Rapport ART

No 705 | 2009

Foin ventilé dans les rations mélangées destinées aux vaches laitières

Renoncer au foin ventilé économise du temps de travail et réduit les coûts dans les exploitations avec ensilage

Franz Nydegger, Helmut Ammann, Christoph Moriz et Markus Keller, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen, E-mail: franz.nydegger@art.admin.ch

Est-il nécessaire d'employer du foin ventilé dans les rations d'ensilage? Cela vaut-il la peine d'un point de vue technique et économique? Pour répondre à ces questions, la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART a étudié la consommation d'ensilage avec et sans foin ventilé et comparé différents procédés de distribution du fourrage.

Les essais d'affouragement se sont attachés d'une part à la façon dont le foin était ajouté au mélange. Ils ont, d'autre part, servi à étudier si le foin ventilé devait nécessairement être utilisé et s'il pouvait être remplacé par d'autres aliments comme l'ensilage d'herbe sec ou le foin de luzerne. On constate qu'avec un troupeau de productivité moyenne, l'abandon du foin ventilé n'a pas de conséquences essentielles sur la consommation et la production laitière.

La comparaison des procédés de distribution du fourrage a été effectuée avec des effectifs de 20, 40 et 60 vaches; les rations prises en compte étaient adaptées aux différents effectifs: foin ventilé (25 %), ensilage d'herbe sec ou foin de luzerne. Compte tenu de tous les aspects, c'est la variante «ensilage d'herbe sec» qui obtient les meilleurs résultats sur le plan de l'économie du travail et de l'économie d'entreprise. Certes, le «foin de luzerne» est la variante la plus intéressante sur le plan de l'économie du travail, mais les coûts attribuables sont légèrement plus élevés. Avec un effectif de 20 vaches, c'est la variante «foin ventilé» qui exige le plus de travail, notamment lorsque l'ensilage provient du silo-tour ou est repris à l'aide d'une désileuse-blocs dans un silo-couloir. Globalement, on constate qu'avec un effectif de 20 vaches, la charge de travail physique à fournir pour prélever et distribuer le fourrage à la main est considérable.

Plus les effectifs sont importants, plus l'économie de temps de travail réalisée grâce à la reprise et à la distribution du fourrage avec la remorque mélangeuse équipée d'une désileuse est conséquente. D'une part, à cause de l'effet d'échelle ou de taille, d'autre part, à cause du degré de mécanisation plus élevé. Indépendamment du type de ration fourragère et quelle que soit la taille des effectifs, ce sont les procédés employant des balles rondes qui nécessitent les investissements attribuables les plus faibles. Ce sont les procédés à base de fourrage sec (foin ventilé et foin de luzerne) qui demandent le plus d'investissements.

Fig. 1: De nombreuses exploitations avec ensilage produisent du foin ventilé de manière traditionnelle et l'ajoutent à la ration à l'aide d'une remorque mélangeuse.

Sommaire	Page
Problématique	2
1ère partie: essais d'affourragement	2
2ème partie: comparaison des procédés	3
Conclusions pour la pratique	10
Bibliographie	11

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie DFE
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Problématique

Dans les exploitations avec ensilage, la ration contient généralement une part de foin ventilé ou éventuellement de foin séché au sol. Lorsque le fourrage est distribué à l'aide d'une remorque mélangeuse, le foin en brins relativement longs ne favorise pas la préparation d'un mélange homogène. En outre, par le passé, on a souvent préconisé que le foin soit ajouté au mélange, sans endommager sa structure. On peut donc se demander quelle est la répercussion dans la ration du foin coupé en brins courts sur la consommation de fourrage, la production laitière, le temps de travail nécessaire et la rentabilité.
Lorsque les exploitations se développent ou qu'il s'agit de construire de nouveaux bâtiments, on peut en outre se demander si la part de foin ventilé dans la ration doit être réduite et avec quelles conséquences. Il reste enfin à savoir si le foin ventilé peut être remplacé par d'autres composants comme l'ensilage d'herbe à forte teneur en MS ou le foin de luzerne (acheté ou produit dans l'exploitation). Les essais d'affouragement et les comparaisons de procédés permettront d'évaluer les répercussions.

1ère partie: essais d'affourragement

Dans les essais d'affourragement, une ration standard a fait office de procédé de référence. Trois séries d'essais ont été effectuées: foin ventilé, foin de luzerne ou ensilage d'herbe. A chaque série, un aspect ou un facteur a été modifié dans les rations. Deux groupes de vaches de 14 à 15 vaches ont reçu chacun la ration de référence ou la ration testée en parallèle. Puis au milieu de l'essai, les groupes ont été interchangés, de façon à ce que les deux procédés puissent être étudiés dans les deux groupes. Quel que soit le procédé, le fourrage était distribué une fois par jour à la table d'affourragement à l'aide de la remorque mélangeuse. Puis, il était repoussé au moins quatre fois par jour à l'aide du racleur construit à partir d'un pneu. Pour assurer un affourragement ad libitum, les restes de crèche représentaient entre 5 et 10 %. On a étudié les répercussions des différents procédés sur la consommation de fourrage du groupe, la production laitière, les composants du lait, ainsi que la durée de rumination pendant 24 heures de dix animaux sélectionnés dans chaque groupe.

Des séries d'essais ont donc été organisées dans ces conditions afin de répondre aux questions suivantes: quel est l'impact de la durée de mélange et de l'homogénéité de la ration sur la consommation de fourrage? Quel rôle la longueur de coupe du foin ventilé joue-t-elle? La consommation baisse-t-elle si l'on renonce au foin ventilé dans la ration d'ensilage et enfin, peut-il être remplacé par d'autres composants?

Tab. 1: Rations dans la comparaison des procédés

Procédé de la fauche à l'affourragement	
Jours d'affourragement Hiver	170
Rations Hiver	100 %
Variantes	MS kg/ vache et jour
1 Standard	
Ensilage d'herbe	6
Ensilage de maïs	4
Ensilage de cossettes de betteraves sucrières	2
Foin ventilé	4
Total	16
2 Ensilage d'herbe sec	
Ensilage d'herbe	6
Ensilage de maïs	4
Ensilage de cossettes de betteraves sucrières	2
Ensilage d'herbe sec	4
Total	16
3 Foin de luzerne (achat)	
Ensilage d'herbe	8
Ensilage de maïs	4
Ensilage de cossettes de betteraves sucrières	2
Foin de luzerne (achat)	2
Total	16

Dans les essais qui portaient sur la durée de mélange et l'homogénéité, les groupes d'animaux ont d'abord reçu une ration contenant des composants identiques. On a étudié la conséquence d'une durée de

Fig. 2: La comparaison des procédés de la fauche à l'affourragement en passant par le stockage comprend des variantes avec des rations d'ensilage avec ou sans foin ventilé, des variantes remplaçant le foin ventilé par de l'ensilage d'herbe sec ou du foin de luzerne et des variantes avec 20, 40 et 60 vaches.

mélange différente pour 2 kg de matière sèche (MS) de foin ventilé par vache et par jour. Le mélange a été effectué au même régime (540 min^{-1} à la prise de force) dans la remorque mélangeuse «Seko Panter Unifeed 805» avec quatre vis disposées horizontalement. La durée de mélange portait sur le temps de brassage après remplissage de tous les composants.

Dans la deuxième partie de l'essai qui portait sur l'impact de la longueur de coupe des brins de foin pour une durée de mélange constante, les mélanges contenaient 6 kg de MS de foin ventilé par vache et par jour. Le foin provenait de la même parcelle et de la même coupe et a été engrangé simultanément à l'aide de deux autochargeuses. Le mélange «homogène» contenait du foin ventilé, ramassé à l'aide de l'autochargeuse équipée d'un dispositif de coupe courte (16 couteaux, longueur de coupe théorique: 8,4 cm). Le mélange était préparé pendant 30 minutes jusqu'à ce qu'il apparaisse le plus homogène possible à l'œil nu. Le mélange «non homogène» contenait du foin ventilé, ramassé à l'aide de l'autochargeuse (4 couteaux, longueur de coupe théorique: 28,4 cm). La durée de mélange était d'environ 10 minutes de façon à ce que la remorque mélangeuse puisse brasser le foin en le ménageant.

