

Quel type de vache laitière pour produire du lait au pâturage ?

P. THOMET (1), M. STEIGER BURGOS (1), R. PETERMANN (2), P. HOFSTETTER (2), A. MUENGER (3), P. KUNZ (1)

(1) Haute école suisse d'agronomie, Länggasse 85 - CH-3052 Zollikofen

(2) Centre de formation et de vulgarisation agricole de Schüpfheim, Klosterbüel 28 - CH-6170 Schüpfheim

(3) Station fédérale de recherches en production animale et laitière Agroscope ALP - CH-1725 Posieux

RESUME - Pour comparer pendant trois ans l'efficacité de la production laitière de vaches multipares de gabarits différents, deux troupeaux séparés ont été formés : le premier était composé de 13 vaches (14 en 2004) de grand gabarit (type G) et le second de 16 vaches d'un gabarit plus petit (type P) et au potentiel génétique de production plus faible, représentés chacun par deux races, la Tachetée rouge et la Brune. Ces 2 troupeaux ont eu chacun 6 ha à disposition (pâturage tournant), afin de garder une charge similaire en kg de poids vif par unité de surface. Le système de production était basé sur la pâture intégrale en été, avec des vèlages regroupés en février-mars. Les vaches de type G ont ingéré individuellement plus d'herbe que celles de type P. Mais globalement, le troupeau P a ingéré davantage d'herbe en 2003. Les pertes de poids après le vèlage n'ont pas différé entre les 2 troupeaux. La production laitière individuelle a été plus élevée chez les vaches de type G que chez celles de type P. Mais la production annuelle globale du troupeau P a été supérieure de 9,1, et 5.8 % en 2003 et 2004 respectivement par rapport au troupeau G. La valorisation individuelle de la prairie (pendant la période de végétation, kg lait/poids métabolique moyen/surface disponible) a ainsi été significativement meilleure chez les vaches de type P que chez celles de type G. La productivité à l'hectare a également été plus élevée chez le troupeau P. L'efficacité alimentaire (kg lait/kg herbe ingérée), par contre, était similaire dans les 2 troupeaux. Des vaches tout à fait adaptées à la pâture intégrale se trouvaient dans les deux troupeaux et la variabilité constatée indique un potentiel de sélection intéressant. Néanmoins, au niveau purement productif, il peut être plus intéressant de garder 16 vaches de petit gabarit avec un potentiel moindre que 13 vaches de plus grand gabarit avec un potentiel plus élevé, vu que les 16 vaches transforment davantage d'herbe sur une surface donnée. Les répercussions à long terme, sur la fertilité par exemple, n'ont pas pu être étudiées dans cet essai. Elles devraient être examinées dans un essai de plus grande envergure.

Which type of dairy cows to produce milk from pasture?

P. THOMET (1), M. STEIGER BURGOS (1), R. PETERMANN (2), P. HOFSTETTER (2), A. MUENGER (3), P. KUNZ (1)

(1) Swiss College of Agriculture, Länggasse 85 - CH-3052 Zollikofen

SUMMARY - Two herds were assembled in order to compare during three years the efficiency of dairy cows with different body sizes in a seasonal, pasture-based production system with block-calving in February-March: one composed of 13 (14 in 2004) large cows (G-cows) and one composed of 16 small cows (P-cows), which gave a result for an equivalent overall stocking rate (kg body weight/ha). Both herds were rotationally grazed on split side-by-side paddocks. Only multiparous cows were chosen such that the individual genetic production potential of G-cows was higher than that of P-cows. Two breeds were equally represented in each herd (Swiss Fleckvieh and Brown Swiss). G-cows individually ate more and tended to produce more milk individually than P-cows. But at a herd level, intake and milk production was higher in herd P than in herd G (intake only in 2003). Feed conversion efficiency (kg milk/kg grass intake) and milk production efficiency (kg milk/kg mean body weight) over the whole lactation were similar in both types of cows. Area-related milk production efficiency at pasture was higher in the P-cows than in the G-cows. Body weight changes after calving did not differ between both types.

