Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Teneurs en minéraux des herbages

Ueli Wyss[1], Patrick Schlegel[1], Hansjörg Frey[2] et Beat Reidy[3]
[1]Agroscope, 1725 Posieux, Suisse
[2]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN, 6276 Hohenrain, Suisse
[3]Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse
Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch

La plupart des minéraux dans les herbages couvraient les apports recommandés pour la vache laitière. (Photo: Franziska Akert, HAFL)

Introduction

La pâture intégrale et l'affouragement en vert (distribution d'herbe fraîche à l'étable) combiné à la pâture partielle sont des systèmes d'affouragement très répandus en Suisse pendant la période de végétation. Les vaches pâturent les prairies proches de la ferme. En fonction de l'offre en fourrage, la ration est complétée par de l'herbe fraîche fauchée provenant de prés éloignées de la ferme. L'herbe contient des minéraux essentiels pour la vache laitière, permettant de couvrir ses besoins en éléments nutritifs à des degrés différents. Or, un apport insuffisant en minéraux peut entraîner des symptômes de carence (Suttle 2010). De nombreux facteurs peuvent influencer la teneur en minéraux de l'herbe (conditions climatiques et caractéristiques du sol ainsi que mode d'exploitation), entre autres la composition botanique (Kessler et Jolidon 1998; Daccord *et al.* 2001; Schlegel *et al.* 2016), la date de récolte ou le stade de développement (Daccord *et al.* 2001; Wyss et Kessler 2002; Schlegel *et al.* 2016), le cycle (Daccord *et al.* 2001; Schlegel *et al.* 2016), la région (Schlegel *et al.* 2017) et la saison de pâture (Schlegel et Bracher 2012).

Résumé

La pâture intégrale et l'affouragement en vert à l'étable combiné à la pâture partielle sont des systèmes d'alimentation des vaches laitières très répandus en Suisse. Dans le cadre du projet «Comparaison de systèmes Hohenrain II», deux systèmes associant pâture partielle et distribution d'herbe fraîche à l'étable avec des apports d'aliments concentrés faibles (HFC) et élevés (HFCplus) ont été comparés au système de référence «pâture intégrale» (PI) sur une période de trois ans. Au cours des années 2014 et 2015, des échantillons d'herbe des pâturages et des prés utilisés pour l'affouragement à l'étable ont été prélevés régulièrement tout au long de la période de végétation. Les minéraux tels que le calcium (Ca), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le potassium (K), le sodium (Na), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le manganèse (Mn) et le zinc (Zn) ont été analysés. L'herbe des pâturages présentait des teneurs en Ca plus basses et des teneurs en P, en K, en Cu et en Zn plus élevées que l'herbe fraîche affouragée à l'étable. Ces différences s'expliquent principalement par le stade de développement plus bas de l'herbage pâturé. Mis à part la teneur en Na, les teneurs minérales variaient au cours de la période de végétation tant dans l'herbe pâturée que dans l'herbe fraîche affouragée. Les teneurs en minéraux de l'herbage seul permettraient de satisfaire les besoins en Ca, en P, en K, en Cu, en Fe et en Mn d'une vache laitière produisant jusqu'à 30 kg de lait par jour (mais non les besoins en Mg, Na et Zn).

Afin d'assurer un apport suffisant en minéraux, il est primordial d'avoir des données fiables sur la teneur en minéraux de l'herbage.

Le projet Hohenrain II avait pour objectif de comparer, de 2014 à 2016, trois systèmes de production laitière basés sur les herbages: pâture intégrale sans complément d'aliments concentrés et vêlages saisonniers (PI); affouragement en vert à l'étable combiné à une pâture partielle et apport d'aliments concentrés faibles (HFC) ou élevés (HFCplus) (Ineichen *et al.* 2018).

La présente publication porte en particulier sur les teneurs en minéraux de l'herbe pâturée et de l'herbe fraîche affouragée à l'étable au cours des périodes de végétation 2014 et 2015.

