

## Travail du fourrage avec le retourneur d'andains

### Pertes plus réduites, fourrage grossier de meilleure qualité, période de séchage plus longue

Rainer Frick et Helmut Ammann, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon

Le retourneur d'andains permet, comme son nom l'indique, de retourner le fourrage à plusieurs reprises après la fauche. A son dernier passage avant le chargement, la machine dispose le fourrage en andains doubles. La méthode de travail appliquée ménage le fourrage et semble pouvoir apporter des avantages quant à sa qualité (moins de pertes au champ, amélioration de la teneur du fourrage grossier en éléments nutritifs). Au cours d'un programme d'essais de deux ans, nous avons cherché à savoir si le retourneur d'andains pouvait s'adapter aux conditions helvétiques et avons complété notre étude par une évaluation économique.

Le retourneur d'andains permet de réduire les pertes au champ lors de la

préparation du fourrage de 50% en moyenne. Les pertes par brisure nettement plus faibles augmentent non seulement le rendement, mais améliorent la qualité du fourrage grossier engrangé. Ainsi le potentiel de production laitière (PPL) du fourrage grossier peut augmenter jusqu'à 1,5 kg de lait par vache et par jour. Cette technique permet donc de réduire les dépenses pour l'achat d'aliments complémentaires, par ailleurs très onéreux. Lorsque le retourneur d'andains remplace complètement la pirouette et le giro-andaineur, les frais fixes des machines diminuent également. Par rapport à la méthode conventionnelle de préparation du fourrage, le retourneur d'andains permet d'économiser entre 95 et 150 francs par UGB et par an. Cette tech-

nique présente toutefois quelques inconvénients. Premièrement, le temps de travail nécessaire pour la préparation du fourrage est légèrement plus élevé. Deuxièmement, le séchage du fourrage serait jusqu'à 40% moins performant, sachant bien entendu que les résultats varient considérablement d'un fourrage à l'autre. Le risque météorologique étant plus élevé, le retourneur d'andains ne peut être recommandé que dans les régions où les précipitations estivales sont faibles. Il peut également être employé en complément de la technique utilisée jusqu'alors, notamment dans les exploitations qui souhaitent obtenir un fourrage de base de haute qualité et qui conservent d'importants volumes de fourrage sujet aux brisures (luzerne principalement).



Fig. 1: Retourner le fourrage au lieu de le faner? Les résultats obtenus avec le retourneur d'andains sont très prometteurs, notamment lorsque les cultures ont une forte tendance aux brisures.

Sommaire	Page
Problématique	2
Retourner et non faner le fourrage	2
Technique du retourneur d'andains	2
Essais réalisés	2
Résultats	3
Aspects techniques relatifs à la machine	7
Rentabilité	7
Evaluation globale	11

## Problématique

On ne peut s'imaginer la préparation du fourrage sans la pirouette et le giro-andaineur. Les performances élevées de la première et son efficacité en matière de séchage sont indiscutables. Mais, lorsqu'elle n'est pas utilisée correctement, elle peut causer d'importantes pertes par brisure. Des études antérieures ont montré que dans les cas extrêmes, les pertes au champ lors de la préparation du fourrage pouvaient représenter jusqu'à 20% de la récolte. Le plus important, ce ne sont toutefois pas les pertes de rendements, mais bien le fait qu'avec les pertes par brisure, ce sont les parties les plus précieuses de la plante qui restent sur la parcelle. C'est pourquoi le retourneur d'andains pourrait constituer une alternative in-

téressante au procédé traditionnel de la pirouette et du giro-andaineur, notamment dans les parcelles contenant du trèfle et des herbacées. Outre-mer, cette technique est connue depuis longtemps pour réduire les pertes lors de la conservation de la luzerne. Depuis qu'une telle machine est distribuée officiellement en Suisse, une question se pose: cette technique est-elle également adaptée aux conditions helvétiques? Au cours d'essais pratiques, différents points ont été abordés. Comment se déroule le séchage par rapport à la technique traditionnelle? Peut-on préparer du foin? A combien s'élèvent les pertes au champ? Cette technique influence-t-elle la qualité du fourrage grossier? L'emploi de cette machine est-il rentable compte tenu de ses différents avantages et inconvénients?

hydraulique à simple effet pour lever et abaisser le pick-up. Celui-ci prend le fourrage déposé en andains et le place sur un tapis roulant en caoutchouc légèrement ascendant. Le fourrage gagne ensuite un disque rotatif horizontal, équipé de dents verticales. Un râteau perpendiculaire retourne le fourrage de 180° avant de le laisser retomber sur le sol. Le réglage de la tôle de guidage (tôle pour former les andains) permet de disposer des andains de 50 à 120 cm de large suivant la quantité de fourrage. Un dispositif d'arrêt automatique stoppe l'entraînement du pick-up lorsqu'il se relève.