It is concluded that among the large and the small cow types there are well suited cows for a seasonal, pasture-based system under Swiss conditions. The variability observed shows a potential for selection. Nevertheless, at a purely productive level, it may be advantageous to keep more, slightly smaller cows with a lower individual genetic potential for milk production, than conversely, less, slightly larger cows with a higher individual genetic potential for milk production. Long-term effects, on fertility for example, could not be taken into consideration in this trial. But these effects have to be examined in larger studies.

INTRODUCTION

Dans l'optique d'une réduction des coûts de production, de plus en plus d'éleveurs se lancent dans une production laitière basée en été exclusivement sur la pâture, après une période de vèlages regroupés à la fin de l'hiver, selon un système inspiré de la Nouvelle-Zélande. Le but de ce système n'est pas de maximiser la production par vache, mais de valoriser au mieux la surface herbagère à disposition. Or le type de vache laitière actuel est généralement de grand gabarit, sélectionné pour une production laitière individuelle élevée, réalisée à l'écurie avec une alimentation optimisée à plusieurs composantes. La taille de ce type de vache a continuellement augmenté ces 30 dernières années. En effet, la taille et le poids sont positivement corrélés avec la production laitière (Hoffmann et Funk, 1992). La question se pose donc si le type de vache actuel est encore adapté à un système de production basé sur la pâture et, en particulier, si le gabarit est un critère

déterminant. Des essais comparatifs de races (Dillon *et al.*, 2003a et b) ont montré que les types fortement laitiers produisent effectivement davantage de lait au pâturage, mais en mobilisant plus de réserves corporelles, aux dépens de la fertilité, ce qui a conduit à un taux de survie réduit. Ces résultats amènent l'hypothèse selon laquelle des animaux de grand gabarit sont moins bien adaptés à un système de production basé sur la pâture que des animaux de plus petit gabarit, que l'on trouve d'ailleurs dans les pays pratiquant traditionnellement ce genre de système. Le but du travail présenté ici était donc d'étudier cette hypothèse dans les conditions suisses et avec des vaches suisses.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX

Deux troupeaux séparés de vaches multipares ont été formés pour un essai d'une durée de 3 ans : le premier était composé de 13 vaches (14 en 2004) de grand gabarit (type G) et le

second de 16 vaches d'un gabarit plus petit (type P), de manière à garder une charge similaire en kg de poids vif (PV) par unité de surface (tableau 1). Ces 2 types de vaches étaient représentés chacun par deux races à proportions égales, la Tachetée Rouge et la Brune. Le potentiel génétique individuel de production par lactation des vaches de type G était plus élevé que celui des vaches de type P. Toutes les vaches vêlaient entre février et mi-

avril. La période d'insémination durait 10 semaines, de mi-avril à fin juin. Les vaches non portantes au 1^{er} juillet étaient remplacées à la fin de chaque année (6 vaches G et 6 vaches P entre 2002 et 2003 ; 4 vaches G et 2 vaches P entre 2003 et 2004). La première année a servi d'ajustement et d'adaptation pour les animaux et les hommes. Seules les données des années 2003 et 2004 sont donc présentées ici.

Tableau 1 : âge, hauteur au garrot, poids et production laitière pendant la 1^{ère} lactation (moyenne ± écart-type) des vaches de type grand (G) et petit (P) en 2003 et 2004 au moment de la mise au pâturage

Type de vache	Année	Age (année)	Hauteur au garrot (cm)	Poids vif (kg)	Production laitière 1 ^{ère} lactation (kg ECM)
G	2003	4,6 ± 1,0	146,0 ± 1,9	739 ± 69	6'269 ± 629
	2004	4,2 ± 1,2	145,8 ± 2,6	747 ± 58	6'265 ± 842
P	2003	4,4 ± 0,6	136,9 ± 2,4	596 ± 39	5'288 ± 787
	2004	4,2 ± 0,8	135,7 ± 2,1	618 ± 31	5'508 ± 977

