

MAXIMALER HEUERTRAG KANN AUCH MIT GERINGEREN DÜNGERMENGEN ERZIELT WERDEN

STEFFEN BOCH¹,
RAPHAËL ARLETTAZ²,
YASEMIN KURTOGULLARI²,
ERIC ALLAN³,
MALIE LESSARD-THERRIEN²,
NORA SIMONE RIEDER²,
MARKUS FISCHER³,
GERARD MARTÍNEZ DE LEÓN²,
JEAN-YVES HUMBERT²

Die Intensivierung der Landnutzung bedroht die Biodiversität unserer Grasländer und dies nicht nur im Tiefland, sondern auch in Bergregionen. Ein Versuch in Bergwiesen im Kanton Wallis zeigte bereits nach 5 Jahren, dass besonders die Düngung negative Auswirkungen auf die Pflanzenvielfalt hat und die Artenzusammensetzung verändert. Die Studie deckte auf, dass der maximale Heuertrag bereits bei reduzierten Düngermengen erreicht werden kann.

Ausgangslage

Die Intensivierung der Landnutzung bedroht die Biodiversität unserer Grasländer. Besonders die Düngung zur Steigerung des Ertrags spielt dabei eine Schlüsselrolle (Boch et al. 2020). Während die Auswirkungen der Landnutzungsintensivierung im Tiefland gut untersucht wurden, haben Bergwiesen bislang deutlich weniger Aufmerksamkeit erhalten (Humbert et al. 2016). Entgegen der allgemeinen Vorstellung von traditionell bewirtschafteten Bergwiesen mit hoher Artenvielfalt, nimmt die Intensivierung jedoch auch in diesen Gebieten zu. Verbesserte Infrastruktur in Kombination mit Flurbereinigung, einschliesslich der Entfernung von Landschaftselementen für den gross-flächigen Einsatz von Landmaschinen und besonders der verstärkte Einsatz von Düngemitteln sind aktuelle Trends, selbst in abgelegenen oder steilen Gebieten. Dieser Prozess wird jedoch von Interessenvertretenden der Politik oder der breiten Öffentlichkeit

nur wenig beachtet und weist Parallelen zu dem auf, was vor 50 Jahren im Flachland passiert ist. Die Vielfalt von Bergwiesen in den Alpen ist somit im Begriff unbemerkt abzunehmen.

In inneralpinen Trockentälern, wie dem Wallis, werden Heuwiesen und Weiden traditionell über oberirdische Bewässerungskanäle, die sogenannten Suonen, bewässert. Suonen wurden jedoch weitgehend durch Sprinkleranlagen ersetzt. Diese Form der Bewässerung, meist in Kombination mit Düngung eingesetzt, wird ebenfalls als wichtiger Aspekt der Intensivierung von Grünland betrachtet. Insbesondere in sehr trockenen Vegetationstypen, wie den Felsensteppen, kann die Bewässerung starke Veränderungen der Artenzusammensetzung und den Verlust von spezialisierten Arten verursachen (Volkart 2008). In mesophilen Wiesen, also Wiesen auf Standorten ohne extreme Umweltbedingungen, fanden die Auswirkungen der Bewässerung auf die Vegetation allerdings bislang weniger

UN RENDEMENT FOURRAGER MAXIMAL PEUT ÊTRE ASSURÉ EN RÉDUISANT LES NIVEAUX DE FUMURE DES PRAIRIES DE MONTAGNE

STEFFEN BOCH¹,
RAPHAËL ARLETTAZ²,
YASEMIN KURTOGULLARI²,
ERIC ALLAN³,
MALIE LESSARD-THERRIEN²,
NORA SIMONE RIEDER²,
MARKUS FISCHER³,
GERARD MARTÍNEZ DE LEÓN²,
JEAN-YVES HUMBERT²

L'intensification de l'utilisation du sol menace la biodiversité des milieux herbagers non seulement en plaine, mais également dans les régions de montagne. Une recherche portant sur des prairies d'altitude du Valais a montré que la fertilisation au moyen du lisier a des effets délétères sur la diversité végétale et modifie la composition des communautés floristiques. Elle démontre toutefois qu'il est possible d'atteindre le rendement fourrager maximal avec un niveau de fumure réduit.

