RECHERCHE AGRONOMIQUE SUISSE

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Editorial	De l'herbe au lait avec succès
Editorial	Production laitière: deux voies pour sortie de l'impasse
Production animale	Descriptif de l'essai et qualité de l'herbage frais
Production animale	Teneurs en minéraux des herbages
Production animale	Performances animales à partir d'herbage frais
Economie agricole	Production laitière: herbe fraîche et peu de concentrés, une solution rentable
Environnement	Production laitière basée sur les pâturages et les herbages: analyse de cycle de vie
Production animale	Teneurs en nutriments et en minéraux des fourrages conservés
Production animale	Combiner recherche et échange du savoir amplifie leurs retombées pratiques
Portrait	Pius Hofstetter – une vie au service de l'agriculture et du secteur alimentaire

Agroscope | OFAG | HAFL | AGRIDEA | ETH Zürich | FiBL

De l'herbe au lait avec succès

Beat Reidy
Professeur, Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

Walter Gut
Directeur, Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN

Chère lectrice, cher lecteur,

Des prairies et pâturages fertiles, des paysages variés et hauts en couleurs: voilà qui caractérise la Suisse tout autant que le fromage et le chocolat. La production laitière revêt une grande importance économique et sociétale. La vache qui broute au pré produit non seulement une denrée alimentaire précieuse, mais constitue aussi un symbole du paysage cultivé suisse, qui contribue à l'image du pays, à la qualité de vie de ses habitants et à son attractivité touristique.

Toutefois, cette symbiose est menacée. La création de valeur est insuffisante et la filière lait suisse perd des parts de marché. Va-t-elle compromettre sa carte maîtresse? L'herbe, l'or vert des prairies et pâturages, a toujours été la base de la production laitière suisse, et dans le contexte d'une internationalisation croissante, elle représente un atout unique.

Le projet Hohenrain II – optimisation de systèmes de production laitière avec herbages frais – s'est penché sur la question centrale d'une utilisation efficiente et durable de cette essence précieuse de la production indigène. Il ne s'est pas concentré uniquement sur la pâture intégrale, mais a aussi voulu montrer, dans les systèmes combinant fauche et pâture, quels étaient les facteurs de succès et les possibilités d'optimisation de ces formes traditionnelles de production.

Le projet s'est basé sur une comparaison pluriannuelle de systèmes sur le domaine du BBZN de Hohenrain, où trois troupeaux ont été nourris avec différents pourcentages de pâture, d'herbe fraiche à l'étable et de concentrés. Afin de sonder les possibilités et les limites des systèmes dans la pratique également, et d'échanger savoir et expérience, 36 exploitations de toute la Suisse se sont impliquées dans le projet.

Le projet Hohenrain II a vu le jour grâce au large soutien d'associations laitières, de l'OFAG et de la CTI, ainsi qu'à une coopération unique entre différentes institutions de recherche et de conseil. La HAFL, le BBZN, l'EPFZ, Agroscope, ainsi que des services régionaux de conseil, ont, avec les exploitations, contribué chacun à sa façon à obtenir des résultats scientifiques utilisables dans la pratique.

Nous tenons à remercier tous les acteurs de cette collaboration exceptionnelle et réussie. Selon nous, c'est de ce modèle, pour et avec les professionnels, que devrait s'inspirer la recherche tout au long de la filière.

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Descriptif de l'essai et qualité de l'herbage frais

Sebastian Ineichen[1], Franziska Akert[1,4], Hansjörg Frey[3], Ueli Wyss[5], Pius Hofstetter[2], Herbert Schmid[3], Walter Gut[3] et Beat Reidy[1]
[1]Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse
[2]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN, 6170 Schüpfheim, Suisse
[3]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN, 6276 Hohenrain, Suisse
[4]Ecole polytechnique fédérale de Zurich ETHZ, 8092 Zurich, Suisse
[5]Agroscope, 1725 Posieux, Suisse
Renseignements: Beat Reidy, e-mail: beat.reidy@bfh.ch

Le système «affouragement en vert» permet de nourrir le bétail avec de l'herbe fraîche provenant de parcelles éloignées de l'exploitation.

Introduction

La libéralisation du marché laitier suisse contraint les producteurs de lait à augmenter leur productivité et leur efficience tout en diminuant leurs coûts de production. Les structures relativement petites et le niveau élevé des coûts en Suisse représentent des défis importants pour les exploitations (Gazzarin *et al.* 2014; Haas et Hofstetter 2017). En Suisse, les contraintes topographiques et structurelles empêchent la plupart du temps la pratique de la pâture intégrale pure ou de l'affouragement 100 % à la crèche, comme cela se fait à l'étranger. Un grand nombre de producteurs de lait combinent donc la pâture avec une complémentation à l'étable mêlant, selon leur disponibilité, fourrage grossier frais (affouragement en vert) ou conservé et concentrés.

L'avantage de l'affouragement en vert est qu'il permet de nourrir le bétail avec de l'herbe fraîche provenant de surfaces qui ne se prêtent pas à la pâture. En outre, il évite les pertes liées à la conservation du fourrage. En

Résumé

Dans le cadre du projet «Hohenrain II», trois systèmes de production laitière avec affouragement d'herbe fraîche ont été comparés de 2014 à 2016: deux systèmes combinant pâture et distribution d'herbe fraîche à l'étable avec des apports de concentrés faibles (HFC) ou élevés (HCFplus) ont été confrontés au système de référence «pâture intégrale» (PI). Cet article fournit des informations sur l'organisation du projet ainsi que sur les premiers résultats concernant la teneur en énergie de l'herbe fraîche. Le cheptel laitier (70 têtes) du domaine du centre de formation BBZN de Hohenrain (Lucerne) a été séparé en trois troupeaux, qui ont chacun été détenus dans l'un des trois systèmes comparés. Les trois troupeaux disposaient de la même surface fourragère (12 ha), mais le nombre moyen de vaches et les quantités de concentrés utilisés différaient. En outre, 36 exploitations pilotes du Plateau suisse ont participé au projet, créant un lien avec la pratique et favorisant le transfert de connaissances par le biais de cercles de travail. Les teneurs les plus élevées en NEL (MJ/kg MS) de l'herbe affouragée en vert ont été atteintes au printemps, ce qui correspond aux valeurs de référence. Comparées au gazon court pâturé, les teneurs en NEL des herbages affouragés étaient plus faibles et très fluctuantes, particulièrement en été. Cela s'explique par les différents stades de développement de l'herbe mais aussi par la météo estivale, deux facteurs qui influencent grandement la digestibilité des herbages. Comme pour la pâture, il faudrait développer des aides à la décision axées sur la pratique afin d'assurer une haute qualité des herbages et de faciliter la gestion de l'affouragement en vert.

revanche, les coûts des machines et du travail sont plus élevés qu'avec la pâture intégrale (Gazzarin et Schick 2004), notamment en raison de la récolte quotidienne de fourrage.

Excepté quelques études ponctuelles en France (Bretagne) (Losq *et al.* 2011), très peu de recherches systématiques sur cette forme de production typiquement suisse ont été conduites jusqu'à présent dans le contexte européen. Aussi, une étude comparative de trois systèmes de production laitière avec affouragement d'herbe fraîche a-t-elle été menée entre 2014 et 2016, sous l'égide de la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL (Zollikofen) et du centre de formation professionnelle BBZN à Hohenrain (Lucerne). Deux systèmes avec affouragement en vert combiné à la pâture et complétés par différentes quantités de concentrés ont été confrontés à la pâture intégrale avec vêlage saisonnier – système qui a déjà été étudié dans les conditions suisses (Hofstetter *et al.* 2011).

Le présent article décrit la structure du projet et les données employées. Il traite en outre de la qualité de l'herbe fraîche. Les performances fourragères et animales, la gestion d'entreprise, la durabilité et le transfert de connaissances seront abordés dans d'autres articles.

Matériel et méthodes

Structure du projet

La comparaison de systèmes Hohenrain II a été effectuée entre 2014 et 2016 sur le domaine du BBZN Hohenrain et simultanément sur 38 exploitations du Plateau suisse (fig. 1). Le projet avait pour but principal d'élaborer une base scientifique permettant de développer des solutions pratiques et des améliorations pour les exploitations combinant pâture et affouragement en vert.

Domaine agricole de Hohenrain

Le domaine du BBZN Hohenrain se situe en bordure du Seetal lucernois, à 620 m d'altitude. Les sols mi-lourds (limon sableux faiblement humifère), avec parfois de l'humidité stagnante, sont pour la plupart exposés au sud-est. Leur approvisionnement en éléments nutritifs est satisfaisant à riche et leurs rendements de fourrage grossier sont très bons. La fertilisation est réalisée selon les normes PRIF (Sinaj et Richner 2017). Toutes les surfaces ont été fertilisées au printemps et, si possible, en automne, avec env. 30 m^3 de lisier de bovin, partiellement mélangé à du fumier de volaille et du lisier de porc. Un apport supplémentaire a été effectué après chaque coupe. Les pâturages sur gazon court, par contre, ont été fertilisés quatre fois par an – à fin mai, fin juin, fin juillet et fin août – avec 27 kg N par hectare, sous forme de nitrate d'ammoniac. En moyenne des trois ans, les prairies de fauche ont reçu 162 kg N par hectare et par an et les pâturages 180 kg N.

Durant les trois années des essais, les températures annuelles moyennes (2014: 10,8 °C; 2015: 10,8 °C, 2016: 10,0 °C) ont légèrement dépassé la moyenne des huit dernières années (10,0 °C). Les précipitations ont aussi atteint à peu près la moyenne des huit dernières

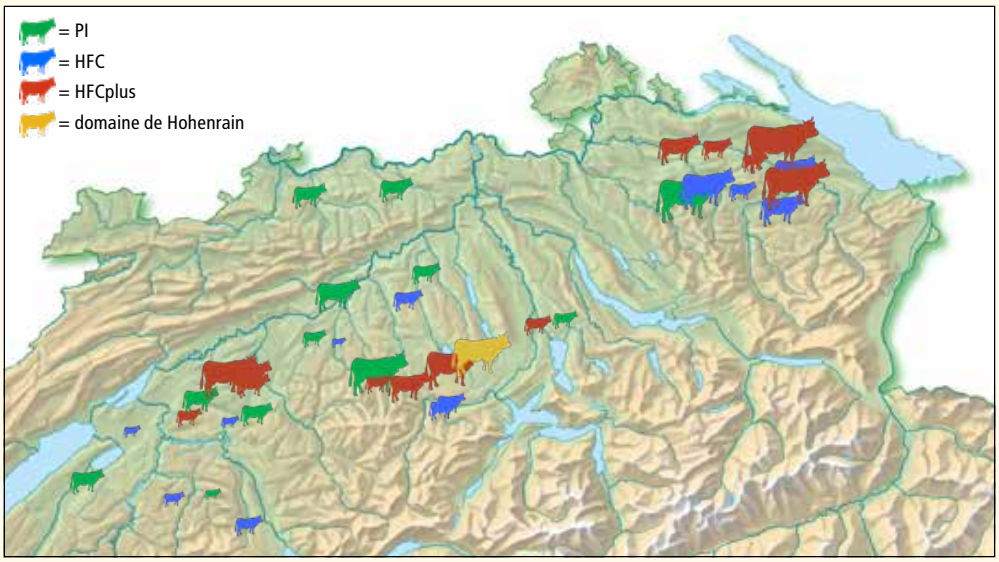

Figure 1 | Répartition géographique des exploitations impliquées dans le projet Hohenrain II.
PI: pâture intégrale; HFC: pâture + distribution d'herbe fraîche à l'étable + apports de concentrés faibles; HFCplus: pâture + distribution d'herbe fraîche à l'étable + apports de concentrés élevés.

années (1086 mm), bien que l'année 2015 se soit distinguée par une pluviométrie plus faible. La répartition des précipitations au cours des saisons a beaucoup varié suivant les années (fig. 2).

Le cheptel laitier du domaine du BBZN Hohenrain (en moyenne 70 animaux) a été séparé en trois troupeaux (tabl. 1). Chacun d'eux se composait de vaches de la race Brune (RB) et Swiss Fleckvieh (SF). Les deux troupeaux combinant pâture, affouragement en vert et concentrés (HFC et HFCplus) comptaient également des Holstein-Friesian (HF). Dans le troupeau «pâture intégrale» (PI), les vaches HO étaient remplacées par des Kiwi-Cross

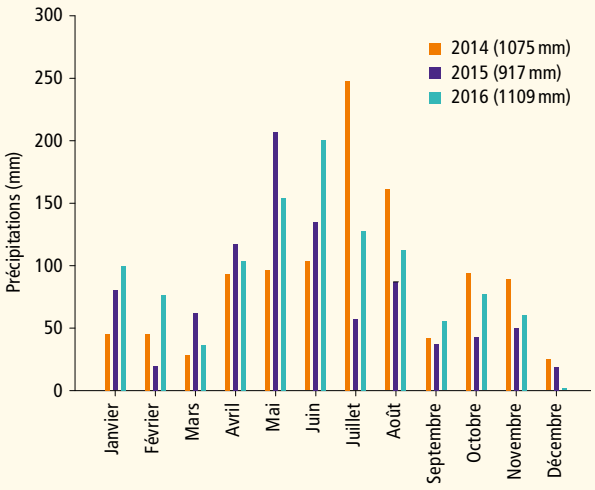

Figure 2 | Précipitations mensuelles à Hohenrain pendant la durée du projet, de 2014 à 2016.

(KC). Ce compromis dans le dispositif d'essai (*incomplete design*) a été consenti pour être cohérent avec la pratique.

Les fourrages devaient si possible être produits sur la surface fourragère principale (SFP) de 12 ha attribuée à chaque troupeau, à l'exception des concentrés qui ont été achetés sous forme de composants individuels ou d'aliments composés. Afin de respecter les prestations écologiques requises (PER), 0,84 ha de prairies extensives ont été attribués à chacun des trois troupeaux en tant que surfaces de promotion de la biodiversité (SPB).

Le reste de la surface allouée au troupeau PI (11,16 ha) se composait de prairies artificielles pluriannuelles et naturelles, exploitées sous forme de pâture continue sur gazon court.

Pour nourrir les deux troupeaux affouragés en vert (HFC et HFCplus), 1 ha d'ensilage de maïs et 10,16 ha de pâturage pour l'affouragement en vert ont été utilisés (7,03 ha de prairie artificielle et 3,13 ha de prairie naturelle). Afin d'estimer la consommation de MS d'herbe fraîche affouragée en vert par troupeau et par animal, la quantité de fourrage donnée aux troupeaux HFC et HFCplus a été pesée durant trois jours consécutifs dans l'autochargeuse, et ce quatre fois par année. Si l'offre en fourrage était excédentaire sur les surfaces pâturées, des parcelles étaient séparées et le fourrage conservé. Le troupeau PI disposait d'un hangar à foin séparé, alors que les troupeaux HFC et HFCplus s'en partageaient un puisque leurs surfaces de fauche étaient aussi exploitées ensemble.

Tableau 1 | Caractéristiques des groupes de l'essai en moyenne des années 2014 à 2016 sur le domaine du BBZN Hohenrain.

	Système d'affouragement		
	HFC	HFCplus	PI
Concentrés (kg/vache)	181	856	–
Ration estivale	Affouragement en vert et pâture diurne ou nocturne; concentré correcteur en phase de démarrage	Affouragement en vert et pâture diurne ou nocturne; concentré correcteur	Pâture intégrale
Ration hivernale	Ensilage maïs/herbe, fourrage sec et 0,5 kg CP/vache et jour	Ensilage maïs/herbe, fourrage sec et 1,5 kg CP; VL jusqu'à 5 kg/vache et jour	Foin écologique (phase de tarissement déc.–jan.), ensilage d'herbe jusqu'au début de la pâture
Nombre de vaches (UGB)	21,5	24,1	25,1
Races de vaches	BS, SF, HF	BS, SF, HF	BS, SF, KC
Vêlage	Toute l'année	Toute l'année	Saisonnier

HFC: pâture + distribution d'herbe fraîche à l'étable + apports de concentrés faibles; HFCplus: pâture + distribution d'herbe fraîche à l'étable + apports de concentrés élevés; PI: pâture intégrale; CP: concentré protéique; VL: concentré de production; BS: race Brune; SF: Swiss Fleckvieh; HF: Holstein-Friesian; KC: Kiwi-Cross.

Exploitations étudiées

Les exploitations ont été recrutées par le biais d'annonces ou ont été contactées directement. Une liste de critères a permis d'en sélectionner 38. Deux exploitations de la catégorie HFC se sont retirées en cours de route. Les 36 exploitations restantes se situaient dans trois régions (ouest, centre et est) du Plateau suisse (fig. 1).

Les exploitations participantes (tabl. 2) répondaient en moyenne bien aux exigences du projet. Il était indispensable que les groupes soient homogènes pour pouvoir comparer les systèmes d'exploitation. Toutefois, la délimitation des catégories en fonction des quantités de concentrés utilisés par vache et par an était floue.

Toutes les exploitations HFCplus produisaient uniquement du lait de fromagerie et étaient des exploitations PER. Seule environ la moitié des exploitations HFC et PI produisaient du lait sans ensilage et trois d'entre elles étaient des exploitations bio. En moyenne, les exploitations HFCplus détenaient le plus de vaches (49,7 UGB), les exploitations HFC le moins (35,6 UGB).

Transfert de connaissances

Le recours à des exploitations de plusieurs régions du pays devait permettre le transfert de connaissances entre la recherche et la pratique. Les résultats du projet et ses implications concrètes ont été régulièrement discutés au sein de cercles de travail, sous l'égide de trois services de vulgarisation agricole cantonaux (BBZ Arenenberg, INFORAMA BE et BBZN Hohenrain). Les réactions des praticiens pouvaient ainsi être intégrées dans l'analyse des données. Les résultats ont été diffusés (et continueront à l'être) lors de plusieurs manifestations ainsi que dans des publications ciblant différents publics. Celles-ci peuvent être téléchargées sur www.milchprojekt.ch.

Qualité de l'herbe affouragée et pâturée

Des relevés de la qualité de l'herbe fraîche ont été effectués majoritairement sur le domaine de Hohenrain. La composition botanique des 13 parcelles les plus grandes a été déterminée à intervalles réguliers selon la méthode de Daget et Poissonet (1969), sept fois en tout durant les essais. Pour déterminer la matière sèche et la teneur en nutriments de l'herbe fraîche, des échantillons d'herbe pâturée ont été prélevés toutes les deux semaines durant la période de végétation au moyen d'un taille-herbe électrique. Pour cela, des échantillons individuels ont été prélevés aléatoirement sur la surface, en simulant la hauteur de pâture des animaux (env. 5 cm). Les échantillons d'herbe fraîche affouragée en vert ont été prélevés au moyen d'une sonde une fois le fourrage déchargé sur la table d'affouragement.

Tous les échantillons ont été séchés 24 heures à 105 °C pour déterminer leur teneur en MS. L'analyse des nutriments des fourrages a été effectuée sur des échantillons séchés à 55 °C durant 24 heures, par spectroscopie proche infrarouge (SPIR) au laboratoire d'Agroscope à Posieux. Les valeurs NEL ont été calculées par régression pour les prairies équilibrées riches en ray-grass (ER), avec les paramètres «teneur en matière azotée» (MA) et «fibres insolubles dans les détergents acides» (ADF) (Agroscope 2018). Aucune correction n'a été effectuée selon qu'il s'agissait de la première pousse ou des suivantes.

Dans sept exploitations pratiquant l'affouragement en vert, des échantillons d'herbe fraîche ont été récoltés et analysés régulièrement en 2016, afin d'obtenir une vue d'ensemble de la qualité de ce fourrage. Pour cela,

les exploitants ont été priés de prélever une fois par semaine un échantillon d'herbe fraîche représentatif à l'étable, de le peser, puis de le congeler immédiatement. Les échantillons ont été rassemblés en fin de saison et analysés à Posieux selon la procédure décrite précédemment.

Résultats

Domaine de Hohenrain

Toutes les parcelles pouvaient être considérées comme équilibrées et riches en ray-grass (ER). Les pâtures sur gazon court (en majorité des prairies naturelles) présentaient en moyenne 70 % de graminées, 21 % de légumineuses et 8 % d'autres plantes. Les plantes dominantes étaient le ray-grass anglais (*Lolium perenne*) et le trèfle blanc (*Trifolium repens*).

Les surfaces dédiées à l'affouragement en vert se composaient surtout de prairies artificielles, ce qui expliquerait la plus grande proportion de légumineuses (60 % de graminées, 34 % de légumineuses et 6 % d'autres plantes). Outre le trèfle blanc, le trèfle violet (*Trifolium pratense*) était aussi présent en quantités en variables. Parmi les graminées, d'autres espèces étaient également représentées suivant les mélanges, notamment le ray-grass italien (*Lolium multiflorum*).

Les pâtures sur gazon court des trois troupeaux présentaient durant l'année des valeurs NEL nettement plus élevées que les surfaces servant à l'affouragement en vert (fig. 4). La hauteur cible de l'herbe pour les pâturages sur gazon court était de 6 à 7 cm au printemps et de 7 à 8 cm en été, ce qui correspond à un stade de développement nettement plus jeune comparé aux herbages destinés à l'affouragement en vert. C'est pourquoi la digestibilité moyenne de la matière organique (dMO) était inférieure dans l'herbe affouragée en vert que dans celle pâturée. En moyenne de toutes les coupes, le stade de développement du fourrage affouragé en vert était de 2,8 (2,9 en 2014; 2,3 en 2015; 3,0 en 2016). Des différences frappantes ont été constatées s'agissant de l'évolution de la teneur en énergie de ces fourrages durant l'année. Alors que les teneurs mesurées dans les pâtures sur gazon court étaient constamment élevées, autour de 6,5 MJ NEL, et variaient peu, les valeurs NEL de l'herbe affouragée en vert fluctuaient fortement en cours d'année (fig. 4). En moyenne des trois années d'essais, les valeurs NEL étaient élevées au printemps et à l'automne, et nettement plus basses entre mai et septembre. Toutefois, des valeurs NEL élevées ont aussi été mesurées dans certains échantillons estivaux. La variabilité était extrême durant cette période, comme l'attestent les différences entre les années d'essai.

Exploitations pilotes

Les teneurs en NEL de l'herbe fraîche affouragée en vert des sept exploitations étudiées variaient fortement (fig. 5). Les prélèvements n'ayant commencé qu'à la mi-mai, il n'a pas été possible de documenter

Figure 3 | De l'herbe fraîche a été distribuée aux deux troupeaux affouragés à l'étable pour compléter la pâture. (Photo: Franziska Akert)

une éventuelle teneur élevée au printemps. En outre, les échantillonnages ne portent que sur 2016. En été, l'herbe des sept exploitations avait une teneur moyenne en NEL légèrement supérieure à celle du domaine de Hohenrain. En revanche, en automne, les deux courbes croissent de manière largement parallèle. Les teneurs varient grandement sur toute la durée des mesures, tant entre exploitations qu'au sein d'une même exploitation. Cela se traduit par un écart-type toujours élevé, même s'il diminue légèrement en automne.

Discussion

Les pâturages sur gazon court ont toujours livré un fourrage de très grande qualité en raison de leur utilisation à un stade jeune. Les valeurs NEL et la dMO plutôt élevées confirment les résultats obtenus par Hofstetter *et al.* (2011) sur le même site et s'expliquent par la proportion élevée de jeunes feuilles par rapport aux tiges dans l'herbe.

Comme les prairies étudiées (équilibrées avec dominance de ray-grass, ER) se caractérisent par un pourcentage élevé de graminées (50 à 70 %), le stade de développement est décisif pour atteindre une valeur NEL élevée. Schubiger *et al.* (2001) ont constaté un lien étroit entre le stade de développement, l'âge des plantes et la digestibilité. Ces auteurs ont constaté des souplesses différentes dans l'utilisation selon l'espèce végétale. Chez les graminées en particulier, la digestibilité diminue rapidement en première pousse à mesure que le stade de développement augmente. En raison de son utilisation plus tardive, l'herbe fraîche affouragée en vert, récoltée aux stades 2 à 3, présente des valeurs NEL plus faibles par rapport à un couvert plus jeune, car elle contient plus de fibres.

Si on ne tient pas compte du numéro de la coupe, l'herbe

Tableau 2 | Caractéristiques moyennes des 36 exploitations durant les années d'essai 2014 à 2016.

	Système d'affouragement		
	HFC	HFCplus	PI
Concentrés affouragés (kg /vache)	420	1160	90
Part d'herbages dans la ration estivale (%)	74	61	96
Exploitations avec / sans ensilage (n)	6/5	0/13	7/5
Stabulation libre / entravée (n)	9/2	13/0	10/2
Exploitations bio (n)	3	–	3
∅ Taille moyenne du cheptel (vaches)	35,6	49,7	40,8
∅ SAU moyenne (ha)	28,6	34,7	35,6
∅ UGBFG par ha	1,41	1,55	1,41
∅ UGB par ha	1,82	2,20	1,52

SAU: surface agricole utile, UGBFG: unités de gros bétail consommant des fourrages grossiers, UGB: unités de gros bétail; HFC; pâture + distribution d'herbe fraîche à l'étable + apports de concentrés faibles; HFCplus; pâture + distribution d'herbe fraîche à l'étable + apports de concentrés élevés: PI: pâture intégrale.