Matériel et méthodes

L'essai a été effectué sur l'exploitation agricole du Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN à Hohenrain (canton de Lucerne; altitude: 620 m). Les trois systèmes d'affouragement sont décrits de façon détaillée par Ineichen *et al.* (2018). Les sols milourds (limon sableux faiblement humifère) et partiellement humides de l'exploitation, le plus souvent exposés au sud-est, sont suffisamment riches en éléments nutritifs et présentent de très bons rendements en herbage (Ø 121 dt de matière sèche (MS)/an sur pâturages, Ø 136 dt MS/an sur prés).

Dans les années 2014 et 2015, des échantillons d'herbe ont été prélevés tous les 15 jours dans les pâturages des trois troupeaux et dans l'herbe fraîche distribuée à l'étable. Les trois groupes de vaches pâturaient sur des parcelles distinctes, mais l'herbage fauché pour les deux groupes avec pâture partielle provenaient des mêmes prés. Les échantillons ont été séchés et moulus à 1 mm (Brabender, Duisburg, Allemagne).

Après incinération, les macro-éléments et les oligo-éléments tels que le calcium (Ca), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le potassium (K), le sodium (Na), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le manganèse (Mn) et le zinc (Zn) ont été déterminés par spectrométrie d'émission optique à plasma et couplage inductif (ICP-OES, Optima 7300 DV Perkin-Elmer, Schwerzenbach, Suisse).

La comparaison des teneurs en minéraux a été faite entre l'herbage de la pâture intégrale, des deux pâtures partielles et des prés fauchés pour l'affouragement en vert à l'étable. Afin d'étudier l'influence de la saison de végétation, les données ont été regroupées par mois. L'analyse statistique a été réalisée au moyen d'une analyse de variance (SYSTAT 13, Systat Software GmbH, Erkrath, Allemagne), incluant les facteurs «systèmes» (affouragement en vert, pâture intégrale et pâture partielle) et «mois». Dans le cas d'effets significatifs ($P < 0{,}05$), les valeurs ont été comparées au moyen du test de Bonferroni.

Résultats et discussion

Teneurs minérales par systèmes herbagers et mois

Comparée à l'herbe pâturée qui contenait 70 % de graminées, 9 % d'autres plantes et 21 % de légumineuses, l'herbe fraîche affouragée à l'étable contenait une plus faible proportion de graminées (60 %), surtout de ray-grass, et d'autres plantes (6 %). En revanche, elle com-

Tableau 1 | Stade de développement, teneurs en cendres et en macro-éléments en fonction du système d'affouragement et du mois.

	Stade de développement	Cendres	Ca	P	Mg	K	Na
		g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS
N	132	132	132	132	125	132	125
Affouragement en vert	2,7^{y}	113	9,6^{z}	4,0^{x}	2,2	33,4^{x}	0,4
Pâture intégrale	1,8^{x}	112	6,2^{x}	4,8^{z}	2,1	38,1^{z}	0,3
Pâture partielle	1,8^{x}	108	7,1^{y}	4,5^{y}	2,2	35,7^{y}	0,4
Avril	1,7^{a}	97^{a}	5,5^{a}	4,1^{a}	1,6^{a}	34,4^{ab}	0,3
Mai	2,3^{b}	100^{ab}	5,8^{ab}	4,0^{a}	1,7^{ab}	33,9^{ab}	0,4
Juin	2,3^{b}	103^{abc}	7,8^{bc}	4,0^{a}	2,0^{b}	34,6^{ab}	0,3
Juillet	2,2^{ab}	102^{abc}	9,8^{c}	4,2^{ab}	2,4^{bc}	32,3^{a}	0,3
Août	2,2^{ab}	116^{cd}	9,8^{c}	4,5^{bc}	2,4^{c}	35,0^{abc}	0,3
Septembre	2,2^{b}	114^{bcd}	8,8^{c}	4,6^{c}	2,4^{c}	38,5^{c}	0,4
Octobre	1,9^{ab}	133^{e}	7,1^{b}	4,9^{c}	2,3^{bc}	38,5^{c}	0,4
Novembre	2,0^{ab}	127de	5,7^{ab}	5,1^{c}	2,1^{bc}	38,7^{bc}	0,5
RMSE	0,4	13	1,4	0,4	0,3	3,3	0,2
Valeurs P							
Système (S)	<0,001	n.s.	<0,001	<0,001	n.s.	<0,001	n.s.
Mois (M)	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	n.s.
S × M	n.s.	<0,01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

