

WASSERFLECHTEN IN ALPINEN QUELL-LEBENS-RÄUMEN

KAY HAGMANN, CHRISTINE KELLER,
CHRISTOPH SCHEIDEGGER,
SILVIA STOFER, SABINE FINK

Quellen und Quellbäche der alpinen Stufe sind Lebensraum einer Vielzahl von aquatischen Gesteinsflechten. Anhand von Untersuchungen in drei Regionen (Flüelatal GR, Grimselpass VS, Löt-schental VS) zeigte sich die Wichtigkeit kleinräumiger Strukturen für die untersuchten Wasserflechtenarten. Die Feldstudie machte deutlich, dass auch nahe gelegene Bäche nicht die gleichen Arten aufweisen, und dass die Nutzung und Verbauung der Gebirgsbäche die Lebensräume für aquatische Flechten reduzieren können.

Einführung

Quell-Lebensräume mit ihren typischen Insekten, Pflanzen, Moosen und Flechten sind als Ursprung der Fließgewässer wichtige Ausgangspunkte für die Vernetzung von Lebensräumen sowie von weiteren Vorkommen (Populationen) flussab-

wärts. In der alpinen Stufe bilden Quellen und die obersten Abschnitte eines Baches einerseits Rückzugsorte für Arten (Refugien) und enthalten andererseits Ausgangs-Populationen (source- oder Quell-Populationen) für weitere Vorkommen (sink-Populationen) flussabwärts, mit denen sie in einem Netzwerk entlang der Bäche im Austausch stehen (sogenannte Metapopulationen). Quell-Lebensräume sind somit wichtig für den Schutz von seltenen und prioritären Arten von Fließgewässern.

Wasserflechten in alpinen Quell-Lebensräumen

Quellen der (hoch)alpinen Stufe beherbergen Wasserflechten, die bei ausreichender Vernetzung über das Wasser auch in Gebirgsbächen und auf der sub-alpine Stufe weitere Vorkommen ausbilden. Wasserflechten sind Gesteinsflechten, welche unter Wasser oder an amphibischen Standorten, zum Beispiel im Spritzwasserbereich, wachsen. Dabei sind Wasserflechten nicht nur durch die

systematische Stellung der Arten, sondern durch ihre ökologischen Ansprüche an den Standort definiert. (Keller, 1989).

Die Ansprüche und Verbreitung von Wasserflechten und deren Vernetzung in alpinen Quellen und Gebirgsbächen wurden im Projekt «Resiliente Fließgewässer: Refugien – Vernetzung – Trittsteine» im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprogramms «Wasserbau und Ökologie» untersucht (Fink et al., 2022). Im Flüelatal (GR), in der Region des Grimselpasses (VS), und im Löt-schental (VS, Abb.1) wurden Quellen sowie deren Quellbäche auf unterschiedlichen Höhenstufen zwischen 1900 und 2600 m.ü.M. und an verschiedene Hanglagen (Hangfuss, Mittelhang, Oberhang) auf das Vorkommen von aquatischen Gesteinsflechten überprüft. Aufgrund der grossen Vielfalt an verschiedenen Flechtenarten und deren schwierigen Bestimmbarkeit im Feld, wurden sechs Flechtenarten als Indikatoren ausgewählt. Bei der Auswahl dieser Arten wurde neben dem Kriterium der

LICHENS AQUATIQUES DANS LES MILIEUX FONTINAUX ALPINS

KAY HAGMANN, CHRISTINE KELLER,
CHRISTOPH SCHEIDEGGER,
SILVIA STOFER, SABINE FINK

Les sources et ruisseaux de source de l'étage alpin abritent de nombreux lichens aquatiques. Des recherches menées dans trois régions (vallée de la Flüela GR, col du Grimsel VS, vallée du Löt-schen VS) ont révélé l'importance des structures de petite taille pour les espèces de lichens aquatiques examinées. L'étude de terrain a montré que même dans des ruisseaux situés à proximité les uns des autres, les espèces n'étaient pas les mêmes. De plus, l'utilisation et l'aménagement des ruisseaux de montagne peuvent réduire les habitats pour les lichens aquatiques.

