



Dr. Tamara Münkemüller
Scientist, CNRS

Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA)
www.muenkemueller.de
UMR CNRS-UGA-USMB 5553
Université Grenoble Alpes, CS 40700
38058 Grenoble cedex 9

Comment se portent les prairies alpines après cinq ans d'expérience sur le réchauffement climatique ?

Responsable du projet : Tamara Münkemüller, LECA, Grenoble

Question changement climatique, les montagnes sont un véritable laboratoire naturel. En effet, elles présentent de fortes variations de température avec l'altitude. Il y a cinq ans, nous, un groupe de chercheurs du Laboratoire d'écologie alpine (LECA) de Grenoble, avons décidé d'utiliser cette forte variabilité des températures à petite échelle pour simuler le réchauffement de 3 degrés prévu pour ce siècle dans les Alpes : nous avons déplacé des blocs de prairies vers une zone plus basse et ainsi plus chaude. Il s'agit donc d'une expérience de réchauffement à ciel ouvert et pour un petit écosystème entier, c'est-à-dire avec les plantes, les sols et tous les organismes vivants associés.

Dans le détail, sur les prairies du Monétier-les-Bains et avec le soutien de la commune et du Jardin du Lautaret, nous avons commencé une expérience fantastique : échanger deux prairies dont les altitudes diffèrent de 500 mètres. Descendre de 500 mètres en montagne, c'est augmenter les températures de trois degrés et prolonger de huit semaines la saison sans neige. En 2016, nous avons transporté par hélicoptère 40 mètres carrés de prairie de 2450 à 1950 mètres, et 40 mètres carrés de 1950 à 2450 mètres - du jamais vu dans la région !

La prairie réchauffée est depuis lors au centre de notre attention (Fig. 1) : comment les plantes, les organismes souterrains et les sols qui ont été déplacés vont-ils réagir, et à quelle vitesse vont-ils s'adapter - si tant est qu'ils le fassent ? En répondant à cette question, nous espérons mieux comprendre comment nos montagnes évolueront dans les années à venir en raison du changement climatique en cours.

En 2021, nous avons commencé à publier les premiers résultats de cette expérience !

Même si la plupart des plantes de notre expérience vivent plusieurs années (plantes dites "pérennes") et que de nombreuses plantes déplacées sont encore vivantes aujourd'hui, elles changent et réagissent au réchauffement. Plus haut dans les montagnes, il fait froid et les hivers sont plus longs. La vie là-haut est limitée par cet

environnement hostile. Plus bas, les températures sont plus élevées, les périodes sans neige sont plus longues et les plantes bénéficient davantage de l'énergie du soleil.



Figures : Echantillonnage de la composition végétale, des caractéristiques des feuilles et de la croissance des plantes sur le site de recherche à 1950m près du Col du Lautaret.

Pour chaque plante prise individuellement, la vie est plus facile à moyenne altitude qu'aux hautes altitudes. La végétation est donc plus florissante, mais cela conduit les différentes plantes à entrer en compétition pour accéder à certaines ressources limitées, par exemple l'eau ou les éléments nutritifs du sol. En effet, alors que les zones les plus élevées des montagnes sont caractérisées par un comportement de coopération entre les différentes espèces (par exemple, les plantes en coussins fournissent un abri aux autres espèces), plus bas, nous entrons dans des zones de compétition où certaines espèces dominent la végétation (par exemple la fétuque paniculée, *Patzkea paniculata*).

Dans notre expérience, nous avons constaté que trois ans de réchauffement conduisent déjà à une modification des caractéristiques des plantes de haute montagne : les plantes deviennent plus hautes, les feuilles plus grandes et plus fines, et plus riches en azote. Cela montre que les contraintes liées au climat et aux périodes sans neige étaient beaucoup plus fortes en haut des montagnes et le réchauffement expérimental a réduit ces contraintes. Mais nos analyses des caractéristiques des différentes espèces confirment l'importance d'une autre contrainte à moyenne altitude : la compétition entre espèces. Cela conduit à un changement des caractéristiques des plantes réchauffées plus importante que dans la haute montagne, car chaque espèce va essayer d'exploiter différemment les ressources disponibles (Thèse de Billur Bektas, résultats à publier).