MS: matière sèche; RMSE: racine de l'erreur quadratique moyenne.
n.s.: non significatif (P >0,05).

Tableau 2 | Teneurs en oligo-éléments en fonction du système d'affouragement et du mois.

	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS
N	125	132	125	125
Affouragement en vert	10,5^{x}	428	54	27^{x}
Pâture intégrale	11,8^{y}	336	57	35^{y}
Pâture partielle	11,3^{xy}	347	52	34^{y}
Avril	11,1^{abcd}	280^{a}	44^{a}	30^{ab}
Mai	10,1^{abc}	357^{a}	67^{d}	29^{ab}
Juin	10,0^{ab}	177^{a}	49^{ab}	28^{a}
Juillet	11,8^{bcde}	190^{a}	48^{ab}	32^{ab}
Août	13,2^{e}	375^{a}	63^{cd}	37^{b}
Septembre	12,7^{de}	229^{a}	50^{abc}	34^{ab}
Octobre	11,8^{cde}	783^{b}	60^{bcd}	34^{ab}
Novembre	9,0^{a}	575^{ab}	54^{bcd}	30^{ab}
RMSE	1,5	283	12	7
Valeurs P				
Système (S)	0,01	n.s.	n.s.	<0,001
Mois (M)	<0,001	<0,001	<0,001	0,02
S × M	n.s.	<0,01	n.s.	n.s

MS: matière sèche; RMSE: racine de l'erreur quadratique moyenne.
n.s.: non significatif (P >0,05).

prenait une proportion plus élevée de légumineuses (34 %) (Ineichen *et al.* 2018). Toutefois, la composition botanique de tous les herbages a été classifiée comme équilibrée et riche en ray-grass (type ER). L'herbe fraîche affouragée présentait également un stade de développement plus tardif (Ø 2,7 +/–0,5) que l'herbe pâturée (Ø 1,8 +/–0,4). Les teneurs en matière azotée de la pâture intégrale (247 g/kg MS) et de la pâture partielle (233 g/kg MS) étaient plus élevées que celles de l'herbe affouragée à l'étable (179 g/kg MS). Quant aux teneurs en cellulose brute de la pâture intégrale (178 g/kg MS) et de la pâture partielle (183 g/kg MS), elles étaient inférieures à celles de l'herbe affouragée (222 g/kg MS).

La teneur en cendres était comparable entre les différents systèmes ($P = 0{,}21$) (tabl. 1). Mais du printemps à l'automne, les valeurs ont augmenté ($P < 0{,}001$). Pendant toute la période de végétation, l'herbe pâturée présentait des teneurs en Ca plus basses et des teneurs en P, en K, en Cu et en Zn plus élevées que l'herbe fraîche affouragée ($P < 0{,}001$) (tabl. 1 et tabl. 2). Les différents stades de développement du fourrage peuvent, en partie, expliquer ces écarts. Selon Schlegel *et al.* (2016), le P, le K, le Cu et le Zn diminuent en fonction du stade de développement croissant. Seul le Ca demeure constant. Selon Daccord *et al.* (2001), les légumineuses et les autres plantes ont une teneur en Ca nettement plus élevée que les graminées. La proportion plus élevée en légumineuses peut donc expliquer la teneur plus élevée en Ca de l'herbe fraîche affouragée, relevée dans cet essai. A l'exception de la teneur en Na ($P = 0{,}31$), les teneurs en minéraux se sont modifiées durant la période de végétation. Les teneurs en Ca, en Mg et en Cu ont augmenté du printemps à l'été, puis ont légèrement diminué en automne. En mai, le Mn a enregistré des valeurs plus élevées. Les teneurs en K et en Fe ont fortement augmenté en automne. Des évolutions mensuelles similaires ont été observées pour les minéraux analysés dans l'herbe de pâturage provenant de Posieux et de Sorens dans le canton de Fribourg (Schlegel et Bracher 2012).