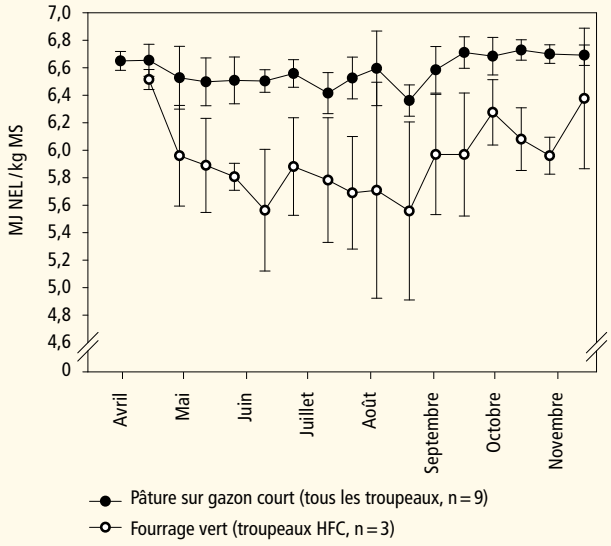

Figure 4 | Évolution annuelle des valeurs NEL dans les pâturages sur gazon court et l'herbe affouragée en vert sur le domaine de Hohenrain (moyenne et écart-type des années 2014 à 2016, n = nb d'échantillons par date de récolte).

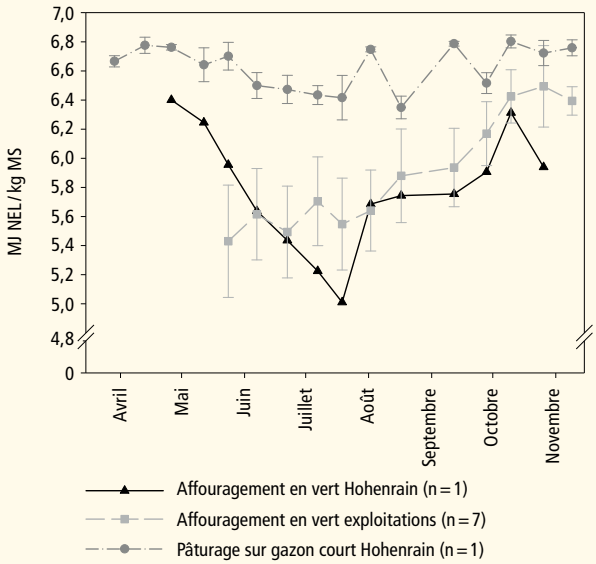

Figure 5 | Évolution de la teneur en NEL de l'herbe fraîche en 2016, sur le domaine de Hohenrain et sur les sept exploitations (moyenne et écart-type, n = nb d'échantillons par date de récolte).

d'une prairie de type ER (au stade 3 ou 2) peut afficher des valeurs NEL comprises entre 6,2 à 6,4 MJ/kg MS selon Agroscope (2016).

Des valeurs comparables ont été observées dans cette étude pour la première et la dernière coupe. Durant l'été, les valeurs NEL moyennes diminuaient, avant de remonter à nouveau vers l'automne. La baisse estivale est partiellement due à la météo. Des températures de croissance élevées diminuent la digestibilité de l'herbe (Thorvaldsson *et al.* 2007). Par conséquent, Arrigo *et al.* (2017) proposent de corriger l'estimation de la valeur nutritive de la première pousse et des suivantes. Cette correction tient compte de la baisse des teneurs en été. L'augmentation des valeurs NEL en fin d'été et à l'automne pourrait toutefois aussi être intéressante pour l'alimentation du bétail laitier dans la pratique. Un accroissement de la digestibilité en quatrième coupe a déjà été décrit par Schubiger *et al.* (2001). Les fluctuations marquées des valeurs NEL entre les différentes années illustrent le défi que représente la récolte de fourrage de qualité régulière.

La comparaison entre le domaine de Hohenrain et les autres exploitations montre que les teneurs fluctuent aussi dans la pratique. Même les exploitations affichant les teneurs en énergie les plus élevées ont livré quelques échantillons aux valeurs nettement plus faibles.

Le transfert de connaissances entre chercheurs et praticiens visé par l'intégration d'exploitations a effectivement fourni des résultats intéressants pour la pratique et suscité des discussions approfondies. Lors des manifestations conclusives par exemple, le public a apprécié d'entendre le point de vue des exploitants directement de leur bouche. Toutefois, la saisie des données en particulier s'est avérée complexe et laborieuse. Des analyses détaillées, notamment sur les bénéfices pour les exploitations participantes, sont encore en cours.

Conclusions

- Le système «affouragement en vert» permet de nourrir le bétail avec de l'herbe fraîche provenant aussi de parcelles éloignées de l'exploitation et peu adaptées à la pâture.
- En comparaison avec la pâture continue sur gazon court, l'herbe affouragée en vert présente des teneurs en nutriments nettement plus faibles et plus fluctuantes.
- Des différences de qualité très marquées s'observent, en particulier durant les mois d'été. Il faut non seulement veiller à récolter au stade optimal les prairies destinées à l'affouragement en vert, mais aussi accorder une attention particulière aux fluctuations de qualité.
- Comme pour la pâture, il faudrait développer des aides à la décision axées sur la pratique afin de faciliter la gestion de l'affouragement en vert. ■

Bibliographie

- Agroscope, 2016. Schweizerische Futtermitteldatenbank. Accès: https://www.feedbase.ch [06.02.2018]
- Agroscope, 2018. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Zugang: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html [02.02.2018]
- Arrigo Y., Wyss U. & Schleger P., 2017. 13. Nährwerte des Raufutters. Excel-Dokument, 592 kB. Agroscope.
- Daget P. & Poissonet J., 1969. Analyse phytologique des prairies. Applications agronomiques, document n. 50. CNRC - cepes, Montpellier.
- Gazzarin C., Kohler M. & Flaten O., 2014. Exploitations laitières: pourquoi la Suisse produit- elle plus cher que la Norvège?. *Recherche Agronomique Suisse* **5** (6), 248-255.
- Gazzarin C. & Schick M., 2004. Milchproduktionssysteme für die Talregion. Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung. *FAT-Bericht* Nr. 608. Tänikon.
- Haas T. & Hofstetter P., 2017. La quantité de lait vendu et la part de pâture influencent le revenu du travail. *Recherche Agronomique Suisse* **8** (9), 356–363.
- Hofstetter P., Frey H., Petermann R., Gut W., Herzog L. & Kunz P., 2011. Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain. Garde à l'étable vs garde au pâturage - alimentation, performances et efficience. *Recherche Agronomique Suisse* **2** (9), 402–411.
- Losq G., Lacour A., Trou G. & Portier B., 2011. Enquêtes dans 30 exploitations laitières bretonnes pratiquant l'affouragement en vert. *Rencontres Recherches Ruminants* **18**, 140.
- Sinaj S. & Richner W., 2017. Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF 2017). Agroscope, 276 p.
- Schubiger F., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B. & Scehovic J., 2001. Nährwert von Wiesenpflanzen: Verdaulichkeit. *Agrarforschung* **8** (9), 354–359.
- Thorvaldsson G., Tremblay G. F. & Tapani Kunelius H., 2007. The effects of growth temperature on digestibility and fibre concentration of seven temperate grass species. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* **57** (4), 322–328.

Riassunto

Sistemi a confronto Hohenrain II: Metodo sperimentale e qualità del foraggio verde

In Svizzera molte aziende produttrici di latte fanno uso di sostanziali percentuali di foraggio verde nella razione alimentare. Obiettivo di questo progetto è stata la comparazione tra tre sistemi che si basano sull'alimentazione del bestiame con mangime verde fresco. A tale scopo, tra il 2014 e il 2016, i due sistemi a pascolo parziale con afforaggiamento di erba fresca e apporto di concentrati ridotto (EGKF) o maggiorato (EGKFplus) sono stati messi a confronto, assumendo il pascolo integrale (VW) come sistema di riferimento. Il presente articolo informa sul dispositivo dell'esperimento e sui primi risultati riguardanti il contenuto di energia del foraggio verde fresco. Nell'azienda agricola del centro di formazione professionale BBZN di Hohenrain (LU) il bestiame da latte (70 capi) è stato suddiviso in tre mandrie e inserito nei rispettivi sistemi di foraggiamento. Ad ogni mandria è stata messa a disposizione la stessa superficie di terreno per il pascolo o le colture foraggere (12 ha), mentre la media del numero di mucche e la quantità di mangime concentrato impiegato erano differenziate in base ai diversi sistemi. Anche 36 aziende agricole dell'altopiano svizzero hanno preso parte al progetto, sostenendo la messa in pratica e il trasferimento del sapere tramite la partecipazione a gruppi di lavoro. I tenori più alti di energia netta di lattazione (NEL) nel foraggio verde (MJ/kg SS) sono stati raggiunti in primavera, ed erano paragonabili ai valori delle tabelle di riferimento. I tenori sono risultati essere significativamente inferiori rispetto a quelli del pascolo ad erba corta e sono stati soggetti a forti oscillazioni soprattutto nei mesi estivi. Ciò è da ricondurre all'irregolare stadio di maturazione dell'erba al momento della raccolta e alle condizioni metereologiche, che influenzano di molto la digeribilità del foraggio verde. Supporti decisionali alla pratica dell'afforaggiamento di erba fresca potrebbero contribuire a migliorare la situazione.

Summary

System comparison Hohenrain II: Project description and quality of fresh grass

Partial grazing with indoor feeding of fresh grass is an important feeding system for Swiss dairy farms. From 2014 to 2016, three production systems – 'partial grazing with indoor feeding of fresh grass with reduced (EGKF, 418 kg) and increased concentrate supplementation (EGKFplus; 1161 kg) was compared with full-time grazing (FG) with reduced concentrate supplementation on 36 pilot farms in Switzerland. This article describes the set-up and initial results regarding the energy content of the fresh grass. The seventy-head dairy herd on the BBZN Hohenrain school farm in Lucerne was divided into three sub-herds, each of which was kept in one of the three feeding systems. While all three herds had the same amount of land at their disposal as pasture or fodder-growing land (12 ha), the average number of cows and the quantity of concentrate used differed according to the system. Thirty-six pilot farms in the Swiss Plateau were also involved in the project and gave support by participating in study groups focussing on linking practice and transferring knowledge. The highest NEL contents in grass fodder (MJ/kg DM) were measured in spring. These were comparable with reference values. However, compared to continuous grazing, the contents were significantly lower and, particularly during summer, were subject to strong fluctuations. This is a result of the irregular utilisation stage and the influence of summer weather conditions, both of which significantly impact the digestibility of grass fodder. Decision-making aids to support practitioners with forage harvesting could lead to improvements here.

Key words: herbage, grazing, indoor grass feeding, feeding fresh grass, dairy farming.

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}	127^{de}	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).

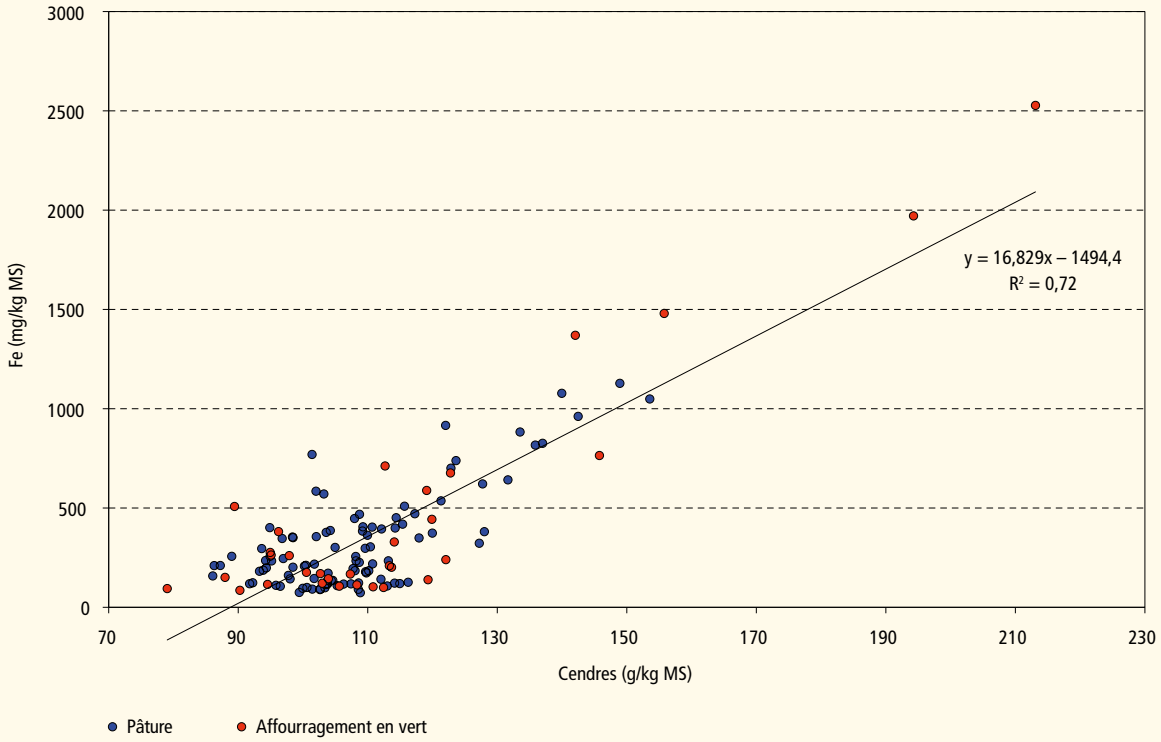

Figure 1 | Corrélation entre la teneur en cendres et en fer.

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.

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Performances animales à partir d'herbage frais

Esther Mulser[1], Sebastian Ineichen[1], Michael Sutter[1], Pius Hofstetter[2] et Stefan Probst[1]
[1]Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse
[2]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN Schüpfheim/Hohenrain, 6170 Schüpfheim, Suisse
Renseignements: Stefan Probst, e-mail: stefan.probst@bfh.ch

Avec beaucoup d'herbage frais dans la ration, une production de lait réussie est possible. (Photo: Franziska Akert)

Introduction

En comparaison européenne, la surface agricole utile suisse comprend une part très élevée d'herbages (Reidy et Ineichen 2015). Entré en vigueur en 2014, le programme fédéral en faveur d'une production de lait et de viande basée sur les herbages (PLVH) (Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture 2013; RS 910.13) encourage l'intégration d'une part importante d'herbages dans la ration des vaches laitières suisses. Comme son utilisation réduit les pertes de fourrage et évite des coûts de conservation, l'herbe fraîche occupe une place de choix dans l'alimentation du bétail laitier, aux côtés de ses conserves foin et ensilage. Par ailleurs, en particulier aux stades jeunes, cet aliment se caractérise par sa teneur élevée en nutriments faciles à digérer et en matière azotée (Jans *et al.* 2015; Kirchgessner *et al.* 2014). Des contraintes topographiques et structurelles sont un argument de plus en faveur d'un système d'affouragement combinant pâture et distribution d'herbe fraîche à la crèche (affouragement en vert), qui permet par ailleurs l'exploitation estivale de surfaces herbagères dispersées.

Trois systèmes de production laitière suisses axés sur les herbages ont été comparés entre 2014 et 2016: HFC (herbe fraîche à la crèche combinée avec pâture et peu de concentrés), HFCplus (herbe fraîche à la crèche combinée avec pâture et beaucoup de concentrés) et PI (pâture intégrale avec vêlage saisonnier et très peu de concentrés). Durant les trois ans de l'essai, des données ont été relevées sur 36 exploitations du Plateau. Leur collaboration au sein de trois cercles de travail transrégionaux a assuré l'échange de savoir entre recherche et pratique.

Ce projet avait pour but principal d'élaborer une base scientifique permettant de développer des solutions pratiques et des améliorations pour les exploitations combinant pâture et affouragement en vert (voir aussi l'article d'Ineichen *et al.* en page 112 de ce numéro).

Dans le cadre de cet essai, des données ont été relevées dans différents domaines. Celui de la production animale s'articulait autour des questions suivantes:

- Quelles performances laitières, en termes de quantités et de teneurs, sont possibles avec une part élevée d'herbe fraîche?
- Les animaux nourris avec beaucoup d'herbe fraîche couvent-ils leurs besoins en énergie et utilisent-ils les concentrés de manière efficiente?
- Le système d'affouragement influence-t-il la fertilité?

Matériel et méthodes

Exploitations étudiées

Les exploitations ont été recrutées par le biais d'annonces dans la presse agricole et au travers des services de vulgarisation locaux. La répartition entre les différents systèmes (HFC, HFCplus ou PI) s'est effectuée en fonction de la méthode d'affouragement, de la proportion des

besoins énergétiques couverts par l'herbe fraîche (affouragée ou pâturée) et des quantités de concentrés distribués par vache et par an. On visait deux tiers d'herbe fraîche dans la ration durant la période estivale pour les exploitations affourageant en vert et 100 % pour les exploitations PI. L'objectif pour les quantités de concentrés par vache et par année s'élevait à 500 kg au maximum dans le système HFC, entre 800 et 1200 kg dans le système HFCplus et à maximum 300 kg dans le système PI. De plus, une faucheuse frontale, une salle de traite ou un système de traite automatique étaient souhaités et la comptabilité devait être consultable. Dans l'ensemble, le groupe HFC comptait 11 exploitations (par région: 3 × ouest, 4 × centre, 4 × est), le groupe HFCplus 13 (par région: 4 × ouest, 4 × centre, 5 × est) et le groupe PI 12 (par région: 5 × ouest, 6 × centre, 1 × est).

Données de production laitière

L'analyse de la production laitière et des teneurs du lait s'est basée sur les épreuves de productivité laitière (EPL) effectuées sur les exploitations par les fédérations Braunvieh Schweiz, Holstein Switzerland et swissherdbook, onze fois par an. À partir des données collectées pour les animaux individuels, nous avons calculé, pour chaque mois et exploitation, une «vache moyenne» représentative du troupeau. Connaissant le nombre d'animaux en lactation chaque mois, nous avons pu ensuite déterminer la quantité de lait produite par année et par vache, ainsi que ses teneurs, son nombre de cellules et sa teneur en urée moyens. Ainsi, toutes les vaches laitières présentes sur l'exploitation à chaque EPL ont été intégrées dans l'analyse. Les teneurs en matière grasse ou en protéines qui manquaient pour certains animaux, ainsi que les valeurs aberrantes <2 ou >8 % (matière grasse), ou <2 ou >6 % (protéines), ont été remplacées par les valeurs standard de 4,0 % et 3,2 %, respectivement. La conversion des quantités de lait mesurées en ECM (lait corrigé pour l'énergie) a été effectuée d'après Jans *et al.* (2015).

Fertilité

Le calcul des paramètres de fertilité a pris en compte toutes les données disponibles auprès des fédérations d'élevage jusqu'à janvier 2017, sauf les valeurs inférieures à 21 jours. L'analyse et la modélisation des données ont été effectuées à partir de valeurs d'animaux individuels. Les paramètres considérés sont le délai de mise à la reproduction et la période de service. Pour l'analyse de la période de service, seules les données de 2014 et de 2015 ont été utilisées, car celles de 2016 étaient incomplètes en raison des inséminations de 2017 non considérées.

Résumé

L'affouragement en vert (distribution d'herbe fraîche à l'étable) jouit d'une place importante dans la production laitière suisse. Entre 2014 et 2016, trois systèmes de production ont été étudiés et comparés sur 36 exploitations du Plateau suisse: «herbe fraîche à l'étable avec en moyenne 418 kg de concentrés» (HFC), «herbe fraîche à l'étable avec en moyenne 1161 kg de concentrés» (HFCplus) et «pâture intégrale avec en moyenne 93 kg de concentrés» (PI). La production moyenne de lait corrigé pour l'énergie (ECM), par vache et par an, a atteint 7218 kg ECM dans le groupe HFC, 8457 kg ECM dans le groupe HFCplus et 6268 kg ECM dans le groupe PI. Pour des productions laitières journalières comparables, les quantités de concentrés distribués différaient considérablement entre les trois systèmes. Les exploitations HFC et HFCplus ont produit 1,0 kg ECM de plus par kg de concentrés utilisé. Avec 2,15 kg ECM par 10 MJ énergie nette lactation (NEL), les exploitations HFCplus valorisaient l'énergie de manière plus efficiente que les autres systèmes (HFC: 2,00; PI: 1,90). Au niveau des teneurs du lait et des paramètres de fertilité, aucune différence significative n'a été observée entre les systèmes étudiés. Cette étude montre que des productions laitières élevées sont possibles avec une part importante d'herbe fraîche dans la ration et une utilisation de concentrés modérée pour la Suisse.

Alimentation

Sur les exploitations, les rations estivales et hivernales ainsi que les achats de fourrages ont été recensés annuellement. Les durées de l'affouragement estival et hivernal ont été calculées par exploitation et par an. La ration estivale correspondait aux jours durant lesquels de l'herbe fraîche a été fournie. Les deux types de rations ont été relevés pour des vaches en phase de démarrage (40e jour de lactation) et de production (150e jour de lactation). Comme les vaches du système PI se trouvaient majoritairement au début de la phase de démarrage durant la période d'affouragement hivernal, le 20e jour de lactation a été utilisé pour ce groupe comme standard pour la ration de la phase de démarrage. Pour chaque exploitation, la ration type des vaches en lactation – tant estivale qu'hivernale – résultait d'une pondération entre

la ration de la phase de démarrage (1/3) et celle de la phase de production (2/3). Les besoins énergétiques totaux provenaient de l'addition des besoins d'entretien et de production d'après les formules de Jans *et al.* (2015). Les besoins d'entretien ont été calculés à l'aide du poids moyen des animaux de l'exploitation, obtenu en pesant toutes les vaches en lactation (n = 1428) une fois durant l'automne 2014, avec une balance de marque Grüter (modèle EC2000, résolution 0,5 kg). Les besoins en énergie pour la production ont été calculés par rapport à la production laitière moyenne de la vache au cours du mois où a eu lieu le pesage.

Tous les fourrages utilisés ont été répartis dans les catégories «herbe fraîche», «autre fourrage grossier», «aliments riches en eau» ou «concentrés». Les drêches et les pulpes de betterave ont été classées comme des aliments riches en eau. La catégorie «concentrés» comprenait les aliments du commerce, les épis de maïs moulus ou ensilés (sans les produits à base de maïs plante entière). Les aliments minéraux n'ont pas été considérés. Chaque automne, les herbages conservés et les ensilages de maïs produits sur l'exploitation ont été analysés. Pour les autres fourrages, nous avons utilisé les indications du fabricant et les valeurs standard de la banque de données suisse des aliments pour animaux (Agroscope 2017).

Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le package «lme4» (Bates *et al.* 2015) du logiciel R (R Core Team 2017, version 3.3.3). Des modèles linéaires à effets mixtes normaux, avec l'exploitation en tant qu'effet aléatoire, ont été élaborés pour toutes les variables cibles décrites ci-après.

Les facteurs fixes «système d'affouragement», «saison» ainsi que leur interaction ont été intégrés au modèle des variables «production laitière» (ECM, en kg) et «teneur en protéines» (%). Le facteur fixe «année», non significatif pour les deux variables ci-dessus, a de plus été considéré pour les variables cibles «teneur en matière grasse» (%) et «urée» (mg/dl).

y = système d'affouragement + saison + année + système d'affouragement:année + exploitation + ε

Les données de la variable cible «nombre de cellules» ont été normalisées par transformation logarithmique. Le système d'affouragement et la médiane de toutes les lactations au sein d'un troupeau au moment de l'étude («MédianeLactation») ont été considérés en tant qu'effets fixes.

