

Analyse de cycle de vie de la production laitière au pâturage et à l'étable

Michael Sutter¹, Thomas Nemecek² et Peter Thomet¹

¹Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

²Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich, Suisse

Renseignements: Michael Sutter, e-mail: michael.sutter@bfh.ch, tél. +41 31 910 22 63



Les cultures de maïs et de soja sont les principales sources d'impacts environnementaux pour le système troupeau gardé à l'étable.



La production laitière dans le système de la pâture intégrale présente un grand potentiel environnemental.

Introduction

Les exploitations suisses de production laitière doivent non seulement gérer des défis économiques mais encore se soucier toujours davantage de protection du climat, de protection de l'environnement et de gestion de ressources qui se raréfient. Pendant les décennies précédentes, c'est l'augmentation continue de la production laitière par vache et par lactation qui dictait la marche à suivre. Aujourd'hui, on se rend compte de plus en plus que, dans un pays d'herbages comme la Suisse, ce développement doit être reconsidéré sous l'angle d'une utilisation aussi efficiente que possible des ressources. En clair: il est temps que le paradigme du développement durable remplace celui de la maximisation de la production de lait. La présente contribution se concentre sur l'évaluation des impacts environnementaux. Se fondant sur le projet «Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain», d'une durée de trois ans, les auteurs ont analysé les points forts et les points faibles

du point de vue de l'environnement de deux systèmes de production laitière au moyen d'une analyse de cycle de vie (ACV). Les deux systèmes sont les suivants: 1) *pâture intégrale* avec vèlages groupés à la fin de l'hiver et 2) *alimentation à l'étable* avec ensilages d'herbe et de maïs, complétée par une ration relativement importante d'aliments concentrés pour l'obtention d'un rendement laitier annuel élevé par vache.

Matériel et méthode

Conditions expérimentales

L'essai s'est déroulé sur l'exploitation du Centre de formation professionnelle nature et alimentation BBZN à Hohenrain (LU). Le troupeau gardé à l'étable (TE) a reçu une ration mixte partielle, complétée par de l'herbe pendant la période de végétation moyennant une sortie au pâturage d'environ trois heures par jour («pâturage de sieste»). Ce troupeau a donc passé la majeure partie du temps en stabulation libre. En hiver, le troupeau à la

pâturage (TP) a reçu du foin séché et de la paille, en été uniquement de l'herbe (pâturage intégrale). Le TE comptait 12 vaches Brown Swiss et 12 Holstein, le TP 14 vaches Brown Swiss et 14 Swiss Fleckvieh. Le rendement laitier moyen du TE était de 8900 kg, celui du TP de 6074 kg (tabl. 1). Chaque troupeau disposait de 13 ha de surface agricole utile (SAU) et de 180 000 kg de droit de livraison par année. Pour le TP, la SAU a consisté entièrement en herbages, pour le TE, en herbages et en cultures de blé fourrager et de maïs (pour maïs grains et maïs ensilé). L'essai a duré de 2008 à 2010.

Swiss Agricultural Life Cycle Assessment (SALCA)

L'analyse de cycle de vie ACV (en anglais *Life Cycle Assessment, LCA*) considère les effets environnementaux d'un produit tout au long de sa vie. Il inclut dans les calculs l'impact sur l'environnement de l'ensemble des facteurs de production – engrais, machines, bâtiments, etc. – compte tenu des émissions et de la consommation de ressources (production et traitement des matières premières) ainsi que de l'élimination et de la revalorisation des déchets (Hersener *et al.* 2011).

L'ACV a été calculée avec le logiciel SimaPro version 7.3 (PRé consultants, Amsterdam). L'inventaire environnemental est tiré des banques de données SALCA et ecoinvent version 2.2 du Centre suisse des inventaires environnementaux. Pour une description détaillée de la méthode SALCA, nous renvoyons au Rapport final sur le dépouillement centralisé des analyses de cycle de vie des exploitations agricoles (Hersener *et al.* 2011).