Ensuite, la part de foin ventilé dans la ration a été réduite, jusqu'à suppression totale. Outre les parts d'ensilage, le mélange du procédé de référence contenait 4 kg de MS de foin ventilé par vache et par jour. Puis, la part de foin ventilé par vache et par jour est passée à 2 kg de MS et enfin à 0 kg de MS. La dernière série d'essais portait sur l'emploi «d'ensilage d'herbe sec» ou de foin de luzerne à la place du foin ventilé. Outre les parts d'ensilage, le procédé de référence contenait 4 kg de MS de foin ventilé par vache et par jour. Dans le procédé «ensilage d'herbe sec», cette quantité a été remplacée par de l'ensilage d'herbe avec 45 % de MS. Le foin ventilé et l'ensilage d'herbe sec provenaient de la même parcelle et avaient été coupés le même jour. Dans la partie de l'essai «luzerne au lieu de foin ventilé», ce dernier a été remplacé par 4 kg de MS de foin de luzerne français acheté en dehors de l'exploitation.

Résultats de l'essai d'affourragement

Les essais d'affourragement avec différents temps de brassage et différentes longueurs de brins de foin ont montré que ces deux facteurs n'ont pas de véritable influence sur la consommation et la production laitière des vaches dans le cas d'un troupeau ayant un niveau de productivité moyen (environ 7000 kg/lactation). En cas d'utilisation d'une remorque mélangeuse, il faut veiller à ce que les composants soient bien mélangés. Ce point est particulièrement important en cas d'addition de concentrés. Le foin en brins longs empêche d'obtenir un bon mélange. Il est donc recommandé de couper le fourrage sec avec le système de coupe de l'autochargeuse dès sa récolte.

Les essais dans lesquels la part de foin a été réduite, ont montré que, dans les conditions décrites, la suppression du foin dans la ration n'entraînait qu'une baisse minime de la consommation. Les essais réalisés avec de l'ensilage d'herbe sec et du foin de luzerne ont montré qu'il était possible de remplacer le foin ventilé dans la ration sans influence négative sur la consommation et la production laitière.

Ce point est notamment intéressant en cas de réorganisation de la technique d'affourragement, dans le cadre par exemple de gros aménagements dans l'exploitation. Cela signifie que dans les exploitations avec ensilage, les procédés pourraient être simplifiés et optimisés sur le plan de l'économie du travail et de l'économie d'entreprise. Dans les conditions mentionnées, aucun impact négatif n'est à craindre suite à la suppression du foin. L'ensilage d'herbe permet lui aussi d'obtenir la structure nécessaire dans la ration. (Journées d'information en technologie agricole 2007 «Rations de fourrages ensilés» F. Nydegger)

2ème partie: comparaison des procédés

Comme les procédés d'affourragement étudiés sont comparables en terme de rendement, on peut se demander quelles sont leurs répercussions en terme d'économie du travail et d'économie d'entreprise, compte tenu également du ramassage et de la distribution du fourrage. Différentes combinaisons ont été sélectionnées et des hypothèses ont été posées. Ces dernières sont décrites en détails dans les tableaux 1 à 5.

Pour les effectifs de 20, 40 et 60 vaches, la comparaison des procédés s'est d'abord basée sur des rations d'ensilage avec trois composants constants: de l'ensilage d'herbe, de l'ensilage de maïs et de l'ensilage de cossettes de betteraves sucrières. Les rations contenaient également un composant variable: du fourrage ventilé, de l'ensilage d'herbe sec ou du foin de luzerne. Quelle que soit la taille de l'effectif, le foin de luzerne acheté devait seulement être mis en grange à l'aide du chargeur frontal. Comme l'ont montré les essais d'affourragement, l'addition de foin de luzerne dans la ration n'avait aucune conséquence sur la production laitière. Pour éviter une trop forte majoration des coûts, le foin de luzerne n'a été ajouté qu'en petites quantités. Par conséquent, la quantité d'ensilage d'herbe employée a, elle, augmenté. Les différences en cas d'apports de concentrés sont négligeables. L'affourragement estival n'a pas été pris en compte. Toutes les variantes ont été calculées pour l'affourragement hivernal avec les trois rations de fourrage correspondantes (tab. 1).

Avec un effectif de 20 vaches, le degré de détails des variantes calculées est élevé. Le tableau 2 regroupe un total de 12 variantes. Il est subdivisé par rations: fourrage ventilé, ensilage d'herbe sec et foin de luzerne. Pour chaque ration, l'étude compare quatre procédés différents pour la récolte, le stockage, le désilage et la distribution. Il s'agit du procédé 1 (silo-tour), procédé 2 (balles rondes), procédé 3 (silo-couloir, désilage et distribution mécanisés) et procédé 4 (silo-couloir, désileuse-blocs). Pour les effectifs de 40 et 60 vaches, les trois rations ont été calculées avec un seul procédé (silo-couloir, remorque mélangeuse équipée d'une désileuse) (tab. 3).

Distribution du fourrage

L'exploitation de 20 vaches effectue elle-même la récolte de l'ensilage d'herbe. La taille moyenne des parcelles est de 1,5 hectares. Pour la fauche, on utilise une faucheuse frontale d'une largeur de 2,8 mètres, combinée avec une conditionneuse arrière. La largeur de travail prise comme hypothèse est de 5,5 mètres pour le passage de la pirouette et de 3,5 mètres pour l'andainage. La récolte est rentrée avec une autochargeuse, dans le cas du silo-tour comme dans celui du silo-couloir. Dans ce type d'exploitation, ces procédés sont également disponibles pour la production de foin ventilé qui, lui, est engrangé à l'aide de la souffleuse polyvalente et du distributeur télescopique. L'ensilage est stocké en silos-tours et silos-couloirs ou en balles rondes. Dans la variante «ensilage d'herbe sec», c'est également l'agriculteur lui-même qui fauche, passe la pirouette et met en andains. Le pressage et l'enrubannage des balles d'ensilage sont toutefois confiés

Tab. 2: Machines sélectionnées pour 20 vaches

Ration			Fourrage ventilé Ensilage d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières				Ensilage d'herbe 35 % MS Ensilage d'herbe 45 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières				Foin de luzerne Ensilage d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières			
Procédé			**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Hectares de coupe														
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS		ha	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	9.10	9.10	9.10	9.10
Ensilage d'herbe pour balles d'ensilage		ha					4.50	4.50	4.50	4.50				
Ensilage de maïs		ha	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Fourrage ventilé		ha	4.50	4.50	4.50	4.50								
Achats														
Cossettes de betteraves sucrières		dt MS	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
		dt humide	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358
Foin de luzerne		dt MS									68	68	68	68
		dt sec									80	80	80	80
Types de stockage du fourrage grossier														
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS			Silo-tour	Br	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Br	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Br	Silo-couloir	Silo-couloir
Ensilage d'herbe sec, 45 % MS							Br	Br	Br	Br	Br	Br	Br	Br
Ensilage de maïs			Silo-tour	Br	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Br	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Br	Silo-couloir	Silo-couloir
Cossettes de betteraves sucrières			Br	Br	Silo-couloir	Silo-couloir	Br	Br	Silo-couloir	Silo-couloir	Br	Br	Silo-couloir	Silo-couloir
Foin ventilé			Fenil	Fenil	Fenil	Fenil								
Foin de luzerne											Brect.	Brect	Brect.	Brect.
Technique de désilage			à la main	Fourche pince-balles	Engin RTD	Désileuse blocs	à la main	Fourche pince-balles	Engin RTD	Désileuse blocs	à la main	Fourche pince-balles	Engin RTD	Désileuse blocs
Volume de stockage nécessaire														
Silo-tour	**Herbe**	m³	95				95 m³				95 m³			
	Maïs	m³	65				65 m³				65 m³			
Silo-couloir	**Sandwich**	m³			190	190			190				190	
Stock de balles	**Cossettes de betteraves sucrières**		34 Br 87 m²	34 Br 87 m²			34 Br 87 m²	34 Br 87 m²			34 Br 87 m²	34 Br 87 m²		
	Ensilage d'herbe, 35 % MS			73 Br 112 m²				73 Br 112 m²				73 Br 112 m²		
	Ensilage d'herbe, 45 % MS						49 Br 102 m²	49 Br 102 m²	49 Br 102 m²	49 Br 102 m²				
	Ensilage de maïs			46 Br 81 m²				46 Br 81 m²				46 Br 81 m²		
	Foin de luzerne										20 Brect. 194 m³	20 Brect. 194 m³	20 Brect. 194 m³	20 Brect. 194 m³
Stock en vrac	**Foin, ventilé**	m³	200	200	200	200								