Introduction

À l'origine des cours d'eau, les milieux fontinaux, avec leurs insectes, plantes, mousses et lichens caractéristiques, sont des points de départ importants pour la mise en réseau des habitats et des popu-

lations en aval. Dans l'étage alpin, les sources et les tronçons les plus en amont d'un ruisseau sont, d'une part, des refuges pour les espèces. D'autre part, on y trouve des populations sources qui coloniseront les cours d'eau plus en aval. Un réseau se déployant le long des ruisseaux permet des échanges entre les populations en amont et en aval, via les métapopulations. Ainsi, les milieux fontinaux sont importants pour la protection des espèces rares et prioritaires des cours d'eau.

Lichens aquatiques dans les milieux fontinaux alpins

Les sources de l'étage de [haute] montagne abritent des lichens aquatiques qui, en cas de connectivité suffisante au-dessus de l'eau, forment d'autres populations également dans les ruisseaux de montagne et dans l'étage subalpin. Les lichens aquatiques sont des lichens saxicoles qui poussent sous l'eau ou dans des milieux amphibies, par exemple dans les zones d'embruns. Les lichens aquatiques

ne sont donc pas définis que par la position systématique des espèces, mais aussi par leurs exigences écologiques liées au site (Keller, 1989).

Les exigences et la propagation des lichens aquatiques ainsi que leur connectivité dans les sources alpines et les ruisseaux de montagne ont fait l'objet du projet «Cours d'eau résilients: refuges – connectivité – relais» mené dans le cadre du programme de recherche interdisciplinaire «Aménagement des cours d'eau et écologie» (Fink et al., 2022). Dans la vallée de la Flüela (GR), la région du col du Grimsel (VS) et la vallée du Löt-schen (VS, fig. 1), la présence de lichens aquatiques a été vérifiée dans des sources ainsi que leurs ruisseaux, et ce à différentes altitudes – entre 1900 et 2600 m – et à différents endroits de la pente (en bas, au milieu et en haut). Étant donné qu'il y a une grande diversité d'espèces de lichens et qu'il est difficile de les déterminer sur le terrain, six espèces de lichens ont été choisies comme indica-

einfachen Bestimmbarkeit auch darauf geachtet, dass die Arten in Kleinstlebensräumen mit unterschiedlichen Überflutungsdauern vorkommen (Keller & Scheidegger, 1994).

Die Studie wurde mit den folgenden sechs Indikatorarten durchgeführt: *Aspicilia aquatica*, *Dermatocarpon arnoldianum* (Abb. 2) und *Dermatocarpon rivulorum* die jeweils 3 - 6 Monate pro Jahr überflutet sein müssen und sich in den Ansprüchen an die Fliessgeschwindigkeit unterscheiden, sowie *Ionaspis odora* (höchstens 3 Monate pro Jahr überflutet), *Koerberiella wimmeriana* (1-2 Monate pro Jahr überflutet) und *Staurothele clopiomoides* (1 - 8 Monate pro Jahr überflutet).

Abb.1: Einer der untersuchten Bäche im Lötschental mit dem Langgletscher im Hintergrund (Foto: Kay Hagmann)



Fig. 1: Un des ruisseaux étudiés dans la vallée du Lötschen avec le glacier de Lang en arrière-plan (photo: Kay Hagmann).

teurs. Lors de la sélection de ces espèces, une attention particulière a été accordée à ce qu'elles soient faciles à déterminer, mais aussi à ce qu'elles soient présentes dans de petits habitats avec différentes durées d'immersion (Keller & Scheidegger, 1994).