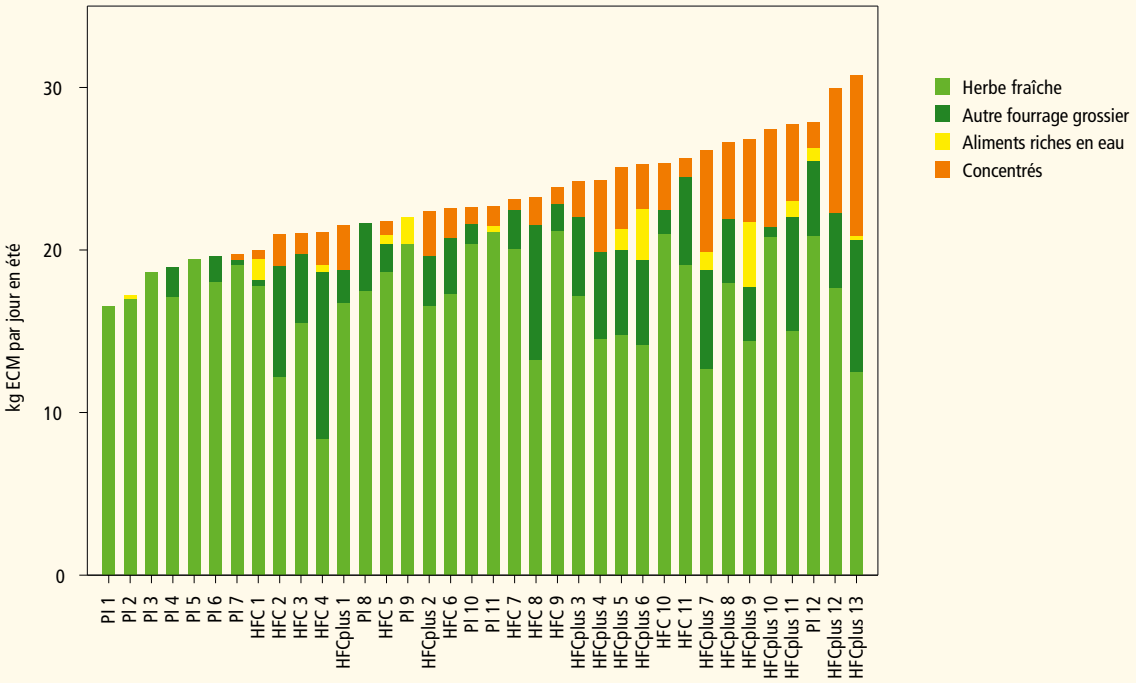

Figure 1 | Contribution à la MJ NEL des différentes catégories de fourrages, exprimée comme la production journalière (kg ECM), dans les exploitations PI (pâture intégrale), HFC (avec peu de concentrés) et HFCplus (avec beaucoup de concentrés), en moyenne des périodes d'affouragement estival 2014 à 2016.

log(y) = système d'affouragement + MédianeLactation + exploitation + ε

Les variables cibles «période de service» et «délai de mise à la reproduction» ont aussi subi une normalisation logarithmique. Le système d'affouragement, le numéro de la lactation de l'animal («lactation») ainsi que leur interaction ont été considérés comme des facteurs fixes. Dans ce modèle, l'animal individuel a été emboité avec l'effet aléatoire «exploitation».

log(y) = système d'affouragement + lactation + système d'affouragement:lactation + exploitation + ε

L'effet des concentrés n'a été étudié que dans les exploitations affourageant en vert car les quantités de concentrés utilisés dans les exploitations PI ne suivaient pas une loi normale. Les quantités de concentrés distribués par vache et par année ont été considérés comme un effet aléatoire.

y = kg concentrés par vache & an + exploitation + ε

Les tests post-hoc ont été réalisés au moyen du package «multcomp» (Hothorn *et al.* 2008).

Résultats et discussion

Production laitière avec beaucoup d'herbe fraîche

En moyenne des trois ans d'essai, la période d'affouragement avec de l'herbe fraîche (alimentation estivale) a duré 218 ± 13 jours sur les exploitations HFC, 222 ± 15 jours sur les exploitations HFCplus et 223 ± 12 jours sur les exploitations PI. Le pourcentage moyen de MJ NEL (énergie nette de lactation) provenant de l'herbe fraîche s'est élevé à 74 % ± 16 de la teneur en énergie totale de la ration estivale dans le système HFC, à 61 % ± 11 dans le système HFCplus et à 92 % ± 8 dans le système PI.

En tout, cinq exploitations (HFC 10 et 11, HFCplus 8 et 10 et PI 12) ont atteint des productions laitières journalières supérieures à 25 kg ECM avec plus de deux tiers de l'énergie de la ration issue d'herbe fraîche (fig. 1). Comme chez Reidy et Ineichen (2015), dans cette étude également, des productions laitières journalières identiques ont été obtenues avec des pourcentages différents d'herbe fraîche dans la ration. Les échantillons de l'herbe fraîche affouragée analysés par Ineichen *et al.* (2018, dans ce numéro) présentaient des teneurs en énergie très variables au cours de l'année et généralement en-dessous des valeurs standard suisses utilisées (Agroscope 2017). Cela signifie que la part d'énergie issue des concentrés a été sous-estimée dans notre calcul. La variabilité de la teneur en énergie des composants de la ration, tout comme les analyses d'herbages, soulignent la complexité de l'affouragement en vert et l'importance de sa gestion.

Sur l'année, la production journalière moyenne de lait des exploitations (kg ECM), calculée mensuellement entre 2014 et 2016, était significativement plus élevée dans le système HFCplus que dans les deux autres systèmes, sauf au printemps, où aucune différence n'a été observée entre les exploitations HFCplus et PI. Cela pourrait s'expliquer par le stade moyen de lactation des troupeaux PI, conjugué aux teneurs supérieures à la moyenne de la jeune herbe pâturée en cette saison. C'est d'ailleurs pour cela que les exploitations PI atteignent leur production maximale à cette période (Hofstetter *et al.* 2014). Des différences significatives entre les exploitations HFC et PI (en faveur des premiers) n'ont été observées qu'en automne, au moment où la plupart des animaux PI se trouvaient dans le dernier tiers de leur lactation.

Les exploitations HFC ont atteint une production laitière de 7218 kg ECM/vache et an avec une quantité de concentrés modérée pour la Suisse (Erdin et Giuliani 2011) (tabl. 1). Comparé aux résultats du groupe HCF, la

Tableau 1 | Production laitière et teneurs du lait sur 365 jours dans les exploitations HFC (avec peu de concentrés, n = 33), HFCplus (avec beaucoup de concentrés, n = 39) et PI (pâture intégrale, n = 36), entre 2014 et 2016. Moyenne (∅) et écart-type (ET).

Système de production	HFC		HFCplus		PI	
	∅	±ET	∅	±ET	∅	±ET
Production laitière (kg ECM)	7218	691	8457	882	6268	1124
Production laitière (kg)	7115	633	8384	989	6025	1078
Mat. grasse (%)	4,18	0,23	4,15	0,23	4,11	0,50
Mat. grasse (kg)	297	32	346	34	257	46
Protéines (%)	3,42	0,16	3,46	0,20	3,31	0,41
Protéines (kg)	243	23	289	32	208	41

production annuelle moyenne de lait des exploitations HCFplus était supérieure de 1239 kg ECM, et celle des exploitations PI inférieure de 950 kg ECM. Les performances de ce dernier groupe correspondent aux résultats de précédentes études dans lesquelles, toutefois, les animaux avaient reçu quelque 200 kg de concentrés en plus (Frey *et al.* 2018). Comme pour les productions laitières journalières, c'est dans le groupe PI que les productions annuelles variaient le plus entre exploitations.

Teneurs du lait et nombres de cellules

Aucune différence significative entre les systèmes n'a été observée pour les pourcentages de matière grasse et de protéines dans le lait, en moyenne annuelle. Seul le système PI présentait des teneurs significativement plus élevées que les deux autres en automne. Cela pourrait s'expliquer par un effet de concentration, étant donné que ces exploitations voient en général leur production laitière baisser à cette saison. Les teneurs moyennes du lait sont restées semblables dans les trois systèmes, en dépit des différences de productivité. Comparé aux exploitations HFC et PI, les exploitations HFCplus ont donc produit davantage de matière grasse (+49 kg et +89 kg respectivement) et de protéines (+46 kg et +81 kg) (tabl. 1). Les trois groupes présentaient des teneurs moyennes en matière grasse légèrement supérieures aux valeurs du lait standard, signe d'une ration de base riche en fibres apportées par l'herbe fraîche et équilibrée du point de vue énergétique (Kirchgessner *et al.* 2014).

Aucune différence significative du nombre de cellules du lait n'a été observée entre les trois systèmes; en revanche, en été et en automne, les teneurs en urée moyenne (mg/dl) ont varié de manière significative entre les exploitations PI et celles affourageant en vert (fig. 2). Ces variations reflètent l'évolution typique de l'urée dans le lait à ces périodes de l'année, lorsque la ration est composée surtout d'herbe pâturée, avec pour corollaire un excédent de protéines (Kirchgessner *et al.* 2014).

Concentrés consommés et efficacité énergétique

Les quantités de concentrés distribués chaque année par les exploitations s'échelonnaient entre 0 et 2600 kg de matière fraîche (MF) par vache (fig. 3). Cinq des douze exploitations PI n'ont utilisé aucun concentré durant tout le projet. La quantité annuelle moyenne par vache sur les trois ans de l'étude s'est élevée à 93 kg MF (0–332 kg) dans le système PI, 418 kg MF (108–722 kg) dans le système HFC et 1161 kg MF (676–2413 kg) dans le système HFCplus. La teneur moyenne en énergie des concentrés était comparable dans les trois systèmes (HFC: 7,9 ±0,5 MJ NEL; HFCplus: 8,1 ±0,4 MJ NEL; PI: 7,9 ±0,4 MJ NEL). Par contre, leurs teneurs en protéines variaient assez fortement (HFC: 234 ±104 g; HFCplus: 240 ±60 g; PI: 223 ±98 g). En moyenne des exploitations, la production laitière a augmenté avec l'apport

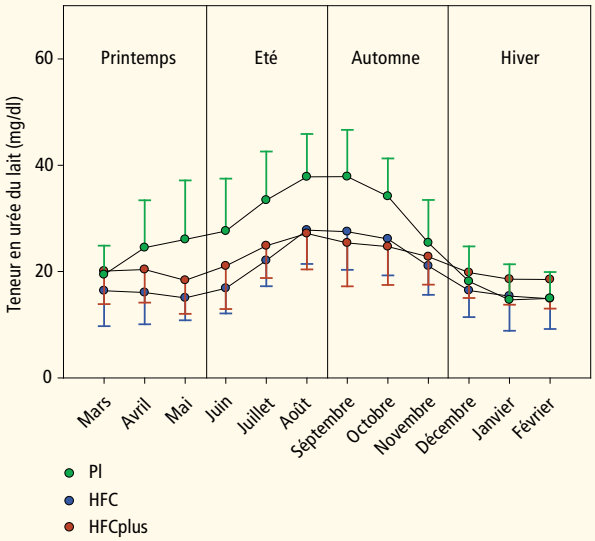

Figure 2 | Évolution annuelle de la teneur en urée du lait (moyennes et écarts-types des années 2014 à 2016) dans les exploitations HFC (avec peu de concentrés, n = 33), HFCplus (avec beaucoup de concentrés, n = 39) et PI (pâture intégrale, n = 36).

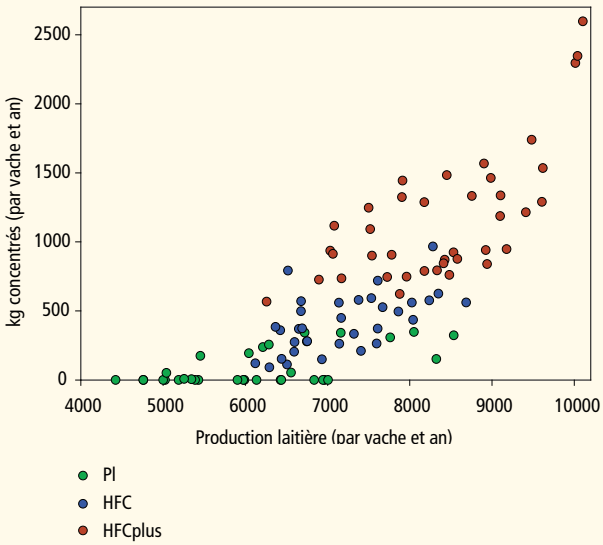

Figure 3 | Production laitière (kg ECM) et utilisation de concentrés (kg MF), en moyenne annuelle par vache et par an entre 2014 et 2016, dans les exploitations HFC (avec peu de concentrés, n = 33), HFCplus (avec beaucoup de concentrés, n = 39) et PI (pâture intégrale, n = 36).

Tableau 2 | Relation entre le lait produit et les besoins totaux en MJ NEL (2014 à 2016), l'intensité de production, le poids vif (PV) des vaches et la part d'énergie provenant de concentrés (C), d'aliments riches en eau (ARE) et de fourrage grossier (FG), y compris l'herbe fraîche et les produits à base d'ensilage de maïs plante entière, dans les exploitations HFC (avec peu de concentrés), HFCplus (avec beaucoup de concentrés) et PI (pâture intégrale). Moyenne (∅) et écart-type (ET).

Système de production	HFC (n = 11)		HFCplus (n = 13)		PI (n = 12)	
	∅	±ET	∅	±ET	∅	±ET
Efficacité énergétique (kg ECM / 10 MJ NEL)	2,00	0,11	2,15	0,08	1,90	0,21
Intensité de production[1]	2,78	0,24	3,18	0,22	2,60	0,40
PV vaches en lactation (kg)	651	86	655	76	577	100
MJ NEL de la ration annuelle issue des C (%)	8	3,6	20	6,4	3	4,7
MJ NEL de la ration annuelle issue des ARE (%)	3	4,3	8	5,9	3	4,8
MJ NEL de la ration annuelle issue du FG (%)	89	5,7	72	7,5	94	6,2
NEL / kg MF aliment (MJ / kg; dans la ration annuelle)	6,1	0,1	6,3	0,2	6,1	0,2

[1] Énergie nette de lactation (NEL_{total}; kg ECM × 3,14 MJ) plus besoins d'entretien (NEL_{ent}; kg. $LG^{0,75}$ × 0,293 MJ × 365) /NEL_{ent}

de concentrés. Toutefois, la figure 3 montre que, pour une même quantité de ces aliments, la production laitière annuelle différait parfois fortement. Leur effet sur cette production était significatif dans les systèmes HFC et HFCplus (P < 0,001). Les vaches ont donné en moyenne 1,00 kg ECM en plus par kg de concentrés (intervalle de confiance à 95 %: 0,57 à 1,44 kg ECM/kg de concentrés). Les grandes différences de productivité constatées entre les exploitations distribuant des quantités comparables de concentrés, ou entre celles qui n'en distribuaient pas du tout, montrent que la production a aussi été influencée par d'autres facteurs, tels que la qualité de la ration de base, le potentiel génétique des animaux, la gestion de l'exploitation ou le site.

L'intensité de production était la plus élevée dans les exploitations HFCplus, notamment en raison de la haute teneur en énergie de la ration totale. Leur efficacité énergétique (kg ECM produits par 10 MJ NEL de besoins totaux) était aussi meilleure que celle des autres exploitations (tabl. 2). Gruber et Ledinek (2017) ont obtenu des résultats comparables dans leur étude. Bien que les exploitations HFC aient produit en moyenne quelque 1000 kg de lait de plus que les exploitations PI, aucune différence marquante de l'efficacité énergétique n'a été observée entre ces deux systèmes. Cela s'explique par le poids vif moyen des vaches. Comme celui-ci était nettement plus faible dans le système PI que dans les systèmes HFC et HFCplus, les besoins d'entretien des vaches PI étaient aussi plus faibles (tabl. 2). Il est aussi intéressant de relever des écarts de poids vifs pouvant atteindre 300 kg entre vaches ayant une même production laitière. Il en résulte d'importantes différences d'efficience en faveur des animaux plus légers, comme Steinwidder (2009) l'a montré dans ces calculs: les vaches plus lourdes doivent accroître leur production laitière de 12 à 13 % par 100 kg de poids vif pour atteindre la même efficience par lactation (année). Il est apparu que dans les exploitations HFCplus, une plus grande partie des besoins énergétiques annuels totaux des vaches en lactation (respectivement 12 et 17 points de pourcentage) étaient couverts avec des concentrés (tabl. 2). Leur ration avait donc la teneur énergétique moyenne la plus élevée, alors que celle des exploitations HFC et PI – où le fourrage grossier, frais ou conservé, servait à couvrir le besoin énergétique – était plus faible.

Paramètres de fertilité des trois systèmes

Plusieurs études ont mis en évidence des relations antagonistes entre la production laitière et la fertilité (Evans *et al.* 2002; Pryce et Veerkamp 2001). Toutefois, contrairement à Frey *et al.* (2018), nous n'avons pas constaté des délais de mise à la reproduction significativement plus courts chez les vaches PI que chez celles affouragées à l'étable. S'agissant de la période de service, aucune différence significative au sein d'une même lactation n'a été observée, si ce n'est entre les systèmes HFCplus et PI au cours des 3e et 4e lactations (tabl. 3). Alors que la période de service des vaches PI n'a jamais dépassé 90 jours et n'a pas varié significativement entre les lactations, dans les deux autres systèmes, elle a eu tendance à s'allonger au cours des lactations, parfois même de manière significative. Divers auteurs considèrent que la perte importante de poids due à une production laitière élevée explique cet allongement (Butler 2005; Walsh *et al.* 2011). En outre, on peut supposer qu'en raison de leur saisonnalité, les exploitations PI privilégient les vaches à période de service courte et les sélectionnent donc plus fortement sur ce critère que les exploitations avec des

Tableau 3 | Périodes de service des vaches des exploitations HFC (avec peu de concentrés), HFCplus (avec beaucoup de concentrés) et PI (pâture intégrale) en 2014/15. Moyenne modélisée (∅) en jours, intervalle de confiance (CI) et taille de l'échantillon (n).

Système de production	HFC			HFCplus			PI		
	∅	CI	n	∅	CI	n	∅	CI	n
1re lactation	**86**[ac]	77–96	133	**90**[ae]	84–99	278	**89**[ad]	80–98	183
2e lactation	**88**[ad]	79–99	128	**106**[bcd]	93–113	227	**86**[ab]	77–96	135
3e lactation	**99**[ad]	88–111	103	**109**[d]	99–120	178	**80**[a]	71–90	97
4e lactation et ss	**103**[bde]	93–113	255	**108**[d]	100–118	328	**87**[ab]	79–96	235

[a,b,c,d,e] Les moyennes n'ayant aucune lettre en commun diffèrent significativement ($p < 0,05$).

vêlages toute l'année. Les paramètres de fertilité mesurés lors de cette étude se rapprochent de ceux obtenus dans d'autres comparaisons de systèmes d'affouragement à base d'herbe (Coleman 2009; Frey *et al.* 2018).

Conclusions

- Avec une quantité modérée de concentrés et beaucoup d'herbe fraîche, il est possible d'atteindre des productions laitières assez élevées.
- La variabilité de l'efficience de valorisation des fourrages constatée au sein des systèmes étudiés suggère qu'il reste un potentiel d'amélioration considérable, par exemple en matière de gestion ou de génétique des vaches laitières.
- Les vaches laitières dont la ration contient une part importante d'herbe fraîche présentent une bonne fertilité et produisent du lait avec des teneurs élevées en matière grasse et en protéines. ■

Remerciements

Nous remercions Braunvieh Schweiz, Holstein Switzerland et swissherdbook pour l'accès à leurs données de productivité laitière et de fertilité, ainsi qu'Agroscope, Alexander Burren et Pius Korner pour leur soutien technique.

Bibliographie

- Agroscope, 2017. Accès: https://www.feedbase.ch/ [12.01.2017].
- Bates D., Maechler M., Bolker B. & Walker S., 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* **67** (1), 1-48.
- Butler W., 2005. Relationship of negative energy balance with fertility. *Advances in Dairy Technology* **17**, 35–46.
- Coleman J., Pierce K., Berry D., Brennan A. & Horan B., 2009. The influence of genetic selection and feed system on the reproductive performance of spring-calving dairy cows within future pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science* **92**, 5258–5269.
- Erdin D. & Giuliani S., 2011. Consommation d'aliments concentrés par les vaches traites. *Actuel*, DMA **5**, 4–8.
- Evans R., Buckley F., Dillon P. & Veerkamp R., 2002. Genetic parameters for production and fertility in spring-calving Irish dairy cattle. *Irish J. Agric. Res.* **41**, 43–54.
- Frey H., Gross J., Petermann R., Probst S., Bruckmaier R. & Hofstetter P., 2018. Performance, body fat reserves and plasma metabolites in Brown Swiss dairy cows: Indoor feeding versus pasture-based feeding. *J Anim, Physiol Anim Nutr.* **102** (2), e746–e757.
- Gruber L. & Ledinek M., 2017. Effizienz der Milcherzeugung in Abhängigkeit von Genotyp und Lebendmasse. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 05.-06.04.2017, HBLFA Raumberg Gumpenstein, 23–39.
- Hofstetter P., Frey H., Gazzarin C., Wyss U. & Kunz P., 2014. Dairy farming: Indoor v. pasture based feeding. *Journal of Agricultural Science* **152**, 994–1011.
- Hothorn T., Bretz F. & Westfall P., 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* **50** (3), 346–363.
- Jans F., Kessler J., Münger A. & Schlegel P., 2015. Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière. *In*: Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert), chapitre 7. Éd. Agroscope, Posieux.
- Kirchgessner M., Stangl G., Schwarz F., Roth F., Südekum K. & Eder K., 2014. Tierernährung – Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 14. aktualisierte Auflage.
- Pryce J. & Veerkamp R., 2001. The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. BSAS Occasional Meeting – Fertility in the High Producing Dairy Cow, Galway, Ireland. *Br. Soc. Anim. Sci. Publ.* **26**, 237–249.
- R Core Team, 2017. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche. Accès: https://www.r-project.org/.
- Reidy B. & Ineichen S., 2015. Rationszusammensetzung und Futterautonomie von Schweizer Milchproduktionsbetrieben. 59. Jahrestagung der AGGF, 27.-29.08.2015, Aulendorf, 35–39.
- Steinwidder A., 2009. Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf die Futtereffizienz und Kraftutterbedarf. 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 11.-13.2.2009, Zurich, 30–33.
- Walsh S., Williams E. & Evans A., 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science* **123**, 127–138.

Riassunto

Sistemi a confronto Hohenrain II: Rendimento animale con foraggio verde fresco

L'afforaggiamento in stalla con foraggio verde fresco ricopre un ruolo importante nella produzione lattiera svizzera. Dal 2014 al 2016, in 36 aziende agricole dell'altopiano svizzero, sono stati analizzati e confrontati tre sistemi per la produzione del latte: l'afforaggiamento in stalla con una media di 418 kg di concentrati (EGKF), l'afforaggiamento in stalla con una media di 1161 kg di concentrati (EGKFplus) e il pascolo integrale con una media di 93 kg di concentrati (VW). Le aziende che hanno adottato il sistema EGKF hanno raggiunto una media di 7218 kg di latte corretto per l'energia (ECM), le aziende EGKFplus una media di 8457 kg di ECM e le aziende a pascolo integrale 6268 kg di ECM per mucca all'anno. Per una produzione di latte giornaliera comparabile, la quantità di concentrati utilizzata variava notevolmente tra i tre sistemi di produzione. Per ogni chilo di concentrati impiegato, gli impianti EGKF e EGKFplus hanno prodotto 1,0 kg di ECM in più. Per quanto riguarda la conversione di energia, il sistema EGKFplus è risultato più efficiente rispetto agli altri, con 2,15 kg di ECM per 10 MJ di energia netta di lattazione (NEL) (contro 2,00 kg per EGKF e 1,90 kg per VW). In merito alla composizione del latte e agli indici di fertilità non sono state riscontrate differenze significative tra i sistemi analizzati. Questo studio dimostra che si possono ottenere elevati rendimenti nella produzione lattiera con un'alta percentuale di erba fresca nella razione e un utilizzo di concentrati moderato nell'contesto svizzero.

Summary

System comparison Hohenrain II: Animal performance with fresh grass feeding

Partial grazing with indoor feeding of fresh grass is an important feeding system for Swiss dairy farms. From 2014 to 2016, three production systems – partial grazing with indoor feeding of fresh grass with reduced (EGKF; 418 kg), and increased concentrate supplementation (EGKFplus; 1161 kg) was compared with full-time grazing with reduced concentrate supplementation (FG; 93 kg) on 36 pilot farms in Switzerland. The EGKF farms had average annual yields of 7218 kg energy-corrected milk (ECM), the EGKFplus farms 8457 kg ECM and the FG farms 6268 kg ECM per cow. Animals with comparable daily milk yields received very different amounts of concentrate in the three production systems. The EGKF and EGKFplus farms produced 1.0 kg more ECM per kg of concentrate used. With 2.15 kg ECM per 10 MJ net energy lactation (NEL), the EGKFplus farms were more efficient in terms of energy utilisation than the other two systems (EGKF: 2.00; FG: 1.90). There were no significant differences among the three systems regarding milk compounds and fertility indicators. With high ration ratios of fresh grass fodder, high milk yields are possible with comparatively (for Switzerland) moderate concentrate use.

Key words: system comparison, dairy farming, feeding fresh grass, milk yield, production efficiency.

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Production laitière: herbe fraîche et peu de concentrés, une solution rentable

Christian Gazzarin[1], Thomas Haas[2], Pius Hofstetter[2] et Markus Höltschi[2]
[1]Agroscope, 8356 Ettenhausen, Suisse
[2]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN, 6276 Hohenrain, Suisse
Renseignements: Christian Gazzarin, e-mail: christian.gazzarin@agroscope.admin.ch

Les exploitations qui utilisent surtout de l'herbe fraiche ont des coûts inférieurs et gagnent davantage par heure de travail investie. (Photo: Gabriela Brändle, Agroscope)

Introduction

La pression continue sur le prix du lait et les incertitudes liées à l'ouverture du marché poussent les exploitations de production laitière à optimiser leurs coûts. Outre l'expansion généralisée des volumes de production, les systèmes de production sont également remis en question et réaménagés. Les conditions climatiques et géologiques de la Suisse font que 70 % de la surface agricole utile est constituée d'herbages. Il existe un large consensus sur le fait que ces ressources naturelles doivent être exploitées au maximum. La politique agricole prévoit d'ailleurs des instruments dans ce but, comme les contributions PVLH (contributions pour la production de viande et lait basée sur les herbages). Différentes études ont montré que malgré la détention à l'étable en hiver, les systèmes saisonniers de pâture intégrale pouvaient être au moins aussi rentables que les systèmes d'affourragement à l'étable basés sur les concentrés (Blättler *et al.* 2015; Gazzarin *et al.* 2004, 2005 & 2011; Hofstetter *et al.* 2014). Cependant, une spécialisation dans les systèmes exclusifs de pâture intégrale ou d'affourragement à l'étable est difficilement possible en Suisse. Le manque de remaniement parcellaire ainsi que des conditions topographiques défavorables avec des sols lourds ne permettent souvent qu'une pâture partielle. L'expansion des volumes de production nécessaire aux systèmes d'affourragement à l'étable est rendue plus difficile par les coûts de croissance élevés et les réglementations environnementales, surtout si la surface ne peut être

agrandie. C'est pourquoi de nombreux éleveurs laitiers produisent dans un système mixte qui associe une part variable de pâture et une part variable d'aliments complémentaires. La distribution d'herbe fraiche récoltée mécaniquement et proposée aux vaches à l'étable est typique de ces systèmes («aller à l'herbe»).
Quelles caractéristiques de ces systèmes mixtes sont la clé de la réussite économique? C'était une des questions centrales du projet Hohenrain II. Pour y répondre, des relevés ont d'abord été faits dans 36 exploitations agricoles (exploitations pilotes) et dans l'exploitation expérimentale du Centre de formation professionnelle Nature et alimentation de Hohenrain.

