

Effets de la fumure sur une pelouse à nard raide

Roman Tenz¹, Reto Elmer², Olivier Huguenin-Elie¹ et Andreas Lüscher¹

¹Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich

²Centre de formation et de vulgarisation agricole Plantahof, 7302 Landquart

Renseignements: Olivier Huguenin-Elie, e-mail: olivier.huguenin@art.admin.ch, tél. + 41 377 72 42



Figure 1 | Flore et paysage sur l'alpage dil Plaun, en arrière-plan le Piz Beverin. (Photo R. Elmer)

Introduction

Les pelouses à nard raide forment des communautés végétales typiques de la zone alpine et subalpine. Ce sont les pelouses maigres d'altitude les plus répandues des Alpes (Dietl 1998). On les trouve sur des sols acides, moyennement secs à frais-humides. Le nard raide (*Nardus stricta* L.), qui domine les peuplements, est pauvre en éléments nutritifs et en minéraux. Comme ses feuilles sétacées sont dures, seules les jeunes pousses sont consommées par les animaux. Depuis plusieurs générations, les agriculteurs tentent de remplacer cette graminée par des plantes fourragères plus savoureuses et nutritives (Stebler et Schröter 1888).

Certains types de pelouses à nard raide (*Nardion strictae*) constituent néanmoins des communautés relativement riches en espèces. Ces gazons abritent souvent des plantes alpines typiques comme l'arnica (*Arnica montana* L.), la campanule barbue (*Campanula barbata* L.), la gentiane de Koch (*Gentiana acaulis* L.) et le pseudorchis blanchâtre (*Pseudorchis albida* (L.) A. & D. Löve; Delarze et Gonseth 2008), ainsi que des espèces précieuses pour la production fourragère, adaptées aux sols maigres comme le trèfle des Alpes (*Trifolium alpinum* L.) et le plantain des Alpes (*Plantago alpina* L.). Une fumure modérée permet-elle de réduire judicieusement la part de nard raide sans pour autant faire disparaître cette diversité agronomiquement et écologiquement si importante?

Méthode

Essai longue durée testant neuf procédés de fumure

Un essai longue durée a permis d'étudier l'effet des engrais de ferme et minéraux sur une pelouse à nard raide. Neuf procédés de fumure (tabl. 1) ont été appliqués depuis 1994 sur des parcelles de 20 m² selon un dispositif en bloc, avec trois répétitions. La surface d'essais se situe à 1950 m d'altitude sur l'alpage dil Plaun dans la commune de Scheid (Grisons; fig. 1). Elle est exposée au sud et présente une déclivité de 5%. La moyenne des

précipitations annuelles est d'environ 1400 mm et la moyenne des températures en juillet d'environ 12 °C. Le sol est un podzol brun fortement acide (pH 4,9-5,3 à une profondeur de 0–10 cm au début de l'essai). Au départ, la surface était recouverte d'un pâturage à nard raide constitué à 75 % de graminées et de laiches, dont plus de 60 % de nard, 2 % de trèfles et 23 % d'autres plantes. Les parcelles ont été fauchées une fois par an pendant la deuxième quinzaine de juillet. Début juillet 2007, un relevé botanique comprenant un inventaire des espèces de plantes vasculaires et une estimation de leur part dans le rendement selon Dietl (1995, modifié à 12 catégories de rendement) a été réalisé sur chaque parcelle. Le pH (H₂O) ainsi que la quantité de phosphore et de potassium extraite à l'eau saturée en CO₂ (P-CO₂ et K-CO₂) ou à l'acétate d'ammonium+EDTA (P-AAE10 et K-AAE10) ont été déterminés à partir d'échantillons de sol prélevés à 0–10 cm de profondeur.

