

MICROBIAN Diversité et fonction des microbiomes dans la région des Montagnes Sør Rondane, Antarctique oriental

Résumé

Contexte

Les rares zones libres de glace en Antarctique comptent parmi les habitats terrestres les plus extrêmes de notre planète. La vie dans ces lieux est dominée par les organismes microbiens. En conséquence, les réseaux trophiques sont fortement tronqués, avec peu de mézozoaires consommant la matière organique et la biomasse microbienne. L'élucidation des facteurs qui façonnent la biodiversité de ces microbiomes et contrôlent leur contribution aux processus biogéochimiques, fournit la base scientifique pour la cartographie et classification des habitats, pour développer des stratégies de conservation, pour guider les efforts de surveillance à long terme et pour prédire leur réponse possible aux futurs changements environnementaux. À cet égard, les nunataks dans l'intérieur de l'Antarctique de l'Est, comme les Montagnes Sør Rondane (SRM), sont beaucoup moins bien étudiés que ceux des régions plus côtières et les Vallées Sèches de McMurdo. Ceci est surprenant compte tenu de leur exposition très ancienne et de leur rôle potentiel de refuge libre de glace durant les maximas glaciaires du Néogène et du Pléistocène. Les montagnes Sør Rondane représentent un grand nunatak avec une surface d'environ 900 km², englobant une large gamme d'habitats terrestres, différant par la géologie et les caractéristiques du sol, le temps d'exposition et les conditions microclimatiques.

Objectifs

Les objectifs du projet MICROBIAN étaient de (i) utiliser une combinaison de techniques de télédétection et d'observations de terrain à courte portée pour cartographier les caractéristiques physiques de l'habitat et la présence et l'étendue des communautés de tapis microbiens et de croûtes biologiques dans un rayon de 200 km autour de la station antarctique Princess Elisabeth (PEA), (ii) générer un inventaire complet de la diversité taxonomique et fonctionnelle des communautés microbiennes dans ces habitats, et cultiver et caractériser les taxons indicateurs bactériens et cyanobactériens et les déposer comme matériel de référence dans les collections BCCM, (iii) mesurer les fonctions écosystémiques clés, y compris la photosynthèse, dans les communautés microbiennes représentatives des principaux habitats de la région, (iv) utiliser des expériences de terrain en mésocosmes pour imiter les effets possibles d'un changement climatique futur sur la diversité fonctionnelle et taxonomique de ces écosystèmes microbiens, et (v) mener des expériences sur le terrain pour informer les décideurs politiques en vue de la prise de décision concernant les mesures de protection environnementale et les précautions à prendre pour minimiser l'introduction et la propagation d'espèces non indigènes et pour éviter la contamination croisée entre les sites. Le projet fournira également une validation concrète de l'utilisation des images satellites à haute résolution pour identifier les régions d'intérêt biologique particulier dans l'Antarctique oriental et apportera plus généralement une contribution significative à notre connaissance de l'écologie microbienne terrestre de l'Antarctique.

Conclusions

L'utilisation d'images satellitaires optiques multivues à haute résolution a permis une estimation précise de l'élévation, de la pente et du relief des nunataks antarctiques. Ces caractéristiques impactent la rétention d'eau et la disponibilité de la lumière, qui sont importantes pour déterminer la présence, la composition et le fonctionnement des communautés microbiennes dans ces environnements. L'acquisition de données supplémentaires grâce à un drone s'est avérée très performante, permettant d'estimer la pente à l'échelle centimétrique et les reliefs des sites d'échantillonnage individuels. Les données du drone ont également révélé des inexactitudes dans les emplacements GPS des sites

MICROBIAN Diversité et fonction des microbiomes dans la région des Montagnes Sør Rondane, Antarctique oriental