Résumé

En Suisse, beaucoup d'éleveurs de vaches laitières utilisent des proportions variables d'herbe fraîche (récoltée ou consommée au pâturage) et d'aliments complémentaires. Dans quelles conditions ces systèmes utilisant de l'herbe fraîche sont-ils rentables? Cette question a été étudiée pendant trois ans, de 2014 à 2016, dans le cadre du projet «Optimisation des systèmes de production laitière basés sur les herbages et la récolte de l'herbe (Hohenrain II)» dans 36 exploitations pilotes. Les exploitations ont été réparties en trois groupes: deux systèmes laitiers avec en moyenne 430 kg et 1160 kg de concentrés par vache et par an, ainsi qu'un système de pâture intégrale (90 kg de concentrés/vache/an). Les trois groupes d'exploitations ont été standardisés en trois exploitations individuelles à l'aide d'un traitement méthodique des données et comparés à un groupe de référence plus représentatif ayant des structures similaires. Les résultats montrent qu'avec une grande part d'herbe fraîche, il est possible d'atteindre une très bonne rentabilité. Les économies les plus importantes touchent les concentrés, suivis des bâtiments et de la main-d'œuvre. Par rapport aux systèmes mixtes, un système de pâture intégrale appliqué de manière systématique permet d'obtenir une meilleure valorisation du travail et de produire du lait à un prix inférieur. Les rendements laitiers supérieurs et les volumes de production plus élevés ne se traduisent pas par de meilleurs résultats. Tous les types d'exploitation étudiés produisent toutefois du lait 24 % à 32 % moins cher que le groupe de référence et affichent une valorisation du travail par heure de main-d'œuvre de 8 fr. à 13 fr. supérieure. L'amélioration est en grande partie due à un meilleur management et à un sens marqué de la gestion des coûts.

Données et méthodologie

Exploitations pilotes sélectionnées

Quelque 36 exploitations pilotes situées sur le Plateau suisse (régions de l'ouest, du centre et de l'est) ont été recrutées de manière ciblée grâce à des appels d'offres dans la presse agricole et via les services de vulgarisation locaux. La sélection a été faite de manière à ce que les régions, les systèmes de production prédéfinis et les troupeaux de vaches de différentes tailles soient représentés de manière équilibrée. Deux systèmes de production utilisant de l'herbe fraiche mais distribuant une proportion différente de concentrés ont été distingués. En moyenne, le groupe dit HFC (herbe fraiche, concentrés) affourrageait une quantité annuelle de 430 kg de concentrés par vache, tandis que le groupe dit HFCplus distribuait 1160 kg de concentrés, soit nettement plus. Ces deux systèmes de production ont été complétés par un troisième groupe avec système de pâture intégrale (PI), dont l'utilisation moyenne de concentrés ne représentait que 90 kg par vache et par an. L'emploi de concentrés dans les exploitations HFC et PI se situait en dessous de la moyenne d'utilisation courante en Suisse (Reidy et Ineichen 2015), tandis qu'il dépassait cette même moyenne dans le groupe HFCplus.
Pendant les trois années (2014–2016), une comptabilité analytique a été établie sur la base des données comptables de chaque exploitation à l'aide de l'instrument d'analyse «COPRO-lait+porcs» (LBBZ Hohenrain et Agridea 2014).
Les exploitations sont classées selon leur système de production. Le tableau 1 donne un aperçu de la façon dont les trois échantillons sont caractérisés. Les exploitations sont représentées de manière relativement homogène dans les groupes en ce qui concerne la part d'herbe fraiche et de pâture, ainsi que pour les quantités de concentrés. Dans le groupe HFCplus, la forme de conservation est identique pour tous (100 % de fourrage sec). Les différences portent sur la région (principalement région de plaine), la forme de production (principalement PER) et le mode de conservation (pour HFC et PI environ 50 % des exploitations avec ensilage). Le volume de production est plus pertinent pour les résultats. Il est certes très hétérogène au sein des groupes et entre les

groupes, mais il n'était pas atypique pour chaque système pris isolément. Dans les exploitations HFC, il oscille entre 112 tonnes et 487 tonnes de lait, dans les exploitations HFCplus entre 200 tonnes et 839 tonnes et dans les exploitations de pâture intégrale entre 139 tonnes et 337 tonnes par an.

Standardisation et classification

La comparaison de la rentabilité de différentes exploitations de production laitière vise à identifier les principaux facteurs de réussite afin d'en tirer des recommandations pour la pratique. Il est d'autant plus difficile d'atteindre ce but que l'échantillon est petit et que les exploitations étudiées sont hétérogènes. Les conditions spécifiques à l'exploitation, qu'elles soient financières ou infrastructurelles, jouent un rôle tout aussi important que le chef d'exploitation et ses compétences en matière de gestion. Un traitement ultérieur des données des exploitations devrait donc faciliter la transposition des principaux résultats. Il doit permettre de gommer le plus possible les particularités propres à chaque exploitation et d'uniformiser les divers postes de coûts de manière à pouvoir comparer les résultats à un groupe de référence plus large.

Les particularités dites spécifiques à l'exploitation ne sont pas, ou peu, liées au système de production ou à la gestion. Elles comprennent l'infrastructure (bâtiments, installations), les ressources en capital (part et coûts du

Tableau 1 | Propriétés des trois groupes d'exploitations pilotes (HFC = herbe fraiche avec peu de concentrés; HFCplus = herbe fraiche et beaucoup de concentrés).

	HFC	HFCplus	Pâture intégrale
Nombre d'exploitations	11	13	12
… dont exploitations de collines	2	1	4
… dont exploitations Bio	3	0	3
… dont exploitations de foin exclusives	6	13	7
… dont exploitations en fermage exclusives	2	4	4
Moyenne de la production laitière (kg/an)	245 441	411 415	222 371
… Ecart-type	121 261	179 746	62 324

Tableau 2 | Comparaison entre les coûts réels et les coûts standardisés (infrastructure et personnel; abréviations, cf. tabl. 1).

	HFC	HFCplus	Pâture intégrale
BIIDAF* réel	43 450	55 792	40 488
BIIDAF* standard	44 092	65 322	52 529
… Différence	642	9 530	12 041
Personnel réel	16 526	26 989	15 741
Personnel standard	19 387	29 391	15 715
… Différence	2 861	2 403	–26
Total de l'augmentation des coûts en pourcentage	6 %	14 %	21 %

*BIIDAF = coûts d'infrastructure comme les bâtiments, installations, intérêts des dettes, améliorations foncières, coûts de fermage.

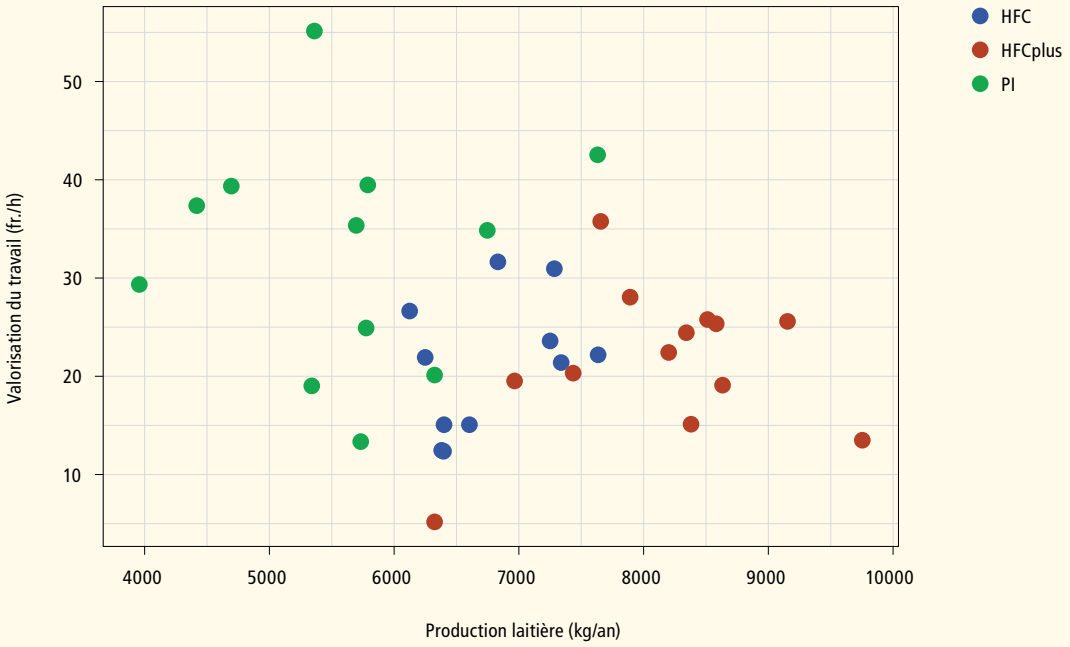

Figure 1 | Rapport entre la production laitière annuelle et la valorisation du travail (abréviations cf. tabl. 1).

capital emprunté, et intérêts des dettes), les améliorations foncières, le coût des employés (politique des salaires) et les coûts du fermage (part de terres en fermage et montant des fermages). Au cours d'une première étape méthodologique, ces coûts ont été uniformisés. Pour les salaires horaires des employés et les fermages à l'hectare, une valeur moyenne a été calculée pour toutes les exploitations et les coûts de toutes les exploitations ont été recalculés à l'aide de ces valeurs. Pour les améliorations foncières, une moyenne a été calculée par système de production et transposée aux exploitations individuelles. L'uniformisation s'est avérée un peu plus complexe pour les coûts des bâtiments, des installations et des capitaux empruntés. Ici aussi, une procédure uniforme a été appliquée à toutes les exploitations, mais elle prenait en compte les dimensions et caractéristiques propres à l'exploitation comme le nombre de vaches, le système de stabulation (libre, entravée), le système de conservation, le pourcentage de pâture, le système de traite et la part de jeune bétail. Tous ces éléments exercent une influence sur le temps de travail, lequel a été repris des données originales. Les coûts standard ont été calculés à l'aide du modèle Stallpro (Gazzarin et Hilty 2002), qui est en mesure de faire les différenciations mentionnées ci-dessus. Les coûts du capital sont basés sur un taux d'intérêt moyen de 1,13 %. Cette valeur est basée sur un taux d'intérêt initial de 2 % avec une période d'amortissement de 15 à 30 ans.

Dans une deuxième étape, une classification a été établie, qui se réfère essentiellement au système de production (Hemme 2000). Cette classification repose sur les moyennes des résultats d'exploitation au sein de chaque groupe, les valeurs standard calculées au préalable ayant été reprises. Les moyennes du prix du lait effectif ne divergeaient que très peu entre les groupes, avec une différence maximale de 0,7 centimes, ce qui a permis d'utiliser un prix uniforme du lait de 67,6 centimes pour tous les groupes d'exploitation. La totalité des données a donc été condensée en trois types d'exploitations qui représentent les trois systèmes de production. Après lissage, les données de ces types d'exploitation ont ensuite été intégrées à l'instrument d'analyse des exploitations agricoles AgriPerform (Gazzarin et Hoop 2017). Avec cet instrument d'analyse, les exploitations ont finalement pu être comparées à un groupe plus large d'exploitations de référence de structures largement similaires.

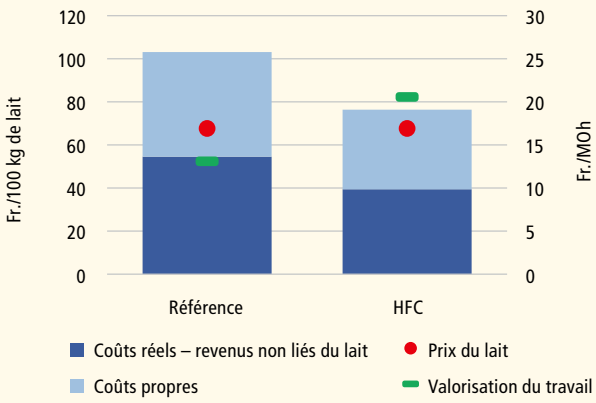

Figure 2 | Seuil de rentabilité et valorisation du travail du groupe de référence par rapport au type d'exploitation HFC (récolte de l'herbe avec peu de concentrés).

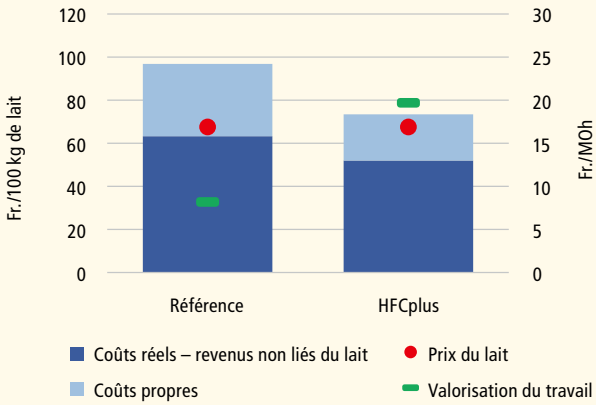

Figure 3 | Seuil de rentabilité et valorisation du travail du groupe de référence par rapport au type d'exploitation HFCplus (récolte de l'herbe avec beaucoup de concentrés)

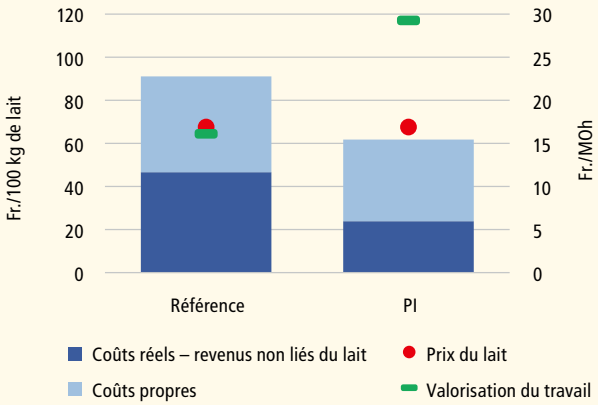

Figure 4 | Seuil de rentabilité et valorisation du travail du groupe de référence par rapport au type d'exploitation pâture intégrale (PI).

Ce groupe d'exploitations de référence est constitué à partir d'un pool de données du Dépouillement centralisé des données comptables (www.rapportdebase.ch) de manière à ce qu'il soit le plus proche possible du type d'exploitation pour la région, le nombre d'unités gros bétail et l'axe de production (spécialisé dans le lait commercialisé). Par rapport aux données des exploitations pilotes, les groupes d'exploitations de référence sont beaucoup plus représentatifs de la production laitière suisse.

Les paramètres clés présentés sont le *break even* (seuil de rentabilité) et la valorisation du travail. Le seuil de rentabilité est un indicateur de compétitivité à long terme et permet également la comparaison avec des exploitations étrangères. Sur la base d'un salaire calculé de 28 fr. par heure de main-d'œuvre (MOh), le seuil de rentabilité correspond à une couverture intégrale des coûts. Plus ce seuil de rentabilité est bas, plus l'exploitation est compétitive.

Le seuil de rentabilité est calculé à l'aide de la méthode de la valeur résiduelle (Haberstock 2005). Elle consiste à déduire les recettes des coproduits comme la viande, les animaux d'élevage ou les prestations sociales (paiements directs) des coûts réels, ce qui permet de comparer ces derniers – avec les coûts d'opportunité – au revenu principal (lait). La valorisation du travail est une mesure de l'efficacité de la main-d'œuvre au sein du système de production. Tous les coûts, à l'exception des coûts de la main-d'œuvre, sont déduits des recettes totales, puis comparés au temps de travail, ce qui donne le salaire horaire réel.

Résultats

Le tableau 2 indique les écarts entre les coûts réels et les coûts standard calculés. Étant donné que les postes de coûts des exploitations exclusivement en fermage sont différents de ceux des exploitations en propriété, les coûts des bâtiments, des installations, du capital emprunté, des améliorations foncières et du fermage ont été additionnés et réunis sous le nom de coûts d'infrastructure (BIIDAF). Les coûts des employés sont indiqués à part. En ce qui concerne les coûts d'infrastructure, les coûts réels des exploitations HFCplus et surtout des exploitations de pâture intégrale sont nettement plus bas que les coûts standard. Dans les exploitations HFC, les coûts réels sont relativement équivalents aux coûts standard. Suite à cette standardisation, les coûts d'infrastructure et de personnel ont été augmentés de 6% (HFC) à 21% (PI) par rapport aux coûts réels pour les calculs ultérieurs.

Le tableau 3 affiche les données structurelles des trois exploitations résultant de la classification, avec les groupes de référence qui leur correspondent. La comparaison montre que la taille de l'exploitation correspond largement, à l'exception de l'exploitation de pâture intégrale. Dans cette dernière, la quantité de lait vendu est inférieure à celle du groupe de référence. Ce dernier est peu susceptible de comprendre des systèmes de pâture intégral exclusifs, car leur production laitière est nettement plus élevée que celle typique des exploitations saisonnières de pâture intégrale.

La figure 1 montre, à l'aide d'un diagramme de dispersion, les résultats de toutes les exploitations indivi-

Tableau 3 | Données structurelles et différences de coûts des types d'exploitations standardisés par rapport aux groupes de référence (abréviations, cf. tabl. 1).

	Référence	HFC	Référence	HFCplus	Référence	Pâture intégrale
Nombre d'exploitations	88		87		86	
Nombre de vaches	34	36	47	50	41	41
Production laitière par vache (kg/an)	7253	6818	7596	8228	6998	5518
Quantité de lait commercialisé par an (t)	225	225	339	389	264	207

	Ct./kg de lait		Δ	Ct./kg de lait		Δ	Ct./kg de lait		Δ
Coûts spécifiques	27,6	25,4	–8 %	33,7	33,5	–1 %	21,2	22,2	5 %
dont concentrés	12,1	6,8	–44 %	14,6	12,9	–12 %	10,4	3,0	–71 %
Machines	17,6	16,5	–6 %	16,3	14,3	–12 %	20,7	17,0	–18 %
Bâtiments	18,5	13,6	–26 %	19,1	12,3	–36 %	21,5	17,3	–20 %
Personnel	11,9	8,6	–28 %	8,3	7,6	–9 %	10,9	7,6	–31 %
Travail propre	47,3	35,7	–25 %	32,9	20,8	–37 %	43,4	36,6	–16 %

t = tonnes; Δ = différence par rapport à la référence.

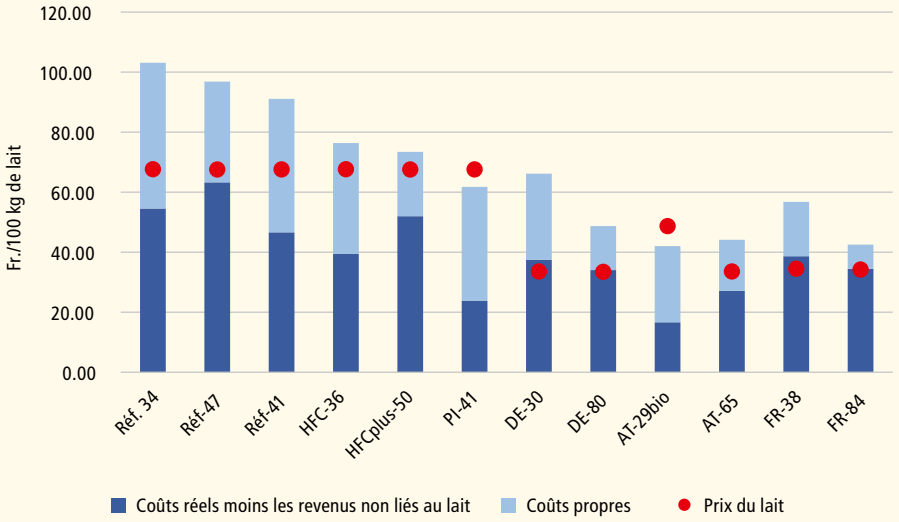

Figure 5 | Coûts de la production laitière au niveau international (Réf = groupe de référence, HFC =herbe fraiche avec peu de concentrés; HFCplus = herbe fraiche avec beaucoup de concentrés, PI =pâture intégrale, DE =Allemagne, AT = Autriche, FR = France, le chiffre qui suit l'abréviation correspond au nombre de vaches).

duelles, représentés sous forme de valorisation du travail (sur la base des coûts réels) par rapport au rendement laitier annuel moyen par vache. Une production laitière plus élevée ne semble pas avoir d'influence sur la valorisation du travail. Au contraire, les exploitations qui affichent une valorisation du travail supérieure à 28 fr. présentent des rendements laitiers annuels plutôt modestes. Les résultats des types d'exploitation sont présentés dans les figures 2 à 4, chacun en comparaison au groupe de référence correspondant. Le prix du lait y est directement comparé aux coûts de la production de lait seule. L'extrémité de la colonne bleue correspond au seuil de rentabilité (*break even*).

L'exploitation HFC atteint un *break even* de 76 centimes et produit donc le lait 26 % moins cher que le groupe de référence (103 centimes; fig. 2). La valorisation du travail est d'environ 21 fr./MOh, ce qui est plus élevé que dans le groupe de référence qui affiche 13 fr./MOh. L'analyse détaillée des postes de coûts dans le tableau 3 indique des différences de coûts plus importantes pour les concentrés ainsi que pour les bâtiments et le personnel au profit de l'exploitation HFC.

L'exploitation HFCplus atteint un *break even* de 73 centimes et produit donc le lait 24 % moins cher que le groupe de référence (97 centimes; fig. 3). La valorisation du travail est de l'ordre de 20 fr./MOh contre 8 fr./MOh dans le groupe de référence. Les résultats de ce type d'exploitation sont donc très semblables à ceux de l'exploitation HFC. L'analyse détaillée des postes de coûts indique des différences de coûts plus importantes pour les bâtiments ainsi que pour les coûts du travail propre au profit de l'exploitation HFCplus (tabl. 3).

L'exploitation de pâture intégrale atteint un *break even* de 62 centimes, et se situe donc nettement en dessous des deux types d'exploitation précédents. Elle produit le lait environ un tiers moins cher que le groupe de référence (91 centimes; fig. 4). La valorisation du travail est de l'ordre de 29 fr./MOh, soit nettement au-dessus du groupe de référence qui affiche 16 fr./MOh et donc également bien au-dessus des exploitations HFC ou HFCplus. Les différences de coûts les plus importantes concernent les concentrés et le travail (tabl. 3).

Les trois types d'exploitation produisent donc en moyenne le lait 26 centimes moins cher que la moyenne des trois groupes de référence. Les coûts par kilogramme de lait vendu donnent une image différente des trois exploitations. L'exploitation HFCplus a des coûts de structure plus bas que les deux autres types d'exploitation grâce au volume élevé de sa production laitière. Toutefois, cet avantage en termes de coûts est annihilé par des coûts directs nettement plus élevés, en particulier pour les concentrés. Le faible coût des concentrés dans l'exploitation de pâture intégrale est particulièrement frappant.

La figure 5 présente les trois types d'exploitation ainsi que les trois groupes de référence par rapport à d'autres pays. Deux exploitations-types d'Autriche (AT-), de France (FR-) et d'Allemagne (DE-) provenant de l'*International Farm Comparison Network* (IFCN) servent de comparaison. Les groupes d'exploitations de référence produisent presque deux fois plus cher en moyenne que les exploitations européennes des pays voisins (*break even* 97 centimes contre 50 centimes), tandis que les types d'exploitation sélectionnés ne se situent que 40 %

au-dessus (*break even* 71 centimes). Le type d'exploitation le plus avantageux (PI) affiche un seuil de rentabilité de 61 centimes et est donc très proche du niveau de coûts européen.

Discussion et conclusions

Les résultats comptables de 36 exploitations pilotes ont été analysés sur trois ans pour évaluer la rentabilité de différents systèmes de production laitière avec récolte de l'herbe ou pâture intégrale et plusieurs intensités de concentrés. Une typologie et une standardisation ont permis de corriger les données des spécificités propres aux exploitations et d'améliorer la validité générale des résultats. Les groupes PI et HFCplus présentaient des coûts réels plus bas par rapport au standard, notamment en ce qui concerne l'infrastructure. Cela indique que les exploitations bénéficient de conditions plus avantageuses en termes de coûts, par exemple des terrains plats, des capitaux empruntés moins chers, une part moins importante de terres louées ou moins d'améliorations foncières. En matière de coûts des employés, les groupes HFC et HFCplus versent des salaires plutôt en dessous de la moyenne, ce qui peut être dû à un pourcentage important d'apprentis.