Résultats

Grandes différences de rendement

Le rendement moyen des années 1997 à 2007 est indiqué dans le tableau 2. Tous les procédés se sont démarqués significativement du témoin non fertilisé. Les procédés Lisier et PK ont entraîné une augmentation moyenne des rendements de 26 % seulement par rapport au témoin, tandis que les procédés Fumier et CaPK ont fait doubler les rendements. L'effet relativement limité de la fumure à base de lisier est peut-être dû à la qualité du lisier utilisé, qui présentait une teneur en matière sèche de plus en plus basse au fil des ans (de 4 % au départ à environ 1 %). Le rendement le plus élevé a

Résumé

Les bovins n'apprécient guère le nard raide. Un essai longue durée mis en place à 1950 m d'altitude a étudié les effets de neuf procédés de fumure sur le rendement et la composition botanique d'une pelouse à nard raide. Trois procédés ont permis d'obtenir une nette hausse de rendement et une amélioration agronomique de la composition botanique: une fumure modérée à base de fumier composté avec ou sans épandages de purin et une fumure minérale phospho-potassique associée à un chaulage. Dans le procédé avec fumier composté et purin, la part de nard raide dans le peuplement a quasiment été divisée par deux par rapport au procédé témoin. Cela montre que les engrais de ferme peuvent améliorer la qualité agronomique des pelouses à nard raide. L'apport de lisier très dilué ou une fumure phospho-potassique sans chaulage n'ont pratiquement pas permis d'améliorer ni le rendement, ni la composition botanique. La fumure étant modérée, le nombre d'espèces végétales n'a diminué de manière significative que dans deux procédés. Toutefois, plusieurs espèces typiques des sols maigres et présentes dans les parcelles non fertilisées n'ont pas été trouvées dans les procédés avec fumure. Tant du point de vue agronomique qu'écologique, il est donc judicieux de réserver les engrais de ferme, disponibles en quantité limitée sur les alpages, aux surfaces à meilleur potentiel agricole.

Tableau 1 | Description des neuf procédés de fumure appliqués dans l'essai longue durée sur une pelouse à nard raide sur l'alpage dil Plaun

Désignation	Type et quantité d'engrais
Témoin	Aucune fumure
Lisier	20 m ³ ha ⁻¹ de lisier (dilué à 1:2, 4% de matière sèche) tous les deux ans, après la récolte
Fumier	10 t ha ⁻¹ de fumier composté tous les 3 ans au printemps
Fumier liqu.	10 t ha ⁻¹ de fumier composté et liquéfié tous les 3 ans au printemps
Fumier-purin	10 t ha ⁻¹ de fumier composté tous les 3 ans au printemps et 15 m ³ ha ⁻¹ de purin tous les ans (dilué à 1:3) après la récolte
Ca	1000 kg CaCO ₃ ha ⁻¹ (= 561 kg CaO), sous forme de chaux d'Aarberg tous les 3 ans au printemps
PK	21,8 kg P ha ⁻¹ (= 50 kg P ₂ O ₅), sous forme de superphosphate et 83,0 kg K ha ⁻¹ (= 100 kg K ₂ O), sous forme de sulfate de potassium tous les 5 ans au printemps
CaPK	P et K comme dans le procédé PK, avec en plus 2000 kg CaCO ₃ ha ⁻¹ (= 1122 kg CaO), sous forme de chaux d'Aarberg, tous les 5 ans au printemps
CaPK + N	P, K et Ca comme dans le procédé PK, avec en plus 25 kg N ha ⁻¹ tous les ans sous forme de nitrate d'ammonium après la récolte

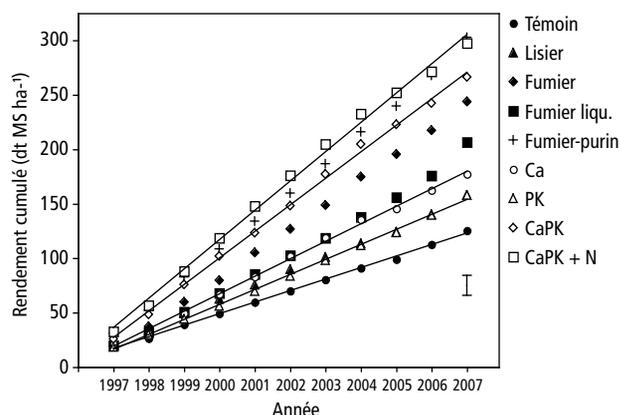


Figure 2 | Rendements cumulés de 1997 à 2007 des neuf procédés de fumure sur une pelouse à nard raide située à 1950 mètres d'altitude. Barre d'erreur = écart-type moyen du rendement total de 1997 à 2007.