Principales machines avec mode de propriété et d'utilisation	Mode de pro. d'utilisation	Coûts pris en compte
Forces de traction		
Tracteur, 4 roues motrices 41 kW (56 CV)	propriété	variables
Tracteur, 4 roues motrices 60 kW (82 CV)	propriété	variables
Hydraulique frontale avec prise de force frontale	propriété	variables
Récolte et stockage du fourrage grossier		
Fauche et conditionnement de l'ensilage d'herbe et du fourrage ventilé		
Faucheuse rotative frontale 2,5-3 m	propriété	fixes et variables
Conditionneuse attelage trois points	propriété	fixes et variables
Pirouette,4,6-6 m	propriété	fixes et variables
Andaineuse, 3,5-4,5 m	propriété	fixes et variables
Ramassage, transport et stockage		
Ensilage d'herbe		
Autochargeuse 20 m³	propriété	variables
Disp. de coupe courte pour autochargeuse	propriété	fixes et variables
Souffleuse polyvalente	propriété	fixes et variables
Tapis de convoyage pour souffleuse polyvalente	propriété	fixes et variables
Presse à balles rondes	régie	salaire
Enrubanneuse	régie	salaire
Fourche pince-balles pour grosses balles, att. 3 pts	propriété	fixes et variables
Tracteur compacteur pour silo-couloir	régie	salaire
Ensilage d'herbe sec en balles rondes		
Presse à balles rondes	régie	salaire
Enrubanneuse pour balles rondes	régie	salaire
Fourche pince-balles pour grosses balles, att. 3 pts	propriété	fixes et variables
Ensilage de maïs		
Hacheuse à maïs portée, 1 rang	location	location
Remorque ensileuse avec doseur	location	location
Souffleuse polyvalente	propriété	fixes et variables
Tapis de convoyage pour souffleuse polyvalente	propriété	fixes et variables
Hacheuse automotrice, 6 rangs	régie	salaire
Remorque ensileuse avec doseur	location	location
Presse-enrubanneuse combinées pour balles de maïs	régie	salaire
Fourche pince-balles pour grosses balles, att. 3 pts	propriété	fixes et variables
Tracteur compacteur pour silo-couloir	régie	salaire
Fourrage ventilé		
Autochargeuse, 13-20 m³	propriété	variables
Souffleuse polyvalente	propriété	fixes et variables
Distributeur télescopique	propriété	fixes et variables
Foin de luzerne en balles rectangulaires		
Chargeur frontal, moyen, sans attelage	propriété	variables
Fourche pince-balles pour grosses balles pour chargeur frontal	propriété	fixes et variables
Cossettes de betteraves sucrières		
Remorque basculante, 1 essieu 7 t	propriété	variables
Remorque basculante, 2 essieux 8 t	location	location
Tracteur, 4 roues motrices, 70 kW (95 CV)	régie	salaire
Chargeur frontal, lourd, sans attelage	régie	salaire
Fourche pince-balles pour chargeur frontal	régie	salaire
Pelle à terre pour chargeur frontal	régie	salaire
Tracteur compacteur pour silo-couloir	régie	salaire
Chargeur frontal, moyen, sans attelage	propriété	variables
Fourche pince-balles pour grosses balles pour chargeur frontal	propriété	fixes et variables
Désilage et distribution du fourrage hivernal		
Ensilages		
Fourche	propriété	fix
Fourche pince-balles pour grosses balles, att. 3 pts	propriété	fixes et variables
Engin RTD	part, 50 %	fixes et variables
Désileuse-blocs 1–1,4 m³	part, 50 %	fixes et variables
Foin ventilé		
Fourche	propriété	fix
Foin de luzerne		
Chargeur frontal, moyen, sans attelage	propriété	variables
Fourche pince-balles pour grosses balles pour chargeur frontal	propriété	fixes et variables
Repousse du fourrage grossier		
Fourche	propriété	fix

Br: balles rondes
Brect.: balles rectangulaires
Engin RTD: engin de reprise et de distribution
Machines employées

Tab. 3: Machines sélectionnées pour 40 et 60 vaches

Effectif				40 vaches			60 vaches		
Ration				Fourrage ventilé Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensil. d'herbe 45 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Foin de luzerne	Fourrage ventilé Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensil. d'herbe 45 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Foin de luzerne
Hectares de coupe									
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS			ha	13.60	13.60	18.10	20.40	20.40	27.20
Ensilage d'herbe pour balles d'ensilage			ha		9.10			13.60	
Ensilage de maïs			ha	1.94	1.94	1.94	2.91	2.91	2.91
Fourrage ventilé			ha	9.10			13.60		
Vente de fourrage grossier									
Sur pied depuis la parcelle			ha			1.54			2.26
Achats									
Cossettes de betteraves sucrières			dt MS	136	136	136	204	204	204
			dt humide	716	716	716	1074	1074	1074
Foin de luzerne			dt MS			136			204
			dt sec			160			240
Types de stockage du fourrage grossier									
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS				Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir
Ensilage d'herbe sec, 45 % MS					Balles rondes			Balles rondes	
Ensilage de maïs				Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir
Cossettes de betteraves sucrières				Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir
Foin ventilé				Fenil/Grue à bras pivotant			Fenil/Grue à bras pivotant		
Foin de luzerne						Balles rectangulaires			Balles rectangulaires
Technique de désilage				Remorque mél. désil.	Remorque mél. désil. Chargeur frontal	Remorque mél. désil.	Remorque mél. désil.	Remorque mél. désil. Chargeur frontal	Remorque mél. désil.
Volume de stockage nécessaire									
Silo-couloir	Sandwich		m³	380	380	440	560	560	650
Stock de balles	Ensilage d'herbe 45 % MS				98 Br 180 m²			146 Br 260 m²	
	Foin de luzerne					40 Brect. 280 m³			60 Brect. 350 m³
Stock en vrac	Foin ventilé		m³	400			600		
Principales machines avec mode de propriété et d'utilisation		Mode de pro. d'utilisation	Coûts pris en compte						
Forces de traction									
Tracteur, 4 roues motrices 50 kW (68 CV)		propriété	variables						
Tracteur, 4 roues motrices 70 kW (95 CV)		propriété	variables						
Hydraulique frontale avec prise de force frontale		propriété	variables						
Récolte et stockage du fourrage grossier Fauche et conditionnement de l'ensilage d'herbe et du fourrage ventilé									
Faucheuse rotative frontale 2,5-3 m		propriété	fixes et variables						
Conditionneuse attelage trois points		propriété	fixes et variables						
Pirouette,6,1-7,5 m		propriété	fixes et variables						
Andaineuse double, dépôt du fourrage au centre, 5,6-6,5 m		propriété	fixes et variables						
Ramassage, transport et stockage Ensilage d'herbe									
Hacheuse automotrice avec pick-up		régie	salaire						
Remorque ensileuse avec doseur		location	location						
Tracteur compacteur pour silo-couloir		régie	salaire						
Ensilage d'herbe sec en balles rondes									
Presse à balles rondes		régie	salaire						
Enrubanneuse pour balles rondes		régie	salaire						
Chargeur frontal, lourd, sans attelage		propriété	variables						
Fourche pince-balles pour grosses balles		propriété	fixes et variables						
Ensilage de maïs									
Hacheuse à maïs portée, 1 rang		location	location						
Hacheuse à maïs portée pivotante,2 rangs		régie	salaire						
Remorque ensileuse avec doseur		location	location						
Tracteur compacteur pour silo-couloir		régie	salaire						
Fourrage ventilé									
Autochargeuse, 13-20 m³		propriété	variables						
Autochargeuse, plus de 20 m³		propriété	variables						
Grue à bras pivotant		propriété	fixes et variables						
Foin de luzerne en balles rectangulaires									
Chargeur frontal, moyen, sans attelage		propriété	variables						
Fourche pince-balles pour grosses balles pour chargeur frontal		propriété	fixes et variables						
Cossettes de betteraves sucrières									
Remorque basculante, 1 essieu 7 t		propriété	variables						
Remorque basculante, 2 essieux 8 t		location	location						
Tracteur, 4 roues motrices, 70 kW (95 CV)		régie	salaire						
Chargeur frontal, lourd, sans attelage		régie	salaire						
Chargeur frontal, lourd, sans attelage		propriété	variables						
Pelle à terre pour chargeur frontal		régie	salaire						
Pelle à terre pour chargeur frontal		propriété	variables						
Tracteur compacteur pour silo-couloir		régie	salaire						
Désilage et distribution du fourrage hivernal Ensilages									
Fourche		propriété	fix						
Remorque mélangeuse équipée d'une désileuse, 7 m³		propriété	fixes et variables						
Remorque mélangeuse équipée d'une désileuse, 10 m³		propriété	fixes et variables						
Chargeur frontal, lourd, sans attelage		propriété	variables						
Fourche pince-balles pour grosses balles		propriété	fixes et variables						
Foin ventilé									
Grue à bras pivotant		Propriété	fixes et variables						
Foin de luzerne									
Chargeur frontal, moyen, sans attelage		Propriété	variables						
Fourche pince-balles pour grosses balles pour chargeur frontal		Propriété	fixes et variables						
Repousse du fourrage grossier									
Chargeur automoteur pour racleur-pneu		Propriété	variables						
Racleur-pneu		Propriété	fixes et variables						