ECM, lait corrigé selon l'énergie

1.2. PATURE ET COMPLEMENTATION

Chacun des 2 troupeaux avait accès à 6 ha de pâturages, divisés en 10 parcs (pâturage tournant). Le chargement par ha était de 2,2 vaches G /ha (2,3 en 2004) et de 2,7 vaches P /ha. Les pâturages étaient multi-spécifiques : 72-90 % de graminées (surtout *ray-grass* anglais), 4-10 % de légumineuses (surtout trèfle blanc) et 0-21 % d'autres dicotylédones (surtout dent-de-lion). La période de pâture durait de fin mars à fin novembre (pâture 24 h/24 de mi-avril à mi-octobre). Le rendement d'herbe brut (mesuré selon la méthode de Corral et Fenlon, 1978, modifiée selon Mosimann, 2001) était de 13,5 et 15,5 t/ha en 2003 et 2004, respectivement. Les deux troupeaux changeaient de parcs simultanément, lorsque la hauteur de l'herbe post-pâture atteignait 4-5 cm (mesures prises avec un herbomètre *Filip's Folding Plate Meter, Jenquip, Feilding NZ*). Pendant l'hiver, les vaches tarées recevaient du foin à volonté. Après le vêlage, chaque troupeau a reçu, en plus, 2100 kg MS de betteraves fourragères jusqu'à mi-avril et 2310 kg de concentrés (composition pendant la saison de pâture : 54 % de maïs, 42 % de blé, 4 % d'autres ; hors saison de pâture : 44 % de maïs, 34 % de blé, 18 % de tourteau de soja et 4 % d'autres) depuis le vêlage jusqu'à la fin de la période d'insémination.

1.3. PARAMETRES MESURES

Les vaches ont été pesées une fois par semaine à 07h00, après la traite. La production laitière individuelle a été pesée et analysée une fois par semaine. Les teneurs en matière grasse, protéines et lactose ont été analysées au laboratoire de la fédération suisse d'élevage de la Tachetée Rouge, CH-Zollikofen. Le lait corrigé selon l'énergie (ECM) a été calculé selon l'équation suivante : $[(0,038 * \text{g matière grasse} + 0,024 * \text{g matière azotée} + 0,017 * \text{g lactose}) * \text{kg lait}] / 3,14$. La productivité à l'hectare a été calculée à l'aide de la méthode ADCF (2002).

En mai, juillet et août, l'ingestion individuelle au pâturage a été estimée chez 10-11 vaches par troupeau. Les estimations ont été réalisées à l'aide de la méthode des alcanes (Berry *et al.*, 2000), basée sur le rapport de l'alcane C32 administré sous forme de capsule à libération contrôlée (CRC, Captec, type MCM, Nufarm, Auckland NZ) avec le C33 présent naturellement dans les plantes ingérées. Les analyses des alcanes contenus dans l'herbe pâturée et les fèces excrétées ont été effectuées au laboratoire d'Agroscope ALP, CH-Posieux. L'ingestion a ensuite été calculée selon Dove et Mayes (1991) en se basant sur un taux de libération du C32 de 445 mg/j d'après des résultats d'essais réalisés en Suisse sur des pâturages multi-spécifiques (A. Münger, non publié).

1.4. METHODES STATISTIQUES

L'analyse statistique a été effectuée avec NCSS 2001 (*Number Cruncher Statistical Systems, J. Hintze, Kaysville, Utah*). Le but de cet essai était uniquement de comparer des types de vaches. Les races n'ont donc pas été prises en compte dans l'analyse. Chaque année a été examinée séparément.

Une analyse de variance avec mesures répétées a été effectuée pour les paramètres répétés dans le temps. Le modèle choisi était le suivant : $Y = A + B(A) + C + AC + BC(A)$, où A fait référence au type (grand ou petit), B à la vache et C à l'effet du temps (semaine ou période de lactation). En raison du petit nombre d'animaux par groupe, seules 4 mesures dans le temps ont été prises en considération. Pour réduire la variation entre les semaines, une moyenne de 3 semaines a été calculée. Les semaines prises en considération étaient les suivantes : semaines 4-6, 9-11, 14-16, 29-31, dont les moyennes sont présentées sous le nom de semaine 5, 10, 15 et 30, respectivement. Il n'a pas toujours été possible de tester l'égalité des matrices variance-covariance (test de Box). Dans ce cas-là, le seuil du risque *alpha* pour l'interaction type * temps (AC) a été élevé à 10 % (au lieu de 5 %). Ces interactions n'étant jamais significatives, elles ne sont pas présentées ici. Lorsque la circularité de la matrice variance-covariance n'était pas respectée, les ajustements de Geisser-Greenhouse ont été effectués.