d'échantillonnage individuels, et permettront donc d'affiner ces coordonnées sur la base de photographies de terrain. La validation au sol pour des recherches futures nécessitera également la mise en place d'un réseau régulier plus dense d'enregistreurs de température pour mieux analyser l'effet de la température et améliorer la précision des résultats. Les données du Modèle numérique d'élévation et de température (à la fois *in situ* et par satellite) collectées durant le projet MICROBIAN pourraient être utilisées pour mettre en place et évaluer un modèle d'irradiance solaire diurne et de réchauffement des surfaces. Ces modèles pourraient ensuite être utilisés pour déterminer la disponibilité de la lumière et de l'eau liquide sur les différents versants de la montagne. Ceci est important, étant donné l'effet de ces facteurs sur les communautés microbiennes et puisque de grandes différences de température et d'humidité relative ont été observées entre les sites d'échantillonnage le long de gradients d'humidité dans les différentes régions. Les clôtures à neige installées ont toutefois atténué les fluctuations de température par rapport aux graviers exposés des zones de contrôle. Les sites d'échantillonnages situés dans le même type de substrat rocheux avaient tendance à avoir des caractéristiques chimiques similaires. Il convient toutefois de noter que la région de la « Vallée sèche » est unique en termes de caractéristiques du sol, et ne ressemblait pas aux échantillons de moraine d'autres endroits (Austkampane et Yûboku Valley), probablement à cause des conditions pédologiques et microclimatiques très particulières.

L'analyse des données de séquençage des amplicons a montré que le pH et le type de roche mère étaient les principaux facteurs abiotiques structurant les communautés microbiennes dans les régions libres de glace. Les communautés bactériennes étaient principalement constituées d'Actinobactéries, d'Acidobactéries et de Cyanobactéries. Les Bacteroidetes et les Chloroflexi étaient également particulièrement abondants tandis que les phylums abondants restants étaient constitués de Proteobacteria, Abditibacteriota, Deinococcus-Thermus et Patescibacteria. Les Actinobactéries et les Cyanobactéries semblaient souvent être inversement corrélées, les Cyanobactéries étant moins abondantes dans les échantillons de moraine, tandis que les Actinobactéries y étaient les plus abondantes. En revanche, les Cyanobactéries représentaient une partie importante de la diversité de Yûboku Valley, où se trouvent les seuls systèmes lacustres connus dans le SRM occidental. Les Acidobactéries se sont avérées bien représentées dans tous les types de sols. Chez les eucaryotes, Chlorophyta était le phylum le plus important suivi de Metazoa, Cercozoa et Ciliophora. Les métazoaires semblaient être bien représentés dans tous les types de sols mais moins dans les sols morainiques, les Cercozoaires y étant plus abondants ainsi que dans les marbres.

En utilisant la métagénomique non ciblée, nous avons pu reconstruire 373 ébauches de génomes appartenant à 14 phylums avec une complétude moyenne de 86,29 %. Les gènes de la respiration organotrophique aérobie étaient parmi les plus abondants, tandis que les gènes de la respiration et de la fermentation anaérobies étaient peu représentés dans les échantillons. Parmi les gènes non impliqués dans la respiration aérobie, les deux gènes les plus abondants sont ceux codant pour RuBisCO (*rbcL* ; 47,6 %) et la monoxyde de carbone déshydrogénase de forme I (*coxL* ; 23,3 %) respectivement. Les gènes impliqués dans la phototrophie étaient relativement rares (*psaA* ; 8,21 %, *psbA* ; 12,4 %, RHO ; 6,7 %). Nos résultats suggèrent que l'oxydation des gaz en traces atmosphériques et la chimiosynthèse pourraient être des processus importants dans les montagnes de Sør Rondane, soutenant la production primaire indépendamment de la photoautotrophie. La distribution de ces gènes était corrélée positivement avec l'altitude et inversement corrélée à l'humidité du sol et au carbone organique total. L'abondance la plus élevée des gènes impliqués dans ces processus

MICROBIAN Diversité et fonction des microbiomes dans la région des Montagnes Sør Rondane, Antarctique oriental

alternatifs a été trouvée dans les sols extrêmement oligotrophes d'Austkampane et de la région de la « Vallée sèche ».

En synthèse, nos résultats montrent que les caractéristiques géographiques des nunataks influencent la présence et la composition des communautés microbiennes, en plus du type de substrat rocheux et des facteurs géochimiques tels que le pH. Dans ces environnements ultraoligotrophes, les voies alternatives de production primaire semblent cruciales pour le bon fonctionnement des communautés microbiennes.

Les résultats générés lors de ce projet ont également été utilisées dans des activités de soutien aux décideurs politiques, dans le cadre des réunions du SCAR et du CEP, notamment pour la proposition de création d'une ZSPA dans les montagnes des Sør Rondane. Ils ont aussi été présentés lors de diverses activités de sensibilisation et de diffusion des connaissances.