Br: balles rondes
Brect.: balles rectangulaires
Machines employées

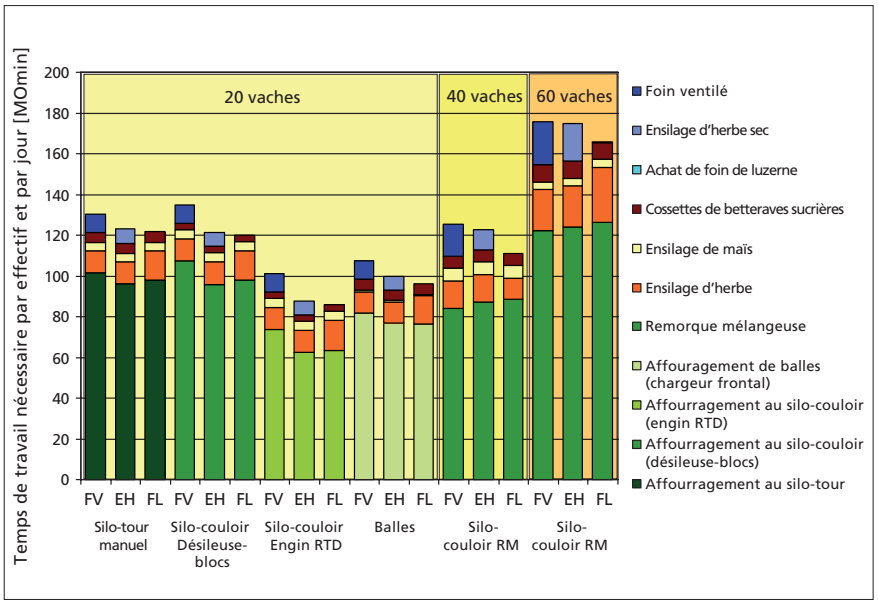

Fig. 3: Temps de travail nécessaire par effectif et par jour pour un troupeau de 20 à 60 vaches et différentes variantes.

à une entreprise de travaux de agricoles. L'ensilage de maïs stocké en silos-tours est récolté à l'aide d'une ensileuse à maïs à un rang en location. Le transport et le stockage sont effectués par l'agriculteur lui-même. Dans le procédé à balles rondes, le maïs est lui aussi ensilé par l'entreprise de travaux agricoles. Dans le procédé du silo-tour, les cossettes de betteraves sucrières sont achetées en balles, sinon elles doivent être stockées en silo-couloir. L'agriculteur se charge du transport.

Avec un effectif de 40 vaches, la taille moyenne des parcelles augmente et passe à 2 hectares. Avec l'ensilage d'herbe, la largeur de travail passe à 7 mètres pour le passage de la pirouette, et à 6 mètres pour l'andainage. L'ensilage est stocké en silos-couloirs ou en balles rondes. La récolte de l'ensilage d'herbe est confiée à une entreprise de travaux agricoles. Cette dernière met également à disposition un véhicule de transport et se charge du compactage. Une remorque est louée en plus. La récolte du foin ventilé s'effectue à l'aide de l'autochargeuse de l'exploitation. Le maïs est récolté sur un rang; le stockage est effectué au rouleau par une entreprise de travaux agricoles. Le transport des cossettes de betteraves sucrières s'effectue à l'aide d'une remorque de l'exploitation et d'une remorque en location.

Avec un effectif de 60 vaches, la récolte de l'ensilage d'herbe s'effectue comme avec un effectif de 40 vaches. L'ensilage est stocké en silos-couloirs ou en balles rondes. Par contre, le ramassage du foin ventilé est effectué à l'aide d'une autochargeuse plus grosse. Le maïs est récolté sur deux rangs par une entreprise de travaux agricoles. L'agriculteur se charge du transport, l'entreprise de travaux agricoles du compactage. Pour le transport des cossettes de betteraves sucrières, l'agriculteur dispose là encore d'une remorque de l'exploitation et d'une remorque en location.

Affourragement

Avec un effectif de 20 vaches, l'ensilage est repris à la main dans le silo-tour. Le fourrage est distribué manuellement avec le chariot d'ensilage. Le foin ventilé et les balles rondes sont eux aussi repris, distribués et repoussés à la main. Un chargeur frontal équipé d'une fourche pince-balles sert à la manutention des balles d'ensilage et de luzerne.

Dans le cas de l'effectif de 20 vaches, on distingue deux procédés pour affourrager l'ensilage stocké en silo-couloir: le désilage à la désileuse-blocs (distribution manuelle) ou le désilage mécanique et la distribution avec un engin de reprise et de distribution (engin RTD). Dans les deux cas, la distribution du foin et la repousse du fourrage sont effectuées à la main.

Avec les effectifs de 40 et 60 vaches, la remorque mélangeuse équipée d'une désileuse va reprendre l'ensilage dans le silo-couloir. Le foin est ajouté à l'aide d'une griffe. Ici aussi, un chargeur frontal sert à la manutention des balles. Un racleur construit à partir d'un pneu évite de repousser le fourrage à la main.

Evaluation des procédés sur le plan de l'économie du travail

L'évaluation sur le plan de l'économie du travail tient compte du temps de travail total. La préparation du fourrage comprend donc non seulement la récolte de l'ensilage de maïs et d'herbe, mais aussi le transport et le stockage des cossettes de betteraves sucrières. En fonction des différentes variantes, la production de foin ventilé et d'ensilage d'herbe sec ou l'achat et la préparation de foin de luzerne doivent également être pris en considération. L'achat de concentrés et d'aliments minéraux, lui, n'est pas pris en compte. L'affourragement, de son côté, comprend non seulement la reprise, le transport et la distribution du fourrage, mais aussi le contrôle de la consommation, la repousse du fourrage et le nettoyage des restes de crèche.

La figure 3 présente les résultats de la comparaison de différentes variantes et procédés pour des effectifs de 20 à 60 vaches. Le temps de travail nécessaire est indiqué en main-d'œuvre minutes (MOmin) par effectif et par jour. Le temps de travail total requis pour la distribution de la quantité de fourrage nécessaire est converti en temps de travail quotidien. Le calcul se base sur 170 jours d'affourragement hivernal. Le temps de travail nécessaire pour l'affourragement est compris entre environ 62 et 107 MOmin par effectif et par jour. Ces différences sont dues essentiellement aux procédés employés. L'influence des différentes variantes (foin ventilé, ensilage d'herbe sec et achat de foin de luzerne) est moins marquée dans le cadre d'un même procédé. Il n'y a que pour le procédé silo-couloir que la variante «foin ventilé» exige un temps de travail nettement plus élevé. La reprise et la distribution manuelles du foin pèsent lourd dans la balance, alors que l'ensilage d'herbe sec, tout comme le foin de luzerne acheté sont transportés dans l'étable à l'aide du chargeur frontal. Dans l'ensemble, le procédé silo-couloir avec engin RTD est celui qui exige le temps de travail le plus réduit. Dans ce cas, le fourrage peut être repris et distribué mécaniquement. Le procédé «balles» requiert un temps de travail à peine plus élevé. La reprise se fait également à la machine avec le chargeur frontal, mais le fourrage est distribué manuellement. La même évaluation vaut pour le procédé silo-couloir avec désileuse-blocs. Le temps de travail nécessaire est cependant nettement plus élevé, car la reprise du fourrage à l'aide de la désileuse-blocs prend nettement plus de temps. Le procédé est

donc comparable à la reprise et distribution manuelles depuis le silo-tour. Il faut toutefois également tenir compte de la charge de travail physique particulièrement élevée en cas de reprise manuelle du fourrage depuis le silo-tour. Ce point pèse lourd dans la balance notamment dans les gros effectifs.