2. RESULTATS

2.1. MESURES CORPORELLES

En 2003, une semaine après le vêlage, les vaches G pesaient 733 ± 59 kg alors que les vaches P pesaient 607 ± 42 kg. En 2004, les vaches G et P pesaient 707 ± 67 et 605 ± 37 kg, respectivement. En 2003, les vaches G ont tendanciellement perdu plus de PV (en kg et en %) que les vaches P (tableau 2). Il a donc été décidé de rajouter une vache supplémentaire dans le troupeau G pour compenser cette perte. Les besoins d'entretien individuels (calculés selon RAP, 1999), ont été en moyenne 14 % plus élevés pour les vaches G que les vaches P.

Au niveau du système, la figure 1 montre que le PV total du troupeau G était similaire à celui du troupeau P en début 2003, comme le voulait la structure de l'essai. Pendant les 2 années, le troupeau G a eu tendanciellement plus de difficultés à regagner son poids initial que le troupeau P, même si ses besoins d'entretien totaux étaient plus faibles que ceux du troupeau P en 2003 (tableau 4). Cette différence a disparu en 2004 dans la mesure où le troupeau G comptait une vache de plus. La charge moyenne à l'hectare se montait à 1568 kg/ha sur les 2 ans.

2.2. INGESTION ET PRODUCTION LAITIÈRE

Les vaches G ont ingéré significativement plus d'herbe au pâturage que les vaches P à toutes les périodes de mesure (tableau 3). Ces différences d'ingestion ne sont toutefois plus significatives lorsqu'elles sont rapportées au poids des animaux (tableau 3). Les vaches G ont également tendanciellement produit plus de lait (tableau 2).

Si on extrapole ces valeurs individuelles à celles du troupeau, 16 vaches P broutent davantage que 13 vaches G, mais moins que 14 vaches G (tableau 4). Le troupeau P a produit en revanche davantage de lait par an (tableau 4).

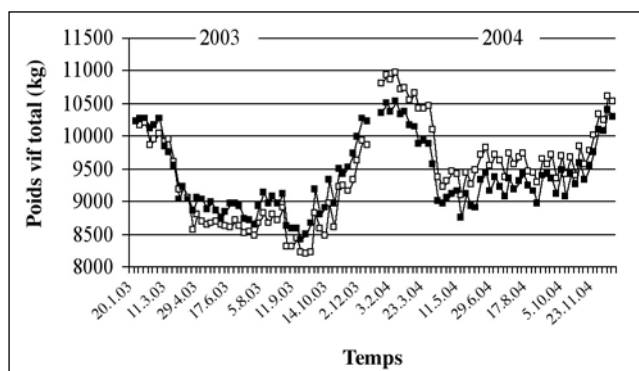


Figure 1 : évolution du poids vif total des deux troupeaux (□ : troupeau de grandes vaches ; ■ : troupeau de petites vaches)

Tableau 2 : changement du poids vif individuel par rapport à la 1^{ère} semaine après le vêlage et production laitière journalière individuelle (moyenne \pm écart-type) des vaches de type grand (G) et petit (P) durant les semaines 5, 10, 15, et 30 et au point maximum en 2003 et 2004