Variante troupeau à la pâturage avec herbages ensilés (TP-SILO)

Le TP a été nourri sans aliments ensilés (tabl. 1) tandis que le TE a reçu principalement des aliments ensilés (maïs et herbe). Afin de pouvoir mieux comparer les résultats des deux systèmes malgré les différences au

Résumé La protection du climat, la protection de l'environnement et la gestion de ressources qui se raréfient sont trois défis toujours plus importants auxquels sont confrontés les exploitations suisses de production laitière. Dans le cadre du projet «Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain», la méthode d'analyse de cycle de vie SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) a permis de réaliser une évaluation globale des impacts environnementaux de la production de lait par une comparaison des points forts et faibles, du point de vue de l'environnement, de deux systèmes de production de lait, l'un basé sur la pâturage, l'autre sur l'alimentation à l'étable.

Le troupeau gardé à l'étable obtient des valeurs nettement meilleures que le troupeau gardé au pâturage dans trois des treize catégories d'impact. Par contre, le troupeau à la pâturage est mieux placé que le troupeau à l'étable dans sept des treize catégories d'impact. Une des faiblesses majeures du troupeau à la pâturage est la plus forte émission de méthane (+ 41 %) et le plus grand besoin de surface (x 1,5) par kg de lait corrigé pour l'énergie (ECM). Quant au troupeau gardé à l'étable, ses points faibles sont le déboisement, la consommation de ressources (phosphore et potasse) et l'éco-toxicité, dus principalement à son alimentation en maïs et tourteau de soja.

Tableau 1 | Caractérisation des deux troupeaux (MF = matière fraîche)

Troupeau à l'étable (TE)	Troupeau à la pâturage (TP)
24 vaches	28 vaches
Brown Swiss / Holstein (1:1)	Brown Swiss / Swiss Fleckvieh (1:1)
Rendement laitier 8900 kg / lactation standard	Rendement laitier 6074 kg / lactation standard
Ration mixte partielle avec maïs et herbe ensilés et aliments protéinés (potentiel production laitière = 27 kg)	Pâturage intégrale sur pâturage à gazon court Pas d'ensilage
Aliments concentrés selon besoins, env. 1100 kg MF / vache & lactation	Aliments concentrés uniquement en début de lactation, env. 300 kg MF / vache & lactation
«Pâturage sieste» pendant la période de végétation (env. 3 h par jour)	Pâturage intégrale
Vêlage toute l'année avec concentration entre juin et septembre	Vêlage de février à avril

Le protocole détaillé du projet «Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain» est décrit dans Hofstetter *et al.* (2011).

niveau de l'alimentation, une deuxième analyse de cycle de vie a été calculée pour le TP, qui reproduit le système TP avec herbages ensilés (TP-SILO). Par rapport au système TP, les points suivants ont été adaptés: réduction de la consommation de l'électricité (suppression de la consommation de l'électricité pour le séchage du foin), diminution du besoin en bâtiments (stockage des balles de silo comme pour le TE à l'extérieur) et réduction du nombre de passages pour le retournement du foin.

Biodiversité

Les impacts potentiels sur la biodiversité ont été calculés d'après la méthode pour l'évaluation des effets de l'activité agricole sur la biodiversité pour les analyses de cycle de vies (SALCA-Biodiversité) de la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (Jeanneret *et al.* 2009). Pour chaque troupeau, on a évalué la biodiversité des surfaces fourragères de l'exploitation et celle des surfaces externes (utilisation indirecte par l'achat d'aliments ou d'animaux).

Pour calculer les impacts sur la biodiversité des deux systèmes de production laitière à l'étude, on s'est servi des données moyennes de l'initiative de recherche de Coop et Agroscope Reckenholz-Tänikon ART «Analyse de cycle de vie de la viande de bœuf, de porc et de volaille» (Alig *et al.* 2012).

Les surfaces de compensation écologiques et les surfaces utilisées pour la culture de soja n'ont pas été prises en compte dans le calcul de la biodiversité. Les surfaces

de compensation étaient identiques pour les deux troupeaux (0,91 ha), de même que la culture (prairie naturelle extensive). Comme l'utilisation de cette culture était également la même pour les deux troupeaux, il a été admis que les deux surfaces présentaient la même diversité. Le tourteau de soja dans l'essai n'est pas d'origine suisse: il vient principalement d'outre-mer. La méthode (SALCA-Biodiversité) n'étant pas adaptée à l'agriculture outre-mer, le soja n'a pas été pris en compte dans le calcul de la biodiversité.