Le Fe est en général abondant dans le sol. La variabilité et surtout les valeurs élevées en Fe observées sont probablement liées aux contaminations terreuses des herbages ayant principalement lieu en automne par temps mouillé. Ces contaminations sont déterminées par l'analyse des teneurs en cendres. La corrélation entre teneurs en cendres et Fe dans les herbages était bonne ($R^2 = 0{,}72$; fig. 1) et accentuée dans les herbages affouragés en vert ($R^2 = 0{,}83$), ce qui est conforme aux observations faites par Resch *et al.* (2014).

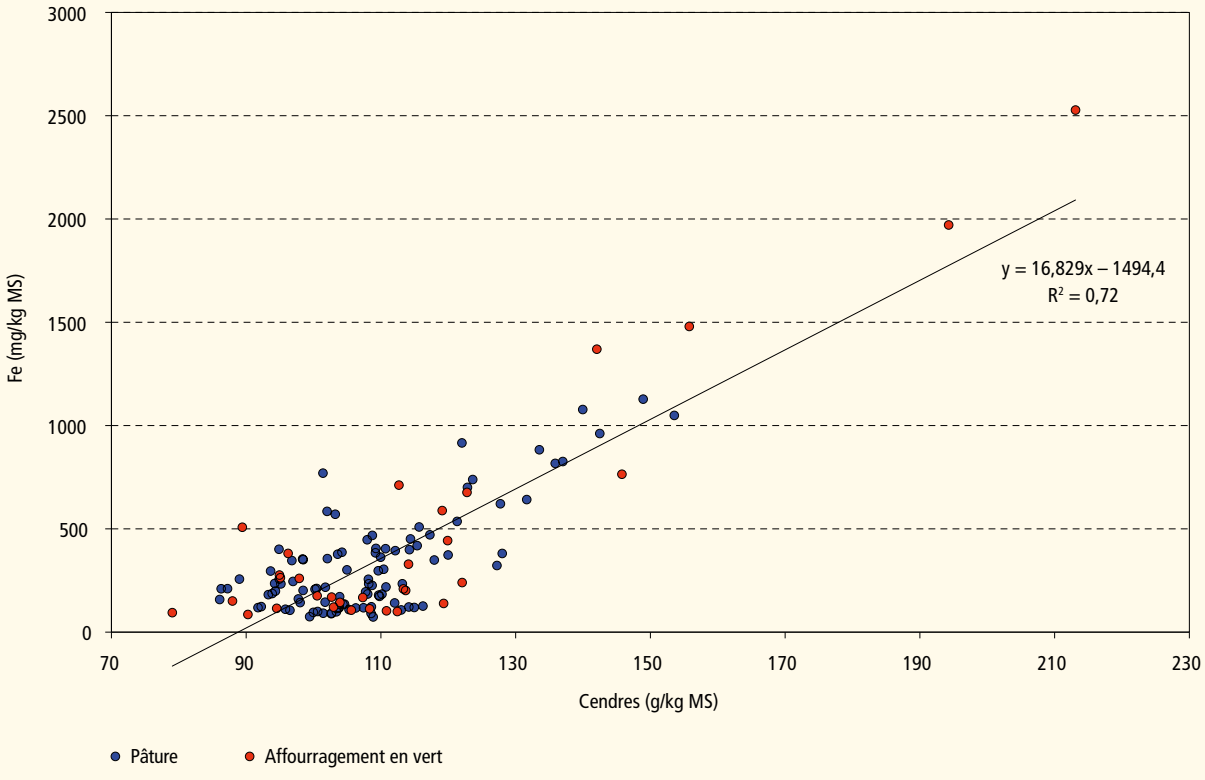

Figure 1 | Corrélation entre la teneur en cendres et en fer.