Les résultats corrigés des différents types d'exploitations sont systématiquement meilleurs que ceux des exploitations de référence comparables, qui sont plus représentatives de la production laitière suisse. Cela vient sans doute d'une part d'un effet de sélection, car ce sont surtout des chefs d'exploitation férus de gestion qui participent à l'étude. Les chefs d'exploitation ont pris part activement aux groupes de travail pour discuter des systèmes existants et proposer des optimisations. Par conséquent, on peut supposer qu'il s'agissait de chefs d'exploitation conscients des coûts dont les capacités en termes de management étaient au-dessus de la moyenne. D'autre part, les meilleurs résultats obtenus par rapport au groupe de référence montrent également qu'il est possible d'avoir une très bonne rentabilité avec de l'herbe fraîche. Ces résultats sont dus aussi en partie aux prix du lait plus élevés du fait de la proportion plus importante d'exploitations bio et d'exploitations fournissant les fromageries.

Sur la base du résultat du *break even*, l'amélioration de la production combinée à l'effet de gestion est de 24 % à 32 % par rapport aux groupes de référence. Cela signifie que, dans des cas extrêmes, le lait peut être produit jusqu'à un tiers moins cher en utilisant de l'herbe fraîche que dans des exploitations comparables sur le plan structurel, moyennant une gestion optimale des coûts. Les économies les plus importantes concernent les aliments concentrés, mais aussi les bâtiments et la main-d'œuvre. Comme Haas et Hofstetter (2017) l'ont déjà constaté, un système cohérent de pâture intégrale permet d'obtenir une meilleure valorisation du travail et de produire du lait à un prix plus bas que les systèmes mixtes (HFC et HFCplus). Les exploitations HFCplus qui utilisent beaucoup de concentrés ne sont pas avantagées par rapport aux exploitations HFC, en dépit du volume plus élevé de leur production laitière. Les coûts directs élevés et les revenus annexes plus bas par kg de lait ne sont pas compensés par la baisse des coûts structurels. Cela montre que même les exploitations produisant de petites quantités de lait peuvent réaliser de très bons résultats dans la mesure où elles savent gérer leurs coûts. ■

Bibliographie

- Blättler T., Durgiai B., Knapp L. & Haller Th., 2015. Projet Opti-Lait: efficience économique de la stratégie pâture intégrale – Résultats 2000 à 2010. *Recherche Agronomique Suisse* **6** (7–8), 354–361.
- Gazzarin Ch. & Hilty R., 2002. Systèmes de stabulation pour vaches laitières: comparaison des investissements relatifs à la construction. *Rapport FAT* **586**, Station de recherche Agroscope, Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin Ch. & Schick M., 2004. Systèmes de production laitière en région de plaine – Comparaison de la rentabilité et de la charge de travail. *Rapport FAT* **608**, Station de recherche Agroscope, Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin Ch., Ammann H., Schick M., Van Caenegem L. & Lips M., 2005. Systèmes de production laitière dans les régions de plaine et de collines – Quelle est la solution optimale pour l'avenir? *Rapport FAT* **645**, Station de recherche Agroscope, Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin C., Frey H.-J., Petermann R. & Höltschi M., 2011. Affourragement au pâturage ou à l'étable – Qu'est-ce qui est le plus rentable? *Recherche Agronomique Suisse* **2** (9), 418–423.
- Gazzarin C. & Hoop D., 2017. Analyse des coûts avec AgriPerform – Nouvelles possibilités dans l'évaluation des branches de production. *Agroscope Transfer* **184**, Agroscope, Ettenhausen.
- Haas Th. & Hofstetter P., 2017. Production laitière: la quantité de lait vendue et la part de pâture influencent le revenu du travail. *Recherche Agronomique Suisse* **8** (9), 356–363.
- Haberstock L., bearb. durch Breithecker V., 2005. Kostenrechnung I – Einführung. 12e édition, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Hemme T., 2000. Ein Konzept zur international vergleichenden Analyse von Politik- und Technikfolgen in der Landwirtschaft. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 215. Braunschweig.
- Hofstetter P., Frey H.-J., Gazzarin C., Wyss U. & Kunz P., 2014a. Dairy farming: indoor v. pasture-based feeding. *The Journal of Agricultural Science* **152**, 994–1011.
- Reidy B. & Ineichen S., 2015. Rationszusammensetzung und Futterautonomie von Schweizer Milchproduktionsbetrieben. 59e conférence annuelle de l'ADCF, 27–29.08.2015, Aulendorf, dossier de conférence, 35–39.
- LBBZ Hohenrain et Agridea, 2014. COPRO-Lait+Porcs (Calcul des coûts de production Lait et Porcs). LBZN Hohenrain et Agridea, Lindau.

Riassunto

Produzione di latte: risultati migliori con erba fresca e poco foraggio concentrato

Per la produzione di latte molti detentori svizzeri di bestiame impiegano quote variabili di erba fresca (raccolta di foraggio verde o pascolo) e alimenti complementari. In quali configurazioni questi sistemi basati sull'erba fresca sono redditizi dal punto di vista economico? Per rispondere a questa domanda, nell'ambito del progetto «Ottimizzazione dei sistemi di produzione di latte basati sulla superficie inerbita con raccolta di foraggio verde (Hohenrain II)» sono state analizzate 36 aziende pilota per tre anni, dal 2014 al 2016. Le aziende sono state divise in tre gruppi, in base al sistema di produzione adottato: un sistema misto in cui venivano utilizzati in media 430 kg di foraggio concentrato per vacca per anno, un sistema misto in cui la quantità di foraggio concentrato per vacca per anno era in media di 1160 kg e un sistema di pascolo integrale (90 kg di foraggio concentrato per vacca per anno). I dati provenienti dai tre gruppi di aziende sono stati tipizzati in modo da considerare ogni gruppo come una singola azienda. Le tre «aziende» sono quindi state confrontate con un gruppo di controllo più rappresentativo, avente caratteristiche strutturali analoghe. I risultati mostrano che è possibile raggiungere un'elevata redditività impiegando prevalentemente erba fresca. Con questo sistema si risparmia in primo luogo sul foraggio concentrato e, secondariamente, su edifici e lavoro. Se attuato in modo coerente, il sistema di pascolo integrale consente di conseguire stipendi orari più elevati e prezzi del latte inferiori rispetto ai sistemi misti. Rese in latte superiori e produzione di quantitativi maggiori non portano a risultati migliori. Tuttavia, rispetto al gruppo di controllo, tutti i tipi di azienda oggetto dello studio producono latte a costi dal 24 % al 32 % inferiori e pagano da 8 a 13 CHF all'ora in più, grazie a una gestione migliore e a una maggiore consapevolezza dei costi.

Summary

Milk production: fresh grass with low concentrates pays off

Many Swiss dairy farmers use variable proportions of fresh grass (forage or grazing) and supplementary feed in their production. Which characteristics are economically successful in these fresh grass systems? This question was addressed in the project «Optimisation of grassland-based milk production systems based on forage (Hohenrain II)» conducted on 36 pilot farms over three years (2014–2016). The farms were divided into three groups according to the system used: two mixed systems feeding on average 430 kg or 1160 kg of concentrates per cow per year, and a full-grazing system (90 kg of concentrates/cow/year). Using methodological data analysis, the three farm groups were typified as three individual farms and compared with a structurally similar and more representative reference group. The results show that very good economic efficiency can be achieved with extensive use of fresh grass. The greatest savings are in concentrates, with other savings being made in buildings and labour. With a consistently implemented full-grazing system, farmers can achieve higher productivity and produce at lower milk prices than with mixed systems. Higher milk yields and higher production volumes do not lead to better results. However, all farm types studied produce milk 24 % to 32 % more cheaply than the reference group and show higher productivity per hour worked, with the difference ranging from CHF 8 to CHF 13. The improvement is largely due to better management and strong cost awareness.

Key words: (Farm)Management, milkproduction, production costs, grass feeding, grazing, return to labour, break even.

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Production laitière basée sur les pâturages et les herbages: analyse de cycle de vie

Joséphine Zumwald[1], Martin Braunschweig[1], Pius Hofstetter[2], Beat Reidy[3] et Thomas Nemecek[1]
[1]Agroscope, 8046 Zurich, Suisse
[2]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN, 6170 Schüpfheim, Suisse
[3]Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse
Renseignements: Thomas Nemecek, thomas.nemecek@agroscope.admin.ch

Les impacts environnementaux peuvent être optimisés dans tous les systèmes étudiés.
(Photo: Franziska Akert, HAFL et ETHZ)

Introduction

Les impacts de la production laitière sur l'environnement dépendent de nombreux facteurs. Outre les conditions locales (climat, sol, topographie), la conception du système de production joue un rôle décisif: la composition de la ration fourragère, le mode de détention (étable/pâturage), la production laitière par vache et la gestion des engrais de ferme exercent une influence sur les impacts environnementaux. Pour pouvoir réduire ces impacts, il est nécessaire de procéder à des analyses détaillées.

Différentes études à partir d'analyses de cycle de vie se sont déjà penchées sur le sujet. Pour les systèmes de production laitière basés sur les herbages avec détention au pâturage et apports réduits en concentrés, les calculs ont souvent montré que le besoin en surface ainsi que les émissions de gaz à effet de serre étaient plus élevés par kilogramme de lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie (ECM), comparé aux systèmes avec moins d'herbages et apports élevés en concentrés (Arsenault *et al.* 2009; Sutter *et al.* 2013; Thi Tuyet Hanh *et al.* 2013;

Bystricky *et al.* 2015). Il existe néanmoins d'autres études qui arrivent aux conclusions opposées en ce qui concerne le besoin en surface et les émissions de gaz à effet de serre, comme O'brien *et al.* (2012). En matière d'acidification aussi, les publications disponibles jusqu'ici présentent à la fois les avantages et les inconvénients des systèmes basés sur les herbages avec détention au pâturage (Arsenault *et al.* 2009; Sutter *et al.* 2013; Bystricky *et al.* 2015). Enfin, d'autres études encore indiquent que les systèmes utilisant une forte proportion de concentrés et gardant le bétail à l'étable ont tendance à produire de moins bons résultats pour l'écotoxicité, le besoin en phosphore (P), en potassium (K) ainsi que pour la déforestation (pour la mise en place de cultures de soja) (Sutter *et al.* 2013; Bystricky *et al.* 2015).

Concernant les impacts de la production laitière sur l'environnement, aucun système n'est systématiquement meilleur que les autres. Les résultats des systèmes de production diffèrent en fonction de l'impact considéré et de leur conception concrète, comme le montre également l'étude de Haupt *et al.* (2018). Quelle influence les différentes caractéristiques des systèmes de production ont-elles exactement sur les impacts environnementaux, et quelles conclusions peut-on en tirer pour la production laitière suisse? Ces deux questions doivent être clarifiées. Par ailleurs, les systèmes basés sur la récolte de l'herbe (utilisation importante de l'herbe fraiche avec pâture partielle et affourragement d'herbe à l'étable), qui sont typiques de la Suisse, ont été peu étudiés jusqu'ici. C'est pourquoi, le présent travail, qui fait partie du projet «Optimisation des systèmes de production laitière basés sur les herbages et la récolte de l'herbe (Hohenrain II)» (Reidy *et al.* 2017), avait pour but d'analyser les avantages et les inconvénients des trois systèmes d'affourragement suivants en termes d'impacts environnementaux: pâture intégrale (PI), herbe fraîche avec peu de concentrés (HFC) et beaucoup de concentrés (HFCplus).

Résumé

Dans le cadre du projet «Optimisation des systèmes de production laitière basés sur les herbages (Hohenrain II)», les impacts environnementaux de trois systèmes ont été comparés à l'aide de la méthode d'analyse de cycle de vie SALCA. Il s'agissait d'un système de pâture intégrale avec vêlage saisonnier et de deux variantes de récolte de l'herbe employant une quantité différente de concentrés (< 500 kg/vache/an et 800–1200 kg/vache/an). Par rapport aux systèmes utilisant peu de concentrés, les systèmes utilisant beaucoup de concentrés affichent des valeurs plus élevées, et par conséquent moins favorables, dans les catégories des besoins en potassium et de l'écotoxicité, et parfois dans les catégories des besoins en phosphore ainsi que de la déforestation. En ce qui concerne le potentiel de gaz à effet de serre, la formation d'ozone et l'esthétique du paysage, le système utilisant davantage de concentrés affiche en revanche des valeurs plus avantageuses que le système de pâture intégrale. Dans certaines autres catégories d'impact, il n'a pas été possible de distinguer des différences nettes entre les systèmes du fait de la grande variabilité entre les exploitations et les années étudiées. Les principaux facteurs influençant les impacts de la production laitière sur l'environnement sont la valorisation du fourrage (kg de fourrage/kg de lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie [ECM]), la composition de la ration fourragère, l'apport de concentrés, la remonte des vaches ainsi que la fumure.

Méthode

Les systèmes ont été comparés à partir d'exploitations pilotes ainsi que dans l'exploitation du centre de formation BBZN à Hohenrain (LU). Les systèmes étudiés étaient les suivants: pâture intégrale avec vêlage saisonnier (PI) et utilisation minimale de concentrés (C) (0–300 kg C/vaches/an), ainsi que deux systèmes avec récolte d'herbe fraîche, pâture partielle et quantités différentes de concentrés (HFC: max. 500 kg C/vaches/an; HFCplus: 800–1200 kg C/vaches/an). Les détails relatifs aux différents systèmes de production et à l'organisation de l'essai sont disponibles dans Ineichen *et al.* (2018). En 2014, quatre exploitations pilotes ont été analysées par système. Parallèlement, les trois systèmes ont été étudiés pendant trois ans (2014–2016) dans l'exploitation du centre de formation.

Les données ont été relevées dans le cadre des thèses du projet (Reidy *et al.* 2017). Les données manquantes ont été estimées à partir des données provenant d'exploitations modèles et adaptées à l'exploitation étudiée. Les exploitations modèles ont été constituées à partir de différentes sources et représentent toujours la moyenne d'un groupe d'exploitations (p. ex. exploitation de lait

commercialisé, plaines, prestations écologiques requises PER). L'unité fonctionnelle utilisée était un kilogramme d'ECM aux portes de la ferme. La limite du système comprenait la détention de bétail (vaches laitières et élevage), les animaux achetés, la gestion de l'affourragement et des engrais, la production et la mise à disposition d'aliments pour les animaux, les engrais minéraux, les sources énergétiques, les bâtiments et les diverses infrastructures. Les impacts environnementaux de l'ensemble du système ont été affectés aux produits «Lait» et «Animaux vivants» à l'aide d'une allocation physique basée sur l'énergie dont l'animal a besoin pour produire 1 kg d'ECM et 1 kg de poids vif. D'autres branches de production, comme les grandes cultures ou les effectifs de bétails autres que les bovins ont été, le cas échéant, déduites du total des intrants.

Les émissions directes ont été calculées avec la méthode SALCAfarm. Celle-ci a été adaptée spécialement pour cette étude afin de tenir compte des caractéristiques spécifiques de la production laitière basée sur les herbages (Nemecek et Ledgard 2016). On a par exemple distingué les excrétions d'azote (N) dans l'urine et les fèces (ammoniac, protoxyde d'azote et nitrates) au pâturage pour représenter les processus effectifs d'émissions. Les inventaires nécessaires pour les intrants et les processus dans l'exploitation agricole (p. ex. fourrages, engrais minéraux, diesel ou bâtiments) sont tirés des bases de données SALCA et ecoinvent-V3 (ecoinvent Centre 2016). L'évaluation des impacts était basée sur la méthode SALCA et comprenait quinze catégories d'impact différentes. D'autres détails relatifs à la méthode sont disponibles dans le rapport complet (Zumwald *et al.* 2018).

Résultats et discussion

L'apport de concentrés (partie de la catégorie aliments complémentaires dans la fig. 1) est le seul facteur d'influence qui se traduit par des impacts environnementaux par kg d'ECM clairement différents entre les trois systèmes examinés. L'emploi de concentrés a une influence défavorable sur les besoins en K ainsi que sur

Tableau 1 | Résultats de toutes les catégories d'impacts (à l'exception du paysage et de la biodiversité) et pour les différents systèmes pendant les trois ans (2014–2016) dans l'exploitation du centre de formation (PI = pâture intégrale, HFC = herbe fraîche avec peu de concentrés, HFCplus = herbe fraîche avec beaucoup de concentrés).

		PI			HFC			HFCplus		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Catégories d'impact liées aux ressources										
Besoins en K	kg	3,07E-04	2,37E-04	2,01E-04	5,19E-04	4,81E-04	4,31E-04	7,31E-04	6,19E-04	6,25E-04
Besoins en P	kg	3,90E-04	3,13E-04	3,74E-04	2,66E-04	4,13E-04	1,54E-04	4,52E-04	6,22E-04	3,66E-04
Besoins en surfaces	m^2a	1,95E+00	1,90E+00	1,60E+00	1,83E+00	1,92E+00	1,52E+00	1,81E+00	1,66E+00	1,26E+00
Déforestation	m^2	5,78E-04	5,12E-04	3,12E-04	6,01E-04	5,39E-04	3,27E-04	7,50E-04	6,09E-04	4,32E-04
Besoins en énergie non renouvelable	eq MJ	4,37E+00	4,79E+00	4,14E+00	4,54E+00	5,22E+00	4,23E+00	4,60E+00	4,61E+00	3,62E+00
Besoins en eau	m^3	1,51E-02	1,74E-02	1,37E-02	1,51E-02	1,73E-02	1,42E-02	1,61E-02	1,52E-02	1,27E-02
Catégories d'impacts liées aux émissions										
Potentiel de gaz à effet de serre	kg éq CO_2	1,64E+00	1,69E+00	1,45E+00	1,54E+00	1,60E+00	1,33E+00	1,54E+00	1,27E+00	1,13E+00
Potentiel d'acidification	molc H+ eq	8,77E-03	9,26E-03	7,62E-03	7,95E-03	8,46E-03	6,18E-03	8,10E-03	6,84E-03	5,55E-03
Potentiel d'eutrophisation terrestre	m^2	2,69E+00	2,84E+00	2,32E+00	2,42E+00	2,58E+00	1,85E+00	2,46E+00	2,07E+00	1,67E+00
Potentiel d'eutrophisation aquatique par N	kg N	5,53E-03	7,14E-03	6,67E-03	7,41E-03	8,75E-03	7,32E-03	7,44E-03	7,40E-03	6,11E-03
Potentiel d'eutrophisation aquatique par P	kg P	1,44E-04	1,34E-04	1,18E-04	1,36E-04	1,42E-04	1,13E-04	1,35E-04	1,25E-04	9,33E-05
Potentiel de formation d'ozone	kg NMVOC eq	2,97E-03	3,14E-03	2,79E-03	2,94E-03	3,00E-03	2,82E-03	2,95E-03	2,50E-03	2,35E-03
Toxicité										
Ecotoxicité aquatique	kg 1,4- eq DB	1,05E-02	8,58E-03	8,62E-03	1,28E-02	1,37E-02	1,08E-02	1,88E-02	2,10E-02	1,62E-02
Ecotoxicité terrestre	kg 1,4- eq DB	2,87E-04	2,43E-04	1,96E-04	4,63E-04	4,49E-04	4,43E-04	7,16E-04	7,28E-04	5,88E-04
Toxicité humaine	kg 1,4- eq DB	2,80E-01	2,80E-01	2,37E-01	2,74E-01	2,90E-01	2,20E-01	2,95E-01	2,77E-01	2,15E-01

l'écotoxicité aquatique et terrestre par kg d'ECM (fig. 1, tabl. 1, tabl. 2). En ce qui concerne les besoins en P et la déforestation (zones forestières potentiellement déboisées en raison de la culture du soja), les différences entre les systèmes ne sont clairement visibles que pour les exploitations pilotes: le système PI est le plus avantageux, et les exploitations biologiques se distinguent par les valeurs les plus basses, ce qui prouve qu'elles sont elles aussi particulièrement favorables. Dans l'exploitation du centre de formation, en revanche, on ne perçoit aucune différence claire pour ces catégories: pour la déforestation, l'achat d'animaux supplémentaires, dont la contribution est similaire dans tous les systèmes, compense les différences qui existent entre les systèmes du fait des concentrés. Dans le cas des besoins en P, l'apport ou la reprise du fourrage sec a des répercussions importantes et compense ainsi les différences entre les systèmes dues aux concentrés.

Les différences entre les systèmes, outre celles liées à l'apport de concentrés, ne sont pas suffisamment marquées pour apparaître nettement à la fois dans l'exploitation du centre de formation et dans les exploitations pilotes. Les résultats obtenus dans l'exploitation du centre de formation montrent toutefois que le système basé sur l'herbe fraîche est plus avantageux que la PI. Ainsi, le système HFCplus a tendance à être mieux placé que la PI pour le potentiel de gaz à effet de serre, l'acidification et l'eutrophisation terrestre ainsi que pour la formation d'ozone et l'esthétique du paysage (non représentée, Zumwald *et al.* 2018). En ce qui concerne l'acidification et l'eutrophisation terrestre, les résultats de l'exploitation du centre de formation et ceux des exploitations pilotes sont contradictoires: dans les exploitations pilotes, la PI a des impacts moins importants que le système HFCplus, alors que dans l'exploitation du centre de formation, c'est exactement l'inverse. Cette différence vient de la teneur moyenne en protéines brutes du fourrage qui est plus élevée dans l'exploitation du centre de formation. Elle entraîne un excédent d'azote notamment avec la PI. Pour réduire les impacts négatifs des systèmes PI sur l'acidification et l'eutrophisation terrestre, il est important de compenser de manière ciblée l'augmentation

Tableau 2 | Valeurs minimales, moyennes et maximales de toutes les catégories d'impacts (à l'exception du paysage et de la biodiversité) et pour les différents systèmes des exploitations pilotes en 2014 de formation (abréviations voir tabl. 1).