Résultats

Nette différence entre les deux systèmes

De nettes différences sont observées entre les deux systèmes (TE et TP/TP-SILO), sauf pour trois des treize catégories d'impact. Le TP/TP-SILO cause plus d'émissions que le TE dans trois catégories d'impact et le TE plus d'émissions que le TP/TP-SILO dans sept catégories d'impact.

Si l'on compare uniquement les deux variantes TP et TP-SILO, on relève les plus grandes différences dans les catégories d'impact «formation d'ozone» (+ 15 %), «potentiel d'écotoxicité aquatique» (+ 13 %), «potentiel d'effet de serre» (+ 11 %) et «besoin en ressources P» (+ 9 %) (tabl. 2). Comme les résultats de la variante TP-SILO sont davantage comparables avec les résultats du TE en raison de l'alimentation adaptée (avec aliments ensilés), les chapitres suivants avec les résultats des ana-

Tableau 2 | Résultats des analyses de cycle de vie pour les différentes catégories d'impact et les deux troupeaux (TE = troupeau étable, TP = troupeau pâture) y inclus la variante TP-SILO (moyenne des années 2008–2010, impacts environnementaux par kg ECM vendu; entre parenthèses, l'écart en % par rapport au TE).

Catégorie d'impact	par kg ECM	TE	TP	TP-SILO
Besoin en surface	m ² a	0,95	1,41 (+48 %)	1,42 (+49 %)
Potentiel d'effet de serre	kg CO ₂ éq	1,14	1,39 (+22 %)	1,52 (+33 %)
Potentiel formation d'ozone	person.ppm.h	0,0010	0,0011 (+14 %)	0,0012 (+29 %)
Potentiel eutrophisation aquatique N	kg N	0,0047	0,0046 (-3 %)	0,0048 (+1 %)
Potentiel toxicité humaine	kg 1,4-DB éq	0,20	0,21 (+2 %)	0,20 (0 %)
Besoin en ressources énergétiques non renouvelables	MJ éq	5,10	5,18 (+2 %)	5,00 (-2 %)
Potentiel d'eutrophisation terrestre	m ²	0,96	0,72 (-25 %)	0,72 (-24 %)
Potentiel d'acidification	m ²	0,24	0,18 (-25 %)	0,18 (-25 %)
Potentiel d'écotoxicité aquatique	kg 1,4-DB éq	0,0274	0,0136 (-50 %)	0,0173 (-37 %)
Besoin en ressources P	kg P	0,0010	0,0004 (-57 %)	0,0005 (-47 %)
Potentiel d'écotoxicité terrestre	kg 1,4-DB éq	0,0014	0,0006 (-60 %)	0,0007 (-53 %)
Besoin en ressources K	kg K	0,0023	0,0002 (-90 %)	0,0004 (-84 %)
Déboisement	m ²	0,0027	0,0004 (-96 %)	0,0004 (-96 %)

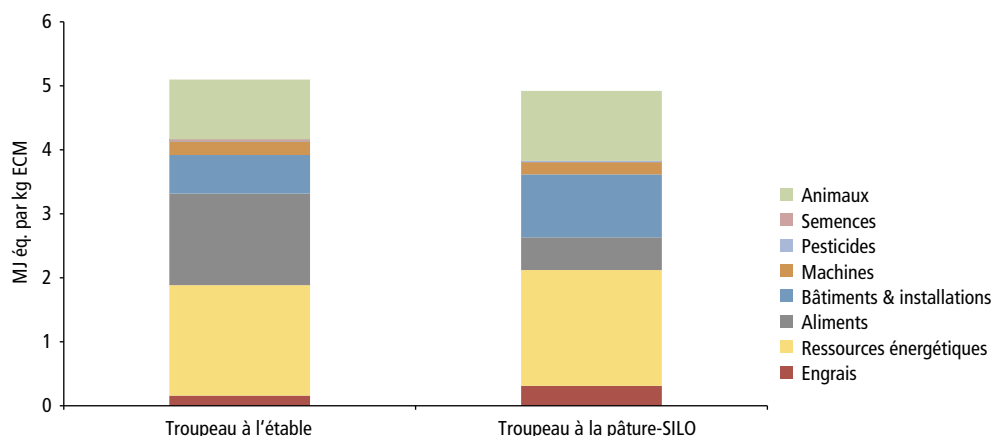


Figure 1 | Besoin en énergie des différents groupes d'intrants. Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain (2008–2010). ECM = lait corrigé pour l'énergie.

lyses de cycle de vie se limitent à la comparaison entre le TE et la variante TP-SILO.