Des différences apparaissent aussi en ce qui concerne la préparation des aliments. On constate que la variante «achat de foin de luzerne» exige un temps de travail plus élevé pour la récolte d'ensilage d'herbe. En effet, la quantité de foin de luzerne, onéreux à l'achat, a été réduite par rapport aux variantes «foin ventilé et ensilage d'herbe sec». Il faut donc compenser en ajoutant davantage d'ensilage d'herbe dans la ration. C'est pourquoi la récolte d'ensilage d'herbe demande plus de temps. Entre les procédés silo-tour, silo-couloir et balles, les différences sont minimes en ce qui concerne les volumes de récolte nécessaires. Le temps économisé lors de la récolte des balles d'ensilage par l'entreprise de travaux agricoles est neutralisé par le transport des balles qui, lui, exige plus de temps.

En revanche, en ce qui concerne la récolte d'ensilage de maïs, le temps requis par le procédé «balles» est nettement plus réduit. L'intervention de l'entreprise de travaux agricoles se fait sentir. De nouveau, les procédés «silo-tour» et «silo-couloir» se distinguent à peine. Les cossettes de betteraves à sucre sont nettement plus rapides à transporter et à stocker en silo-couloir en vrac que sous forme de balles.

L'étude doit évaluer le foin ventilé, l'ensilage d'herbe sec et le foin de luzerne acheté, car ils sont chacun utilisés comme substitut dans la ration. Comme on peut s'y attendre, c'est l'achat de foin de luzerne qui demande le moins de travail, mais il entraîne des coûts élevés. L'ensilage d'herbe sec obtient des résultats nettement meilleurs que ceux du foin ventilé. D'un côté, le pressage et l'enrubannage sont confiés à une entreprise de travaux agricoles, d'un autre côté, il faut compter une opération supplémentaire pour le fanage du foin ventilé et enfin, le stockage demande beaucoup de temps.

Dans l'ensemble, il faut compter entre 86 et 135 MOmin par effectif et par jour pour les différents procédés. Les différences de temps de travail pour l'affourragement ont cependant nettement plus de poids que celles liées à la préparation des aliments.

La deuxième comparaison considère le procédé «silo-couloir» dans les effectifs de 20, 40 et 60 vaches. L'affourragement est effectué à l'aide d'une désileuse-blocs et d'un engin RTD (20 vaches), ainsi que d'une remorque mélangeuse (40 et 60 vaches). La figure 4 indique le temps de travail nécessaire par vache et par jour pour les différents procédés et les différentes variantes. La représentation du temps de travail en MOmin par vache et par jour, au lieu de MOmin par effectif et par jour a été choisie sciemment afin de pouvoir comparer les différents effectifs dont la taille est variable.

Sur le plan de l'affouragement, les avantages des grands effectifs nourris à la remorque mélangeuse sont très nets. Les économies de temps sont le fruit des effets d'échelles et du degré de mécanisation plus important pour la reprise et la distribution du fourrage.

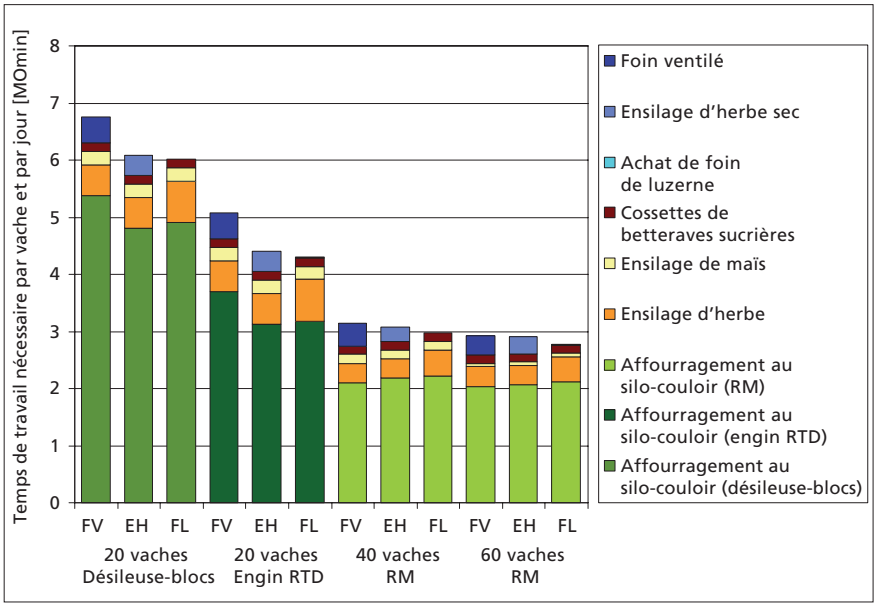

Fig. 4: Temps de travail nécessaire par animal et par jour pour des effectifs de différentes tailles et différentes variantes.

Les différences entre un troupeau de 40 vaches et un troupeau de 60 vaches sont moindres. Les différences entre les variantes foin ventilé, ensilage d'herbe sec et achat de foin de luzerne sont elles aussi d'ordre secondaire dans le cas du procédé silo-couloir et remorque mélangeuse. Dans les effectifs de 40 et 60 vaches, le temps de travail requis par l'affourragement est compris entre 2,0 et 2,2 MOmin par vache et par jour. Par contre, dans un effectif de 20 vaches, l'affourragement requiert entre 3,1 et 3,7 MOmin par vache et par jour avec utilisation d'un engin RTD. Le procédé avec désileuse-blocs exige encore plus de temps. En effet, il faut compter entre 4,8 et 5,4 MOmin supplémentaires par vache et par jour. Les différences entre les variantes choisies sont elles aussi plus marquées avec les procédés désileuse-blocs et engin RTD.

Les écarts relatifs au temps de travail requis par la distribution du fourrage ont plusieurs raisons. Ici aussi, les effets d'échelle et le degré plus élevé de la mécanisation pour les travaux à l'extérieur de la ferme jouent un rôle. Quel que soit le procédé, la récolte d'ensilage d'herbe exige de nouveau un temps de travail plus élevé dans la variante «achat de foin de luzerne». Ce point s'explique par la quantité supplémentaire d'ensilage d'herbe nécessaire dans la ration. Dans les grands troupeaux, les économies de temps par vache et par jour sont de l'ordre de 40 %. Des effets similaires ont été relevés pour l'ensilage de maïs. Des avantages peuvent notamment être obtenus sur le plan de l'organisation du travail lorsqu'une grande partie des travaux est confiée à une entreprise de travaux agricoles. Par contre, les différences sont négligeables en ce qui concerne le transport et le stockage des cossettes de betteraves sucrières, car les capacités sont les mêmes.

La comparaison montre que c'est l'achat de foin de luzerne qui exige le moins de temps de travail, car l'exploitation prend uniquement en charge le stockage. Pour les mêmes raisons que celles énoncées lors de la première comparaison, la production d'ensilage d'herbe sec prend moins de temps que la production de foin ventilé, sachant que des effets d'échelle supplémentaires doivent également être pris en compte avec ce procédé. Il faut compter entre 2,8 et 6,8 MOmin de temps de travail quotidien par vache. Encore une fois, les différences majeures qui touchent l'affourragement s'expliquent par les effets d'échelles et le degré de mécanisation. Le temps de travail par effectif et par jour est compris entre 86 MOmin (20

Tab. 4: Procédés sélectionnés, investissements attribuables, coûts et temps de travail nécessaire pour 20 vaches