Contexte

L'intensification de l'utilisation du sol menace la biodiversité de nos milieux herbagers. La fumure à des fins d'augmentation du rendement est au premier rang des pratiques incriminées (Boch et al. 2020). Alors que les effets de l'intensification des herbages de basse altitude ont été amplement étudiés, les prairies de montagne ont à ce jour suscité bien moins d'intérêt de la part des scientifiques (Humbert et al. 2016). Pourtant, elles aussi font les frais de l'intensification, ce qui va à l'encontre de la représentation que l'on se fait communément des prairies de montagne que le public s'imaginerait riches en espèces car gérées principalement, croit-on, de façon traditionnelle. C'est une image trompeuse. En effet, l'amélioration des infrastructures, premier objectif des projets de remaniement et remembrement agricoles, fait encore et toujours souvent fi de la biodiversité, induisant notamment la suppres-

sion d'éléments et structures paysagers dans une pure perspective de rationalisation des moyens de production. Ainsi l'utilisation à large échelle d'engins agricoles toujours plus performants ainsi que le recours accru aux fertilisants affectent même les zones les plus reculées ou à forte déclinivité. Ce processus répète très exactement ce qui s'est produit en plaine il y a quelques décennies mais ne retient guère l'attention des milieux politiques et du public. La diversité biologique de nos prairies de montagne alpines est donc en train de fondre dans l'indifférence générale.

Dans les vallées sèches intra-alpines comme le Valais, l'irrigation traditionnelle des prairies à foin et des pâturages par des canaux à ciel ouvert, les fameux bisces, a été largement délaissée au profit de systèmes d'irrigation par aspersion. Ce mode d'irrigation, fréquemment associé à une fumure sous forme de lisier, est un aspect important de l'intensification des modes de

Beachtung. Im Zuge des Klimawandels mit reduzierten Niederschlägen im Sommer könnte aber gerade die Bewässerung in Zukunft sogar noch häufiger eingesetzt werden. Es ist somit zentral, die langfristigen Auswirkungen der Bewässerung auf die Biodiversität und die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften besser zu verstehen. In einer fünfjährigen experimentellen Studie wurden deshalb die Auswirkungen von unterschiedlichen Düngungs- und Bewässerungsintensitäten auf den Heuertrag, die Artenvielfalt und die Artenzusammensetzung in Bergwiesen im Wallis untersucht.

Methoden

Im Jahr 2010 wurden elf traditionell bewirtschaftete Wiesen entlang eines Höhengradienten von 880 – 1770 m ü. M. im Kanton Wallis ausgewählt (Abb. 1). Al-

le Wiesen waren mindestens 4000 m² gross, haben vor Versuchsbeginn keine oder nur sehr geringe Düngergaben (nur Festmist) erhalten und wurden mindestens seit dem Jahr 2000 nur ein- bis zweimal im Jahr gemäht.

Auf jeder Wiese wurden sechs kreisförmige Flächen mit einem Durchmesser von 20 m angelegt. Diesen wurden sechs verschiedene Nutzungsformen zufällig zugewiesen, die dann fünf Jahre lang angewendet wurden. Neben einer Kontrollfläche ohne Massnahmen waren die fünf Behandlungstypen: nur Bewässerung (mittlere Intensität), nur Düngung (mittlere Intensität) und eine Kombination aus Bewässerung und Düngung in drei verschiedenen Intensitätsstufen (niedrig, mittel, hoch). Die Intensitätsstufen entsprachen der kombinierten Dünge- und

Bewässerungsmenge, die empfohlen wird, um unter lokalen Bedingungen und bei zweimaliger Mahd den maximalen Heuertrag zu erzielen (nach Sinaj et al. 2009). Da die Menge des ausgebrachten Düngers der jeweiligen Behandlung somit zwischen den elf Standorten variierte, wurde die kontinuierliche Düngermenge und Wassermenge analysiert. Jeweils im Frühjahr und nach der ersten Heuernte erhielten die gedüngten Flächen eine wässrige Lösung aus organischen NPK-Trockendüngerpellets (MEOC SA, 1906 Charrat, Schweiz) und mineralischem Kaliumsulfat (K₂SO₄), die der betriebsüblichen Gülle entspricht (2,4 kg N, 2 kg P₂O₅, and 8 kg K₂O per m³ Lösung; Abb. 2 und 3). Von Mitte Mai bis Anfang September wurden die jeweiligen Flächen wöchentlich mit 10, 20 oder 30 mm bewässert.