Besoin en énergie similaire pour les deux systèmes

Pour la production d'un (1) kg de lait corrigé pour l'énergie (ECM), le TE nécessite environ la même quantité de ressources énergétiques non renouvelables que le TP-SILO, mais avec des différences marquées quant à la contribution des groupes d'intrants (fig. 1). Ainsi, pour le groupe d'intrants «aliments», le TE a utilisé 2,8 fois plus d'énergie pour la production d'un kg ECM que le TP-SILO (1,43 MJ éq. et 0,51 MJ éq. par kg ECM). Cette nette différence s'explique par l'affouragement de maïs grains, de gluten de maïs et de maïs ensilé pour le TE. En effet, à elle seule, la production de ces trois aliments nécessite déjà plus d'énergie par kg ECM que la production de tous les aliments du TP-SILO pris ensemble. La

production de gluten de maïs a représenté de loin le plus grand besoin énergétique pour le TE, avec 0,52 MJ éq. par kg ECM. Par contre, le besoin en énergie pour la construction des bâtiments et installations (0,98 MJ éq. et 0,60 MJ éq. par kg ECM) et pour la remonte du troupeau (1,09 MJ éq. et 0,93 MJ éq. par kg ECM) a été plus élevé pour le TP-SILO que pour le TE. Cette différence peut être mise sur le compte du plus grand nombre d'animaux du TP-SILO.

Émissions de méthane – la faiblesse du TP-SILO

Les plus fortes émissions de méthane par kg ECM relevées au moyen de calculs-modèles pour le TP-SILO ont conduit aux grandes différences notées par rapport au TE quant aux catégories d'impact «potentiel d'effet de serre» et «formation d'ozone». Pour le TP-SILO, elles ont occasionné 60 % du potentiel d'effet de serre, pour le TE, >

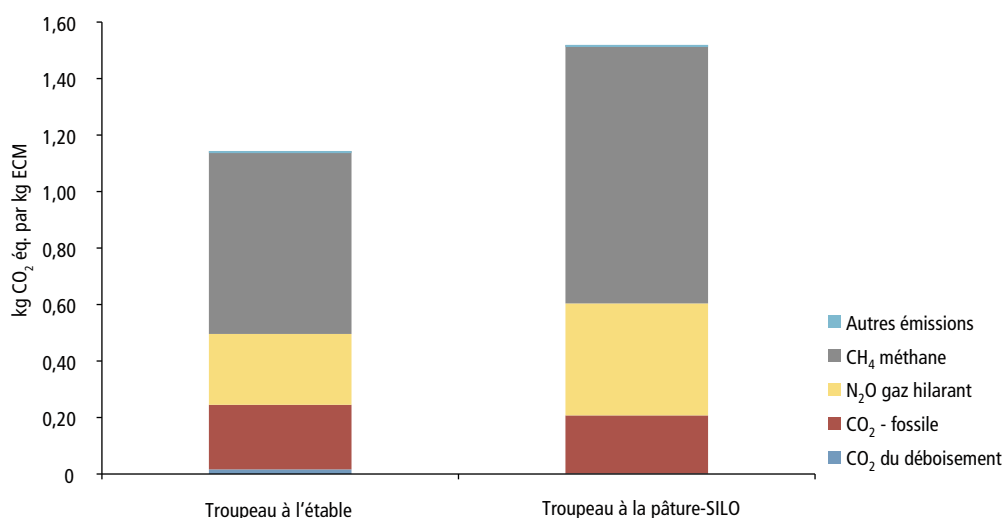


Figure 2 | Potentiel d'effet de serre pour les deux troupeaux. Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain (2008–2010). ECM = lait corrigé pour l'énergie.