Année	Semaine	Changement de poids vif (kg)		Changement de poids vif (%)		Production laitière corrigée selon l'énergie (kg/j)	
		Type G	Type P	Type G	Type P	Type G	Type P
2003	5	-40 \pm 25	-36 \pm 23	-5,4 \pm 3,5	-5,7 \pm 3,7	32,3 \pm 3,8	29,3 \pm 3,6
	10	-79 \pm 34	-55 \pm 29	-10,6 \pm 4,4	-8,9 \pm 4,5	27,5 \pm 6,2	24,3 \pm 2,6
	15	-69 \pm 31	-51 \pm 33	-9,4 \pm 4,1	-8,1 \pm 5,3	23,3 \pm 5,1	20,6 \pm 3,0
	30	-65 \pm 54	-42 \pm 48	-8,6 \pm 7,4	-6,6 \pm 8,0	17,5 \pm 4,9	15,5 \pm 5,2
	max	-114 \pm 39	-88 \pm 31	-15,4 \pm 5,1	-14,3 \pm 4,4		
2004	5	-27 \pm 36	-25 \pm 26	-3,5 \pm 4,6	-4,1 \pm 4,2	30,7 \pm 3,2	29,3 \pm 3,9
	10	-32 \pm 51	-40 \pm 40	-4,2 \pm 7,2	-6,3 \pm 6,5	28,3 \pm 3,9	25,9 \pm 5,2
	15	-25 \pm 40	-33 \pm 36	-3,3 \pm 5,8	-5,3 \pm 5,9	23,5 \pm 3,0	21,0 \pm 2,6
	30	-25 \pm 48	-27 \pm 36	-3,1 \pm 6,6	-4,2 \pm 5,9	17,0 \pm 4,5	15,5 \pm 3,5
	max	-66 \pm 40	-67 \pm 32	-9,1 \pm 5,1	-10,9 \pm 4,8		

a, b différents exposants pour le même paramètre indiquent une différence significative entre les types de vaches (P<0,05)

Tableau 3 : ingestion journalière de matière sèche (MS) au pâturage par vache et par 100 kg de poids vif et efficacité alimentaire (moyenne \pm écart-type) des vaches de type grand (G) et petit (P) durant 3 périodes de 2003 et 2004

Année	Période	Ingestion (kg MS/vache/j)		Ingestion / 100 kg poids (kg MS/j)		Efficacité alimentaire (kg ECM/kg MS ingérée)	
		Type G	Type P	Type G	Type P	Type G	Type P
2003	1	15,4 ^a \pm 2,1	14,6 ^b \pm 1,6	2,3 \pm 0,3	2,7 \pm 0,3	1,7 \pm 0,3	1,7 \pm 0,3
	2	19,9 ^a \pm 2,7	16,4 ^b \pm 1,7	3,0 \pm 0,4	3,1 \pm 0,3	1,2 \pm 0,3	1,1 \pm 0,2
	3	17,2 ^a \pm 2,8	15,6 ^b \pm 2,2	2,7 \pm 0,4	2,9 \pm 0,4	1,1 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2
2004	1	16,9 ^a \pm 2,2	15,2 ^b \pm 2,5	2,6 \pm 0,2	2,6 \pm 0,4	1,4 \pm 0,2	1,5 \pm 0,3
	2	17,8 ^a \pm 2,1	15,5 ^b \pm 1,4	2,6 \pm 0,4	2,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,3	1,2 \pm 0,2
	3	19,2 ^a \pm 3,7	15,7 ^b \pm 2,0	2,8 \pm 0,5	2,7 \pm 0,3	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2

^{a, b} différents exposants pour le même paramètre indiquent une différence significative entre les types de vaches (P<0,05)

Période 1 = mai en 2003, juin en 2004 ; période 2 = juillet en 2003, août en 2004 ; période 3 = septembre ; ECM, lait corrigé selon l'énergie

Tableau 4 : besoins d'entretiens journaliers, ingestion journalière (moyenne des 3 périodes examinées \pm écart-type) et production laitière annuelle des deux troupeaux de vaches de type grand (G) et petit (P) en 2003 et 2004

Type de vache	Année	Besoins d'entretien / troupeau (MJ NEL/j)	Ingestion / troupeau (kg MS/j)	Production laitière annuelle / troupeau (kg ECM)
G	2003	515	228 \pm 30	83254
	2004	561	252 \pm 16	84465
P	2003	552	249 \pm 14	90870
	2004	565	247 \pm 4	89328