		PI			HFC			HFCplus		
		Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
Catégories d'impact liées aux ressources										
Besoins en K	kg	3,15E-05	2,13E-04	4,45E-04	1,84E-05	2,57E-04	5,83E-04	7,56E-04	9,19E-04	1,14E-03
Besoins en P	kg	6,72E-05	1,50E-04	2,27E-04	4,51E-05	2,72E-04	5,02E-04	5,77E-04	6,90E-04	8,41E-04
Besoins en surfaces	m^2a	1,59E+00	2,35E+00	3,02E+00	1,60E+00	1,84E+00	2,13E+00	1,54E+00	1,85E+00	2,32E+00
Déforestation	m^2	5,64E-05	2,69E-04	4,70E-04	4,22E-05	6,45E-04	1,50E-03	1,14E-03	1,75E-03	2,63E-03
Besoins en énergie non renouvelable	MJ eq	4,10E+00	4,72E+00	5,37E+00	3,88E+00	4,15E+00	4,49E+00	3,96E+00	5,16E+00	7,16E+00
Besoins en eau	m^3	1,36E-02	1,64E-02	2,02E-02	1,27E-02	1,53E-02	1,88E-02	1,22E-02	1,53E-02	1,95E-02
Catégories d'impacts liées aux émissions										
Potentiel de gaz à effet de serre	kg CO2 eq	1,40E+00	1,64E+00	2,04E+00	1,31E+00	1,40E+00	1,54E+00	1,30E+00	1,51E+00	1,89E+00
Potentiel d'acidification	molc H+ eq	6,27E-03	7,54E-03	9,13E-03	8,43E-03	9,43E-03	1,07E-02	9,34E-03	1,03E-02	1,19E-02
Potentiel d'eutrophisation terrestre	m^2	1,87E+00	2,27E+00	2,78E+00	2,61E+00	2,92E+00	3,34E+00	2,87E+00	3,17E+00	3,64E+00
Potentiel d'eutrophisation aquatique par N	kg N	2,03E-03	4,09E-03	5,65E-03	2,35E-03	6,65E-03	1,55E-02	5,26E-03	8,16E-03	1,38E-02
Potentiel d'eutrophisation aquatique par P	kg P	1,06E-04	1,47E-04	1,85E-04	1,21E-04	1,34E-04	1,45E-04	1,29E-04	1,47E-04	1,80E-04
Potentiel de formation d'ozone	kg NMVOC eq	2,46E-03	3,09E-03	4,03E-03	2,49E-03	2,68E-03	2,92E-03	2,76E-03	3,01E-03	3,59E-03
Toxicité										
Ecotoxicité aquatique	kg 1,4-DB eq	4,49E-03	6,05E-03	8,29E-03	2,70E-03	6,26E-03	9,88E-03	1,69E-02	2,08E-02	2,56E-02
Ecotoxicité terrestre	kg 1,4-DB eq	1,88E-04	2,75E-04	3,55E-04	2,20E-04	3,10E-04	3,76E-04	7,97E-04	1,76E-03	3,08E-03
Toxicité humaine	kg 1,4-DB eq	2,66E-01	3,22E-01	3,63E-01	2,53E-01	2,67E-01	2,98E-01	2,88E-01	3,23E-01	3,94E-01

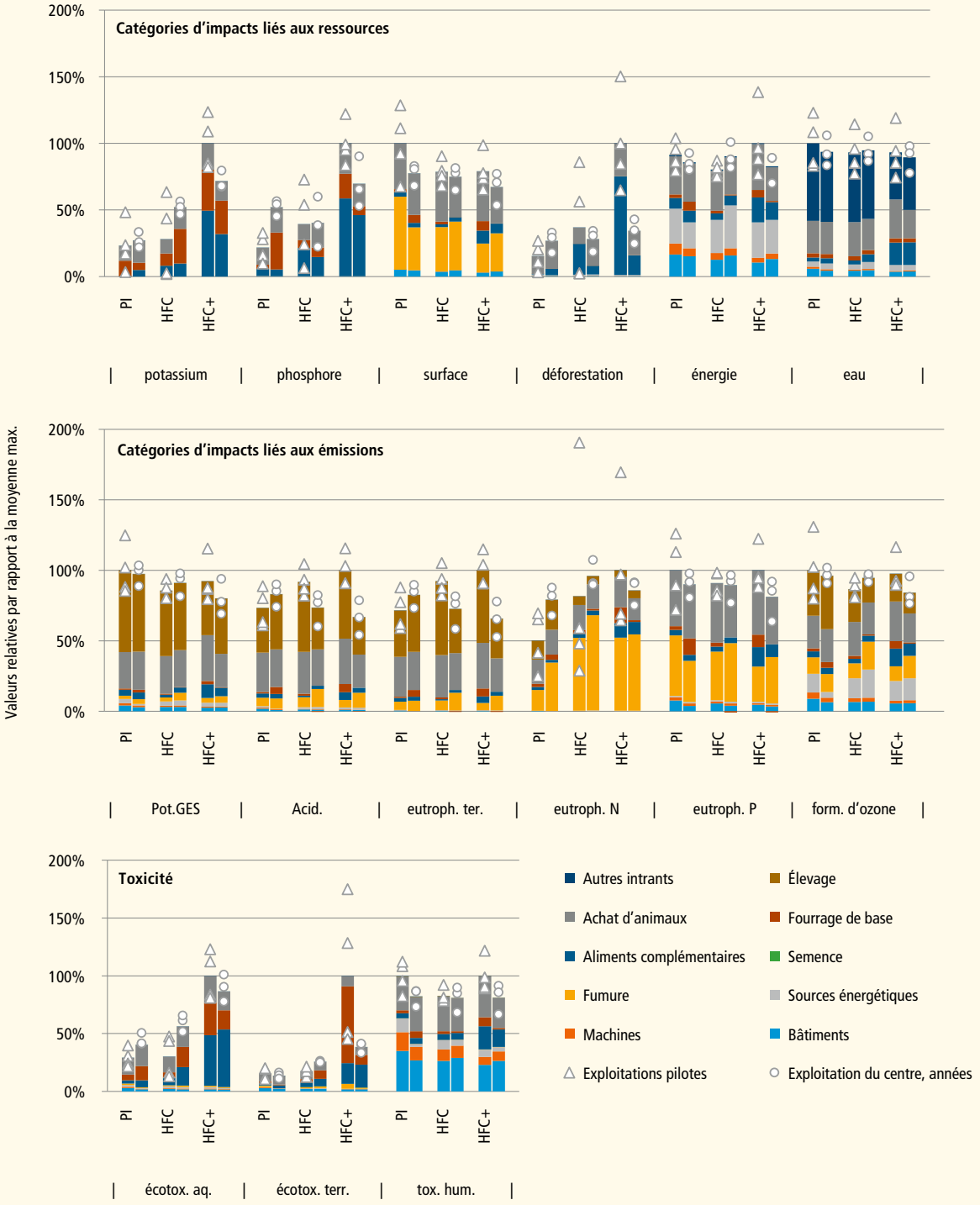

Figure 1 | Comparaison de toutes les catégories d'impacts (à l'exception du paysage et de la biodiversité) pour les différents systèmes. Les colonnes représentent les moyennes (colonne de gauche: moyenne des quatre exploitations pilotes, colonne de droite: moyenne des trois années de l'exploitation du centre). Les triangles indiquent les valeurs des différentes exploitations pilotes, les points indiquent les valeurs des différentes années de l'exploitation du centre de formation. Potassium = besoins en potassium, phosphore = besoins en phosphore, surface = besoins en surfaces, déforestation = surface potentiellement déboisée, énergie = besoin en énergie non renouvelable, eau = besoins en eau, Pot.GES = potentiel de gaz à effet de serre, Acid. = potentiel d'acidification, eutroph. ter. = potentiel d'eutrophisation terrestre, form. d'ozone = potentiel de formation d'ozone eutroph. N = potentiel d'eutrophisation aquatique par N, eutroph. P = potentiel d'eutrophisation aquatique par P, écotox. aq. = potentiel d'écotoxicité aquatique, écotox. terr. = potentiel d'écotoxicité terrestre, tox. hum. = potentiel de toxicité humaine. PI = pâture intégrale, HFC = herbe fraîche avec peu de concentrés, HFC+ = herbe fraîche avec beaucoup de concentrés.

des teneurs du fourrage en protéines brutes notamment pendant les mois d'été et d'automne (Reidy *et al.* 2017). Dans les autres catégories d'impacts étudiées – besoins en énergie, besoins en surface, eutrophisation aquatique par P et biodiversité (non représentée, Zumwald *et al.* 2018) – les valeurs des différents systèmes se recoupent dans l'exploitation du centre de formation comme dans les exploitations pilotes. Les résultats sont très variables pour de nombreuses catégories d'impacts. La remonte du bétail joue souvent un rôle important pour la variabilité entre les différentes années dans l'exploitation du centre de formation, tout comme l'achat de fourrage supplémentaire, qui évolue d'une année à l'autre en raison des fluctuations de la récolte. Les différents taux de remonte jouent également un rôle entre les exploitations pilotes. De plus, il y a des exploitations où l'achat de fourrage supplémentaire pèse plus lourd dans la balance. Dans le cas de l'eutrophisation aquatique par N, on trouve des valeurs extrêmes lorsque la fertilisation à la surface est particulièrement importante. Au sein des systèmes, il semble que le potentiel d'optimisation soit considérable: dans la plupart des catégories d'impacts, tous les systèmes sont en principe capables d'obtenir des résultats aussi favorables les uns que les autres. Seules font exception les catégories fortement influencées par l'achat de concentrés.

Conclusions et recommandations

Tous les systèmes étudiés ont des avantages et des inconvénients spécifiques en ce qui concerne leurs impacts environnementaux. Aucun système n'est supérieur pour toutes les catégories d'impacts. Les principaux facteurs influençant les impacts de la production laitière sur l'environnement sont:

- la composition de la ration fourragère (l'apport de concentrés a un effet négatif sur les besoins en potassium et l'écotoxicité; les excédents d'éléments nutritifs conduisent à des émissions de gaz à effet de serre plus élevées, l'acidification, l'eutrophisation terrestre, l'eutrophisation aquatique par N ainsi que la formation d'ozone);
- la valorisation du fourrage (une faible valorisation du fourrage [kg de fourrage/kg de lait] se traduit par une augmentation des émissions directes de gaz à effet de serre);
- la remonte du bétail (influence toutes les catégories d'impacts);
- la fumure (des excédents azotés dans la production animale et des apports élevés d'engrais conduisent à une eutrophisation aquatique élevée par N).

Par conséquent, les démarches suivantes peuvent être recommandées pour réduire l'impact de la production laitière sur l'environnement:

- En matière de déforestation, de besoin en P et en K et d'écotoxicité, les systèmes qui utilisent peu de concentrés s'avèrent plus avantageux que les systèmes qui en utilisent davantage. Lorsque ces catégories sont prioritaires, il est donc recommandé de privilégier les systèmes utilisant peu de concentrés.
- Une meilleure connaissance de la composition du fourrage et des éléments nutritifs qu'il contient, notamment pour l'herbe des pâtures, permettrait d'optimiser la ration en conséquence. Un apport plus ciblé en aliment énergétique (comme l'ensilage de maïs) permettrait par exemple de réduire les pertes en éléments nutritifs et les impacts environnementaux et d'augmenter la production laitière. Il faut cependant prendre en compte le fait qu'un tel apport d'aliments complémentaires peut perturber la consommation d'herbe au pâturage.
- Il est conseillé de prolonger la durée d'utilisation des vaches, car cela se traduit par une baisse du taux de remonte des bovins par kg d'ECM avec un effet potentiellement très favorable sur de nombreuses catégories d'impacts (Alig *et al.* 2015).
- Une utilisation ciblée des engrais de ferme visant à réduire les émissions, ainsi que des connaissances éventuellement plus pointues des teneurs en éléments nutritifs pourraient permettre de réduire les pertes.

Les recommandations suivantes peuvent être utiles aux recherches futures dans le domaine de l'analyse du cycle de vie des systèmes de production laitière basés sur les herbages. La corrélation entre les effets négatifs et positifs de l'utilisation de concentrés sur certaines catégories d'impacts devrait être analysée au moyen d'études plus complètes afin de déterminer l'utilisation optimale dans chaque contexte. En outre, la présente étude a montré qu'il est important de déterminer spécifiquement et de prendre en compte la composition et la quantité exactes des fourrages et des engrais de ferme dans les analyses du cycle de vie. Cela s'applique également à la remonte du bétail (par élevage sur l'exploitation ou achat d'animaux supplémentaires), qui représente généralement un facteur important pour les impacts du lait sur l'environnement et qui devrait être pris en compte dans les analyses de cycle de vie. ■

Remerciements
Nous remercions la fondation Sur-la-Croix pour le financement du projet.

Bibliographie

- Alig M., Prechsl U., Schwitter K., Waldvogel T., Wolff V., Wunderlich A., Zorn A. & Gaillard G., 2015. Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. Agroscope, Zürich. *Agroscope Science* **29**, 160 p. Accès: http://www.agroscope.ch/science.
- Arsenault N., Tyedmers P. & Fredeen A., 2009. Comparing the environmental impacts of pasture-based and confinement-based dairy systems in Nova Scotia (Canada) using life cycle assessment. *International Journal of Agricultural Sustainability* **7** (1), 19–41.
- Bystricky M., Alig M., Nemecek T. & Gaillard G., 2015. Analyse du cycle de vie des produits agricoles suisses en comparaison avec des produits importés. *Recherche Agronomique Suisse* **6** (6), 264–269.
- ecoinvent Centre, 2016. ecoinvent Data - The Life Cycle Inventory Data V3.3. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Haupt C., Hofer N., Roesch A., Gazzarin C. & Nemecek T., 2018. Analyse ausgewählter Massnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Schweizer Milchproduktion – eine Literaturstudie. Agroscope, Zürich und Tänikon. *Agroscope Science* **58**, 75 p. Accès: http://www.agroscope.ch/science
- Ineichen S., Akert F., Frey H., Wyss U., Hofstetter P., Schmid H., Gut W. & Reidy B., 2018. Série Comparaison de systèmes Hohenrain II: Descriptif de l'essai et qualité de l'herbage frais. *Recherche Agronomique Suisse* **9** (4), 112–119.
- Nemecek T. & Ledgard S., 2016. Modelling farm and field emissions in LCA of farming systems: the case of dairy farming. *In:* Proc. of 10th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2016, Dublin UCD, 1135–1144.
- O'Brien D., Shalloo L., Patton J., Buckley F., Grainger C. & Wallace M., 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems* **107**, 33–46.
- Reidy B., Mulser E., Ineichen S., Akert F., Dorn K., Probst S., Frey H., Haas T., Höltschi M. & Hofstetter P. 2017: Optimierung der Milchproduktion mit frischem Wiesenfutter – Drei Systeme im Vergleich. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein.
- Sutter M., Nemecek T. & Thomet P., 2013. Analyse de cycle de vie de la production laitière au pârturage et à l'étable. *Recherche Agronomique Suisse* **4** (5), 230–237.
- Thi Tuyet Hanh N., Corson M. S., Doreau M., Eugene M. & van der Werf H. M. G., 2013. Consequential LCA of switching from maize silage-based to grass-based dairy systems. *International Journal of Life Cycle Assessment* **18** (8), 1470–1484.
- Zumwald, J., Braunschweig, M. & Nemecek, T., 2018. Ökobilanz von drei Milchproduktionssystemen unterschiedlicher Intensität auf Basis von Eingrasen und Vollweide. *Agroscope Science* **61**. Accès: http://www.agroscope.ch/science.

Riassunto

Analisi del ciclo di vita di sistemi di produzione lattiera basati sul pascolo e sulla superficie inerbita

Nel quadro del progetto «Ottimizzazione dei sistemi di produzione lattiera sulla base di foraggio verde (Hohenrain II)» abbiamo confrontato tra di loro gli effetti ambientali di tre sistemi in base al metodo del bilancio ecologico SALCA: pieno pascolo con parto stagionale e due varianti di foraggio verde con un diverso impiego di foraggio concentrato (< 500 kg/vacca/anno und 800–1200 kg/vacca/anno). I sistemi con un impiego di foraggio concentrato più elevato presentano in confronto ai sistemi con un minore impiego di foraggio concentrato valori più elevati e quindi meno favorevoli nelle categorie del fabbisogno delle risorse di potassio, dell'ecotossicità e talvolta a livello del fabbisogno delle risorse di fosforo e del disboscamento. Per quanto riguarda il potenziale di effetto serra, la creazione di ozono e l'estetica paesaggistica il sistema con un maggiore impiego di foraggio concentrato presenta invece valori più favorevoli rispetto al sistema di pieno pascolo. In alcune altre categorie degli effetti, in ragione di un'elevata variabilità tra le aziende esaminate e gli anni, non sono riscontrabili differenze significative tra i sistemi. I più importanti fattori che influiscono sull'impatto ambientale del latte sono l'indice di consumo (kg foraggio/kg/kg latte energeticamente corretto [ECM]), la composizione della razione di foraggio, l'apporto di foraggio concentrato, la rimonta delle vacche e la concimazione.

Summary

Life-cycle assessment of pasture- and grassland-based milk production systems

As part of the project 'Optimisation of Grassland-Based Milk Production Systems based on Fresh-Grass Harvesting (Hohenrain II)', we used the SALCA life-cycle assessment method to compare the environmental impacts of three systems, viz. full-grazing with seasonal calving and two variants of fresh-grass harvesting with differing use of concentrates (< 500 kg/cow/year and 800–1200 kg/cow/year). Systems using higher amounts of concentrates had higher, and hence less favourable, scores in the 'potassium resource demand' and 'ecotoxicity' categories, as well as in the 'phosphorus resource demand' and 'deforestation' categories in some instances, than systems using lower amounts of concentrates. By contrast, for 'global warming potential', 'ozone formation' and 'landscape aesthetics', the system using higher amounts of concentrates in some cases had more favourable scores than the full-grazing system. In several additional impact categories there were no obvious differences between the systems, owing to the high variability between the farms and years investigated. The main factors influencing the environmental impact of milk were feed conversion (kg feed/kg energy-corrected milk [ECM]), composition of the feed ration, concentrate intake, cattle restocking, and fertiliser application.

Key words: life cycle assessment, environment, dairy production, grazing, concentrate feed.

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Teneurs en nutriments et en minéraux des fourrages conservés

Ueli Wyss[1], Patrick Schlegel[1], Hansjörg Frey[2], Franziska Akert[3,4], Ester Mulser[3] 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
[4]Ecole polytechnique fédérale de Zurich ETHZ, 8092 Zurich, Suisse
Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch

Les teneurs et valeurs nutritives du fourrage sec ventilé provenant des exploitations pilotes correspondaient, dans l'ensemble, aux données de l'enquête sur les fourrages. (Photo: Franziska Akert, HAFL et ETHZ)

Introduction

Dans le projet Hohenrain II, trois systèmes de production laitière basés sur les herbages ont été comparés de 2014 à 2016 (Ineichen *et al.* 2018). En plus de l'exploitation agricole à Hohenrain, 38 exploitations agricoles pilotes, réparties dans trois régions de Suisse, ont également participé à ce projet.

Le projet Hohenrain II portait principalement sur l'affouragement en vert à l'étable combiné à la pâture. Toutefois, afin de pouvoir se prononcer sur la qualité des fourrages conservés (fourrage sec, ensilé et déshydraté) pour l'affouragement hivernal, leurs valeurs et teneurs nutritives ont été analysées afin d'évaluer l'influence des

années et des régions. Pendant le fanage et l'ensilage de l'herbe, une dégradation des protéines et une modification des fractions protéiques ont lieu (Hoedtke *et al.* 2010). L'importance du rôle de la dégradation des fractions protéiques dans la préparation du fourrage sec a également été étudiée au moyen d'une partie du matériel disponible.

Matériel et méthodes

Au total, 38 exploitations agricoles pilotes, réparties dans trois régions du Plateau suisse, ont été sélectionnées pour participer au projet Hohenrain II. Elles répondaient aux critères des trois systèmes de production laitière comparés: pâture intégrale (PI) et pâture partielle avec distribution d'herbe fraîche à l'étable avec deux apports différents en aliments concentrés, à savoir un apport faible (HFC) et un élevé (HFCplus) (Ineichen *et al.* 2018). Les exploitations HFCplus produisaient essentiellement du lait de fromagerie et n'utilisaient donc aucun ensilage. Dans les deux autres systèmes, environ la moitié des exploitations produisait du lait sans ensilage. Au cours de la période d'essai de trois ans, deux exploitations ont quitté le projet. Sur les 36 fermes restantes, 31 produisaient du foin ventilé. Parmi les cinq exploitations ne produisant pas de foin ventilé, trois faisaient partie du groupe PI, une du groupe HFC et une autre du groupe HFCplus.
A la fin de l'automne/début de l'hiver 2013/2014 et jusqu'en 2015/2016, des échantillons de fourrages conservés ont été prélevés dans toutes les exploitations. Il s'agissait soit d'échantillons de foin ou de regain, soit d'échantillons mixtes composés de foin et de regain. Parallèlement, des échantillons de fourrages conservés ont également été prélevés à l'exploitation agricole du Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN à Hohenrain (canton de Lucerne; altitude: 620 m). La matière sèche (MS) des ensilages a été déterminée à la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL à Zollikofen. Les échantillons ont ensuite été broyés à 1 mm (Brabender, Duisburg, Allemagne) dans les laboratoires d'Agroscope et les nutriments (cendres, matière azotée, cellulose brute, ADF, NDF et sucres) déterminés avec la méthode NIRS (Ampuero Kargten et Wyss 2014). L'énergie nette (NEL) et les teneurs en protéines absorbables (PAIE et PAIN) ont été calculés sur la base d'une composition botanique inconnue (Agroscope 2018 a). En outre, les macro et oligo-éléments calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg), potassium (K), sodium (Na), cuivre (Cu), Fer (Fe), manganèse (Mn) et zinc (Zn) ont été déterminés dans une partie des échantillons après leur incinéra-

Résumé

Trois systèmes de production laitière, avec affouragement en vert durant la période de végétation, ont été étudiés de 2014 à 2016, dans le cadre du projet «Comparaison de systèmes Hohenrain II». Les composantes nutritionnelles du fourrage conservé (fourrage sec, ensilé et déshydraté) des années de récolte 2013 à 2015 et les fractions protéiques du fourrage sec et ensilé de l'année de récolte 2015 ont été déterminées. Outre les échantillons de l'exploitation agricole à Hohenrain, des échantillons des 38 exploitations agricoles pilotes, réparties sur trois régions de Suisse, ont également été analysés. Les teneurs moyennes des fourrages secs des exploitations pilotes correspondaient aux valeurs publiées chaque année dans l'«Enquête sur les fourrages». En ce qui concerne les ensilages, les teneurs en NEL des fermes pilotes en particulier étaient légèrement inférieures. Les teneurs de certains nutriments ont été influencées par l'année ou la région, et aucune différence n'a été constatée au niveau des valeurs nutritives. Les échantillons d'herbe déshydratée contenaient parfois des teneurs en cendres très élevées et, par conséquent, des teneurs en NEL très faibles. Les fractions protéiques se différenciaient entre les fourrages secs et ensilés, en particulier la fraction azotée non protéique était plus élevée dans les ensilages.

Tableau 1 | Teneurs en nutriments et valeurs nutritives du fourrage sec ventilé en fonction de l'année et de la région.

		Année de récolte			Région			RSME	Valeur P		
		2013	2014	2015	Ouest	Centre	Est		Année	Région	A × R
Nombre	n	42	39	62	39	55	49				
Cendres	g/kg MS	89	99	92	91	94	95	12,1	<0,001	n.s.	n.s.
Matière azotée	g/kg MS	123	134	129	130	127	130	27,3	n.s.	n.s.	n.s.
Cellulose brute	g/kg MS	271	262	269	277	265	261	26,1	n.s.	<0,05	n.s.
ADF	g/kg MS	304	297	305	315	300	290	25,3	n.s.	<0,001	n.s.
NDF	g/kg MS	505	475	499	504	495	481	44,5	<0,01	n.s.	n.s.
Sucre	g/kg MS	110	117	118	112	115	119	14,9	n.s.	<0,05	n.s.
NEL	MJ/kg MS	5,3	5,3	5,3	5,2	5,3	5,3	0,29	n.s.	n.s.	n.s.
PAIE	g/kg MS	84	87	85	85	85	86	7,6	n.s.	n.s.	n.s.
PAIN	g/kg MS	78	85	82	82	80	82	17,8	n.s.	n.s.	n.s.

RMSE: racine de l'erreur quadratique moyenne ; n.s.: non significatif (P > 0,05);
MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; sucre: glucides solubles à l'éthanol; NEL: énergie nette lait;
PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de l'énergie disponible;
PAIN: protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de la matière azotée dégradable.

Tableau 2 | Teneur en nutriments et valeur nutritive des ensilages d'herbe analysés en fonction de l'année et de la région.

		Année de récolte			Région			RSME	Valeur P		
		2013	2014	2015	Ouest	Centre	Est		Année	Région	A × R
Nombre	n	10	12	22	14	26	4				
Teneur en MS	%	32,1	39,5	38,5	30,4	38,0	41,7	7,29	n.s.	<0,01	n.s.
Cendres	g/kg MS	112	109	102	106	116	101	17,2	n.s.	n.s.	n.s.
Matière azotée	g/kg MS	147	157	148	151	150	151	34,7	n.s.	n.s.	n.s.
Cellulose brute	g/kg MS	272	264	262	269	259	271	37,6	n.s.	n.s.	n.s.
ADF	g/kg MS	314	294	291	299	292	308	40,5	n.s.	n.s.	n.s.
NDF	g/kg MS	475	447	454	460	457	460	57,1	n.s.	n.s.	n.s.
Sucre	g/kg MS	34	69	82	47	71	68	35,1	<0,05	n.s.	n.s.
NEL	MJ/kg MS	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	9,45	n.s.	n.s.	n.s.
PAIE	g/kg MS	74	76	76	74	75	77	6,1	n.s.	n.s.	n.s.
PAIN	g/kg MS	93	98	93	95	94	95	21,5	n.s.	n.s.	n.s.

RMSE: racine de l'erreur quadratique moyenne ; n.s.: non significatif (P > 0,05).
MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; sucre: glucides solubles à l'éthanol; NEL: énergie nette lait;
PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de l'énergie disponible;
PAIN: protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de la matière azotée dégradable.

tion par spectrométrie d'émission optique à plasma et couplage inductif (ICP-OES, Optima 7300 DV Perkin-Elmer, Schwerzenbach, Suisse).

Cinq fractions protéiques ont été déterminées selon la méthode de Licitra *et al.* (1996) dans des fourrages secs ensilés de l'année de récolte 2015 par le laboratoire LKS (*Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft* mbH LKS, 09577 Niederwiesa, Allemagne). La matière azotée non protéique (NPN), appelée fraction A, est immédiatement et complètement disponible pour l'animal. La matière azotée sous forme protéique est divisée en trois catégories, qui se distinguent par une dégradabilité ruminale rapide (B1), moyenne (B2) et lente (B3). La matière azotée insoluble dans une solution détergente acide (fraction C) est considérée comme indigeste (Hoedtke *et al.* 2010).

Une analyse de variance (Systat 13) avec les facteurs «année de récolte», «région» et leur interaction a été effectuée sur les données des nutriments et des valeurs nutritives. L'interaction n'a pas été intégrée dans le modèle pour l'herbe déshydratée. Une analyse descriptive était conduite sur les données des minéraux, car elles

Tableau 3 | Teneurs en nutriments et en énergie de l'herbe déshydratée en fonction de l'année de récolte et de la région.

		Année de récolte			Région			RMSE	Valeur P	
		2013	2014	2015	Ouest	Centre	Est		Année	Région
Nombre	n	6	8	7	7	12	2			
Cendres	g/kg MS	205	151	120	108	193	175	90,2	n.s.	n.s.
Matière azotée	g/kg MS	139	160	155	142	168	145	24,5	n.s.	n.s.
Cellulose brute	g/kg MS	230	266	237	264	191	278	48,7	n.s.	<0,05
ADF	g/kg MS	260	296	274	280	240	310	42,0	n.s.	n.s.
NDF	g/kg MS	399	428	458	442	384	460	50,4	n.s.	<0,05
Sucre	g/kg MS	77	58	84	102	62	54	37,1	n.s.	n.s.
NEL	MJ/kg MS	4,4	4,7	5,0	4,8	4,9	4,3	0,70	n.s.	n.s.
PAIE	g/kg MS	81	89	92	87	93	82	11,6	n.s.	n.s.
PAIN	g/kg MS	89	103	100	91	109	93	16,4	n.s.	n.s.