Ration			Fourrage ventilé/Ensilage d'herbe et de maïs, cossettes de betteraves sucrières				Ensilage d'herbe et de maïs, cossettes de betteraves sucrières				Ensilage d'herbe et de maïs, cossettes de betteraves sucrières, foin de luzerne			
Procédé			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hectares de coupe														
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS		ha	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	9.10	9.10	9.10	9.10
Ensilage d'herbe pour balles d'ensilage		ha					4.50	4.50	4.50	4.50				
Ensilage de maïs		ha	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Fourrage ventilé		ha	4.50	4.50	4.50	4.50								
Achats														
Cossettes de betteraves sucrières		dt MS	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
		dt humide	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358
Foin de luzerne		dt MS									68	68	68	68
		dt sec									80	80	80	80
Types de stockage du fourrage grossier														
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS			Silo-tour	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir
Ensilage d'herbe sec, 45 % MS							Balles rondes	Balles rondes	Balles rondes	Balles rondes				
Ensilage de maïs			Silo-tour	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-tour	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir
Cossettes de betteraves sucrières			Balles rondes	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir	Balles rondes	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir	Balles rondes	Balles rondes	Silo-couloir	Silo-couloir
Foin ventilé			Fenil/Souffleuse	Fenil/Souffleuse	Fenil/Souffleuse	Fenil/Souffleuse								
Foin de luzerne											Balles rectangu-laires	Balles rectangu-laires	Balles rectangu-laires	Balles rectangu-laires
Technique de désilage			A la main	Fourche pince-balles	Engin RTD	Désileuse blocs	A la main	Fourche pince-balles	Engin RTD	Désileuse blocs	A la main	Fourche pince-balles	Engin RTD	Désileuse blocs
Volume de stockage nécessaire														
Silo-tour	Herbe	m^3	95				95 m^3				95 m^3			
	Maïs	m^3	65				65 m^3				65 m^3			
Silo-couloir	Sandwich	m^3			190	190			190				190	
Stock de balles	Cossettes de betteraves sucrières		34 Br/87 m^2	34 Br/87 m^2			34 Br/87 m^2	34 Br/87 m^2			34 Br/87 m^2	34 Br/87 m^2		
	Ensilage d'herbe, 35 % MS			73 Br/112 m^2				73 Br/112 m^2				73 Br/112 m^2		
	Ensilage d'herbe, 45 % MS						49 Br/102 m^2	49 Br/102 m^2	49 Br/102 m^2					
	Ensilage de maïs			46 Br/81 m^2				46 Br/81 m^2				46 Br/81 m^2		
	Foin de luzerne										20 Brect./ 194 m^3	20 Brect./ 194 m^3	20 Brect./ 194 m^3	20 Brect./ 194 m^3
Stock en vrac	Foin ventilé	m^3	200	200	200	200								
Investissements attribuables														
Machines et outils														
Récolte du fourrage grossier		Fr.	62'000	52'400	48'000	48'000	66'200	56'600	52'200	52'200	66'000	56'400	52'000	52'000
Reprise et distribution du fourrage grossier		Fr.			7'000	5'800			7'000	5'800			7'000	5'800
Equipements mécaniques														
Distributeur téléscopique/ventilation du foin		Fr.	24'700	24'700	24'700	24'700								
Stock de fourrage														
Silos-tours		Fr.	48'800				48'800				48'800			
Silos-couloirs		Fr.			26'500	26'500			26'500	26'500			26'500	26'500
Foin, en vrac, ventilé		Fr.	38'200	38'200	38'200	38'200								
Foin en balles rectangulaires (foin de luzerne)		Fr.									25'300	25'300	25'300	25'300
Ensilages en balles rondes		Fr.	4'700	15'100			10'200	20'600	5'500	5'500	4'700	15'100	5'500	5'500
Total		**Fr.**	**178'400**	**130'400**	**144'400**	**143'200**	**125'200**	**77'200**	**91'200**	**90'000**	**144'800**	**96'800**	**116'300**	**115'100**
Différence par rapport au procédé 1		Fr.		-48'000	-34'000	-35'200		-48'000	-34'000	-35'200		-48'000	-28'500	-29'700
Coûts attribuables														
Machines de récolte du fourrage grossier		Fr.	9'582	11'653	8'796	8'796	11'176	13'251	10'502	10'502	9'299	12'130	8'951	8'951
Machines de reprise et de récolte du fourrage grossier				1'094	2'289	2'627	157	1'184	2'446	2'784	92	1'344	2'478	2'908
Equip. méc. (Dist. téléscopique/ventilation du foin)			2'624	2'624	2'624	2'624								
Stock de fourrage														
Silos-tours		Fr.	3'377				3'377				3'377			
Silos-couloirs		Fr.			2'592	2'592			2'592	2'592			2'592	2'592
Foin, en vrac, ventilé		Fr.	1'792	1'792	1'792	1'792								
Foin en balles rectangulaires (foin de luzerne)		Fr.									1'364	1'364	1'364	1'364
Ensilages en balles rondes		Fr.	309	993			670	1'354	361	361	309	993	361	361
Achats	Cossettes de betteraves sucrières	Fr.	3'670	3'670	1'915	1'915	3'670	3'670	1'915	1'915	3'670	3'670	1'915	1'915
	Balles rect. de foin de luzerne	Fr.									3'200	3'200	3'200	3'200
Total		**Fr.**	**21'354**	**21'826**	**20'008**	**20'346**	**19'050**	**19'459**	**17'816**	**18'154**	**21'311**	**22'701**	**20'861**	**21'291**
Différence par rapport au procédé 1		Fr.		472	-1'346	-1'008		409	-1'234	-896		1'390	-450	-20
Vente d'herbe à partir de la parcelle														
Four. grossier 0.74 ha à Fr. 716		Fr.									530	530	530	530
Total, corrigé des achats et des ventes		**Fr.**	**21'354**	**21'826**	**20'008**	**20'346**	**19'050**	**19'459**	**17'816**	**18'154**	**20'781**	**22'171**	**20'331**	**20'761**
Différence par rapport au procédé 1		Fr.		472	-1'346	-1'008		409	-1'234	-896		1'390	-450	-20
Temps de travail nécessaire														
Récolte et stockage du fourrage grossier		MOh	106	76	88	88	93	70	78	78	85	56	67	67
Reprise et distribution du fourrage grossier		MOh	279	225	203	295	265	211	171	264	270	210	175	269
Total		**MOh**	**385**	**301**	**291**	**383**	**358**	**281**	**171**	**342**	**355**	**266**	**171**	**336**
Différence par rapport au procédé 1		MOh		-84	-94	-2		-77	-187	-16		-89	-184	-19

Br: balles rondes; Brect.: balles rectangulaires; MOh: heure de main-d'œuvre

vaches, achat de foin de luzerne, engin RTD) et 176 MOmin (60 vaches, foin ventilé, remorque mélangeuse).

Comparaison économique

En ce concerne les machines sélectionnées, il est prévu que les machines et les outils soient soit la propriété de l'exploitation, soit louées, soit utilisées en régie, selon le type et le taux d'exploitation envisagés. Le but étant que les machines et les outils soient employés de la manière la plus rentable possible.
Le foin de luzerne est acheté. Par conséquent, la ration contient moins de fourrage grossier produit sur l'exploitation, ce qui diminue les besoins en surface de fourrage grossier. La surface fourragère qui ne sert pas aux besoins de l'exploitation est vendue sur pied à partir de la parcelle. Pour 20 vaches, cela représente 74 ares, pour 40 vaches 154 et pour 60 vaches 226 ares. L'indemnisation pour une utilisation annuelle est de Fr. 716.–/ha.
Les cossettes de betteraves sucrières sont approvisionnées en balles pour un effectif de 20 vaches, lorsque l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs sont stockés en silos-tours ou en balles. Si l'exploitation dispose d'un silo-couloir, les cossettes sont déchargées comme le reste de l'ensilage selon la méthode sandwich. Dans les effectifs de 40 et 60 vaches, les cossettes de betteraves sucrières sont également stockées en silos-couloirs.

Investissements attribuables
Les investissements attribuables comprennent les machines, les outils, les équipements, les silos et les bâtiments qui ne sont utilisés qu'en relation avec la production, le stockage, la reprise et la distribution de fourrage. Pour les machines comme la pirouette et l'andaineuse, ce sont les valeurs de référence ART qui servent de base. Les silos, les stocks de foin et de balles, ainsi que les équipements mécaniques se voient appliquer les valeurs de référence du Système de prix par modules unitaires ART. Pour les équipements et les bâtiments, on s'est basé sur les prix des entrepreneurs. Les prestations propres n'ont été prises en compte que pour les silos-couloirs.
Indépendamment de la ration de fourrage choisie, ce sont les procédés avec balles, quelle que soit la variante, qui entraînent le moins d'investissements attribuables. Par rapport aux silos-tours et aux silos-couloirs, les balles ont seulement besoin d'un lieu de stockage carrossable.
Les procédés avec du foin sont ceux qui exigent le plus d'investissements. Les locaux de stockage, les installations d'alimentation et de ventilation (notamment distributeur télescopique et grues à bras pivotant) sont onéreuses.

Coûts attribuables
Les coûts attribuables comprennent les montants qui ont une influence directe sur le revenu agricole. Dans le cas des machines et des outils qui ne sont utilisés que pour la conservation ou la distribution de fourrage, les coûts fixes et les coûts variables sont pris en compte, par exemple pour la pirouette et la remorque mélangeuse équipée d'une désileuse. Dans le cas des machines et des outils qui sont utilisés pour divers travaux dans l'exploitation, le calcul ne prend en compte que les coûts variables, par exemple pour les tracteurs. La place pour ranger les machines est jugée suffisante et les travaux de maintenance sont effectués sans coûts réels supplémentaires. Ces deux postes de coûts ne sont pas inclus dans les calculs.
Pour des questions d'organisation et de rentabilité, il vaut la peine d'effectuer des travaux en régie ou avec des machines louées, par exemple lorsqu'il s'agit de presser et d'enrubanner des balles d'ensilage. Les locations de machines et les travaux en régie sont calculés selon les valeurs indicatives ART. Les prix du marché sont valables pour les cossettes de betteraves sucrières achetées et pour le foin de luzerne. Le prix des cossettes de betteraves sucrières en balles rondes est fixé à Fr. 10.25/dt. En vrac, il est de Fr. 5.35/dt. Le foin de luzerne est livré au prix de Fr. 40.–/dt.