Abb. 1: Lage der untersuchten Bergwiesen im Wallis.

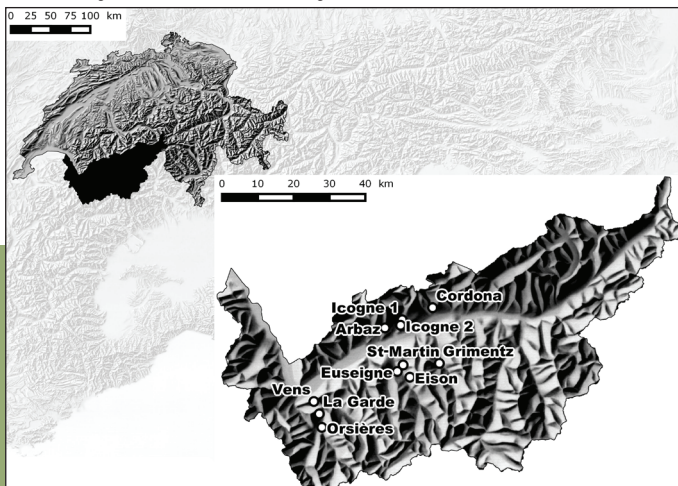


Fig. 1: Situation des prairies de montagne étudiées en Valais.

Abb. 2: Ausbringung standardisierter Düngerlösung (Foto: J.-Y. Humbert).



Fig. 2: Épandage de la solution fertilisante standardisée (photos: J.-Y. Humbert).

production dans les milieux herbagers en zone de montagne. L'irrigation pratiquée sur des types de végétation très secs, tels que les steppes rocheuses, peut causer des altérations profondes de la composition des espèces et la perte d'espèces spécialisées (Volkart 2008). En revanche, on connaît mal son impact sur la végétation des prairies mésophiles, c'est-à-dire non soumises à des conditions extrêmes de xéricité. Or, le changement climatique, qui s'accompagne d'une baisse des précipitations estivales, pourrait à l'avenir induire un recours encore plus fréquent à l'irrigation. Il est ainsi urgent de mieux comprendre les conséquences à long terme de ces pratiques de fertilisation et d'irrigation sur la biodiversité et la composition des biocénoses. Dans cette optique, une étude expérimentale d'une durée de cinq ans a évalué les effets de différents niveaux de

fumure et d'irrigation sur le rendement en foin ainsi que sur la diversité et la composition des communautés écologiques de prairies de montagne valaisannes.

Méthodes

En 2010, onze prairies gérées de façon traditionnelle ont été sélectionnées dans le canton du Valais, le long d'un gradient altitudinal allant de 880 m à 1770 m (fig. 1). Les parcelles couvraient une superficie d'au moins 4000 m² chacune, n'avaient pas du tout été fertilisées avant le début de l'essai ou seulement très légèrement avec du fumier, tout en n'ayant été fauchées qu'une à deux fois par an au cours des dix années précédentes.

Sur chaque prairie, on a délimité six périmètres circulaires de 20 m de diamètre, auxquels on a assigné au hasard une parmi six formes d'utilisation agricole qui consti-

tuaient autant de traitements expérimentaux. Outre une surface témoin exempte d'intrants, les cinq autres types de traitement, appliqués durant cinq années consécutives, étaient les suivants: irrigation seule (intensité moyenne; par aspersion), fumure seule au moyen de lisier (intensité moyenne), combinaison d'irrigation et de fumure selon trois niveaux d'intensité (faible, moyenne, élevée). Les niveaux d'intensité correspondaient à la quantité combinée de fumure et à la colonne d'eau recommandées pour obtenir le rendement en foin maximal en fonction des conditions locales, en tablant sur deux fauches annuelles (selon Sinaj et al. 2009). Les quantités de fumure et d'eau appliquées ont été analysées sur une échelle continue. Chaque année, au printemps et après la première fauche, les surfaces soumises à la fertilisation expérimentale ont reçu une

Im Juli 2015 wurden die Gefässpflanzen und Moose vor der ersten Mahd in einer jeweils 2 m × 4 m grossen Teilfläche innerhalb jeder Behandlungsfläche erfasst. Der Heuertrag jeder Behandlungsfläche wurde ebenfalls gemessen (Details vgl. Boch et al. 2018, 2021). Um Aussagen zu Veränderungen der Artenzusammensetzung treffen zu können, wurde zudem gemittelte ökologische Zeigerwerte (Landolt et al. 2010) sowie gemittelte funktionale Pflanzeigenschaften für jede Fläche errechnet (Boch et al. 2021).