l'importance du méthane (57 %) est un peu plus faible que pour le TP-SILO (fig. 2) (0,91 kg CO₂ éq. resp. 0,65 kg CO₂ éq. par kg ECM). Le méthane était à 99 % d'origine animale pour le TP-SILO et à 98 % pour le TE. Le méthane est généré principalement par la digestion des ruminants et le stockage des engrais de ferme. L'intrant «animaux» est donc très important pour l'impact «potentiel d'effet de serre», notamment parce que l'action du méthane sur ce potentiel est environ 25 fois plus forte que celle du CO₂ (Forster *et al.* 2007). Par contre, la consommation trois fois plus élevée de Diesel du TE comptabilisée dans la catégorie «fossile» n'a que peu d'importance.

Plus fortes émissions d'ammoniac pour le TE

Le TP-SILO a un potentiel d'acidification et d'eutrophisation terrestre moins élevé que le TE, en raison des plus fortes émissions d'ammoniac du TE. Le potentiel d'acidification est dû pour 90 % (TE) et 89 % (TP-SILO) aux émissions d'ammoniac (0,21 m² et 0,16 m² par kg ECM). Les émissions d'ammoniac jouent un rôle plus important encore pour le potentiel d'eutrophisation terrestre: dans les deux systèmes, l'impact «eutrophisation terrestre» est dû pour 96 % à ces émissions. Les animaux du troupeau à la pâture intégrale ont passé près de 23 h par jour au pâturage pendant la période de végétation. Avec seulement 3 h de pâture par jour, le TE a produit nettement plus d'engrais de ferme, qu'il a fallu stocker et épandre. L'épandage de ces engrais a été effectué principalement pendant les mois d'été. Or, durant les mois d'été, les pertes d'ammoniac après l'épandage sont en moyenne 35 % plus élevées que durant le semestre d'hiver (Frick *et al.* 1996). La combinaison d'un volume plus important d'engrais de ferme et d'épandages plus fréquents en été induit finalement un tiers d'émissions d'ammoniac de plus pour le TE que pour le TP-SILO.

Pâturage versus herbage

Pour le calcul du besoin en surface, on a tenu compte non seulement des SAU en Suisse et à l'étranger, mais

aussi des surfaces utilisées pour la production de bois de construction (forêt) ainsi que des surfaces occupées par les sites de production. Dans la comparaison des systèmes à Hohenrain, le TP-SILO a nécessité 49 % de surface de plus que le TE pour la production d'un (1) kg ECM, en admettant que les deux troupeaux occupaient la même surface d'étable et la même part de bâtiment par vache (tabl. 3). Globalement, le TP-SILO a besoin d'une plus grande surface, mais celle-ci est constituée principalement d'herbage. Comme l'herbage ne nécessite pas forcément une bonne terre arable sur laquelle on pourrait aussi bien cultiver des aliments, l'affouragement du TP est moins en concurrence avec la production alimentaire pour l'homme que celui du TE. Le TE, qui consomme de grandes quantités d'aliments concentrés et de maïs ensilé, a besoin de 2,3 fois plus de terre arable que le TP-SILO.

Potentiel du TP-SILO pas entièrement exploité

Les impacts environnementaux du TP-SILO ont diminué d'une année à l'autre, alors que les résultats n'ont guère changé pour le TE, si ce n'est que ses émissions ont plutôt augmenté (fig. 3). Le recul noté pour le TP-SILO s'explique entre autres par le fait que les pâturages ont été réensemencés au début de l'essai. Pendant la première année de l'essai, ces pâturages n'avaient pas encore produit la biomasse maximale (semis en lignes larges, couverture végétale pas encore fermée). En outre, tant les exploitants que le troupeau ont dû s'habituer au système de la pâture intégrale. Le TP-SILO semble donc ne pas avoir pleinement exploité son potentiel pendant la période de l'essai. Le constant dépassement de la hauteur de pousse de l'herbe visée au printemps en est un indice. C'est à dire que le troupeau a disposé de plus de surface de pâture que nécessaire pendant les trois ans de la comparaison. Comment la situation aurait-elle évolué par la suite? Les impacts environnementaux auraient-ils continué de diminuer ou le système aurait-il été suffisamment rodé en trois ans pour que le recul ne se poursuive pas?