été obtenu par les procédés Fumier-purin et CaPK + N. L'apport d'azote (procédé CaPK + N) n'a apporté en moyenne qu'un rendement supplémentaire de 11 kg de MS par kg d'azote par rapport au procédé CaPK. L'augmentation linéaire des rendements annuels cumulés (fig. 2) montre qu'entre 1997 et 2007, le rendement de la variante témoin non fertilisée, tout comme l'effet de la fumure, n'ont pas nettement augmenté ni diminué.

Peu de différences manifestes dans le sol

Le chaulage a provoqué une hausse du pH d'environ 0,3 unités par rapport au témoin (tabl. 2). Les autres procédés n'ont pas eu d'impact significatif sur le pH du sol.

La quantité de P-CO₂ n'a pas varié significativement entre les procédés (tabl. 2). Elle n'était pas plus élevée dans les procédés avec apport de chaux et de phosphore (CaPK et CaPK+N) que dans la variante témoin. Les quantités de K-CO₂ ont révélé des différences liées aux procédés. Les procédés avec chaulage affichaient les valeurs les plus basses, tandis que le procédé Fumier-purin affichait les plus élevées. L'extrait à l'acétate d'ammonium+EDTA a donné un résultat analogue à celui de l'extrait à l'eau saturée en CO₂, que ce soit pour le phosphore ou pour le potassium (les données ne sont pas indiquées). La teneur en humus de la couche supérieure du sol (0–10 cm) était de l'ordre de 10 %, sans différence significative entre les procédés.

Forte modification de la part de nard raide

En quatorze ans, les différents procédés de fumure ont induit de grandes différences de composition botanique (fig. 3 et 4). Comme pour le rendement, les différences de composition botanique entre le témoin et les procédés Lisier et PK étaient minimes. Les écarts entre le témoin et les autres procédés sont dus en grande partie au pourcentage différent de nard raide: alors que le nard raide représentait environ 65 % du rendement de la variante témoin, sa proportion n'était plus que de 35 % dans le procédé qui en comptait le moins (Fumier-purin) en 2007.

Le groupe des autres plantes représentait environ 20 % des rendements, sans différence importante entre les procédés. Par contre, de nets écarts dans la proportion de certaines espèces ont été constatés. La part de

Tableau 2 | Rendements en fourrage de 1997 à 2007, pH et état de fertilité du sol à l'automne 2006 pour les neuf procédés de fumure sur une pelouse à nard raide à 1950 m d'altitude

Procédé	Rendement ^a dt de MS ha ⁻¹ an ⁻¹	pH ^a (H ₂ O)	P-CO ₂		K-CO ₂ ^a	
			mg P kg ⁻¹	Classe de fertilité	mg K kg ⁻¹	Classe de fertilité
Témoin	11,4 e	4,8 bc	1,2	B – C	21,0 bcd	B – C
Lisier	14,4 d	4,7 c	1,2	B – C	25,7 abcd	C
Fumier	22,2 b	4,9 bc	1,4	C	34,3 ab	C – D
Fumier liq.	18,8 c	4,9 bc	1,4	C	31,5 ab	C – D
Fumier-purin	27,5 a	5,0 ab	1,2	B – C	41,2 a	C – D
Ca	16,1 cd	5,2 a	0,9	B	14,7 cd	B
PK	14,4 d	4,8 bc	1,4	C	29,1 abc	C
CaPK	24,2 b	5,1 a	0,9	B – C	14,1 cd	B – C
CaPK + N	27,0 a	5,1 a	1,0	B – C	13,3 d	A – B

^a Les procédés avec la même lettre ne se distinguent pas significativement les uns des autres ($P < 0,05$, test de Duncan; pas de différence significative pour P-CO₂).

Pour le rendement, l'analyse de variance a été effectuée en combinant les onze ans.

^b Classe de fertilité: A = pauvre, B = médiocre, C = satisfaisant, D = riche.

ligustique mutelline (*Ligusticum mutellina* (L.) Crantz) variait de moins de 1 % dans les procédés Lisier, Ca et le témoin, à près de 7 % dans les procédés CaPK et CaPK + N (fig. 3).

