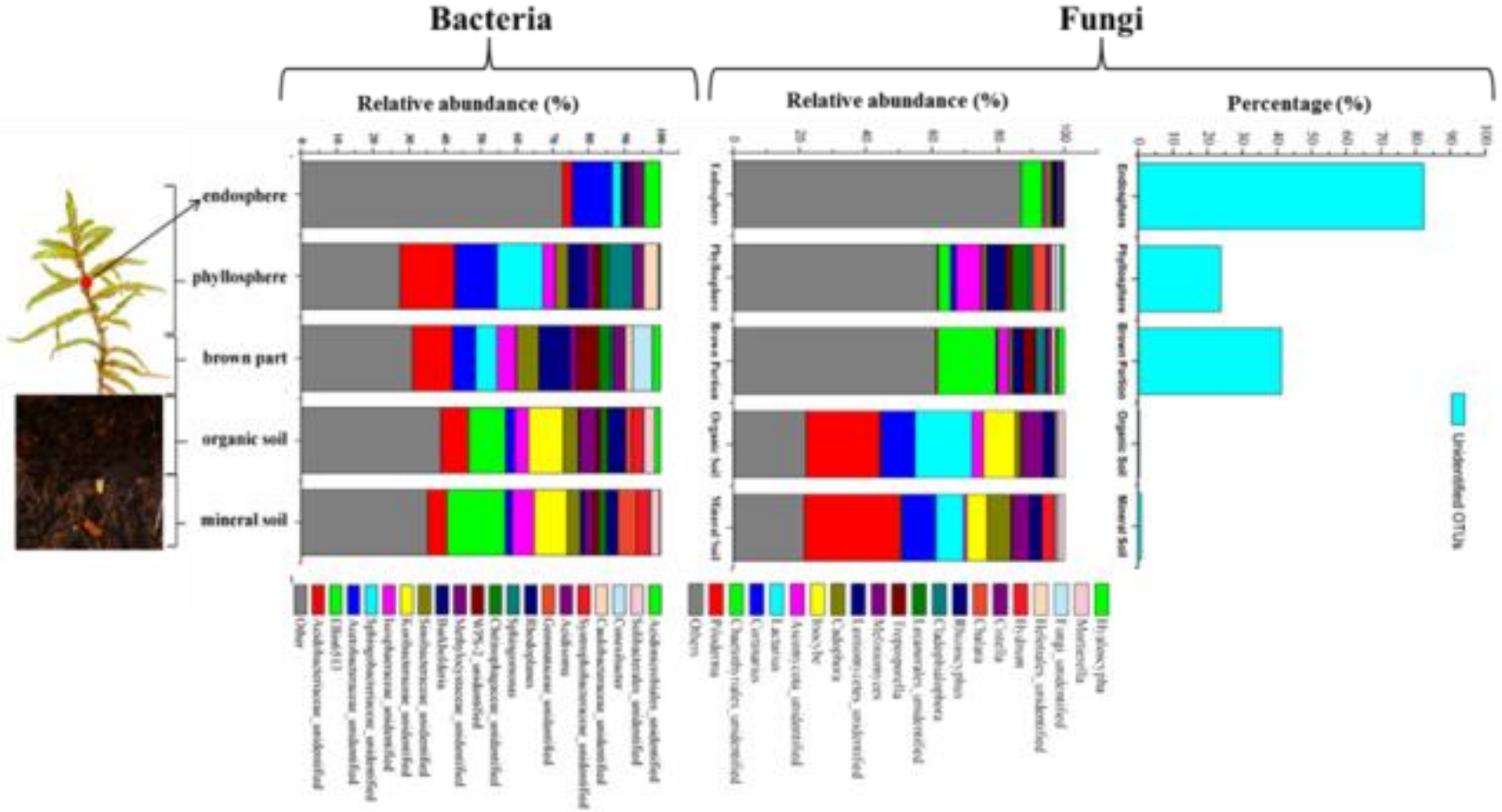
Gènes marqueurs utilisés pour identifier différents groupes d'organismes vivants:

Bactéries/archaea: 16S

Champignons: ITS



Métabarcoding



Prochaines étapes...

- Finaliser l'analyse des données pour la première année du projet (sols) et partager les résultats avec les collaborateurs
- Échantillonnage et analyses d'eau et de sédiments (2020-2021)
- Intégration et diffusion des données



Résultats attendus

- Ensemble complet de données pour chacune des mines permettant d'évaluer leur impact sur les communautés microbiennes en dehors de la zone principale d'activité;
- Élaboration d'un ensemble d'indicateurs sensibles permettant d'évaluer ces impacts
- Stratégies d'atténuation qui tiendront compte du contexte particulier des régions boréales



Collaboration

Collaborateurs SCF:

Erik Emilson, CFGL, écologie aquatique

Jérôme Laganière, CFL, cycles biogéochimiques dans les sols

Équipe terrain: Sébastien Dagnault, Fanny Michaud, Olivier Jeffrey

Collaborateurs externes:

Nicole Fenton, Chaire industrielle CRSNG-UQAT sur la biodiversité en contexte minier, écologie végétale

Isabelle Demers, Chaire de recherche du Canada sur l'intégration de l'environnement dans le cycle de vie d'une mine

Lucienne Anctil, Coordonnatrice environnement, Hecla Québec, Mine Casa Berardi

Josée Noël, Surintendante environnement, Agnico Eagle

Mélanie Nagati, chercheure, biologie et écologie forestière

Et tous les partenaires de la Chaire! Merci!

