

CHARLES Cécile (2023): The impact of glacier retreat on plant diversity and soil functioning

ABSTRACT

An emblematic sign of climate change in Switzerland is the retreat and extinction of glaciers. As glaciers retreat, new terrains are exposed to the colonization by a variety of organisms, leading to changes in ecological communities and soil properties. Indeed, glacier retreat involves three major ecological changes at the local scale: a loss of glacial habitat, a gain of soil habitat, and a decrease in the influence of glacier microclimate on surrounding habitats. However, little is known about the development of soils, their physico-chemical changes, and their influence on plant diversity after glacier retreat. This undermines our ability to mitigate the dual impact of glacier retreat on plant communities and soil functioning. This study was prompted by the growing need for interdisciplinary approaches, in response to the increasing rates of glacier retreat. This work investigates how the retreat of the Mont Miné and Ferpècle glaciers (Valais Alps, Switzerland) influences plant diversity and soil functioning. To this end, we carried out vegetation surveys and soil analyses on four ice-free stages deglaciated between 1864 and 2022. Plant communities (composition, diversity, richness, Landolt indicators), soil CO₂ respiration, and soil physico-chemical properties (pH, C/N ratio, available elements, total elements, granulometry) were studied on 16 plots.

The results showed that, as one moves away from the glacier, vegetation develops according to the principles of ecological succession. We go from pioneer vegetation after 20 years of glacier retreat, to intermediate vegetation, to finally reach a coniferous forest after 140 years of glacier retreat. In this study, the increase in plant diversity is associated to soil development. In turn, the increase in plant diversity leads to an increase in soil organic matter and soil CO₂ flux which promote plant colonization and diversity. Over 120 years, soils acidify at a rate of 0.02 units per year, organic matter accumulates, and the concentration of elements available to plants increases. As soils evolve and are attacked by weathering processes with glacier retreat, this influences the type of plants that become established. In turn, the dominance of few plant species in late stage stabilizes soil development but decreases plant diversity and species richness, which halves between the pioneer and late stages (median values of 27 and 13 species respectively). The outcome of this project intends to contribute to our understanding of the consequences of climate change on mountain ecosystems, and ways to anticipate its

impact. This offers the prospect of anticipating changes of these ecosystems.

KEYWORDS

Glacier retreat, vegetation succession, soil development, soil respiration, Swiss Alps

RÉSUMÉ

Le recul et l'extinction des glaciers constituent un signe emblématique des changements climatiques en Suisse. Lorsque les glaciers reculent, de nouveaux terrains sont exposés à la colonisation par une variété d'organismes, ce qui entraîne des changements dans les communautés écologiques et les propriétés du sol. En effet, le recul des glaciers entraîne trois changements écologiques majeurs à l'échelle locale : une perte d'habitat glaciaire, un gain d'habitat pédologique et une diminution de l'influence du microclimat des glaciers sur les habitats environnants. Cependant, les connaissances sur le développement des sols, leurs changements physico-chimiques et leur influence sur la diversité des plantes après le retrait des

glaciers sont peu nombreuses. Cela compromet notre capacité à atténuer le double impact du retrait des glaciers sur les communautés végétales et le fonctionnement des sols. Cette étude a été motivée par le besoin croissant d'approches interdisciplinaires, en réponse au taux croissant de recul des glaciers. Ce travail étudie comment le retrait des glaciers du Mont Miné et de Ferpècle (Alpes valaisannes, Suisse) influence la diversité végétale et le fonctionnement du sol. Pour ce faire, nous avons réalisé des relevés de végétation et des analyses de sol sur quatre stades glaciaires déglacés entre 1864 et 2022. Les communautés végétales (composition, diversité, richesse, indicateurs de Landolt), les flux de CO₂ du sol et les propriétés

physico-chimiques du sol (pH, rapport C/N, éléments disponibles, éléments totaux, granulométrie) ont été examinés sur 16 parcelles.

Les résultats ont montré qu'à mesure que l'on s'éloigne du glacier, la végétation se développe selon les principes de la succession écologique. On passe d'une végétation pionnière après 20 ans de retrait glaciaire, à une végétation intermédiaire, pour finalement aboutir à une forêt de conifères après 140 ans de retrait glaciaire. Dans cette étude, l'augmentation de la diversité végétale est associée au développement du sol. À son tour, l'augmentation de la diversité végétale entraîne une augmentation de la matière organique du sol et du flux de CO₂ en

provenance du sol, ce qui favorise la colonisation et la diversité des plantes. En 120 ans, les sols s'acidifient à un taux de 0.02 unité par an, la matière organique s'accumule et la concentration des éléments disponibles pour les plantes augmente. L'évolution des sols, qui sont attaqués par les processus d'altération lors du retrait des glaciers, influe sur le type de plantes qui s'établissent. La dominance d'un petit nombre d'espèces végétales à un stade avancé stabilise le développement du sol, mais diminue la diversité végétale et la richesse spécifique qui diminue de moitié entre les stades pionnier et tardif (valeurs médianes de 27 et 13 espèces respectivement). Les résultats de ce projet devraient contribuer à notre compréhension des conséquences des changements climatiques sur les écosystèmes de montagne et des moyens d'en anticiper les impacts. Cela permet d'anticiper les changements de ces écosystèmes.