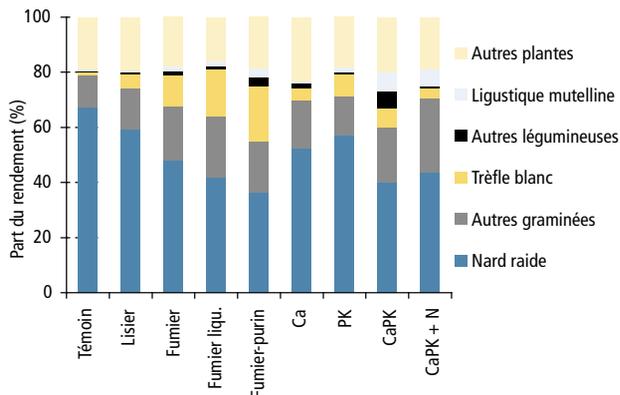


Figure 3 | Composition botanique (choix d'espèces et de groupes d'espèces) des peuplements en 2007 après 14 ans de procédés de fumure différents sur une pelouse à nard raide située à 1950 m d'altitude.

Le fumier composté stimule la croissance du trèfle

Dans les différents procédés, la part de trèfle atteignait entre 1 et 23 % (fig. 3). Tous les procédés avec fumure ont entraîné une augmentation du pourcentage de trèfles par rapport au témoin (1 % de trèfle). Cette augmentation était cependant plus ou moins marquée selon les procédés. Les surfaces fertilisées avec du lisier et les procédés PK, Ca et CaPK + N présentaient moins de 10 % de trèfles. Les parcelles les plus riches en trèfles (13 à 23 % du rendement total) étaient celles fertilisées avec du fumier composté. Le développement de la part de trèfles est dû à une augmentation du pourcentage de trèfle blanc (*Trifolium repens* L.). En effet, ce dernier atteignait environ 20 % dans les procédés Fumier-purin et Fumier liquéfié.

Le rendement et la part de nard raide sont étroitement liés

La relation négative entre le rendement et la part de nard raide est frappante (fig. 4). Dans des peuplements de ce type, l'effet indirect de la fumure sur le rendement par la modification de la composition botanique semble donc au moins aussi important que l'effet direct suite à l'apport d'éléments fertilisants. Les relevés botaniques



Figure 4 | Les plantes appétissantes du procédé Fumier-purin (à droite) se distinguent considérablement du peuplement largement dominé par le nard raide qui caractérise le procédé PK (à gauche). (Photos R. Elmer)

Tableau 3 | Nombre d'espèces de plantes vasculaires présentes dans les neuf procédés de fumure après 14 ans de fumure différente sur une pelouse à nard raide, et différences par rapport au témoin

Procédé	Nombre d'espèces végétales			Espèces manquantes par rapport au témoin ^a		Espèces supplémentaires par rapport au témoin ^b	
	Sur l'ensemble de la surface (60 m ²)	Ø par parcelle (20 m ²) ^c		Nombre d'espèces	Valeur de substances nutritives moyenne	Nombre d'espèces	Valeur de substances nutritives moyenne
Témoin	51	34 ab		–		–	
Lisier	45	31 b		12	2,42	6	2,50
Fumier	47	33 ab		11	2,36	8	2,75
Fumier liqu.	52	32 ab		8	2,13	9	2,67
Fumier-purin	46	32 ab		14	2,21	9	2,78
Ca	53	40 a		7	2,43	9	2,44
PK	52	36 ab		6	2,50	7	2,29
CaPK	41	33 ab		18	2,22	8	2,75
CaPK + N	41	31 b		16	2,19	6	2,67

^a Espèces végétales qui ont été observées sur toute la surface de la variante témoin non fertilisée, mais pas dans les procédés avec fumure.

^b Espèces végétales qui ont été trouvées sur toute la surface des procédés avec fumure, mais pas dans la variante témoin non fertilisée.

^c Les procédés avec la même lettre ne se distinguent pas significativement les uns des autres (P < 0,05, test de Duncan).

de 2001 (Elmer *et al.* 2002) montrent qu'à l'époque, la fumure avait déjà eu un impact majeur sur le pourcentage de nard raide. Une modification de la part de nard raide durant les premières années d'essai pourrait expliquer pourquoi l'effet de la fumure sur le rendement n'a pas augmenté entre 1997 et 2007 malgré la relation entre rendement et pourcentage de nard raide.