Ergebnisse

Wie erwartet, steigerte die Düngung den Heuertrag. Allerdings folgte die Beziehung einer Optimumskurve, wobei der maximale Ertrag bereits bei mittleren Düngergaben von 58 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ erreicht wurde und höheren Düngemengen keine Ertragssteigerung bewirkten (Abb. 4a). Der Artenreichtum der Gefässpflanzen (Boch et al. 2021; Abb. 4b) und Moose (Boch et al. 2018) nahm durch die Düngung deutlich ab. Die Düngung begünstigte zudem schnell wachsende

Pflanzen (definiert durch hohe spezifische Blattfläche), die typischerweise in produktiven Lebensräumen vorkommen (erhöhte mittlere Zeigerwerte für Nährstoffe und Feuchtigkeit). Nährstoffliebende Arten profitierten von Düngung und Bewässerung, während Arten, die nährstoffarme Bedingungen bevorzugten, in ihrer Abundanz abnahmen. Im Gegensatz dazu wurden keine Auswirkungen der Bewässerung auf die Artenvielfalt und die -zusammensetzung gefunden. Dies deutet darauf hin, dass die Bewässerung

Abb. 3: Ausbringung standardisierter Düngertlösung (Foto: J.-Y. Humbert).



Fig. 3: Épandage de la solution fertilisante (lisier) standardisée (photos: J.-Y. Humbert).

solution aqueuse dans laquelle l'on avait préalablement dissous des pellets de fumure organique NPK (MEOC SA, 1906 Charrat, Suisse) et de sulfate de potassium (K₂SO₄), mimant un lisier d'usage courant (2,4 kg de N, 2 kg de P₂O₅ et 8 kg de K₂O par m³ de solution; fig. 2 et 3). De mi-mai à début septembre, les surfaces concernées ont été irriguées chaque semaine à raison de 10, 20 ou 30 mm, mais en tenant compte des précipitations naturelles tombées entretemps.

En juillet 2015, avant la première fauche, on a effectué le relevé de toutes les espèces de plantes vasculaires et de mousses au sein d'un rectangle de 2 m × 4 m disposé à l'intérieur de chaque périmètre expérimental. Le rendement en foin obtenu au sein de chaque périmètre a également été mesuré (détails: Boch et al. 2018, 2021). Afin de quantifier les changements dans la composition des communautés, on a également calculé les valeurs indicatrices écologiques (Landolt et al. 2010) et les propriétés fonctionnelles moyennes des plantes pour chacun des périmètres (Boch et al. 2021).

Résultats

Comme attendu, le rendement a augmenté avec le niveau de fumure. Cependant, la corrélation suit une courbe quadratique avec un rendement maximal obtenu avec une fumure modérée de l'ordre de 58 kg N ha⁻¹ an⁻¹, des quantités supérieures n'aboutissant pas à une hausse supplémentaire du rendement fourrager (fig. 4a). La fumure a causé un appauvrissement marqué des espèces de plantes vascu-

lares (Boch et al. 2021; fig. 4b) et de mousses (Boch et al. 2018). Elle a favorisé les plantes à croissance rapide (caractérisées par une surface foliaire spécifique importante), typiques des habitats productifs (valeurs indicatrices moyennes de nutriments et d'humidité plus élevées). Ce sont ainsi les espèces inféodées aux sols riches en nutriments qui ont bénéficié de la fertilisation et de l'irrigation, tandis que celles qui préfèrent les sols pauvres se sont raré-

Abb. 4: Effet de la quantité de fumure sur A) le rendement et B) le nombre d'espèces de plantes vasculaires au sein de prairies de fauche d'altitude dans les Alpes suisses (Valais). Les graphiques présentent les résidus partiels (après prise en compte de l'effet aléatoire induit par la variation entre répliquats géographiques et l'effet de l'irrigation). La surface grisée correspond à l'intervalle de confiance de 95 %. Les valeurs 0 sur l'axe des Y correspondent, respectivement, à 342 g/m² (A) et 50 espèces végétales sur 8 m² (B).