Couverture par l'herbage de l'apport recommandé

Si l'on compare la teneur en minéraux des herbages avec les actuels apports alimentaires recommandés d'une vache laitière (Agroscope 2018), dont la production quotidienne s'élève entre 20 et 30 kg de lait (tabl. 3), les besoins en Ca, en P, en K, en Cu, en Fe et en Mn sont couverts par les herbages (herbe pâturée ou affouragée à l'étable). Par contre, les minéraux Mg, Na et Zn doivent être complémentés. La plupart des aliments minéraux destinés à compléter la pâture contiennent du P. Toutefois, sur la base des résultats obtenus, il serait possible de renoncer à un complément en P tant dans le cas de la pâture intégrale que dans celui de l'affouragement en vert combiné avec une pâture partielle, pour une utilisation plus durable de cet élément. Sur la base d'une étude menée en Suisse romande et au Tessin, la teneur en P d'un type défini d'herbage n'a été influencée ni par la région ni par l'altitude (Schlegel *et al.* 2017).

Conclusions

Les minéraux analysés dans les herbages correspondent aux valeurs de références valables en Suisse (Agroscope 2017).

Les différences relevées entre l'herbe pâturée et l'herbe fraîche affouragée à l'étable sont principalement dues aux différents stades de développement des herbages.

Les herbages utilisés couvraient les apports recommandés en Ca, P, K, Cu, Fe et en Mn de la vache laitière (Agroscope 2018). Par contre, une complémentation était nécessaire pour le Mg, le Na et le Zn. ■

Tableau 3 | Apports recommandés en minéraux[1].

Système d'affouragement		Pâture intégrale sans aliments concentrés (PI)	Pâture partielle avec affouragement en vert; 180 kg d'aliments concentrés par année (HFC)	Pâture partielle avec affouragement en vert; 850 kg d'aliments concentrés par année (HFCplus)
Lait	kg/jour	18	22	25
Poids vif	kg	560	650	650
Ingestion ration	kg MS/jour	16,0	18,3	18,5
Ca	g/kg MS	6,1	6,4	6,5
P	g/kg MS	2,9	3,0	3,2
Mg	g/kg MS	3,2	3,2	2,7
K	g/kg MS	7,8	8,0	8,2
Na	g/kg MS	1,4	1,4	1,5
Cu	mg/kg MS	10	10	10
Fe	mg/kg MS	40	40	40
Mn	mg/kg MS	40	40	40
Zn	mg/kg MS	50	50	50

[1] Bases de calcul: dans les systèmes pâture intégrale, pâture partielle avec affouragement en vert avec peu ou beaucoup d'aliments concentrés: 35, 35 et 30 g K par kg de MS; part d'aliments concentrés dans la ration: < 10 %, < 10 %, 10–25 %.