Détails des calculs
Cheptel: 20 vaches

Investissements attribuables
Les investissements attribuables pour les rations contenant du foin ventilé varient entre 130000 et 178000 francs (tab. 4). Dans le cas des variantes avec ensilage d'herbe sec, ils sont compris entre 77000 et 125000 francs. Dans le cas des variantes avec foin de luzerne, ils oscillent entre 97000 et 145000 francs. Les procédés les plus avantageux sont ceux qui conditionnent l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs en balles rondes. On constate alors l'impact que peut avoir un stock de balles simple. Ce sont les procédés avec silos-tours qui exigent le plus de capitaux.

Coûts attribuables
Les coûts attribuables les plus faibles sont ceux des procédés avec ensilage d'herbe, de maïs ou de cossettes de betteraves sucrières. Ils sont compris entre 17800 et 19500 francs. Ce sont les procédés avec foin ventilé qui affichent les coûts les plus élevés, puisqu'ils sont compris entre 20000 à 21800 francs. Le stock de foin et ses installations onéreuses pour le convoyage et la ventilation du fourrage sont les principaux facteurs de coûts. Toutes rations confondues, ce sont les variantes avec silos-couloirs qui s'avèrent les plus économiques. Il faut noter que contrairement aux procédés avec balles rondes ou silo-couloir, aucune reprise ni distribution mécanique du fourrage n'est prévue avec les silos-tours. Par conséquent, les procédés avec silos-tours exigent plus de travail manuel pour la manutention du fourrage. De la récolte à la distribution de fourrage, il faut compter entre 355 et 385 heures de travail avec les silos-tours. Ce sont les procédés avec silos-couloirs qui demandent le moins de temps de travail en cas d'utilisation d'un engin de reprise et de distribution (engin RTD); les économies sont comprises entre 171 et 291 heures de main-d'œuvre. Par rapport aux procédés qui exigent beaucoup de travail, cela représente entre 94 et 187 heures de main-d'œuvre en moins par an.
La reprise avec l'engin RTD et la désileuse-blocs suppose que ces outils aient été achetés en communauté et qu'ils soient seulement à 50 % la propriété de l'exploitation. Cette méthode permet de réduire de moitié les coûts fixes de ces outils pour l'exploitation.

Cheptels: 40 et 60 vaches
Pour les deux effectifs, l'ensilage d'herbe, de maïs et de cossettes de betteraves sucrières est stocké en silo-couloir. L'ensilage d'herbe sec est récolté en balles rondes. Des installations avec grue à bras pivotant sont utilisées pour les rations avec fourrage ventilé. La remorque mélangeuse équipée d'une désileuse sert à la reprise et à la distribution de l'ensilage stocké en silo-couloir.

Investissements attribuables
Dans le cas des procédés utilisés pour 40 vaches, les investissements attribuables sont compris entre 184000 et 319000 francs (tab. 5). Avec ceux pour 60 vaches, ils varient entre 221000 et 403000 francs. Pour les deux cheptels, les machines sont les mêmes à l'exception du volume de la remorque mélangeuse équipée d'une désileuse: pour 40 vaches, 7 m^3 suffisent, pour 60 vaches, il faut 10 m^3.
Avec ces effectifs également, c'est le foin ventilé qui exige le plus d'investissements. Pour le stock, la grue à bras pivotant, la

Tab. 5: Procédés sélectionnés, investissements attribuables, coûts et temps de travail nécessaire pour 40 et 60 vaches

Effectif			40 vaches			60 vaches		
Ration			Fourrage ventilé Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensil. d'herbe 45 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Foin de luzerne	Fourrage ventilé Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensil. d'herbe 45 % MS Ensilage de maïs Cossettes de betteraves sucrières	Ensil. d'herbe 35 % MS Ensilage de maïs Foin de luzerne
Hectares de coupe								
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS		ha	13.60	13.60	18.10	20.40	20.40	27.20
Ensilage d'herbe pour balles d'ensilage		ha		9.10			13.60	
Ensilage de maïs		ha	1.94	1.94	1.94	2.91	2.91	2.91
Fourrage ventilé		ha	9.10			13.60		
Vente de fourrage grossier								
Sur pied depuis la parcelle		ha			1.54			2.26
Achats								
Cossettes de betteraves sucrières		dt MS	136	136	136	204	204	204
		dt humide	716	716	716	1074	1074	1074
Foin de luzerne		dt MS			136			204
		dt sec			160			240
Types de stockage du fourrage grossier								
Ensilage d'herbe normal, 35 % MS			Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir
Ensilage d'herbe sec, 45 % MS				Balles rondes			Balles rondes	
Ensilage de maïs			Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir
Cossettes de betteraves sucrières			Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir	Silo-couloir
Foin ventilé			Fenil/Grue à bras pivotant			Fenil/Grue à bras pivotant		
Foin de luzerne					Balles rectangulaires			Balles rectangulaires
Technique de désilage			Remorque mél. désil.	Remorque mél. désil. Chargeur frontal	Remorque mél. désil.	Remorque mél. désil.	Remorque mél. désil. Chargeur frontal	Remorque mél. désil.
Volume de stockage nécessaire								
Silo-couloir	Sandwich	m^3	380	380	440	560	560	650
Stock de balles	Ensilage d'herbe 45 % MS			98 Br/180 m^2			146 Br/260 m^2	
	Foin de luzerne	m^3			40 Brect./280 m^3			60 Brect./350 m^3
Stock en vrac	Foin ventilé	m^3	400			600		
Investissements attribuables								
Machines et outils								
Récolte du fourrage grossier		Fr.	62'000	66'000	66'000	62'000	66'000	66'000
Reprise et distribution du fourrage grossier		Fr.	55'300	55'300	55'300	62'300	62'300	62'300
Equipements mécaniques								
Ventilation du foin, grue à bras pivotant		Fr.	71'800			86'400		
Stock de fourrage								
Silo-couloir		Fr.	53'000	53'000	61'300	78'000	78'000	90'600
Foin, en vrac, ventilé		Fr.	76'400			114'600		
Foin en balles rectangulaires (foin de luzerne)		Fr.			36'900			45'400
Ensilages en balles rondes		Fr.		9'900			14'200	
Total		**Fr.**	**318'500**	**184'200**	**219'500**	**403'300**	**220'500**	**264'300**
Différence par rapport au procédé 1		Fr.		-134'300	-99'000		-182'800	-139'000
Coûts attribuables								
Machines et outils								
Récolte du fourrage grossier		Fr.	16'392	19'082	17'558	21'044	24'816	22'888
Reprise et distribution du fourrage grossier		Fr.	9'111	9'649	10'496	11'058	11'746	11'695
Equipements mécaniques								
Ventilation du foin, grue à bras pivotant		Fr.	6'792			8'364		
Stock de fourrage								
Silo-couloir		Fr.	5'185	5'185	6'003	7'641	7'641	8'869
Foin, en vrac, ventilé		Fr.	3'583			5'375		
Foin en balles rectangulaires (foin de luzerne)		Fr.			1'994			2'454
Ensilages en balles rondes		Fr.		649			932	
Achats	Cossettes de betteraves sucrières	Fr.	3'831	3'831	3'831	5'746	5'746	5'746
	Balles rect. de foin de luzerne	Fr.			6'400			9'600
Total		**Fr.**	**44'894**	**38'396**	**46'282**	**59'228**	**50'881**	**61'252**
Différence par rapport au procédé 1		Fr.		-6'498	1'388		-8'347	2'024
Vente d'herbe à partir de la parcelle								
Four. grossier ,	Fr. 716	Fr.			1'103			1'618
Total, corrigé des achats et des ventes		**Fr.**	**44'894**	**38'396**	**45'179**	**59'228**	**50'881**	**59'634**
Différence par rapport au procédé 1		Fr.		-6'498	285		-8'347	406
Temps de travail nécessaire								
Récolte et stockage du fourrage grossier		MOh	139	121	102	180	162	132
Reprise et distribution du fourrage grossier		MOh	281	248	252	390	354	360
Total		**MOh**	**420**	**369**	**354**	**570**	**516**	**492**
Différence par rapport au procédé 1		MOh		-51	-66		-54	-78

Br: balles rondes; Brect.: balles rectangulaires; MOh: heure de main-d'œuvre

ventilation, 40 vaches nécessitent un volume d'investissement de 148000 francs, 60 vaches un volume d'investissement de 201000 francs. Le stock de balles pour le foin de luzerne requiert entre 37000 et 45000 francs, le stock de balles d'ensilage entre 53000 et 91000 francs. La valeur à neuf des machines et des outils qui ne sont nécessaires que pour la culture et le transport du fourrage est comprise entre 117300 et 121300 francs pour 40 vaches et entre 124300 et 128300 francs pour 60 vaches.