La fumure phospho-potassique seule n'a que peu influencé les rendements et la part de nard raide. Le phosphore et le potassium n'étaient donc probablement pas les facteurs les plus limitants pour la croissance végétale. En effet, dans la variante témoin, la fertilité du sol pouvait encore être qualifiée de «médiocre» à «suffisante» pour le phosphore et le potassium après quatorze ans sans fumure. Par contre, la combinaison d'un apport phospho-potassique et d'un chaulage s'est avérée très désavantageuse pour le nard raide mieux adapté à des conditions acides et pauvres en éléments fertilisants.

Le procédé Fumier-purin a eu un effet aussi positif sur le rendement et la part de nard raide qu'un apport minéral NPK accompagné d'un chaulage (procédé CaPK + N). Ces observations montrent qu'il est possible d'obtenir de très bons résultats avec des engrais de ferme sur ce type de pelouses. Toutefois, à l'alpage, les animaux passent la majeure partie du temps au pâturage, si bien que la production d'engrais de ferme est relativement réduite. Dès lors, les engrais produits sur un estivage ne permettraient de fertiliser qu'une partie de la surface avec des quantités similaires à celles utilisées dans cet essai. L'apport d'engrais ne provenant pas de l'alpage

nécessite l'autorisation des services cantonaux compétents (OCest 2009).

L'effet positif des procédés à base de fumier sur le pourcentage de trèfles dans le peuplement a sans doute engendré une augmentation de l'apport en azote par fixation symbiotique. Jacot *et al.* (2000) ont relevé que la part d'azote issue de la fixation symbiotique représentait 73 % de l'azote total contenu dans des légumineuses prélevées à 1900 m d'altitude. Compte tenu du pourcentage de trèfle dans les procédés de fumure étudiés, on peut estimer que l'apport supplémentaire annuel en azote était de 5 à 15 kg par hectare pour les procédés les plus riches en trèfles (Fumier liquéfié ou Fumier-purin). Cependant, le rendement du procédé CaPK, qui n'a bénéficié d'aucune fumure azotée et qui présentait un pourcentage modeste en trèfles, indique clairement que le sol a lui aussi dû fournir des quantités considérables d'azote.

Répercussions sur la diversité floristique

Au total, 71 espèces de plantes vasculaires ont été relevées sur les 27 parcelles. Les procédés Lisier et CaPK + N présentaient le moins d'espèces avec en moyenne 31 espèces pour 20 m² (tabl. 3). Ce chiffre était significativement inférieur à celui des parcelles du procédé Ca, où le plus grand nombre d'espèces (40 en moyenne) ont été relevées. Le procédé Fumier liquéfié ne présentait en moyenne que 32 espèces par parcelle, mais 52 espèces différentes ont toutefois été comptées sur les trois parcelles de ce procédé (sur 60 m²), soit presque autant que pour le procédé

Ca. Dans leur essai de fumure sur un peuplement initialement dominé par le nard raide et la fausse bruyère, Hejzman *et al.* (2007) ont également relevé un nombre élevé d'espèces dans les parcelles chaulées.

Entre 6 et 18 espèces relevées sur les parcelles témoins non fertilisées n'ont pas été retrouvées dans les procédés avec fumure. Un nombre particulièrement élevé d'espèces avait disparu dans les procédés Lisier (12), Fumier (12), Fumier-purin (14), CaPK + N (16) et CaPK (18). Dans les procédés avec fumure, nous avons constaté l'absence de quelques espèces typiques des sols maigres qui étaient présentes dans la variante témoin, comme la nigritelle noirâtre (*Nigritella rhellicani* Teppner et Klein) dans les procédés Fumier, Fumier liquéfié, Fumier-purin, Ca, CaPK, CaPK + N, l'arnica (*Arnica montana* L.) dans les procédés Lisier, Fumier, CaPK, CaPK + N et la botryche lunaire (*Botrychium lunaria* L.; fig. 6) dans les procédés Fumier, Fumier liquéfié, Fumier-purin, CaPK, CaPK + N. Par ailleurs, dans chaque procédé, 6 à 9 espèces ont été trouvées qui n'étaient pas présentes dans la variante témoin. Ainsi le plantain noirâtre (*Plantago atrata* Hoppe) a été observé dans tous les procédés avec fumure et la véronique petit-chêne (*Veronica chamaedrys* L.) dans tous les procédés hormis PK. La valeur de substances nutritives moyenne (selon Landolt 1977) des espèces présentes dans les procédés avec fumure mais pas dans les parcelles témoins était