Tab. 3 | Besoin de surface pour la production d'un (1) kg ECM en moyenne sur les trois ans de l'essai. Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain (2008–2010). ECM = lait corrigé pour l'énergie.

	Troupeau à l'étable (TE) m ² par an et kg ECM	Troupeau à la pâture-SILO (TP-SILO) m ² par an et kg ECM
Terre arable	0,32	0,14
Prairie intensive	0,50	1,06
Prairie extensive	0,08	0,10
Forêt	0,06	0,09
Autres surfaces	0,02	0,02

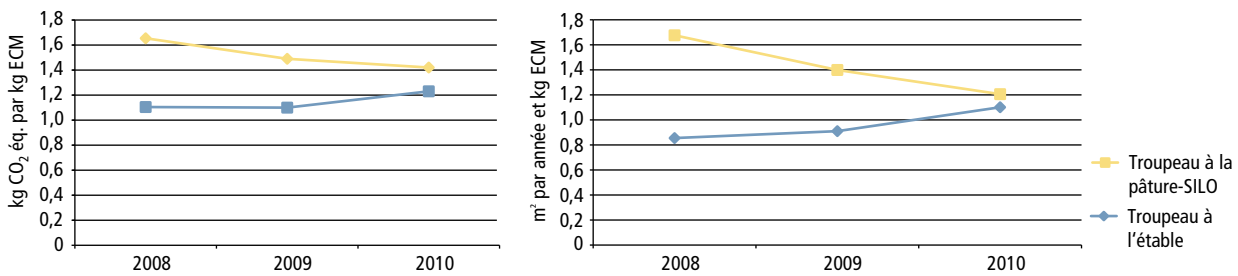


Figure 3 | Evolution des deux troupeaux pendant les trois ans de l'essai en prenant pour exemples les deux catégories d'impact «potentiel d'effet de serre» et «besoin en surface». ECM = lait corrigé pour l'énergie.

Meilleurs score «biodiversité» pour TP

S'agissant des surfaces exploitées, le TP obtient un plus grand nombre de points biodiversité que le TE, soit 6,7 points pour le premier et 5,5 points pour le second. Le moins bon résultat du TE est dû pour l'essentiel à la forte proportion de maïs dans la ration alimentaire de ce troupeau.

Discussion

Le problème des émissions de méthane

D'après les résultats de l'essai comparatif, l'émission de méthane est la principale faiblesse du TP-SILO. Ce troupeau a produit 1,08 kg ECM par kg de matière sèche (MS) et donc nettement moins que le TE avec 1,28 kg ECM par kg MS, la teneur énergétique de la ration étant de 6,58 MJ NEL pour le TE et de 6,07 MJ NEL pour le TP (Hofstetter *et al.* 2011). Par conséquent, le TP-SILO ingère aussi davantage d'énergie que le TE (5,62 MJ NEL contre 5,14 MJ NEL par kg ECM). D'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Eggleston *et al.* 2006), il devrait en résulter des émissions de méthane plus élevées. Toutefois, des recherches récentes tendent à infirmer ces conclusions. O'Neill *et al.* (2011), par exemple, ont pu établir que la production de méthane était plus faible dans le système de la pâture intégrale que dans le système de la ration mixte totale (TMR), aussi bien par kg MS que par kg ECM. Les chercheurs s'étaient fondés sur des valeurs mesurées et non sur des calculs-modèles comme nous l'avons fait pour la présente ACV. Ils ont expliqué la production de méthane nettement moindre par kg MS pour le système de garde au pâturage par la haute digestibilité de l'herbe, qui réduit le pH dans la panse des vaches, ce qui induit à son tour une plus faible digestibilité des fibres végétales à l'intérieur de la panse et donc de moindres pertes d'énergie sous forme de méthane. Pour O'Neil *et al.* (2011), la forte concentration de protéines crues dans

l'herbe fraîche est une autre explication pour la production plus faible de méthane du système de la pâture intégrale. Contrairement à la dégradation des hydrates de carbone, celle des protéines dans la panse génère beaucoup moins de méthane. Buddle *et al.* (2011) ont établi la thèse qu'une forte proportion de sucres solubles dans l'herbe avait pour effet de réduire la production de méthane. En 2002 déjà, Robertson et Waghorn (2002) avaient relevé que le système d'alimentation TMR n'induisait pas de pertes d'énergie moins importantes sous forme d'émissions de méthane que le système de la pâture intégrale (en % de l'énergie brute). Et dans cette étude, on a constaté une perte d'énergie nettement plus élevée sous forme de méthane pour la digestion d'herbe ensilée que pour la digestion d'herbe fraîche. Il conviendrait éventuellement de réévaluer les émissions de méthane à la lumière des connaissances les plus récentes; les résultats pourraient bien faire pencher la balance en faveur du TP/TP-SILO.