L'étude a été menée en se fondant sur les six espèces indicatrices suivantes: *Aspicilia aquatica*, *Dermatocarpon arnoldianum* (fig. 2) et *Dermatocarpon rivulorum*, qui doivent être immergées 3 à 6 mois par année et se distinguent par leurs exigences en matière de vitesse de courant, ainsi que *Ionaspis odora* (immergée max. 3 mois par année), *Koerberiella wimmeriana* (immergée 1 à 2 mois par année) et *Staurothele*

Struktur des Lebensraumes der Wasserflechten

Insgesamt wurden in den drei Gebieten 18 Quell-Lebensräume und deren Bäche untersucht. Dabei wurde von der Quelle bis 200 m bachabwärts in Abschnitten von 25 m der Lebensraum auf das Vorkommen der Indikatorarten kontrolliert (Abb. 3). Um die Anforderungen der Wasserflechten an ihren Lebensraum besser zu verstehen, wurde die Zusammensetzung des Gesteins in den Quellfluren und den Bächen nach Korngrößen, die Fliessgeschwindigkeit des Wassers und die Neigung des Terrains erfasst. Zusätzlich wurden künstliche Aufstauungen, Trittsteine im Bach (bspw. bei Querungen von Wanderwegen) oder Trittschäden von Vieh dokumentiert.

clopiomoides (immergée 1 à 8 mois par année).

Structure des habitats

Au total, 18 milieux fontinaux et leurs ruisseaux ont été analysés dans les trois régions. Sur une distance de 200 m à partir de la source, l'étude s'est fondée sur des tronçons de 25 m, où le milieu a été examiné à la recherche des espèces indicatrices (fig. 3). Pour mieux comprendre les exigences des lichens aquatiques en matière d'habitat, la composition et la granularité des pierres, la vitesse du courant et la pente ont été relevés pour les divers ruisseaux et leurs sources. Les endiguements artificiels, les pierres de gué (par ex. pour la traversée de chemins de randonnée) ou les dégâts dus au piéti-

Die Studie ermöglicht erste qualitative Resultate: Fünf der sechs untersuchten Indikatorarten konnten in jeder der drei untersuchten Regionen in einem Quellbach festgestellt werden. *Ionaspis odora* war als einzige Art nur im Flüelagebiet und in der Grimselregion, aber nicht im Lötschental anzutreffen.

Auffällig war, dass keine der Arten innerhalb einer Region in jedem Bach gefunden wurde. Selbst in benachbarten Bächen mit ähnlichen Strukturen wurden unterschiedliche Arten nachgewiesen. Es gab somit eine Vielzahl von Zusammensetzungen der verschiedenen Arten auch in nahen gelegenen Habitaten. Dies verdeutlicht, dass jeder Quellbach unterschiedlichen Arten einen Lebensraum bietet, und somit das Potential hat, Quellpopulationen zu beherbergen und als Refugium zu dienen.

Oft konnte eine Wasserflechtenart einige Meter bachabwärts nach der Quelle gefunden werden. Ab diesem obersten Fundort war die Art dann meist über weite Strecken des Baches immer wieder auffindbar. Diese Beobachtungen lassen

nement du bétail ont également été documentés.

Les premiers résultats qualitatifs tirés de l'étude montrent que, dans chacune des trois régions, cinq des six espèces indicatrices ont pu être observées dans un ruisseau de source. *Ionaspis odora* était la seule espèce présente seulement dans les régions de la Flüela et du Grimsel, mais pas dans celle du Lötschen.

Il était frappant de constater qu'aucune des six espèces n'était présente dans tous les ruisseaux d'une même région. Même dans des ruisseaux voisins ayant des structures similaires, l'étude a recensé des espèces différentes. Les compositions des différentes espèces étaient donc très variées, et ce aussi dans des habitats proches, ce qui montre que chaque ruisseau de source offre un habitat pour différentes espèces et a ainsi le potentiel d'héberger des populations sources et de servir de refuge.

Souvent, une espèce de lichen aquatique pouvait être observée quelques mètres après la source. À partir de là, l'espèce se

vermuten, dass die obersten Bestände einer Art als Quell-Populationen (source-Populationen) für die Ausbreitung an Standorte bachabwärts dienen.