supérieure de 0,4 à 0,6 unités à celle des espèces présentes dans les parcelles témoins mais pas dans les parcelles fertilisées (sauf pour les procédés PK, Lisier et Ca; tabl. 3). En considérant la proportion de plantes indicatrices de conditions pauvres ou acides (selon les valeurs écologiques de Landolt 1977), on constate que plus le rendement d'un procédé était élevé, moins la proportion de l'espèce indicatrice d'acidité et de sols maigres la plus fréquente dans ces peuplements – c'est-à-dire le nard raide – était importante (fig. 4). Toutefois, aucune tendance nette n'a pu être identifiée quant à la proportion de l'ensemble des autres espèces indicatrices d'acidité et ou de sols maigres.

Sur les alpages, les peuplements à diversité floristique élevée sont très importants d'un point de vue agronomique (Leiber *et al.* 2005), pour l'image des produits et pour le maintien de la biodiversité (Hohl 2006). Une fumure appropriée se doit donc de permettre le maintien de cette diversité. Les espèces adaptées aux sols maigres et acides peuvent rapidement être évincées par des espèces plus compétitives après apport d'éléments fertilisants (Rajaniemi 2002). Cela s'est vérifié dans le présent essai: plusieurs espèces typiques des sols maigres étaient absentes des trois procédés à haut rendement, bien que le nombre d'espèces soit resté élevé. Dans le procédé Fumier-purin, le trèfle brun (*Trifolium badium* Schreb.) à haute valeur fourragère était également absent. L'effet sur la