Le problème des cultures de maïs et de soja

Les cultures de maïs et de soja sont les principales sources d'impacts environnementaux pour le système TE. Ainsi, la culture du maïs destiné au fourrage animal sous forme de maïs ensilé ou de maïs grains en combinaison avec du tourteau de soja ou de maïs représente la plus grande proportion du potentiel d'écotoxicité (terrestre et aquatique). L'utilisation de tourteau de soja comme fourrage animal est responsable de 99 % des résultats de la catégorie d'impact «déboisement» pour le TE et de 92 % pour TP-SILO. La ration du TP-SILO a été complétée avec du tourteau de soja uniquement pendant la première année de l'essai. Quant au TE, sa ration a été complétée dans une proportion nettement plus grande avec du tourteau de soja et cela pendant les trois ans de l'essai. Par conséquent, la production de lait du système TE a nécessité une plus grande mesure de déboisement que celle du système TP-SILO.

Proportions des différentes surfaces agricoles

Si l'on accorde la priorité à la production alimentaire, c'est le système TP-SILO qui obtient la meilleure note. Pour la production de lait, ce système a utilisé une surface agricole constituée à 75 % environ d'herbages, soit une surface qui n'est pas a fortiori en concurrence directe avec l'alimentation humaine. Le troupeau gardé à l'étable a certes eu besoin de 40 % de surface en moins, mais un tiers environ de cette surface était en concurrence directe avec l'alimentation humaine à base de produits végétaux comme les céréales et les betteraves sucrières. L'Office fédéral de l'agriculture OFAG exige désormais des exploitations agricoles une utilisation accrue d'aliments fourragers indigènes et une production adaptée au site (OFAG 2011) – un défi mieux à même d'être relevé avec le système TP-SILO.

Conclusions

Les deux systèmes présentent aussi bien des forces que des faiblesses. Cependant, d'un point de vue global, les avantages du TP-SILO priment pour ce qui concerne les impacts acidification, eutrophisation terrestre, écotoxicité, besoin en ressources P et K, déboisement et biodiversité. En outre, le TP-SILO exploite mieux les ressources naturelles et le potentiel régional que le TE.

Les faiblesses du TP résident dans les émissions de méthane plus élevées et le plus grand besoin de surface. Ces deux valeurs se sont toutefois rapprochées de celles du TE pendant les trois années de la comparaison. Cela semble indiquer que la moyenne des trois ans sous-estime le potentiel du TP-SILO. Si l'on se réfère à des études plus récentes, les rejets de méthane du TP-SILO pourraient être surestimés dans l'ACV. Sans compter que le troupeau gardé à l'étable nécessite nettement plus de surface agricole qui pourrait être destinée directement à l'alimentation humaine.

Il ressort de cette discussion que la production laitière dans le système de la pâture intégrale présente un grand potentiel environnemental et donc d'intéressantes perspectives pour l'avenir. ■