Riassunto

Systemi a confronto Hohenrain II: tenore di minerali nel foraggio da pascolo

Il pascolo integrale o il pascolo parziale con afforaggiamento di erba fresca in stalla sono sistemi di foraggiamento molto diffusi in Svizzera. Il progetto «Systemi a confronto Hohenrain II» è stato condotto durante tre anni per confrontare un sistema di pascolo integrale con due sistemi di pascolo parziale con afforaggiamento di erba fresca in stalla e apporti di concentrati ridotto e maggiorato. Nel 2014 e nel 2015 sono stati regolarmente prelevati campioni di erba da pascolo e di erba fresca durante tutto il periodo vegetativo e sono stati analizzati i minerali calcio (Ca), fosforo (P), magnesio (Mg), potassio (K), sodio (Na), rame (Cu), ferro (Fe), manganese (Mn) e zinco (Zn). L'erba da pascolo attestò valori decisamente più bassi di Ca e più alti di P, K, Cu e Zn rispetto all'erba fresca afforaggiata in stalla. Ciò è da ricondurre soprattutto ai diversi stadi di sviluppo del foraggio. Per il tenore di Mg non sono state osservate differenze significative. A parte il tenore di Na, vi è stata una variazione significativa dei minerali nel corso del periodo di vegetazione, sia per l'erba da pascolo che per l'erba fresca afforaggiata. Con l'alimentazione tramite erba da pascolo, possono essere coperte le necessità in minerali Ca, P, K, Cu, Fe e Mn di una vacca da latte con una prestazione in termini di latte di 30 kg al giorno. Per quanto concerne i minerali Mg, Na e Zn invece non è il caso.

Summary

System comparison Hohenrain II: Mineral content of herbage

Full grazing or indoor feeding of fresh herbage and partial grazing are common feeding systems for dairy cows in Switzerland. Project Hohenrain II investigated a comparison of three different grassland-based milk production systems, a partial grazing with indoor feeding of fresh grass with reduced and increased concentrate supplementation was compared with the full grazing system with seasonal calving and no concentrate supplementation during three years. In the years 2014 and 2015, herbage from pastures and for fresh indoor feeding were regularly taken during the growing periods and the minerals calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) were analysed. Herbage from pastures had significantly lower Ca and higher P, K, Cu and Zn contents than herbage for fresh indoor feeding. This is mainly due to the different stages of development of the herbage. No significant differences were determined in the Mg content. Apart from the sodium content, the mineral contents varied significantly in the herbage during the growing periods. With the feeding of herbage, the needs of a dairy cow up to a milk yield of 30 kg per day could be covered by Ca, P, K, Cu, Fe and Mn. On the other hand, this was not the case for Mg, Na and Zn.

Key words: herbage, grazing, indoor feeding, mineral content.

Bibliographie

- Agroscope, 2017. Valeur nutritive des fourrages. Accès: www.agroscope.admin.ch [13.09.2017].
- Agroscope, 2018. Apports alimentaires recommandés pour les ruminants. Accès: www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html [06.02.2018].
- Daccord R., Arrigo Y., Kessler J., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.-X. & Lehmann J., 2001. Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Ca, P, Mg und K. *Agrarforschung* **8** (7), 264–269.
- Ineichen S., Akert F., Frey H., Wyss U., Hofstetter P., Schmid H. & Reidy B., 2018. Comparaison de systèmes Hohenrain II: Descriptif de l'essai et qualité de l'herbage frais. *Recherche Agronomique Suisse* **9** (4) 112–119.
- Kessler J. & Jolidon V., 1998. N-Düngung und Mineralstoffgehalt von Wiesenpflanzen. *Agrarforschung* **5** (3), 117–120.
- Resch R., Wiedner G., Buchgraber K., Kaufmann J. & Pötsch E., 2013. Bedeutung des Eisengehaltes als Indikator für die Futterverschmutzung von Grünlandfuttermitteln. ALVA-Jahresbericht 2013, 86–88.
- Schlegel P. & Bracher A., 2012. Evolution de la teneur en minéraux de pâturages intensifs. *ETH Schriftenreihe zur Tierernährung* **35**, 194–197.
- Schlegel P., Wyss U., Arrigo Y. & Hess H.D. (2016) Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage. *Animal Feed Science and Technology* **219**, 226–233.
- Schlegel P., Amaudruz M. & Python P., 2017. Teneur minérale de l'herbage en fonction de la région et de l'altitude. *Recherche Agronomique Suisse* **8** (2), 56–61.
- Suttle N. F., 2010. Mineral Nutrition of Livestock. CABI, Oxfordshire, United Kingdom.
- Wyss U. & Kessler J., 2002. Bewirtschaftung beinflusst Mineralstoffe im Gras. *Agrarforschung* **9** (7), 292–297.