En plus de changer leurs caractéristiques, les plantes modifient leur fonctionnement : Les plantes réchauffées ont une croissance et un développement plus importants grâce à une meilleure utilisation de l'énergie solaire (phénomène de *photosynthèse*). Cependant, les plantes réchauffées ne sont pas aussi efficaces que leurs nouvelles voisines en bas de la montagne déjà habituées au climat plus chaud. Ainsi, même si ces plantes réchauffées se portent mieux par rapport à leur ancienne vie dans le froid, elles ne sont pas assez

performantes par rapport à leurs nouvelles voisines et seront probablement remplacées par elles à plus long terme (Thèse de Billur Bektas, LECA, résultats publiés en 2021).

Nous avons également constaté que les plantes réchauffées (sauf les graminées) raccourcissent les périodes où elles fleurissent et produisent des graines. Ainsi, tout en résistant au nouveau climat et aux nouveaux concurrents, elles peuvent moins investir dans la reproduction et donc les générations suivantes. Cela n'est pas seulement mauvais pour leur propre espèce mais peut avoir un effet domino sur d'autres espèces connectées, comme leurs pollinisateurs. En effet, nous avons observé que la diversité des pollinisateurs et les taux de visite des fleurs par les pollinisateurs sont plus réduits avec le réchauffement (Thèse de Billur Bektas, résultats publiés en 2021).

Le réchauffement n'a pas seulement affecté les plantes, mais aussi le sol et la vie dans le sol. Plus précisément, nous avons mesuré que le réchauffement augmentait la quantité de bactéries. Ces bactéries sont responsables pour la transformation de toute la matière morte en éléments nutritifs et en énergie, c'est-à-dire en "nourriture" pour les plantes et les autres formes de vie. Une quantité de bactéries plus importante signifie qu'elles peuvent produire de la nourriture plus rapidement et en plus grande quantité. À long terme, cela affecte l'ensemble de la chaîne alimentaire souterraine, mais aussi les plantes qui pourront pousser encore plus vite et plus haut. Cela profitera surtout aux espèces dites "pionnières", bien adaptées à cette vie rapide, et gênera les espèces plus résistantes mais qui se développent plus lentement (résultats à publier).

Nous avons également mis en évidence des changements importants concernant les rétroactions entre le fonctionnement des sols de montagne et le changement climatique. Nos analyses ont montré que les sols des prairies de haute montagne sont d'importants puits de carbone qui stockent une quantité de carbone aussi élevée que les sols des forêts. Cependant, le réchauffement expérimental et l'augmentation associée de la quantité de bactéries ont entraîné une libération accrue de ce carbone (Thèse de Norine Khedim, Environnements DYnamiques et TErritoires de la Montagne - EDYTEM, résultats à publier). Il y a donc un risque que sous l'effet du réchauffement climatique, le carbone stocké dans les sols de montagne soit libéré dans l'atmosphère sous forme de gaz à effet de serre, ce qui accélérerait encore le réchauffement climatique.

Nous avons beaucoup de projets pour l'avenir !

A l'automne 2021, nous allons amplifier notre expérience en transférant des blocs de prairies à des altitudes intermédiaires et en ajoutant un nouveau site d'étude à l'Alpe d'Huez (projet "TransAlp" impliquant plusieurs laboratoires et financé par l'agence nationale de la recherche). Cela permettra de savoir si nos premiers résultats sont valables pour différents sites, et aussi d'évaluer à quel point les changements observés dépendent de la hausse de température simulée. Dans le futur, nous nous concentrerons sur les effets à plus long terme du changement climatique et nous intéresserons plus en détails à la vie du sol, en utilisant des nouvelles technologies comme le séquençage ADN environnementale pour étudier toute la vie du sol - des microorganismes jusqu'à toutes les petites bêtes comme les vers de terre et les insectes souterrains.

Source:

Bektaş, B., Thuiller, W., Saillard, A., Choler, P., Renaud, J., Colace, M.-C., Della Vedova, R., Münkemüller, T. Lags in phenological acclimation of mountain grasslands after recent warming. *Journal of Ecology*.