Coûts attribuables

D'un point de vue financier, la combinaison d'ensilage d'herbe, de maïs et de cossettes de betteraves sucrières s'avère la plus avantageuse, pour un effectif de 40 comme pour un effectif de 60 vaches: 40 vaches génèrent 38400 francs de coûts attribuables par an et 60 vaches 50900 francs. Le fourrage ventilé coûte 44900 francs pour 40 vaches et 59200 francs pour 60 vaches. L'achat de foin de luzerne entraîne des coûts légèrement plus élevés que le fourrage ventilé. Pour 40 vaches, il faut compter 45200 francs et pour 60 vaches, 59600 francs. Ces chiffres négligent néanmoins la vente sur pied du fourrage non nécessaire. Le prix appliqué pour la luzerne joue également un rôle considérable, car les conditions de l'achat peuvent énormément varier suivant la qualité du fourrage proposé.

Dans toutes les comparaisons, il faut savoir que le temps de travail nécessaire varie. Les procédés les plus avantageux sont ceux qui achètent du foin de luzerne. Ils permettent

d'économiser entre 66 et 78 heures de main-d'œuvre par rapport aux procédés avec fourrage ventilé. Il est donc important de savoir si le temps de travail libéré est valorisé et si oui, comment. Ce temps peut soit servir à majorer le revenu, soit à réduire le temps de travail total.

Conclusions pour la pratique

La comparaison des procédés sur le plan de l'organisation du travail montre peu de différences entre les procédés avec silos-tours pour les variantes avec 20 vaches. Les différences sont un peu plus marquées avec le silo-couloir. L'engin RTD est la solution qui permet le mieux de réduire le travail. En outre, il faut tenir compte de la charge de travail manuel requise par la reprise du foin et la distribution des balles d'ensilage. L'emploi de foin de luzerne acheté réduit légèrement le temps de travail nécessaire et la charge de travail. Comme on peut s'y attendre, c'est le procédé avec foin ventilé qui entraîne les investissements les plus lourds. L'ensilage en balles est le procédé qui demande le moins d'investissements. L'achat d'une désileuse-blocs ou d'un engin RTD coûte plus aux autres procédés que le pince-balles du procédé d'ensilage en balles.

Avec les variantes 40 et 60 vaches, la différence entre le procédé «foin ventilé» et le procédé «ensilage d'herbe sec» s'amenuise légèrement, car la grue à bras pivotant permet de rationaliser le premier procédé. Il faut cependant savoir que cette rationalisation va de pair avec des investissements nettement plus élevés pour la grue à bras pivotant. Les coûts attribuables manifestement les plus bas sont ceux du procédé «ensilage en balles». Le temps de travail le plus réduit est obtenu grâce à l'emploi de foin de luzerne; qui entraîne néanmoins des coûts attribuables plus lourds (achat de foin de luzerne). Les coûts sont même plus élevés qu'avec le procédé «foin ventilé».

Dans l'ensemble, c'est le procédé d'ensilage sec en balles combiné au silo-couloir qui s'avère la variante la plus avantageuse. Un effet de rationalisation supplémentaire pourrait éventuellement être obtenu en stockant l'ensilage sec en silo-couloir.

Il faut se montrer prudent en délocalisant le travail suite à l'achat de foin de luzerne, car cela entraîne une hausse considérable des coûts attribuables. La comparaison ne prend pas en compte le fait que certaines exploitations seraient en mesure de produire elles-mêmes le foin de luzerne et le foin séché au sol grâce à leur situation climatique.

Les résultats de la comparaison sont partis de l'hypothèse de bâtiments neufs. Le fait de renoncer à l'installation de ventilation du foin peut faire baisser les coûts. Il ne faut pas pour autant en conclure qu'il faille stopper l'utilisation des installations de séchage en grange existantes en parfait état de fonctionnement. La question ne doit se poser que lorsque des investissements sont en jeu pour remplacer ou agrandir l'installation.

La comparaison montre également que la technique d'affouragement représente plus des trois quarts du temps de travail nécessaire. Dans les variantes avec foin ventilé, les investissements pour le stock de fourrage et la technique d'affourragement sont aussi très élevés et représentent entre 65 et 80 % des investissements attribuables. Dans les variantes avec foin ventilé ou foin de luzerne, la technique d'affourragement, le stock et l'achat de fourrage représentent près de la moitié à environ 65 % des coûts attribuables. Dans les variantes avec ensilage d'herbe sec, le pourcentage est compris entre 30 et 50 %. Avant de se lancer dans de gros investissements pour le stock de fourrage et la technique d'affourragement, il est donc recommandé de bien réfléchir quels sont les procédés les plus intéressants à l'avenir, du point de vue de la technique de production, mais aussi du point de vue de l'économie du travail et de l'économie d'entreprise.

Bibliographie

Gasteiner J. 2001: Grundlagen zu den Verdauungsvorgängen beim Rind – Pansenphysiologie, Pansenazidose. 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Gumpenstein.

Preissinger W., Schwarz F.J. et Kirchgessner M. 1997: Zum Einfluss der Häcksellänge von Grassilage auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. «Das Wirtschaftseigene Futter», Band 43, Heft 1, S. 65–82. TU München.

Steinwidder A. et Zeiler E. 2003: Einfluss von Grassilage bei unterschiedlichem Kraftfutterniveau auf Pansenparameter, Verdaulichkeit und Futteraufnahme von Rindern, 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Gumpenstein.

Tafaj M., Junck B., Zebeli Q., Steingrass H. et Drochner W. 2005: Zur Optimierung der Partikellänge des Grundfutters in der TMR-Fütterung von Hochleistungskühen. Tagungsband Landesarbeitskreis Fütterung. Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, Stuttgart.

Yang W. Z. et Beauchemin K.A. 2006: Increasing the Physically Effective Fiber content of Dairy Cow Diets May Lower efficiency of Feed Use. AAF RC Lethbridge, Canada.

Des demandes concernant les sujets traités ainsi que d'autres questions de technique et de prévention agricoles doivent être adressées aux conseillers cantonaux en machinisme agricole indiqués ci-dessous. Les publications peuvent être obtenues directement à la ART (Tänikon, CH-8356 Ettenhausen). Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90,
E-mail: doku@art.admin.ch, Internet: www.art.admin.ch

FR	Jaton Jean-Luc, Institut agricole, 1725 Grangeneuve	Tél. 026 305 58 49
GE	AgriGenève, 15, rue des Sablières, 1217 Meyrin	Tél. 022 939 03 10
JU	Fleury-Mouttet Solange, FRI, Courtemelon, 2852 Courtételle	Tél. 032 420 74 38
NE	Huguelit Yann, CNAV, 2053 Cernier	Tél. 032 889 36 41
TI	Müller Antonio, Office de l'Agriculture, 6501 Bellinzona	Tél. 091 814 35 53
VD	Pittet Louis-Claude, Ecole d'Agriculture, Marcelin, 1110 Morges	Tél. 021 557 92 50
	Hofer Walter, Ecole d'Agriculture, Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 57
VS	Brandalise Alain, Ecole d'Agriculture, Châteauneuf, CP 437, 1950 Sion	Tél. 027 606 77 70
AGRIDEA	Boéchat Sylvain, Jordils 1, 1006 Lausanne	Tél. 021 619 44 74
SPAA	Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 28

Impressum

Edition: Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Les Rapports ART paraissent environ 20 fois par an. – Abonnement annuel: Fr. 60.–.
Commandes d'abonnements et de numéros particuliers: ART, Bibliothèque, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90,
E-mail: doku@art.admin.ch, Internet: http://www.art.admin.ch
Les Rapports ART sont également disponibles en allemand (ART-Bericht).
ISSN 1661-7576.
Les Rapports ART sont accessibles en version intégrale sur notre site Internet (www.art.admin.ch).