Die Verbreitung der Wasserflechten flussabwärts kann direkt durch die Sporen der Flechte stattfinden. Zudem können abgebrochene Stücke der Flechten oder von Flechten besiedelte Steine nach unten rollen oder an neue Standorte gespült werden. Bachaufwärts ist eine Ausbreitung viel schwieriger. Einzig Kleinlebewesen wie Köcherfliegenlarven

könnten Sporen oder Flechtenteile den Bach hinauftransportieren. Die Besiedlung von neuen Mikrostandorten dauert jedoch meist einige Jahre, wie frühere Untersuchungen mit ausgebrachten Tonplatten in Zuflüssen des Flüelabaches zeigten (Keller 2005).

Die Resultate zu den erhobenen Informationen zum Lebensraum zeigten auf, dass vor allem kleinräumige Merkmale für das Vorkommen der untersuchten Flechten wichtig waren. Die Geländeneigung oder die Fließgeschwindigkeit des ganzen

Bachabschnittes von 25 m führten nicht zu anderen Zusammensetzungen der Artenvorkommen. In steilen Bachabschnitten mit einer hohen mittleren Fließgeschwindigkeit waren die Flechten oft an randlichen Gesteinsbrocken oder an strömungsabgewandten Stellen angesiedelt, während in flacheren Abschnitten auch die Steine in der Mitte von Flechten besiedelt waren.

Die Korngrößen der Steine im Bach spielten eine wichtige Rolle: Bei lockerem Schotter und Kies im Bach gab es keine

Abb.2: Die Wasserflechte *Dermatocarpon arnoldianum* an einem Stein, der nur periodisch überflutet ist. Diese Flechte bildet grosse Lappen, welche im feuchten Zustand grün und getrocknet braun gefärbt sind (Flüela, Foto: Sabine Fink).

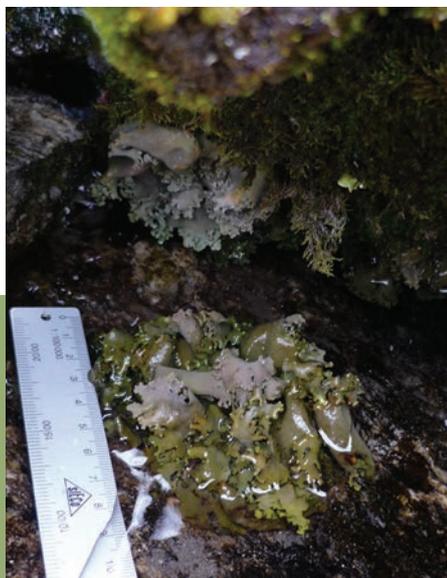


Fig. 2: Le lichen aquatique *Dermatocarpon arnoldianum* sur une pierre qui n'est inondée que périodiquement. Les frondes de ce lichen sont de couleur verte lorsqu'elles sont humides et brune lorsqu'elles sont sèches (Flüela, photo: Sabine Fink).

retrouvait régulièrement en aval du ruisseau, la plupart du temps sur de longues distances. Ces observations laissent penser que les populations présentes le plus en amont du ruisseau servent de populations sources pour la propagation de l'espèce vers l'aval.

La propagation des lichens aquatiques vers l'aval peut se faire directement par les spores des lichens. De plus, des morceaux détachés de lichens ou des cailloux colonisés par des lichens peuvent rouler ou être déplacés par l'eau vers de nouveaux sites en aval. La propagation est

beaucoup plus difficile vers l'amont. Seuls de petits organismes vivants comme les larves de trichoptères pourraient transporter des spores ou des bouts de lichens en remontant le ruisseau. Cependant, la colonisation de nouveaux microsites dure en règle générale plusieurs années, comme l'ont montré de précédentes études menées avec des plaques d'argile déposées dans des affluents du ruisseau Flüela (Keller, 2005).