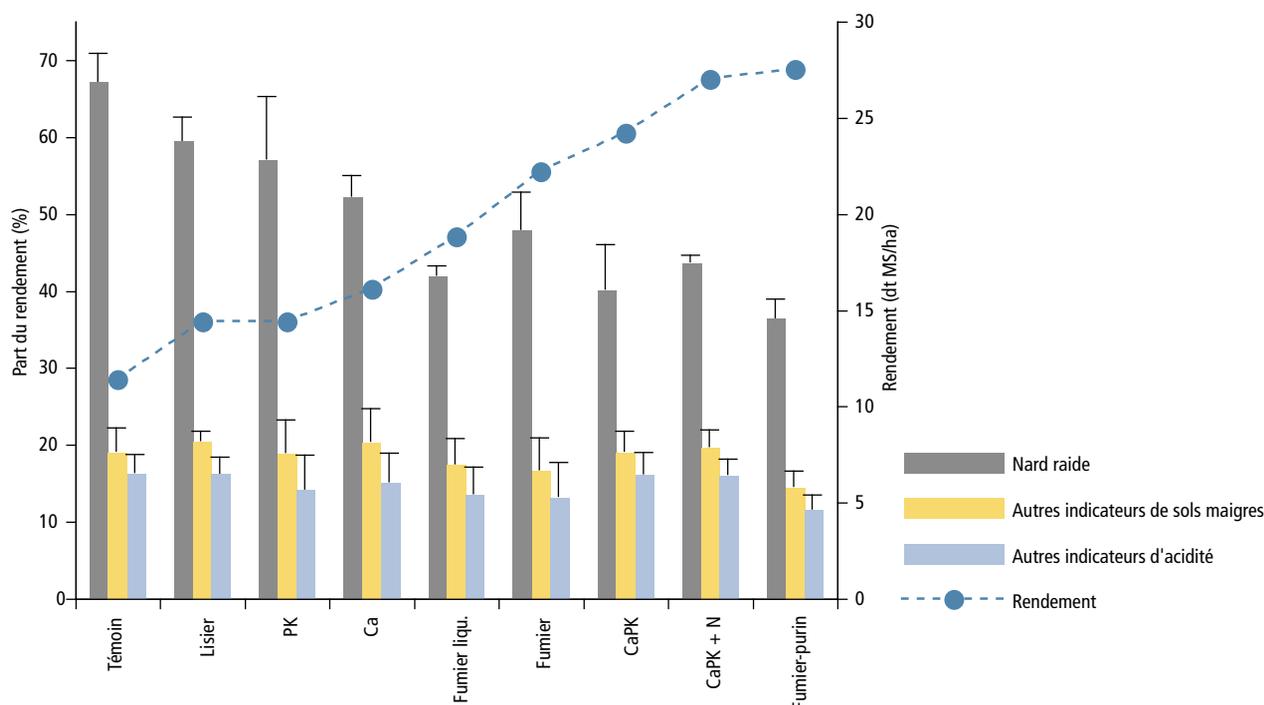


Figure 5 | Pourcentage de rendement du nard raide et des autres indicateurs de sols maigres et d'acidité (colonnes) ainsi que rendement (points) des neuf procédés de fumure après 14 ans de fumure différente sur une pelouse à nard raide située à 1950 mètres d'altitude. Les indicateurs d'acidité et de sols maigres représentés sont les espèces avec une valeur de réaction ou une valeur de substances nutritives de 1 ou de 2 (barres d'erreur = écart-type, n = 3).



Figure 6 | La botryche lunaire était absente de la plupart des procédés avec fumure. (Photo O. Huguenin-Elie)

diversité floristique était néanmoins nettement plus limitée à Scheid que dans l'essai de fumure sur l'Eggenalp (1340 m d'altitude, prairie à avoine jaunâtre) où la fumure à base de NPK a entraîné la disparition de la moitié des espèces (Baumberger *et al.* 1996). Sur l'Eggenalp, il faut cependant savoir que 82,5 kg d'azote, 39,2 kg de phosphore et 149,4 kg de potassium ont été épandus par an, soit des apports nettement plus élevés que ceux de l'essai de Scheid, même si l'on tient compte des différences de rendements liées à l'altitude.

Bibliographie

- Baumberger C., Koch B., Thomet P., Christ H. & Gex P., 1996. Entwicklung der Artenvielfalt im Langzeitversuch Eggenalp. *Agrarforschung* 3 (6), 275–278.
- Delarze R. & Gonseth Y., 2008. Lebensräume der Schweiz. Ott Verlag, Bern (2. éd.), 424.
- Diel W., 1995. Wandel der Wiesenvegetation im Schweizer Mittelland. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 4, 239–249.
- Diel W., 1998. Wichtige Pflanzenbestände und Pflanzenarten der Alpweiden. *Agrarforschung* 5 (6), I-VIII.
- Elmer R., Accola A., Diel W., Bosshard H.-R. & Rossenberg E., 2002. Wirkung von Mist, Gülle und Mineraldünger in artenreichen Borstgrasweiden. *Montagna* 7, 34–35.
- Hejman M., Klaudivsova M., Schellberg J. & Honsova D., 2007. The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122, 259–266.
- Hohl M., 2006. Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps. Diss. ETH No. 16624. 98 p.
- Jacot K. A., Lüscher A., Nösberger J. & Hartwig, U. A., 2000. Symbiotic

Bien qu'une fumure à base de dix tonnes de fumier composté tous les trois ans n'ait pas entraîné une baisse significative du nombre d'espèces végétales par parcelle, plusieurs espèces typiques des sols maigres qui étaient présentes dans les parcelles non fertilisées n'ont pas été trouvées sous ce régime de fumure, comme dans les autres parcelles fertilisées. Pour ne pas réduire la précieuse diversité floristique sur tout l'alpage, il est donc recommandé de laisser une partie de la surface non fertilisée. C'est particulièrement important du fait que les effets de la fumure sur la biodiversité perdurent pendant des décennies dans de tels habitats, même après abandon de toute fumure (Spiegelberger *et al.* 2006). Les objectifs écologiques et agricoles ne doivent pas pour autant s'exclure mutuellement: une fumure correcte sur des surfaces sélectionnées et l'absence de fumure sur d'autres (gestion différenciée) conduisent à une différenciation des communautés végétales qui peut être intéressante aussi bien sur le plan écologique que sur le plan agricole. A grande échelle, une mosaïque de surfaces avec des intensités d'exploitation et des peuplements végétaux différents se traduit par une grande diversité d'espèces et permet d'optimiser l'emploi des engrais de ferme, dont la quantité à disposition des alpages est limitée, sur les surfaces à meilleur potentiel agricole.