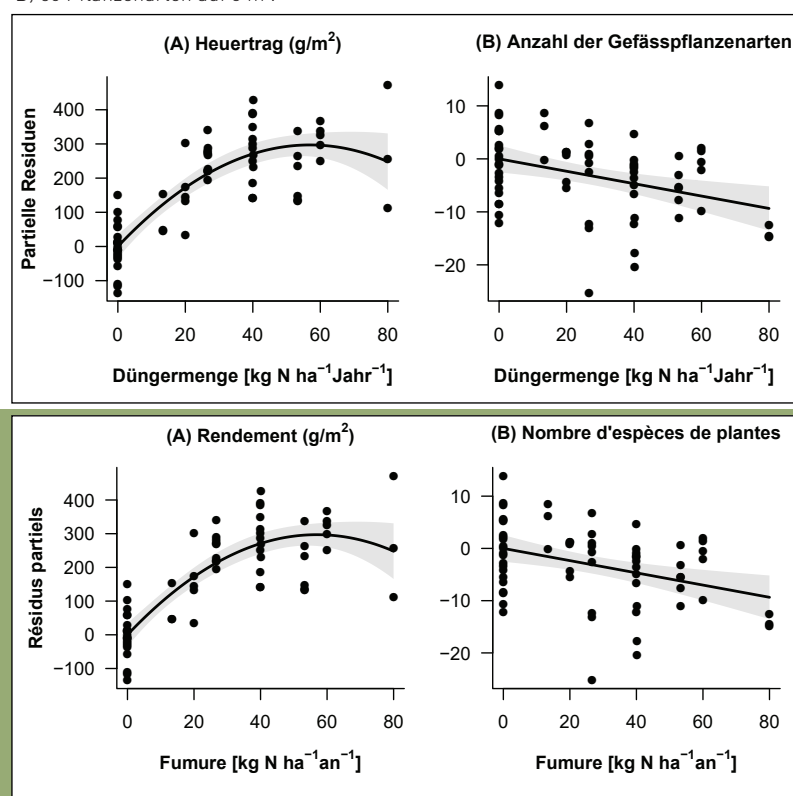


Fig. 4: Effet du niveau de fumure (fertilisation via l'épandage de lisier) sur A) le rendement fourrager et B) le nombre d'espèces de plantes vasculaires au sein de prairies de fauche d'altitude dans les Alpes suisses (Valais). Les graphiques présentent les résidus partiels (après prise en compte de l'effet aléatoire induit par la variation entre répliquats géographiques et l'effet de l'irrigation). La surface grisée correspond à l'intervalle de confiance de 95 %. Les valeurs 0 sur l'axe des Y correspondent, respectivement, à 342 g/m² (A) et 50 espèces végétales sur 8 m² (B).

alleine die Vielfalt in diesen mesophilen Bergheuwiesen, zumindest mittelfristig, nicht in gleichem Masse beeinflusst wie die Düngung (Boch et al. 2021).

Fazit

Das Ergebnis, dass der maximale Heuertrag bereits bei mittleren Düngergaben erreicht werden kann, ist aus angewandter, agronomischer und naturschutzfachlicher Sicht sehr interessant. Eine Reduktion des Düngereinsatzes auf 50-60 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr kann die Umweltbelastung und die negativen Auswirkungen auf die Artenvielfalt ohne Ertragseinbussen reduzieren. Die Ergebnisse legen nahe, dass extensive Bewirtschaftungsmethoden, wie der weitgehende Verzicht auf Dünger, essentiell sind, um die hohe Pflanzenvielfalt unserer Bergwiesen langfristig zu erhalten.

Dank

Wir danken der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Agroscope) für die logistische Unterstützung, den Kantonen Graubünden und Wallis, den Schweizerischen Bundesämtern für Landwirtschaft und Umwelt sowie dem

Schweizerischen Nationalfonds für die Finanzierung und den Landwirten für ihre wertvolle Mitarbeit.