Selon les résultats découlant des informations relevées sur le milieu, la présence des lichens analysés dépendait

Abb.3: Ein Gebirgsbach am Flüela wurde von der Quelle in Abschnitten von 25m (Distanz zwischen zwei Schweizer-Fahnen, oben rechts bis unten links) auf einer Strecke von 200m auf die Vorkommen der Indikatorarten untersucht (Foto: Kay Hagmann).



Fig. 3: La présence des espèces indicatrices a été recensée dans un torrent de la vallée de la Flüela. Sur une distance de 200 m à partir de la source, l'étude a été menée sur des tronçons de 25 m (distance depuis le drapeau suisse en haut à droite et celui en bas à gauche) (photo: Kay Hagmann).

surtout de caractéristiques à petite échelle. La pente ou la vitesse du courant sur tout un tronçon de 25 m ne donnaient pas lieu à d'autres compositions d'espèces. Sur les tronçons escarpés où la vitesse moyenne du courant était élevée, les lichens se trouvaient souvent sur des rochers au bord de l'eau ou dans des endroits à l'abri du courant, alors que sur les tronçons plus plats, les rochers étaient également colonisés par des lichens au milieu du cours d'eau.

La granularité joue un rôle important: les populations de lichens étaient inexis-

oder nur sehr kleine Flechtenbestände. Auf häufig bewegten Steinen können sich Wasserflechten wegen der Erosion schlecht etablieren und entwickeln. Bachabschnitte mit viel Sand und organischem Schlamm zeigten ebenfalls geringe Flechtenvorkommen. Beide können potenziell geeignete Steine für das Flechtenwachstum überdecken. Je mehr Steine im Bach von Moos besiedelt waren, desto weniger Wasserflechten kamen vor, weil die Konkurrenz durch die Moose zu gross war (Abb. 4).

Menschlicher Einfluss auf die Lebensräume von Wasserflechten

An drei der insgesamt 18 untersuchten Bächen wurden Verbauungen (Eindahlungen und Mauern zum Rückstau) notiert. Die Eindohlung der Bäche hatten keinen Einfluss auf die Artenvorkommen ober- und unterhalb des Eingriffs. Eine hohe Staumauer mit einer Aufstauung im Grimselgebiet führte dazu, dass die Indikatorarten, die bachaufwärts vorkamen, unterhalb der Staumauer nicht mehr aufgefunden werden konnten. Dank der Vernetzung der Bäche im Grimselgebiet

wurde der Einfluss dieser Staumauer auf die Ausbreitung der Indikatorarten entlang des Gebirgsbaches wieder wettgemacht.

Im Lötschental wurden mittels kleinen Steinmauern in einem flachen Gebiet des Baches kleine Tümpel gebildet. Diese wurden vom Vieh als Tränke genutzt, was starke Trittschäden und die Düngung durch Dung der Tiere zur Folge hatte. In den aufgestauten Bereichen im Bachbett waren vorwiegend Schlamm und Feinmaterial zu finden, welche den Lebensraum für Wasserflechten verringern. Im gesamten Bachverlauf liessen sich keine Indikatorarten nachweisen.

Schlussfolgerung

Die Pilotuntersuchungen von alpinen Quell-Lebensräumen und deren Quellbächen als Habitat aquatischer Gesteinsflechten zeigen, wie wichtig die kleinräumigen Strukturen für die Indikatorarten sind. Diese Vielfalt an Strukturen ermöglicht verschiedenen Flechtengemeinschaften mit jeweils unterschiedlicher Artzusammensetzung, die aber bedroht wird durch die Nutzung der Gewässer durch Menschen, bspw. durch Verbauungen. Solche Eingriffe behindern die Vernetzung der Gewässer und führen dazu, dass Populationen isoliert werden und potenzielle Refugien in der Nähe der Quell bspw. während trockenen

Abb.4: Moose stehen in Konkurrenz zu Flechten auf den Steinen in einem Bachabschnitt im Grimselgebiet (Foto: Kay Hagmann).