Conclusions

Une fumure modérée peut conduire à une augmentation du rendement et à une amélioration agronomique des pelouses à nard raide, mais le type de fumure est décisif. De très bons résultats ont été obtenus avec les engrais de ferme (fumier composté, fumier composté et purin), ainsi qu'avec une fumure minérale phospho-potassique combinée à un chaulage (CaPK). L'intérêt pratique des procédés à base d'engrais minéraux est cependant limité, puisque l'apport d'engrais ne provenant pas de l'alpage nécessite désormais une autorisation (OCest 2009). ■

- N_2 fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1043–1052.
- Landolt E., 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts ETH-Zürich, *Stiftung Rübel* 64, 1–208.
- Leiber F., Kreuzer M., Nigg D., Wettstein H. R. & Scheeder M. R. L., 2005. A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of alpine origin. *Lipids* 40, 191–202.
- Rajaniemi T. K., 2002. Why does fertilization reduce plant species diversity? Testing three competition-based hypotheses. *Journal of Ecology* 90, 316–324.
- OCest, 2009. SR 910.133 Ordonnance sur les contributions d'estivage (OCest) du 14 novembre 2007 (état au 1^{er} janvier 2009).
- Spiegelberger T., Hegg O., Matthies D., Hedlund K. & Schaffner U., 2006. Long-term effects of short-term perturbation in a subalpine grassland. *Ecology* 87, 1939–1944.
- Stebler F. G. & Schröter C., 1888. Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz VII. Das Borstgras (*Nardus stricta* L.), ein schlimmer Feind unserer Alpwirtschaft. *Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz* 2, 139–150.

Riassunto**Effetti della concimazione su un prato di erba cervina**

L'erba cervina non è particolarmente apprezzata dai bovini. Nel quadro di un esperimento di lunga durata condotto a un'altitudine di 1950 m s.l.m. sono stati studiati gli effetti di nove tecniche di concimazione sulla resa e la composizione botanica di un prato di erba cervina.

In seguito a una concimazione moderata con letame decomposto, letame decomposto e liquame o concime minerale PK combinato con la calcitazione sono stati rilevati un notevole incremento di resa e un miglioramento dal profilo agronomico. Nel metodo che contemplava l'uso di letame decomposto e liquame, la quota di erba cervina è stata quasi dimezzata rispetto a quella presente sulla superficie di controllo. Ciò evidenzia quale sia il potenziale dei concimi aziendali per migliorare la qualità agronomica dei prati di erba cervina. La concimazione con liquame completo fortemente diluito o soltanto con concime PK non ha comportato alcun miglioramento della resa e della composizione botanica.

Il numero di specie vegetali ha potuto venir ridotto in maniera significativa mediante una concimazione moderata soltanto in due casi. Tuttavia, diverse specie generalmente riscontrabili sui prati magri e presenti sulle superfici di controllo non concimate non sono state rilevate sui prati sottoposti a concimazione. Dal profilo agronomico ed ecologico è quindi opportuno che i concimi aziendali disponibili in quantità limitate sull'alpe vengano preferibilmente distribuiti sulle superfici che presentano le caratteristiche tecniche migliori al fine della produzione.

Summary**Effects of fertilisation on a mat-grass grassland**

Mat-grass (*Nardus stricta* L.) produces poorly palatable forage. We assessed the effects of nine forms of fertilisation on yield and botanical composition of a mat-grass sward of the central Alps at 1950 m of altitude. Moderate fertilisation with stored solid manure, stored solid manure plus slurry, or mineral PK fertilizer combined with liming achieved a significant yield increase and agricultural improvement of the sward. The effects of slurry alone or mineral PK fertilizer without liming were much smaller. After 14 years, the mat-grass proportion was only 35 % in the plots fertilized with solid manure plus slurry, compared to 65 % in the unfertilised plots. Mat-grass swards can thus be agriculturally improved by applications of farm manure. The number of plant species was significantly decreased by the moderate fertilisation only in two treatments. Nevertheless, some species typical of nutrient poor sites and present in the unfertilized plots could not be found in the fertilized ones. It therefore seems best for summer farms with mat-grass grasslands, for both production and species conservation, to preferentially keep the produced manure for the area with the best production potential.

Key words: manure, Alps, *Nardus stricta*, yield, botanical composition.