Bibliographie

- Alig M., Grandl F., Mieleitner J., Nemecek T. & Gaillard G., 2012. Evaluation environnementale de la viande de bœuf, de porc et de volaille. Résumé, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Zürich/Ettenhausen, 45 p.
- Buddle B. M., Denis M., Attwood G. T., Altermann E., Janssen P. H., Ronimus R. S., Pinares-Patiño C. S., Muetzel S. & Wedlock D. N., 2011. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *The Veterinary Journal* **188** (1), 11–17.
- Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. & Tanabe K., 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- Forster P., Ramaswamy V., Artaxo P., Bernsten T., Betts R., Fahey D.W., Haywood J., Lean J., Lowe D.C., Myhre G., Nganga J., Prinn R., Raga G., Schulz M. & Van Dorland R., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Frick R., Menzi H. & Katz P., 1996. Pertes d'ammoniac après l'épandage d'engrais de ferme. Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, *Rapports FAT* **486**, 1–10.
- Hersener J.-L., Baumgartner D. U., Dux D., Aeschbacher U., Blaser S., Gaillard G., Glodé M., Jan P., Jenni M., Mieleitner J., Müller G., Nemecek T., Rötheli E. & Schmid D., 2011. Zentrale Auswertung von Ökobilanzen landwirtschaftlicher Betriebe (ZA-ÖB) Schlussbericht, éd. Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Zurich/Ettenhausen, 148 p.
- Hofstetter P., Frey H., Petermann R., Gut W., Herzog L. & Kunz P., 2011. Garde à l'étable vs garde au pâturage – alimentation, performances et efficacité, *Recherche Agronomique Suisse* **2** (9), 402–411.
- Jeanneret P., Baumgartner D. U., Freiermuth Knuchel R. & Gaillard G., 2009. Méthode d'évaluation de l'impact des activités agricoles sur la biodiversité dans les bilans écologiques (SALCA-Biodiversité), Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich/Ettenhausen, 74 p.
- Office fédéral de l'agriculture OFAG, 2011. Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisses durables, OFAG, 48 p.
- O'Neill B., Deighton M., O'Loughlin B., Mulligan F., Boland T., O'Donovan M. & Lewis E., 2011. Effects of a perennial ryegrass diet or total mixed ration diet offered to spring-calving Holstein-Friesian dairy cows on methane emissions, dry matter intake, and milk production. *Journal of Dairy Science* **94** (4), 1941–1951.
- Robertson L., Waghorn G., 2002. Dairy industry perspectives on methane emissions and production from cattle fed pasture or total mixed rations in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **62**, 213–218.

Riassunto**Confronto dell'bilancio ecologico della produzione di latte tra stalla e pascolo**

Protezione del clima, protezione dell'ambiente e l'uso di risorse che scarseggiano sono le parole chiave con cui le aziende svizzere produttrici di latte sono obbligate a confrontarsi maggiormente.

Nell'ambito del progetto «Confronto di sistemi di produzione lattifera Hohenrain», con il metodo d'analisi del ciclo di vita SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) si è effettuata una valutazione completa degli impatti ambientali della produzione di latte. A questo scopo si sono confrontate le forze e debolezze ecologiche di due sistemi; uno basato sul pascolo, l'altro sull'alimentazione in stalla. La mandria alimentata in stalla in tre categorie di impatto su 13 risulta essere significativamente migliore rispetto alla mandria alimentata al pascolo-SILO. Per contro la mandria alimentata al pascolo-SILO ottiene risultati migliori in sette categorie d'impatto su 13. Una delle principali debolezze di quest'ultima è la maggiore emissione di metano (+ 41 %) e l'elevato bisogno di superficie (x 1,5) per kg di latte corretto per il contenuto energetico (ECM). I punti deboli della mandria alimentata in stalla sono rappresentati dal disboscamento, il consumo di risorse (fosforo e potassio) e l'ecotossicità, dovute principalmente alla sua alimentazione con mais e soja.

Summary**Life cycle assessment of intensive and pasture-based dairy production systems**

Swiss dairy farms must increasingly cope with climate protection, environmental conservation and the use of limited resources.

In the context of the Hohenrain comparison of dairy production systems, a comprehensive assessment of the environmental impacts was conducted using the Swiss Agricultural Life Cycle Assessment method. The environmental strengths and weaknesses of seasonal full-pasture and indoor feeding systems were compared.

The indoor herd performed significantly better than the pasture herd in three of thirteen impact categories. In contrast, the pasture herd performed better in seven of thirteen impact categories. A considerable weakness in the pasture herd was its higher methane emissions per kilogram of energy-corrected milk and the one-and-a-half times greater land requirement per kilogram of energy-corrected milk. The indoor herd had its main weaknesses in deforestation, the phosphorous and potassium resource requirements and higher ecotoxicity. The main causes for poor performance in these categories were maize and soybean meal.

Key words: life cycle assessment, LCA, milk production systems, pasture, total mixed ration, enteric methane.