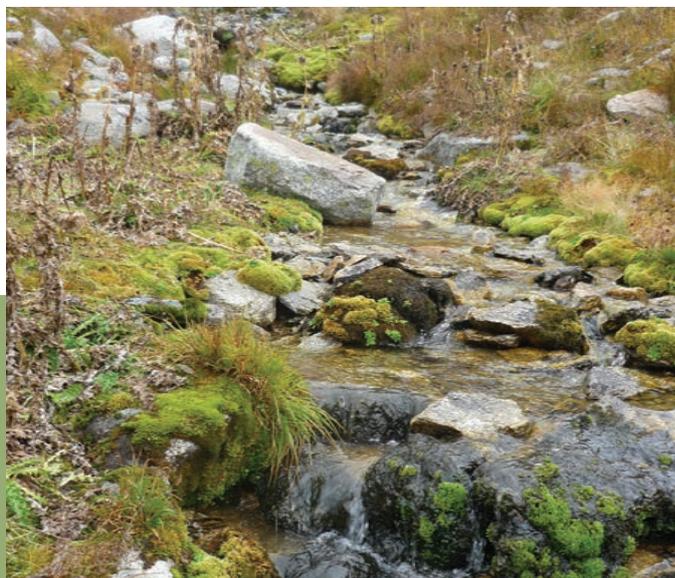


Fig. 4: Les mousses sont en concurrence avec les lichens sur les pierres d'un tronçon de ruisseau dans la région du Grimsel (photo: Kay Hagmann).

tantes, ou que très faibles, s'il y avait des petits cailloux ou du gravier dans le ruisseau. À cause de l'érosion, les lichens aquatiques peuvent difficilement s'installer et se développer sur des pierres fréquemment déplacées. Par ailleurs, les lichens étaient peu présents sur des tronçons de ruisseau avec beaucoup de sable et de vase organique, qui peuvent recouvrir les pierres potentiellement adaptées pour les lichens. Plus les pierres du ruisseau étaient colonisées par la mousse, moins il y avait de lichens aquatiques, car la concurrence exercée par les mousses était trop forte (fig. 4).

Influence humaine sur les habitats des lichens aquatiques

Le long de trois ruisseaux – sur les 18 faisant l'objet de l'étude –, des aménagements (mise sous terre et digues) ont été observés. La mise sous terre des ruisseaux n'avait aucune influence sur la présence des espèces en amont et en aval de l'intervention. En raison d'un haut mur de barrage avec un bassin de rétention dans la région du Grimsel, les espèces indicatrices recensées en amont du ruisseau ne pouvaient plus être observées après le

barrage. Grâce à la connectivité des ruisseaux dans cette région, l'impact du barrage sur la propagation des espèces indicatrices le long du torrent a été compensée.

Dans la vallée du Lötschen, de petits murs en pierres ont permis la formation de petits bassins dans une région plate du ruisseau. Ceux-ci ont été utilisés comme abreuvoir par le bétail, ce qui a donné lieu à d'importants dégâts de piétinement et à la fertilisation des sols par les déjections des animaux. Dans le lit du ruisseau, il y avait, dans les zones endiguées, principalement de la vase et de fins matériaux, ce qui réduit les habitats pour les lichens

aquatiques. Tout le long du parcours du ruisseau, aucune espèce indicatrice n'a été relevée.

Conclusion

Les études pilotes sur les milieux fontinaux alpins et leurs ruisseaux en tant qu'habitats de lichens aquatiques montrent à quel point les petites structures sont importantes pour les espèces indicatrices. Cette diversité de structures permet à différentes communautés de lichens de se former, à la composition d'espèces à chaque fois différente, mais qui est néanmoins menacée par l'utilisation des eaux par l'humain, par ex. par le biais d'aménagements. De telles

Sommern nicht mehr verfügbar sind. Die Nutzung der Quellen und der Gebirgsbäche durch den Menschen kann die Qualität der Gewässer als Habitat für Wasserflechten beeinträchtigen. Um konkrete Empfehlungen für den Schutz der Wasserflechten und ihrer Lebensräume zu machen sind weitere Untersuchungen an zusätzlichen Standorten geplant.