ECM, lait corrigé selon l'énergie

2.3. EFFICACITÉ DE LA PRODUCTION LAITIÈRE

L'efficacité alimentaire, soit la quantité d'ECM produite par kg d'herbe ingérée, était similaire chez les deux types de vaches (tableau 3). L'efficacité de la production laitière sur toute la lactation, soit la quantité d'ECM produite par kg de PV moyen sur la lactation, était également similaire (tableau 5). Par contre, la valorisation individuelle du pâturage, soit la quantité d'ECM produite par kg de PV moyen sur la

période de pâture par rapport à la surface individuelle disponible, était significativement plus élevée chez les vaches P que chez les vaches G (tableau 5). Cela se retrouvait dans la productivité à l'hectare : le troupeau G a produit 11 652 et 12 916 kg ECM/ha en 2003 et 2004 resp., alors que le troupeau P a produit sur la même période 12 346 et 13 705 kg ECM/ha.

Tableau 5 : valorisation individuelle du pâturage pendant la période de végétation et efficacité de la production laitière pendant tout la lactation (moyenne \pm écart-type) des vaches de type grand (G) et petit (P) en 2003 et 2004

Année	Valorisation du pâturage (kg ECM/kg PV moy. /surface disponible)		Efficacité de la production laitière sur toute la lactation (kg ECM/kg PV moy.)	
	Type G	Type P	Type G	Type P
2003	0,17 ^a \pm 0,03	0,23 ^b \pm 0,03	9,1 \pm 1,9	9,9 \pm 1,9
2004	0,18 ^a \pm 0,02	0,23 ^b \pm 0,03	8,6 \pm 1,2	9,4 \pm 1,3

^{a,b} différents exposants pour le même paramètre indiquent une différence significative entre les types de vaches ($P < 0,05$) ECM, lait corrigé selon l'énergie; PV, poids vif

3. DISCUSSION

A la connaissance des auteurs, c'est la première fois que des vaches aussi lourdes sont utilisées dans un essai comparatif en pâture intégrale. Ces vaches lourdes ont permis de comparer deux systèmes avec un chargement égal en PV/ha, mais différent en nombre de vaches /ha. En Suisse, les rares données disponibles sur les systèmes de pâture intégrale montrent que les vaches pèsent entre 600-650 kg (Blättler *et al.*, 2003). Il est connu que l'ingestion est limitée au pâturage et inférieure à celle observée à l'écurie avec une ration totale mélangée (Kolver et Muller, 1998). Dans l'essai présenté ici, l'ingestion est comparable à celle constatée au pâturage par d'autres auteurs (Holden *et al.*, 1994, Kolver *et al.*, 2001). L'ingestion individuelle des vaches G, plus élevée en absolu que celle des vaches P, est liée aux besoins d'entretien, aux compartiments digestifs et au potentiel de production plus importants que ceux des vaches P (Peyraud et Gonzalez-Rodriguez, 2000, Delagarde *et al.*, 2001). La production laitière individuelle est similaire à la moyenne des races suisses, les performances des vaches P étant légèrement inférieures et celles des vaches G légèrement supérieures (A. Bigler et J. Moll, communication personnelle). La production laitière individuelle des vaches P, légèrement plus faible que celle des vaches G, s'explique par leur potentiel de production réduit et le chargement plus élevé en nombre de vaches /ha. En effet un nombre de vaches / ha plus élevé favorise la productivité à la surface au détriment de la production individuelle. Hoden *et al.* (1991) ont ainsi constaté une augmentation de 12 % de la productivité à l'ha en passant de 2,3 à 2,6 vaches/ha, soit environ le même nombre de vaches/ha que dans la présente étude. Ici, les mêmes chargements ne donnent qu'une différence de +6 %. Cela s'explique par deux raisons principales : 1/ le chargement en kg PV/ha n'est pas modifié dans notre étude ; 2/ le potentiel de production plus élevé des vaches G compense une partie des différences. Le fait que la productivité reste plus élevée dans le troupeau P montre néanmoins que l'effet du nombre de vaches est plus important que celui du nombre de kg PV/ha, bien que cela contredise les résultats de Bryant *et al.* (1985). La raison n'en est pas claire : en effet, en 2004, le troupeau P avait des besoins d'entretien totaux similaires au troupeau G et son ingestion était à peu près comparable sur les 3 périodes examinées. Pourtant, sa production laitière a été plus élevée. Des différences dans la mobilisation des réserves corporelles et/ou dans la qualité de l'herbe ingérée n'ont pas été constatées (données non présentées). L'ingestion mesurée sur 3 périodes n'est peut-être pas représentative de toute la saison.