RMSE: racine de l'erreur quadratique moyenne; n.s.: non significatif (P>0,05).
MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; sucre: glucides solubles à l'éthanol; NEL: énergie nette lait;
PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de l'énergie disponible;
PAIN: protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de la matière azotée dégradable.

Tableau 4 | Teneurs en minéraux dans le fourrage sec, ensilé et déshydraté.

		Fourrage sec		Fourrage ensilé		Fourrage déshydraté	
		Ø	e	Ø	e	Ø	e
Nombre	n	92		26		13	
Ca	g/kg MS	6,4	1,8	6,8	1,9	7,4	2,6
P	g/kg MS	3,3	0,6	3,7	0,7	4,1	0,7
Mg	g/kg MS	1,9	0,5	2,0	0,5	2,1	0,5
K	g/kg MS	28	5	32	5	34	7
Na	g/kg MS	0,29	0,15	0,30	0,21	0,43	0,23
Cu	mg/kg MS	7,5	1,9	7,6	2,2	9,1	1,8
Fe	mg/kg MS	453	370	512	501	770	757
Mn	mg/kg MS	66	29	81	36	87	54
Zn	mg/kg MS	25	5	24	7	28	6

Ø: moyenne; e: écart-type.

n'étaient pas correctement distribuées entre année de récolte et région. L'influence du type de conserve (ensilage ou fourrage sec) sur les fractions protéiques a été étudiée à l'aide d'une analyse de variance (Systat 13).

Résultats et discussion

Qualité du fourrage sec: moyenne suisse

Les valeurs du fourrage sec ventilé variaient considérablement. Les valeurs moyennes des exploitations pilotes se situaient dans une fourchette similaire à celles de l'exploitation agricole à Hohenrain ainsi qu'aux valeurs de l'«Enquête sur les fourrages» (Agroscope 2018b).

La teneur moyenne en NEL du fourrage sec était de 5,3 MJ/kg de MS pour les trois années 2013 à 2015 (tabl. 1). Bien que les conditions météorologiques aient considérablement varié d'une année à l'autre, aucun effet annuel n'a pu être observé. De même, cet impact était aussi assez faible dans l'enquête sur les fourrages (Agroscope 2018b).

Les teneurs en cellulose brute, en ADF et en sucre se différenciaient d'une région à l'autre. Selon Boessinger

Figure 1 | Les connaissances et l'expérience des chefs d'exploitation ont une grande influence sur la qualité des fourrages conservés. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

et al. (2012), la région et l'altitude en Suisse ont une influence sur les nutriments du fourrage sec, et les valeurs les plus élevées sont observées majoritairement dans la partie orientale de la Suisse.

Ensilage d'herbe: un peu meilleur que le fourrage sec

Comme les exploitations avec ensilages étaient moins nombreuses, le nombre d'échantillons était plus faible pour les fourrages ensilés que pour les secs (tabl. 2). La teneur moyenne en matière sèche était de 37 %. La teneur en matière azotée était plus élevée et celle en cellulose brute plus basse dans le fourrage ensilé que dans le fourrage sec. En raison de la fermentation lactique, la teneur en sucre a également chuté. En conséquence, la teneur en NEL était supérieure de 0,2 MJ/kg MS à celle du fourrage sec. Cette valeur indique que le fourrage a été fauché à un stade de développement antérieur. La teneur en cendres des ensilages était légèrement supérieure à celle du fourrage sec. Dans les ensilages humides en particulier, les souillures de terre collent davantage. Les valeurs des ensilages de l'exploitation agricole de Hohenrain se situaient dans une même fourchette. À l'exception de la teneur en sucre, les teneurs en nutriments et les valeurs nutritives des ensilages ne se différenciaient pas entre les trois années et les trois régions. Les teneurs en NEL des ensilages étaient en moyenne de 5,5 MJ/kg MS pour les années et régions étudiées. Les données de l'enquête sur les fourrages (Agroscope 2018b) présentaient une teneur plus élevée en énergie (5,7 MJ NEL/kg MS). Autrement dit, la qualité des ensilages d'herbe récoltés aurait encore eu un potentiel d'amélioration.

Influence de la gestion de l'exploitation

En ce qui concerne les valeurs NEL des exploitations prises individuellement, il est frappant de constater que celles ayant les valeurs les plus élevées (25 %) dans le fourrage sec en 2015 (base) avaient généralement aussi les valeurs les plus élevées en 2014. La même observation a pu être faite pour les ensilages d'herbe. En d'autres termes, les connaissances et l'expérience des chefs d'exploitation en matière de conservation des fourrages représentent un facteur essentiel pour leur qualité (fig. 1).

Herbe déshydratée très pauvre en énergie

L'herbe déshydratée a principalement été utilisée dans les exploitations produisant du lait de fromagerie non autorisées à produire de l'ensilage. Les échantillons d'herbe déshydratée analysés (tabl. 3) présentaient des teneurs moyennes en matière azotée plus élevées et en cellulose brute plus basses que celles des ensilages et des fourrages secs.

Cependant, les teneurs en cendres étaient parfois très élevées, entraînant de faibles teneurs en NEL (Ø 4,9 MJ NEL/kg MS). Dans certains échantillons, la teneur élevée en cellulose brute a également engendré de faibles teneurs NEL. Les teneurs en cendres les plus élevées ont été déterminées en 2013. A l'exception des teneurs en

cellulose brute et en NDF, les teneurs en nutriments et les valeurs nutritives étaient comparables entre années de récolte et régions. La production d'herbe déshydratée est un processus de conservation coûteux et énergivore. Or, sur le plan économique, cette production n'a de sens que si l'on produit de l'herbe déshydratée de haute qualité. La faible qualité de certains échantillons et la très faible teneur énergétique moyenne indiquent qu'il existe de ce point de vue encore un grand potentiel d'optimisation dans les exploitations agricoles.

Variation des teneurs en minéraux

Les teneurs en minéraux variaient grandement d'un échantillon à l'autre et sont influencées par de nombreux facteurs. La composition botanique, la date de récolte ou le stade de développement et le cycle jouent un rôle décisif (Daccord *et al.* 2001; Schlegel *et al.* 2016). Les teneurs moyennes en minéraux des ensilages et de l'herbe déshydratée étaient légèrement plus élevées que dans le fourrage sec (tabl. 4), ce qui pourrait s'expliquer par le stade de développement plus précoce des ensilages et de l'herbe déshydratée. D'autre part, le processus de fermentation et la dégradation des sucres, conduisant à une augmentation relative des autres composants, dont les minéraux, peuvent également avoir joué un rôle dans les ensilages. La même observation a été faite par Arrigo (2007), en particulier pour les ensilages avec environ 30 % de MS. La faible perte de feuilles durant la déshydratation de l'herbe fraîche pourrait également avoir influencé le résultat.

A l'exception de la teneur en Mg, les teneurs moyennes en minéraux étaient plus élevées dans les fourrages ensilés que secs, ce qui est également observé dans les données de l'enquête sur les fourrages (Agroscope 2018 b). Les teneurs en Fe étaient particulièrement variables dans les fourrages conservés. Les teneurs en Fe élevées et fortement fluctuantes peuvent être dues aux contaminations terreuses, riches en Fe. Entre la teneur en cendres et la teneur en Fe, les corrélations étaient de respectivement 0,33, 0,55 et 0,58 pour les fourrages secs, ensilés et déshydratés. Des corrélations encore plus élevées ont été mises en évidence dans l'herbe des pâturages et l'herbe affouragée à l'étable (Wyss *et al.* 2018).

Fractions protéiques modifiées dans l'ensilage

Les proportions des fractions protéiques A, B2, B3 et C (fig. 2) se différenciaient entre le fourrage sec et ensilé. La proportion de la fraction protéique A (matière azotée non protéique) en particulier était plus élevée dans le fourrage ensilé que dans le fourrage sec. Celle de la fraction B1 était comparable dans les deux types de conserve et celles des fractions B2, B3 et C étaient plus faibles dans l'ensilé que dans le sec. Des modifications similaires, dues à la récolte et à la conservation des fourrages ensilés et secs, ont été constatées par Wyss (2018). Une forte présence de la matière azotée non protéique dans les ensilages indique que la protéine a été dégradée par protéolyse ou par des enzymes protéolytiques au cours du processus de récolte et de conservation des ensilages (Kofahl 2009).

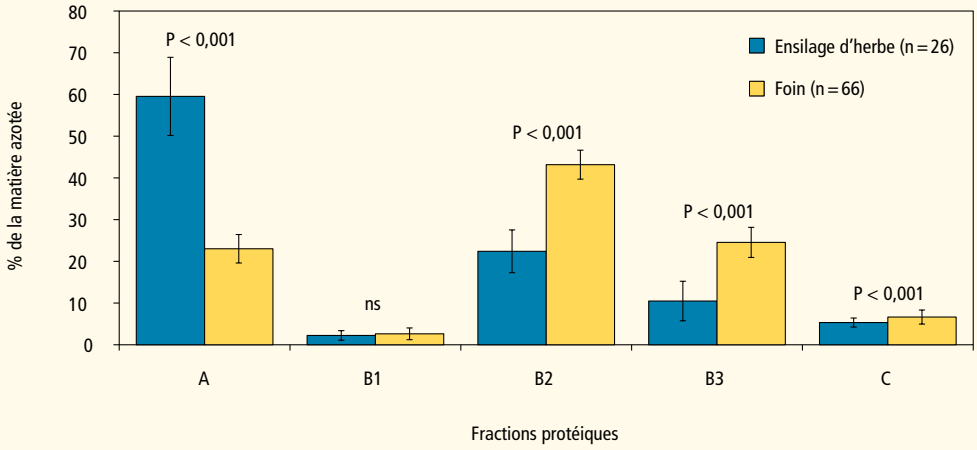

Figure 2 | Proportion des fractions protéiques dans le fourrage sec et ensilé des exploitations pilotes (année de récolte 2015). A: matière azotée non protéique; B1, B2 et B3: fractions protéiques à dégradabilité rapide, moyenne et lente; C: fraction protéique insoluble et indigeste.

Conclusions

- Les teneurs et valeurs nutritives du fourrage sec ventilé provenant des exploitations pilotes correspondaient, dans l'ensemble, aux données de l'enquête sur les fourrages. Les teneurs en cellulose brute, ADF et sucres étaient modifiées en fonction de la région, tandis que l'année de récolte n'avait aucune influence.
- La teneur en NEL de l'ensilage d'herbe provenant des exploitations pilotes était légèrement inférieure à celles relevées dans l'enquête sur les fourrages. Les exploitations auraient donc encore un potentiel d'amélioration. A l'exception des sucres, les teneurs et valeurs nutritives de l'ensilage n'ont pas été influencées par l'année de récolte, ni la région.
- La valeur nutritive de l'herbe déshydratée était mauvaise. Les chefs d'exploitation devraient se poser la question s'il est judicieux de produire de l'herbe déshydratée.
- Dans l'ensemble, il a été constaté que les connaissances et l'expérience des chefs d'exploitation en matière de conservation des fourrages ont une grande influence sur la qualité des fourrages conservés. ■

Bibliographie

- Agroscope, 2018a. Apports alimentaires recommandés pour les ruminants. Accès: www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html [05.03.2018].
- Agroscope, 2018b. Base de données suisse des aliments pour animaux. Accès: www.feedbase.ch [05.03.2018].
- Ampuero Kargten S. & Wyss U., 2014. Les fourrages à la lumière du proche infrarouge (NIRS), *Recherche Agronomique Suisse* **5** (5), 204–211.
- Arrigo Y., 2007. Influence du mode de conservation, du cycle et du stade sur la digestibilité et les teneurs en minéraux de l'herbe. *Recherche Agronomique Suisse* **14** (8), 370–375.
- Boessinger M. et Python P., 2012. Facteurs d'influence sur les valeurs nutritives des fourrages secs ventilés. *Recherche Agronomique Suisse* **3** (1), 36–43.
- 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.
- Hoedtke S., Gabel M. & Zeyner A., 2010. Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. *Übersichten Tierernährung* **38**, 157–179.
- 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.
- Kofahl A., 2009. Methodische Untersuchungen zur Beurteilung der proteolytischen Aktivität, der Proteolyse und der Desmolyse bei der Silierung eiweissreicher Grünfutterleguminosen. Thèse Université de Rostock, 274 p.
- Licitra G., Hernandez T. M. & Van Soest P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* **57**, 347–358.
- 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.
- Wyss U., 2018. Influence of silage or hay making on different protein fractions. Proceedings of the 27th General Meeting of European Grassland Federation, Cork, Ireland. *In Press*.
- Wyss U., Schlegel P., Frey H.J. & Reidy B., 2018. Série Comparaison de systèmes Hohenrain II: Teneurs en minéraux des herbages. *Recherche Agronomique Suisse* **9** (4), 120–125.

Riassunto

Serie Confronto dei sistemi Hohenrain II: Tenori di nutritivi e minerali in foraggi conservati

Nel quadro del progetto Hohenrain II, tra il 2014 e il 2016 sono stati studiati tre sistemi di produzione lattiera con foraggio da pascolo fresco durante il periodo di vegetazione. Degli anni di raccolta tra il 2013 e il 2015 sono stati analizzati i tenori delle sostanze nutritive e dei minerali in campioni di foraggio conservato (foraggio, insilato d'erba ed erba secca). Per il raccolto del 2015 sono state inoltre determinate le frazioni proteiche nei campioni di foraggio e di insilato d'erba. Oltre ai campioni provenienti dall'azienda di Hohenrain, sono anche stati analizzati i campioni di 38 aziende pilota distribuite nelle tre regioni svizzere. Per quando riguarda il foraggio, i tenori medi delle aziende pilota corrispondevano ai valori pubblicati annualmente nell'«Inchiesta sui foraggi secchi». Per quanto concerne gli insilati, in particolare i tenori di NEL si sono attestati a valori leggermente più bassi nelle aziende pilota. L'anno oppure la regione avevano un influsso significativo sul tenore solamente per determinati nutrienti. Sul piano dei valori nutrizionali non sono state attestate differenze. I campioni di erba secca analizzati hanno in parte dimostrato valori di ceneri grezze molto elevati e rispettivamente tenori di NEL bassi. Per quanto concerne le frazioni proteiche, sono state rilevate differenze confermate statisticamente tra i campioni di foraggio e di insilato d'erba. Negli insilati, in particolare, era più elevata la frazione azotata non proteica.

Summary

System comparison Hohenrain II: Nutrient and mineral content of conserved forage

From 2014 to 2016, the Hohenrain II Project compared three different grassland-based milk production systems with either full grazing, or with partial grazing with indoor feeding of fresh herbage and reduced or increased concentrate supplementation. From 2013 to 2015, the nutrient and mineral content of the conserved forage (hay, grass silage and artificially dried herbage) from 38 pilot farms spread across three Swiss regions were investigated. In addition, crude protein fractions of the silage and hay were determined for the year 2015. In the case of hay, average contents for the pilot farms corresponded to the values published annually in the forage survey. For the silages, the NEL content of the roughage from the pilot farms in particular was slightly lower in comparison to the forage survey. Year or region only influenced content in the case of certain nutrients. No differences were found for the nutritional values. Some of the artificially-dried herbage samples contained very high levels of ash, and thus low NEL levels. In terms of the crude protein fractions, differences were found between the hay and silage samples, with the fraction A in particular – the non-protein nitrogen fraction – being higher in the silage than in the hay.

Key words: grass silage, hay, artificially dried herbage, nutrient and mineral content, crude protein fractions.

Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

Combiner recherche et échange du savoir amplifie leurs retombées pratiques

Bruno Häller[1], Jenifer Van der Maas[2], Stefan Moser[3], Anita Kempter[4], Esther Mulser[1] et Pius Hofstetter[3]
[1]Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse
[2]Centre de formation et de conseil Arenenberg, 8268 Salenstein, Suisse
[3]Centre de formation professionnelle Nature et alimentation, BBZN, 6276 Hohenrain/6170 Schüpfheim, Suisse
[4]INFORAMA Rütti, 3052 Zollikofen, Suisse
Renseignements: Bruno Häller, e-mail: bruno.haeller@bfh.ch

Discussions lors de la journée pratique à Hohenrain, le 6.9.2017.

Introduction

Échange de connaissances avec la méthode «Best Practices»

Le projet «Optimisation de la production laitière à base d'herbe fraiche» (Reidy *et al.* 2017) a collecté des données et élaboré des aides à la décision pour une production laitière durable et adaptée au site, en tenant compte en particulier de l'affouragement en vert dans l'exploitation des herbages. Outre des recherches détaillées sur les techniques de production et la durabilité (Ineichen *et al.* 2018, Mulser *et al.* 2018, Sperling *et al.* 2017), un sous-projet s'est aussi intéressé à l'échange de savoir entre la recherche et la pratique et aux mesures concrètes de mise en œuvre dans les exploitations participantes.

Les 36 exploitations pilotes ont joué le rôle de démonstrateurs en fournissant des rapports d'expérience et en échangeant leurs connaissances au sein de cercles de travail (CT). Elles se sont employées activement aussi bien à améliorer la production laitière et la gestion de l'exploitation, qu'à y introduire des innovations. L'objectif était d'identifier des possibilités d'optimisation adaptées à la pratique et de les tester afin, à l'instar des «meilleures pratiques» (Heanue *et al.* 2012), de faciliter leur reproduction dans d'autres exploitations intéressées.
L'implication simultanée des exploitations dans un projet de recherche et dans un cercle de travail afin d'échanger le savoir représente un défi bien particulier pour toutes les parties prenantes. Le présent article analyse les principaux processus et facteurs de réussite afin qu'ils puissent être réutilisés dans des projets futurs ayant un objectif similaire.

Matériel et méthodes

Selon la littérature, pour mettre en œuvre avec succès les processus liés aux nouvelles connaissances et technologies, il faut procéder par étapes (Rogers 2003). Il est nécessaire, d'une part, que les connaissances soient générées, comprises et transmises et, d'autre part, que les groupes cibles participent activement à leur intégration et à leur mise en œuvre dans leur propre champ d'activité. Pour mener à bien cette démarche, plusieurs conditions et procédures doivent être respectées (Heanue *et al.* 2012, Jansen *et al.* 2010, Lehmann et Häller 2017, Pfister et Stähli 2017).
L'échange participatif entre agriculteurs pairs au sein des CT s'est révélé être une forme de transmission du savoir très efficace dans la mise en œuvre des processus de changement (Hoisel *et al.* 2013, Würth et Lehmann 2013). L'échange de connaissances pèse aussi de plus en plus lors de l'octroi de subventions à des projets de recherche européens (European Commission 2017).
Sur certains points, toutefois, les CT faisant partie de projets de recherche se distinguent nettement des CT classiques: dans les projets de recherche, il n'est pas toujours possible de respecter totalement des valeurs fondamentales telles que l'autonomie dans le choix des sujets, la confidentialité des informations au sein du CT, l'engagement réciproque à faire des retours ouverts ou une modération n'influençant pas les contenus. En conséquence, dans le cadre d'un projet de recherche, tous les participants doivent convenir entre eux de procédures adaptées, ce qui pose des exigences élevées, en particulier aux modérateurs.

Résumé

Le projet «Optimisation de la production laitière à base d'herbe fraiche» visait notamment à étudier le transfert de connaissances entre la pratique, la recherche, la formation et le conseil. Les cercles de travail des exploitations participantes ont joué un rôle central, d'une part, en fournissant les bases et les données permettant de traiter les questions de recherche et, d'autre part, en s'impliquant fortement dans la mise en œuvre de nouvelles procédures. Cela a déclenché de nombreuses innovations dans les exploitations et favorisé en particulier le transfert des connaissances dans des actions concrètes. Pour y parvenir, il a fallu soigneusement sélectionner les exploitations, pour ne retenir que celles qui étaient les plus motivées et disposées à échanger ouvertement. La réussite du projet tient aussi à l'accompagnement étroit assuré par ses responsables, plus particulièrement par les modérateurs, qui ont joué le rôle de plaque tournante de la communication entre les participants. La conciliation de tous ces facteurs impose des exigences élevées à l'ensemble des parties prenantes et a été largement atteinte lors de ce projet, comme le montrent les résultats présentés ici.

Échange de savoir documenté et évalué

La sélection des exploitations ne prétend pas être représentative, mais illustre un large éventail d'exploitations du Plateau suisse quant à la situation géographique, au type de production (agriculture biologique ou prestations écologiques PER), à l'âge et aux années d'expérience des responsables d'exploitation.
Les exploitations ont été réparties dans trois CT, en fonction de la stratégie d'alimentation qu'elles pratiquent pour le fourrage grossier: affouragement en vert avec peu de concentrés (HFC), affouragement en vert avec beaucoup de concentrés (HFCplus) et pâture intégrale avec vêlage saisonnier (PI). Chaque CT était encadré par un modérateur expérimenté. Les CT se sont réunis deux fois par an et les conjointes des chefs d'exploitation étaient à chaque fois également invitées afin d'élargir les perspectives d'approche des questions discutées. Contrairement à un CT classique, les exploitations ne disposaient que d'une marge restreinte dans le choix des thèmes. Le sujet principal de chaque réunion était défini en fonction du canevas du projet et abordé par

les trois CT au même moment et à l'aide des mêmes questions clés. Avant et après chaque réunion, les modérateurs discutaient avec un groupe d'accompagnement du contenu, des procédures et des expériences. Ils ont animé les CT en partie conjointement. Les activités des CT ont été systématiquement documentées et mises à disposition de différents sous-projets. Par ailleurs, les modérateurs ont décrit les procédures méthodologiques et consigné les principales conclusions et observations dans un rapport structuré.

Une enquête a été effectuée à la fin du projet à l'automne 2017, après les réunions d'information régionales. Les exploitations ont reçu une invitation à y participer par courrier et par e-mail. Quelque 27 chefs d'exploitation (uniquement des hommes) ont participé à l'enquête. Neuf exploitations n'ont pas répondu sans indiquer de raison. Les chefs d'exploitation ayant répondu étaient âgés de 28 à 62 ans. Parmi eux, 22 étaient diplômés d'une formation professionnelle ou spécialisée supérieure, d'une université ou d'une haute école spécialisée. Les participants disposaient d'une expérience professionnelle très variable, allant de deux à 32 ans (en moyenne 18 ans). La surface utile de leurs exploitations était comprise entre 16,9 ha et 64 ha (en moyenne 33,7 ha). Quinze participants employaient une ou plusieurs personnes sur leur exploitation.

Les données spécifiques à l'exploitation et au projet ont été recueillies au moyen d'un questionnaire semi-structuré faisant appels à des outils éprouvés et validés. Les participants ont aussi été interrogés sur l'équilibre entre vie privée et professionnelle, la transmission des apprentissages et l'estimation de leur propre efficacité et de leur satisfaction dans leur activité. Des questions ouvertes leur ont été posées afin de recueillir des remarques générales sur le contenu et le déroulement du projet et sur l'intérêt personnel ainsi que sur les obstacles rencontrés dans l'application des mesures. Les retours des modérateurs après chaque réunion ont permis d'approfondir encore plus les déclarations issues de l'enquête.

Grâce à une étroite collaboration entre les producteurs de lait suisses et trois centres de formation et de conseil, les résultats de l'ensemble du projet ont été présentés à un large public en septembre 2017. Plus de 120 conseillers et scientifiques ont participé à la conférence et plus de 600 producteurs de lait et 200 apprentis étaient présents aux journées pratiques régionales. Les couples de responsables des exploitations pilotes y ont joué un rôle actif de multiplicateurs. Ces journées ont suscité des échanges de connaissances intenses entre la pratique, le conseil et la recherche. Par ailleurs, une partie des résultats a été présentée dans la presse spécialisée

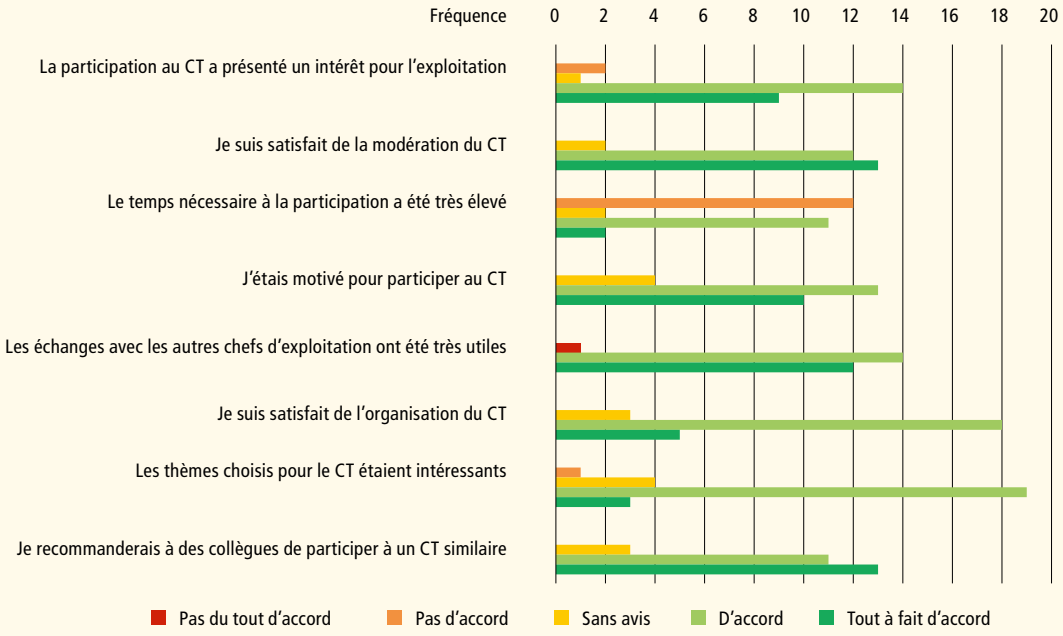

Figure 1 | Bilan de la participation au cercle de travail (CT).