Wir danken den Kantonen Graubünden und Wallis für die Bewilligungen, in den erwähnten Gebieten Untersuchungen durchzuführen und kleine Probenmengen zu sammeln. Nina Graf (SwissLichens) danken wir für Kommentare zum Text.

Referenzen

- Fink, S., Belser, A., de Cesare, G., Weber, C., & Vetsch, D. (2022). Resiliente Fließgewässer: Refugien - Vernetzung - Trittsteine. Cours d'eau résilients: refuges - connectivité - relais. Nature et Paysage. Natur Und Landschaft: Inside, 23-27.
- Keller, C., & Scheidegger, C. (1994). Zur Verbreitung von Wasserflechten in Abhängigkeit zur jährlichen Überflutungsdauer im Flüelatal (Schweiz, Kanton Graubünden). Herzogia, 10, 99-114.

- Keller, C. (1989). Wasserflechten und ihre Standorte im Flüelatal. Lizentiatsarbeit. Universität Bern. 153 S.
- Keller, C. (2005). Artificial substrata colonized by freshwater lichens. The Lichenologist 37(4): 357-362

Kontaktpersonen und Adressen

KAY HAGMANN

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 28 36
E-mail kay.hagmann@gmail.com

CHRISTINE KELLER

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Datenzentrum SwissLichens
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 22 98
E-mail christine.keller@wsl.ch

CHRISTOPH SCHEIDEGGER

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Zürcherstr. 111

8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 24 39
E-mail christoph.scheidegger@wsl.ch

SILVIA STOFER

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Datenzentrum SwissLichens
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 24 10
E-mail silvia.stofer@wsl.ch

SABINE FINK

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 28 36
E-mail sabine.fink@wsl.ch

interventions empêchent la connectivité des eaux, conduisent à isoler les populations et à ne plus rendre disponibles, par ex. pendant des étés secs, de potentiels refuges à proximité des sources. L'utilisation des sources et ruisseaux de montagne par l'humain peut nuire à la qualité des eaux qui sont l'habitat de lichens aquatiques. Il est prévu de mener d'autres études dans des lieux supplémentaires afin de formuler des recommandations concrètes pour la protection des lichens aquatiques et de leurs habitats.

Nous remercions les cantons des Grisons et du Valais de nous avoir autorisés à mener des enquêtes et à prélever de petits échantillons dans les régions mentionnées. Nos remerciements vont également à Nina Graf (SwissLichens) pour ses commentaires sur le texte.

Bibliographie

- Fink, S., Belser, A., de Cesare, G., Weber, C., & Vetsch, D. (2022). Resiliente Fließgewässer: Refugien - Vernetzung - Trittsteine. Cours d'eau résilients: refuges - connectivité - relais. Nature et Paysage. Natur Und Landschaft: Inside, 23-27.

- Keller, C., & Scheidegger, C. (1994). Zur Verbreitung von Wasserflechten in Abhängigkeit zur jährlichen Überflutungsdauer im Flüelatal (Schweiz, Kanton Graubünden). Herzogia, 10, 99-114.
- Keller, C. (1989). Wasserflechten und ihre Standorte im Flüelatal. Mémoire de licence. Université de Berne. 153 pp.
- Keller, C. (2005). Artificial substrata colonized by freshwater lichens. The Lichenologist 37(4): 357-362

Renseignements

KAY HAGMANN

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
tél. 044 739 28 36
courriel: kay.hagmann@gmail.com

CHRISTINE KELLER

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)
Centre de données SwissLichens
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
tél. 044 739 22 98
courriel: christine.keller@wsl.ch

CHRISTOPH SCHEIDEGGER

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
tél. 044 739 24 39
courriel: christoph.scheidegger@wsl.ch

SILVIA STOFER

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)
Centre de données SwissLichens
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
tél. 044 739 24 10
courriel: silvia.stofer@wsl.ch

SABINE FINK

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf
tél. 044 739 28 36
courriel: sabine.fink@wsl.ch