CONCLUSION

Si on se base sur les critères usuels d'aptitude à la pâture (bonne production laitière, ingestion et fertilité élevées, relative stabilité de l'état corporel et bonne santé - météorisations, problèmes de pieds), des individus adaptés à un système de production laitière basé sur la pâture et pratiqué dans des conditions suisses se trouvaient parmi les vaches de grand et de petit gabarit testées ici. La grande variabilité constatée indique un potentiel intéressant pour la sélection. Les données montrent que le gabarit, défini par la taille et le poids, n'est pas un critère déterminant pour l'aptitude à la pâture, du moins pas dans la palette de taille et de poids examinés ici. Néanmoins, à un niveau purement productif, il peut être plus intéressant de garder davantage de vaches avec un potentiel génétique individuel de production par lactation plus faible qu'un nombre plus faible de vaches avec un potentiel plus élevé. En effet, l'utilisation de l'herbe est meilleure avec un troupeau plus grand.

Même si cet essai s'étalait sur trois ans, il n'a pas été possible de prendre en considération des effets à long terme, comme la fertilité qui est un facteur décisif dans ce genre de système avec vêlages regroupés. Ces répercussions à long terme devraient encore être étudiées dans des essais de plus grande envergure, avant de pouvoir répondre définitivement à la question du type de vache idéal pour la pâture.

Les auteurs tiennent à remercier le personnel du domaine de Burgrain, la Communauté de travail des éleveurs bovins suisses, le canton de Lucerne, la station fédérale de recherche Agroscope ALP Posieux et la Commission Technologie et Innovation pour leur participation et/ou soutien financier à ce projet.

- ADCF, 2002.** *Wettbewerb Flächenproduktivität in der Milchproduktion*, AGFF, Zürich
- Berry N.R., Scheeder M.R.L., Sutter F., Kröber T.F., Kreuzer M., 2000.** *Ann. Zootech.* 49, 3-13
- Blättler T., Leuenberger S., Müller R., Schäublin H., Wanner K., Weber A., 2003.** *Journée Opti-Lait*, 20.03.2003, Zollikofen
- Bryant A.M., Cook M.A.S., MacDonald K.A., 1985.** *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 45, 7-11
- Corrall A.J., Fenlon J.S., 1978.** *J. Agric. Sci. Camb.* 91, 61-67
- Delagarde R., Prache S., D'Hour P., Petit M., 2001.** *Fourrages* 166, 189-212
- Dillon P., Buckley F., O'Connor P., Hegarty D., Rath M., 2003a.** *Livest. Prod. Sci.* 83, 21-33
- Dillon P., Snijders S., Buckley F., Harris B., O'Connor P., Mee J.F., 2003b.** *Livest. Prod. Sci.* 83, 35-42
- Dove H., Mayes R.W., 1991.** *Aust. J. Agric. Res.* 42, 913-952
- Hoden A., Peyraud J.L., Muller A., Delaby L., Faverdin P., 1991.** *J. Agric. Sci. Camb.* 116, 417-428
- Hoffmann P.C., Funk D.A., 1992.** *J. Dairy Sci.* 75, 2504-2516
- Holden L.A., Muller L.D., Fales S.L., 1994.** *J. Dairy Sci.* 77, 2332-2340
- Kolver E.S., Muller L.D., 1998.** *J. Dairy Sci.* 81, 1403-1411
- Kolver E.S., Roche J.R., De Veth M.J., Mackle T.R., 2001.** *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 61, 48-51.
- Mosimann E., 2001.** *Revue suisse Agric.* 33 (4), 163-167
- Peyraud J.L., Gonzalez-Rodriguez A., 2000.** *Grassland Farming*, EGF 2000 Denmark, pp 269-282
- RAP, 1999.** *Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants (4^{ème} éd.)*. Centrale des moyens d'enseignement agricole, Zollikofen.