

## Série Comparaison de systèmes Hohenrain II

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

Joséphine Zumwald<sup>1</sup>, Martin Braunschweig<sup>1</sup>, Pius Hofstetter<sup>2</sup>, Beat Reidy<sup>3</sup> et Thomas Nemecek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 8046 Zurich, Suisse

<sup>2</sup>Centre de formation professionnelle Nature et alimentation BBZN, 6170 Schüpfheim, Suisse

<sup>3</sup>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 fraîche avec pâture partielle et affouragement 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'affouragement suivants en termes d'impacts environnementaux: pâture intégrale (PI), herbe fraîche avec peu de concentrés (HFC) et beaucoup de concentrés (HFCplus).

## 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

## 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.

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'affouragement 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 excréments 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
<b>Catégories d'impact liées aux ressources</b>										
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 <sup>2</sup> a	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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	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
<b>Catégories d'impacts liées aux émissions</b>										
Potentiel de gaz à effet de serre	kg éq CO <sub>2</sub>	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 <sup>2</sup>	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
<b>Toxicité</b>										
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

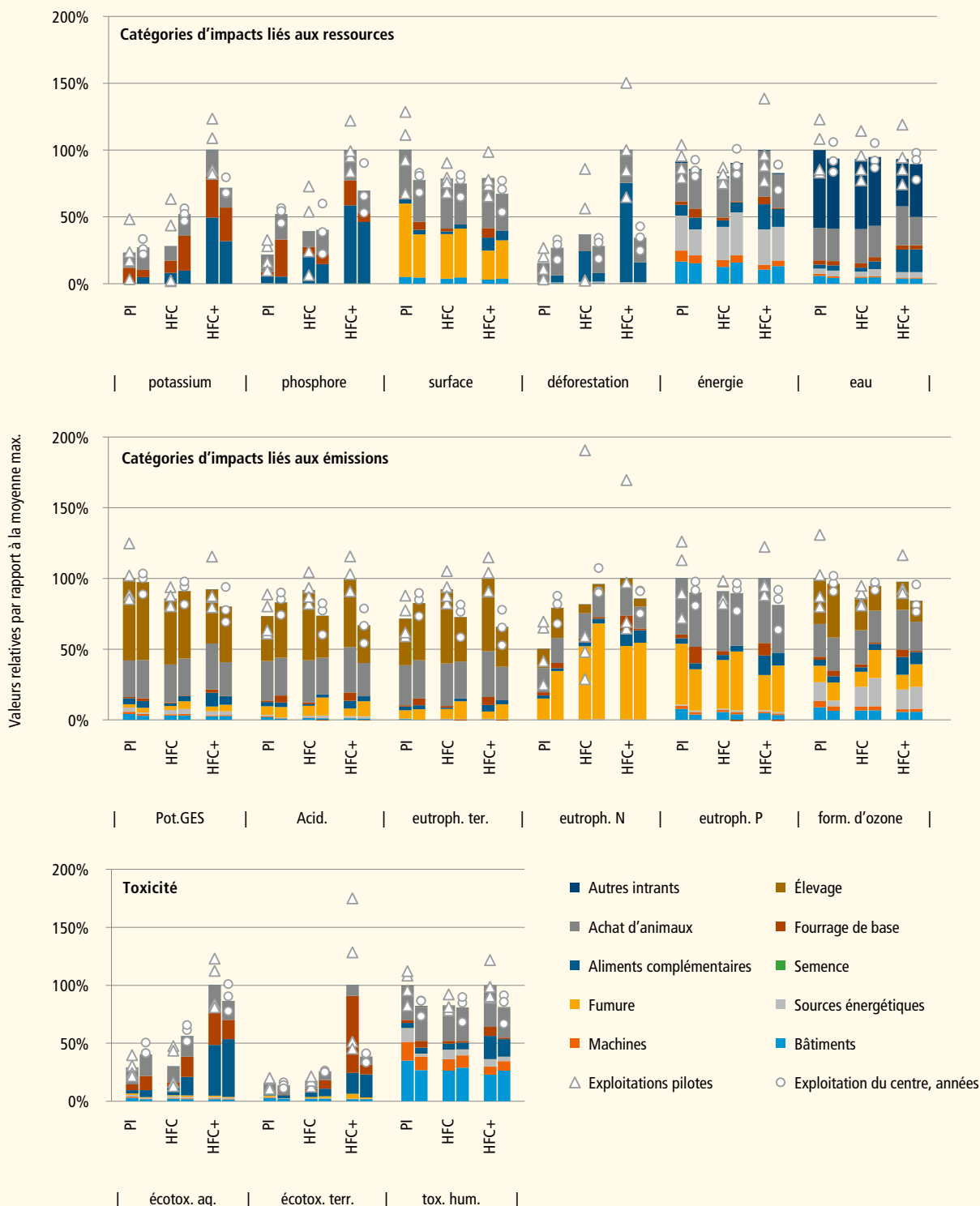
l'écotoxicité aquatique et terrestre par kg d'ECM (fig. 1, tabl. 1, tabl. 2). En ce qui concerne les besoins en P et la déforestation (zones forestières potentiellement déboisées en raison de la culture du soja), les différences entre les systèmes ne sont clairement visibles que pour les exploitations 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.
<b>Catégories d'impact liées aux ressources</b>										
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 <sup>2</sup> a	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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	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
<b>Catégories d'impacts liées aux émissions</b>										
Potentiel de gaz à effet de serre	kg CO <sub>2</sub> 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 <sup>2</sup>	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
<b>Toxicité</b>										
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., Schwitler 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 pâturage 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 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.