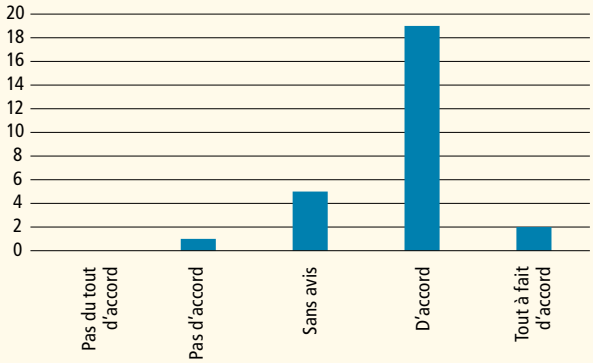

Figure 2 | Réponses des exploitations à la question: le temps nécessaire pour participer au projet était-il raisonnable?

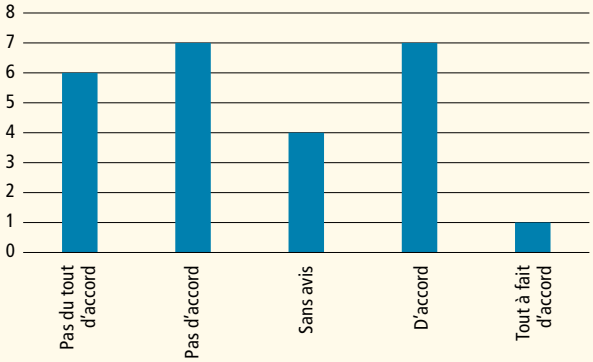

Figure 3 | Les membres de ma famille n'ont pas tous les mêmes représentations des mesures d'optimisation de la production laitière.

avant et après ces réunions. Aucune étude n'a été menée pour déterminer dans quelle mesure ces rencontres ont encouragé les échanges de savoir au sein de toute la branche. Toutefois, comme l'enquête auprès des exploitations pilotes a été effectuée après ces manifestations, leur impact a été pris en compte dans les réponses des chefs d'exploitation participants.

Résultats et analyse de l'enquête finale

Les figures 1 à 6 présentent certaines des réponses les plus importantes. La classification des exploitations interrogées en fonction de leur système d'alimentation, de leur région géographique ou de leur cercle de travail n'ayant pas donné de différences significatives, il n'a pas été effectué d'analyse plus fine des résultats avec ces variables.

L'auto-évaluation rétrospective des participants aux CT montre qu'ils étaient généralement très satisfaits et d'accord avec les prescriptions de la direction du projet concernant le choix des sujets et l'organisation des CT (fig. 1). Elle traduit une forte motivation à participer aux cercles de travail. Même si certains écarts se dessinent entre les réponses aux différentes questions de l'enquête, ils ne sont pas significatifs.

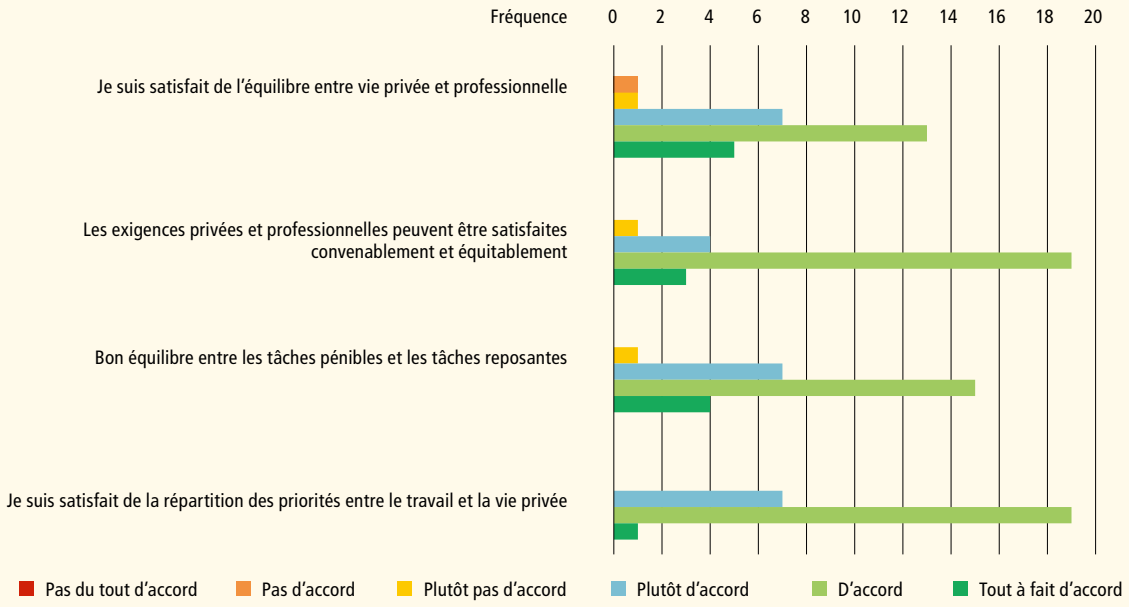

Figure 4 | Auto-évaluation des exploitations participantes sur l'équilibre entre vie privée et professionnelle.

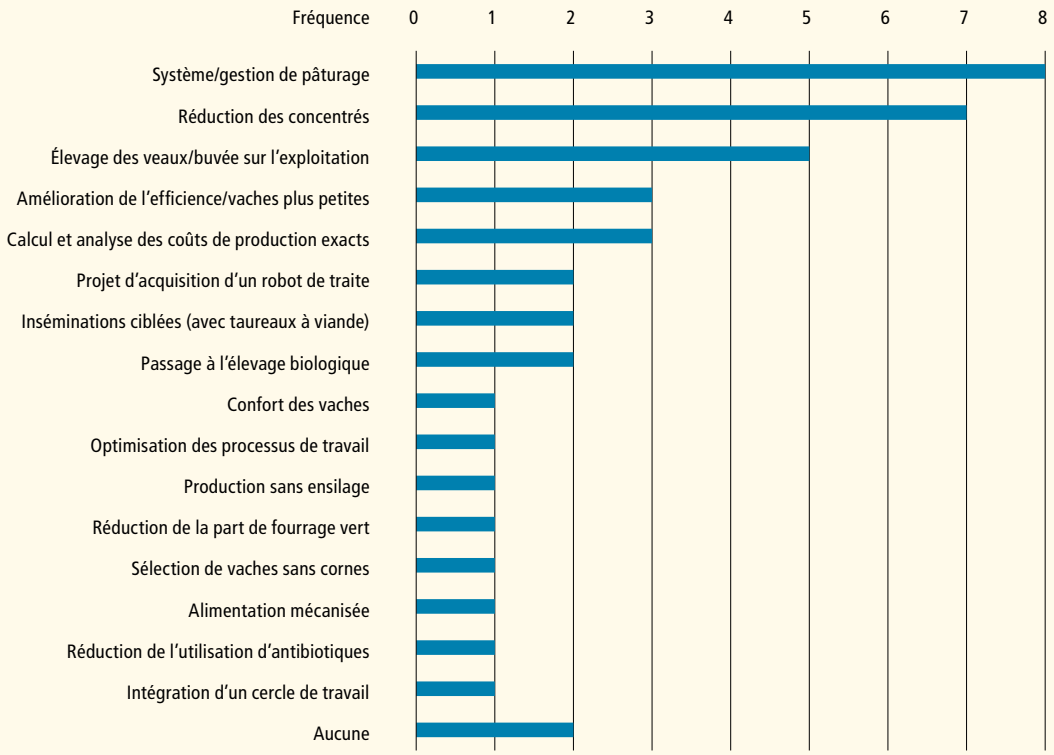

Figure 5 | Mesures mises en œuvre (plusieurs réponses possibles).

Les seules divergences importantes sont apparues à la question sur le temps nécessaire à la participation. Celle-ci a donc fait l'objet d'une analyse plus approfondie (fig. 2).

Si les avis des participants sur le temps consacré à la participation au CT (fig. 1) sont hétérogènes, ils s'accordent pour dire que le temps consacré au projet dans son ensemble était, lui, raisonnable (fig. 2). Cette nuance met en évidence la durée du trajet, parfois longue, pour se rendre au CT. Les modérateurs ont souligné qu'une partie importante des échanges avaient lieu durant les trajets aller et retour en commun.

La figure 3 présente les déclarations sur les différentes représentations au sein de la famille au sujet de l'optimisation de la production laitière. Treize exploitations ont répondu qu'il n'y avait pas de différences de représentation à ce sujet au sein de leur famille, les autres ne savent pas ou affirment en revanche qu'il existe des différences. Même si les conjointes n'étaient pas toujours présentes aux CT, les modérateurs ont confirmé que les attentes et représentations de la famille ont suscité des discussions animées au sein des exploitations et entre elles, ce qui se reflète aussi dans les réponses. L'un des principaux objectifs du projet a ainsi été atteint.

Par rapport à d'autres enquêtes (Office fédéral de l'agriculture 2017, Reissig 2017), les exploitations laitières engagées dans le projet sont nettement plus satisfaites de l'équilibre entre leur vie privée et professionnelle et du temps de repos dont elles disposent (fig. 4). Ce résultat reflète probablement la sélection des exploitations participant au projet, qui ne sont pas représentatives de la moyenne générale de la branche. D'autres questions plus détaillées corroborent ce constat. Les exploitations ont évalué très favorablement l'utilité de la collaboration au projet, les connaissances qu'elles ont acquises ainsi que leur propre efficacité, autrement dit leurs propres possibilités d'action. Ces réponses ne traduisent sans doute pas non plus l'image générale de la branche.

Une question ouverte a invité les exploitants à déclarer spontanément quelles mesures ils ont mises en œuvre après les discussions dans le CT. La figure 5 récapitule les différentes réponses. Les 27 exploitations ont mentionné 39 mesures concrètes (plusieurs réponses possibles). Seules deux d'entre elles ont déclaré n'avoir pris aucune mesure d'amélioration. Les modérateurs ont observé que les exploitations s'intéressent beaucoup aux questions relatives aux techniques de production et à la gestion.

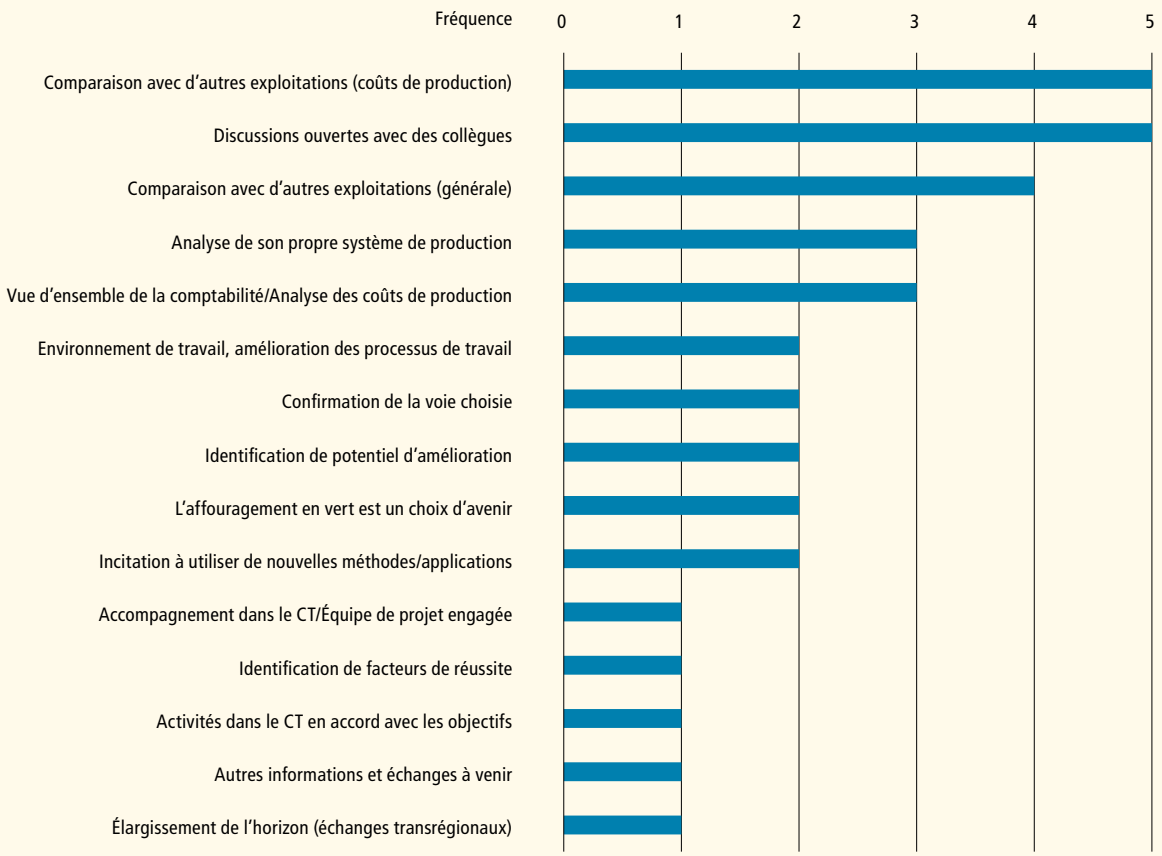

Figure 6 | Attentes satisfaites par le projet (plusieurs réponses possibles).

Les participants ont cité non seulement des mesures appliquées, mais aussi plusieurs innovations envisagées, mais non concrétisées pour diverses raisons.
Enfin, la figure 6 liste les attentes que les exploitants ont jugées satisfaites à l'issue du projet. Les déclarations spontanées font apparaître des réponses attendues sur des sujets convenus avec les exploitations dans le cadre du projet, mais portent aussi sur d'autres aspects. Ainsi, les échanges, la comparaison (avec des pairs et par rapport à l'équipe de projet) et, d'une manière générale, l'élargissement de l'horizon ou la confirmation d'avoir pris la bonne voie ont été cités à plusieurs reprises.

Conclusions

- Après un projet d'une durée de trois ans, les responsables d'exploitation participants ont jugé le travail dans le CT globalement très positif à plusieurs égards. Les modérateurs ont aussi observé une forte motivation des participants sur toute la durée du projet. À différentes phases du projet, il est apparu que les modérateurs exerçaient une fonction cruciale en tant qu'intermédiaires entre les demandes et objectifs des exploitations pilotes et la direction du projet.
- La participation à un CT exige de pouvoir être disponible, de se montrer ouvert aux échanges et de faire confiance, et se révèle particulièrement profitable aux responsables d'exploitation répondant à ces exigences. Les participants peuvent en outre indiquer la voie à des exploitations tierces, en jouant un rôle de porteurs de «projets phares» ou de leaders d'opinion.
- La grande variété des déclarations atteste que les familles parlent de l'optimisation de la production laitière, même si leurs représentations sur les mesures à prendre divergent en partie. L'un des principaux objectifs du projet a ainsi été atteint.
- Les producteurs de lait participant au projet se déclarent satisfaits de l'équilibre entre leur vie privée et professionnelle. Les exploitations pilotes veulent exercer une influence sur leur activité professionnelle

et sont convaincues d'avoir des possibilités efficaces de le faire. En outre, elles affirment pouvoir atteindre un bon équilibre entre vie privée et professionnelle.

- Les nombreuses mesures évoquées spontanément, qui ont été appliquées ou rejetées après avoir été discutées et examinées, révèlent que ce sujet a fait l'objet d'une réflexion approfondie. Les modérateurs ont également remarqué des échanges intenses entre les exploitations en dehors des réunions des CT. L'intégration d'exploitations a favorisé un échange de savoir bien plus important que celui qu'aurait permis un pur projet de recherche. Cette approche a été très bénéfique à l'objectif visant à transférer ce savoir dans des actions concrètes de la pratique professionnelle ainsi que dans des activités de conseil et dans la recherche. ■

Bibliographie

- European Commission, 2017. Horizon 2020 – Work Programme 2016–2017. Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime and inland water research and the bioeconomy. Accès: https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/main/h2020-wp1617-food_en.pdf [18.04.2018].
- Heanue K., Macken-Walsh Ä. & Maher P., 2012. TEAGASC Best Practice in Extension Services Conference. Supporting Farmer Innovation. Accès: https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2012/Knowledge_Transfer_Conference_Proceedings_2012.pdf [09.04.2018].
- Hoisel C., Paller F. & Schafzahl G., 2013. Handbuch für die Leitung von Arbeitskreisen, unveröffentlicht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Ineichen S., Akert F., Frey H., Wyss U., Hofstetter P., Schmid H., Gut W. & Reidy B., 2018. Descriptif de l'essai et qualité de l'herbage frais. Série Comparaison de systèmes Hohenrain II. *Recherche Agronomique Suisse* **9** (4), 112–119.
- Jansen J., Steuten C., Renes R. J., Aarts N. & Lam T., 2010. Debunking the myth of the hard-to-reach farmer. Effective communication on udder health. *Journal of Dairy Science* **93** (3), 1296–1306.
- Lehmann R. & Häller B., 2017. L'innovation et l'esprit d'entreprise ne se commandent pas. *Recherche Agronomique Suisse* **8** (6), 248–251.
- Mulser E., Ineichen S., Sutter M., Hofstetter P. & Probst S., 2018. Performances animales à partir d'herbage frais. Série Comparaison de systèmes Hohenrain II. *Recherche Agronomique Suisse* **9** (4), 126–133.
- Office fédéral de l'agriculture (OFAG), 2017. Rapport agricole 2017. Qualité de vie de la population paysanne, 2018. Accès: https://agrarbericht.ch/fr/lhomme/famille-paysanne/qualite-de-vie [05.04.2018].
- Pfister M. & Stähli R., 2017. Wissenstransfer im Blick. Bildung & Beratung Agrar Online Spezial, 2. Accès: https://www.bildungsserveragrar.de/zeitschrift-bub-agrar/online-spezial/online-spezial-archiv/wissenstransfer-im-blick/[10.04.2018].
- Reidy B., Mulser E., Ineichen S., Akert F., Dorn F., Probst S., Frey H., Haas T., Höltschi M. & Hofstetter P., 2017. Optimierung der Milchproduktion mit frischem Wiesenfutter – Drei Systeme im Vergleich. *In*: Österreichische Fachtagung Biologische Landwirtschaft, 2017, Raumberg-Gumpenstein, Österreich, 5–14.
- Reissig L., 2017. Fréquence des burnouts dans l'agriculture suisse. *Recherche Agronomique Suisse* **8** (10), 402–409.
- Rogers E. M., 2003. Diffusion of innovations (5th ed.). *Free Press, New York, 551 p.*
- Sperling P., Reidy B., Kneubühler L., Thalmann C., Grenz J. & Hofstetter P., 2017. Nachhaltigkeit von drei graslandbasierten Milchproduktionssystemen in der Schweiz mit der Bewertungsmethode RISE. Accès: http://www.milchprojekt.ch/cms/DownloadHandler.ashx?pg=bc08e7f6-fb6e-4ca4-a34e-463eae876b5a&section=adf79998-ea61-406a-8677-5b590cd983c0&file=2017_TagungM%C3%BCnchen_ThalmannHofstetter_RISE.pdf [10.04.2018].
- Würth E. & Lehmann R., 2013. Arbeitskreise stärken landwirtschaftliche Unternehmen. *UFA-Revue* **11**, 18–19.

Riassunto

Sistemi a confronto Hohenrain II: La ricerca associata allo scambio di sapere potenzia gli effetti sulla pratica

Nel progetto «Ottimizzazione della produzione di latte con foraggio verde fresco» il trasferimento del sapere tra pratica, ricerca, formazione e consulenza è stato di centrale importanza. A tal proposito, un ruolo primario è stato ricoperto dai gruppi di lavoro delle aziende partecipanti. Da un lato, essi hanno fornito le fondamenta e i dati per l'elaborazione delle domande di ricerca e, dall'altro, si sono dedicati intensamente all'implementazione di nuovi procedimenti. Ciò ha generato innumerevoli innovazioni nelle aziende e ha soprattutto convogliato il trasferimento del sapere pratico. Per produrre questo effetto si deve tener conto di importanti prerequisiti: è necessaria una meticolosa selezione di aziende con un'alta motivazione e disponibilità allo scambio aperto le une con le altre. Ulteriori fattori di successo sono l'intenso supporto dei responsabili di progetto e soprattutto dei moderatori nella loro funzione di punti d'incontro nevralgici della comunicazione tra i partecipanti. La combinazione di questi fattori pone grandi sfide ai partecipanti ed è stata in larga misura raggiunta in questo progetto, come mostrano le nostre ricerche.

Summary

System comparison Hohenrain II: Research combined with knowledge exchange enhances impact on practice

Transferring knowledge between practitioners, researchers, educators and extensionists was a key concern of the 'Optimisation of milk production with fresh grass feeding' project. The study groups of the participating farms were particularly important. They provided the foundations and data necessary for establishing research questions and worked intensively to implement the new work practices. This triggered numerous innovations on the farms and supported the transfer of knowledge through concrete actions. To achieve this effect, an important precondition had to be fulfilled: the careful selection of highly motivated farms willing to exchange thoughts and experiences freely with each other. Additional success factors were the intensive support of the project leaders and also, unusually, of moderators as important hubs of communication among the participants. The combination of these factors placed high demands on all concerned and these were largely met in this project, as our investigations show.

Key words: knowledge transfer, peer-to-peer exchange, success factors, work-life-balance.

Pius Hofstetter – une vie au service de l'agriculture et du secteur alimentaire

Ayant grandi dans une ferme de l'Entlebuch, Pius Hofstetter a commencé très tôt à travailler dans l'agriculture. Son intérêt pour le milieu rural et pour tout ce qui touche au monde scientifique et économique l'ont amené à faire des études d'agronomie à l'ETH de Zurich. Au terme de celles-ci, il a travaillé comme assistant à l'Institut des sciences animales au sein du groupe Alimentation animale de 1979 à 1985, où il a obtenu son doctorat en 1987 avec une thèse sur le cycle de l'énergie et des substances chez les porcs en croissance.

Au cours de ses études, Pius Hofstetter a enseigné, l'hiver, à l'école d'agriculture de Willisau. A cette époque, on insistait déjà sur la technique de production dans l'élevage des porcs et des vaches laitières; mais des confrontations parfois violentes avaient lieu au sujet de la détention conforme aux besoins des animaux d'élevage et la pression était croissante pour rendre l'agriculture plus écologique. Le débat politique actuel sur l'ouverture des marchés et la libéralisation de l'agriculture suisse évoquent pour Pius Hofstetter des souvenirs de son passage à Willisau.

Après la fermeture du site de Willisau, le Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN de Schüpfheim est devenu le centre de ses activités professionnelles. Dans son nouveau rôle de manager régional pour le développement rural, Pius Hofstetter s'est impliqué dans le développement du secteur agroalimentaire. Impliqué dans la mise en place de divers projets de développement régional, tels que «RegioFair» d'Agrovision Burgrain pour la commercialisation d'aliments biologiques de Suisse centrale, de «Biosphäre Markt AG», de projets dans l'agrotourisme ou dans l'industrie fromagère, il a contribué à la création et au maintien d'emplois en Suisse centrale.

En dépit de son rôle de manager régional, Pius Hofstetter n'a pas perdu son intérêt pour les techniques de production. C'est donc tout naturellement qu'il a pris part aux projets visant à comparer des systèmes de production laitière (Burgrain et Hohenrain). Dans le cadre du projet actuel – Comparaison de systèmes Hohenrain II – il a coordonné, en tant que membre de la direction du projet, plusieurs sous-projets; il s'est chargé en particulier de la participation des exploitations agricoles pilotes qui, selon lui, est un élément central du projet.

Pius Hofstetter a toujours pratiqué le sport et y a trouvé un équilibre à ses activités professionnelles, que ce soit comme lutteur dans le passé ou aujourd'hui sur des skis et à VTT. Il a même fait tout le chemin de Saint-Jacques à vélo.

Depuis plus de 30 ans, Pius Hofstetter vit dans l'Entlebuch avec son épouse. Il est père de deux enfants adultes et tout jeune grand-père. Bien qu'il soit désormais à la retraite depuis cette année, il reste actif. Il est non seulement président de paroisse, mais s'engage aussi dans les activités du Lions Club et d'un chœur d'hommes, ainsi il est certain de ne pas s'ennuyer dans cette nouvelle phase de sa vie.

Texte: Beat Reidy, HAFL
Photo: Magdalena Hofstetter