- 1 Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf
- 2 Institut für Ökologie und Evolution, Naturschutzbiologie, Universität Bern, Baltzerstrasse 6, 3012 Bern
- 3 Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Bern, Altenbergrain 21, 3013 Bern

Kontakt

Steffen Boch
e-mail: steffen.boch@wsl.ch

Literatur

- Boch, S. et al. (2018). Direct and indirect effects of land use on bryophytes in grasslands. *Science of the Total Environment* 644: 60–67.
- Boch, S. et al. (2020). Grasslands of Western Europe. In: Goldstein MI, DellaSala DA, DiPaolo DA (Eds.) *Encyclopedia of the world's biomes. Volume 3: Forests – trees of life. Grasslands and shrublands – sea of plants*: Amsterdam: Elsevier, pp. 678–688.
- Boch, S. et al. (2021). Effects of fertilization and irrigation on vascular plant species richness, functional composition and yield in mountain grasslands. *Journal of Environmental Management* 279: 111629.
- Humbert, J.-Y. et al. (2016). Impacts of nitrogen addition on plant biodiversity in mountain grasslands depend on dose, application duration and climate: a systematic review. *Global Change Biology* 22: 110–120.
- Landolt, E. et al. (2010). *Flora Indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Haupt, Bern.
- Sinaj, S. et al. (2009). Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages (DBF-GCH). *Revue Suisse d'Agriculture* 41: 1–98.
- Volkart, G. (2008). *Trockenwiesen- und Weiden. Bewässerung*. Bundesamt für Umwelt, Bern.

fiées. En revanche, nous n'avons pas pu mettre en évidence un effet de l'irrigation sur la diversité et la composition des espèces. Cela signifie que l'irrigation seule a moins d'impact que la fumure sur la diversité botanique des prairies de fauche mésophiles en zone de montagne, tout du moins à moyen terme (Boch et al. 2021).

Conclusion

Le fait que le rendement en foin maximal puisse déjà être atteint avec des niveaux de fumure modérés est un résultat crucial qui a des implications tant du point de vue agronomique que de celui de la protection de la nature et de la biodiversité. En effet, une réduction de la fumure à 50-60 kg d'azote par ha et par an entraînerait une nette diminution de l'impact environnemental, notamment en termes de diversité des espèces, sans affecter pour autant le rendement. Ces résultats démontrent, s'il est encore besoin, que les méthodes d'exploitation extensives, qui s'affranchissent autant que possible des fertilisants, contribuent de façon exemplaire à une conservation durable de la biodiversité de nos prairies de montagne.

Remerciements

Nous remercions le Centre de compétences de la Confédération Agroscope pour son appui logistique, les Cantons des Grisons et du Valais, l'Office fédéral de l'agriculture, l'Office fédéral de l'environnement et le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit 31003A_149656 alloué à R. Arlettaz) pour le financement, ainsi que les agriculteurs pour leur précieux concours.

- 1 Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf
- 2 Institut d'écologie et d'évolution, Biologie de la Conservation, Université de Berne, Baltzerstrasse 6, 3012 Berne
- 3 Institut des sciences des plantes, Université de Berne, Altenbergrain 21, 3013 Berne

Renseignements

Steffen Boch
courriel: steffen.boch@wsl.ch

Bibliographie

- Boch S et al. (2018) Direct and indirect effects of land use on bryophytes in grasslands. *Science of the Total Environment* 644: 60–67.

- Boch S et al. (2020) Grasslands of Western Europe. In: Goldstein MI, DellaSala DA, DiPaolo DA (Eds.) *Encyclopedia of the world's biomes. Volume 3: Forests – trees of life. Grasslands and shrublands – sea of plants*, pp. 678–688. Elsevier, Amsterdam.
- Boch S et al. (2021) Effects of fertilization and irrigation on vascular plant species richness, functional composition and yield in mountain grasslands. *Journal of Environmental Management* 279: 111629.
- Humbert J-Y et al. (2016) Impacts of nitrogen addition on plant biodiversity in mountain grasslands depend on dose, application duration and climate: a systematic review. *Global Change Biology* 22: 110–120.
- Landolt E et al. (2010) *Flora Indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Haupt, Berne.
- Sinaj S et al. (2009) Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages (DBF-GCH). *Revue Suisse d'Agriculture* 41: 1–98.
- Volkart G (2008) *Prairies et pâturages secs. Irrigation*. Office fédéral de l'environnement, Berne.