## Retourner et non faner le fourrage

La préparation du fourrage à l'aide du retourneur d'andains se déroule de la façon suivante: la récolte disposée en andains reste sur la parcelle après la fauche. Dès que le sol et les andains ont bien séché en surface, le retourneur d'andains entre en scène. En retournant le fourrage, il permet aux parties humides qui se trouvaient à la base de l'andain de se retrouver au sommet. Le fourrage est déplacé d'environ 1,3 m sur le côté et est donc déposé sur un sol sec. De ce fait, le sol humide situé entre les nouveaux andains peut sécher à son tour. Le deuxième et éventuellement le troisième

jour, le fourrage est retourné une nouvelle fois, voire deux fois dans la même journée, suivant les conditions de séchage. Lors de son dernier passage, la machine regroupe les andains par deux ou par trois lorsque les repousses sont limitées, de façon à obtenir un meilleur rendement pour le chargement ou le pressage.

## Technique du retourneur d'andains

Le tableau 1 présente les principales spécifications techniques. La machine est entraînée par les roues. Il suffit d'un raccord

## Essais réalisés

Au cours d'un programme de deux ans, nous avons étudié les propriétés du retourneur d'andains en mettant l'accent sur les critères suivants:

- Déroulement du séchage;
- Pertes au champ (pertes lors du ramassage et pertes par brisure);
- Qualité du fourrage conservé: taux de NEL et de PAI, cendres brutes et souillures à base de particules terreuses;
- Aspects pratiques tels que performances à la surface, formation des andains, exigences en matière de technique de fauchage, etc.

Les résultats des essais en plein champ ont également servi aux calculs de rentabilité. Les sept essais réalisés au total se sont déroulés pendant deux ans (1997 et 1998) et ont eu lieu sur deux sites différents (Boussens VD et Tänikon TG). Ils ont porté sur différents peuplements végétaux et sur les conditions météorologiques les plus

**Tab. 1: Spécifications techniques du retourneur d'andains Dion**

Fabricant	Dion Machineries, Québec, Canada	
Importateur	C. Morier, 1034 Boussens VD	
Poids	kg	890
<b>Dimensions en position transport:</b>		
Largeur	cm	292
Longueur	cm	515
Hauteur	cm	168
<b>Pick-up:</b>		
Largeur pick-up (DIN)	cm	150
Nombre de rangées de dents		6
Distance entre les dents	cm	80
Réglage du pick-up en hauteur		Patins; trois positions
Largeur des andains	cm	50-120
Ecartement des roues	cm	150
Pneus		23 x 8,5-12 Terra
Entraînement		Entraînement par les roues
Attelage au tracteur		Crochet d'attelage
Raccordements hydrauliques tracteur		1, à simple effet
Prix (TVA comprises)	Fr.	12 090.-



*Fig. 2: Le peigne placé au-dessus du pick-up pour retenir le fourrage a pour but de disposer ce dernier régulièrement et avec ménagement sur le tapis roulant.*

**Tab. 2: Vue d'ensemble des essais effectués avec le retourneur d'andains**

Essai	Date	Lieu	Peuplement	Coupe	Utilisation	Rendement dt MS/ha	Temp. moyenne 24h °C	Temp. maximale °C	Humidité rel. en % Minimum	Conditions de séchage
1	13.-15.5.97	Tänikon	Prairie temporaire	1	Ensilage	38,3	14,6	26,3	52	Moyennement bonnes
2	8.-10.7.97	Tänikon	Prairie permanente	2	Fourrage sec	32,9	17,1	24,4	46	Relativement bonnes
3	15.-16.7.97	Boussens	Prairie temporaire	2	Ensilage	33,3	20,0	28,2	43	Bonnes
4	15.-16.7.97	Boussens	Mélange luzerne ray-grass	2	Ensilage	42,7	20,0	28,2	43	Bonnes
5	19.-21.8.97	Boussens	Prairie temporaire	3	Fourrage sec	28,2	19,8	27,9	34	Très bonnes
6	19.-21.8.97	Boussens	Mélange luzerne ray-grass	3	Fourrage sec	29,1	19,8	27,9	34	Très bonnes
7	10.-11.8.98	Boussens	Prairie permanente	2	Fourrage sec	17,2	24,5	34,2	25	Extrêmement bonnes

diverses (tab. 2). En ce qui concerne le séchage, le but était de rentrer du fourrage contenant au moins 35% de matière sèche pour l'ensilage préfané et au moins 65% pour le fourrage sec (foin séché en grange). Une variante utilisant la technique conventionnelle de la pirouette et du giro-andaineur a servi de référence dans tous les essais. Comme dans la pratique, le nombre de passages de la pirouette a été adapté aux conditions météorologiques et au rendement. A Tänikon, on a utilisé une faucheuse à tambours en montage frontal (largeur de travail de 3 m) combinée avec un conditionneur à fléaux aux trois points arrière, tandis qu'à Boussens, le choix a porté sur une faucheuse à disques tractée (largeur de travail de 2,4 m) équipée d'un conditionneur à rouleaux intégré.

Des échantillons ont été prélevés sur la parcelle environ toutes les trois heures pour évaluer l'évolution du séchage. Les mesures des pertes au champ ont été effectuées selon la méthode de l'aspirateur. Quant aux analyses nécessaires pour déterminer les teneurs du fourrage en éléments nutritifs, elles ont été réalisées à la RAP, à Posieux.

## Résultats

### Retards de séchage

- Avec le retourneur d'andains, le séchage du fourrage est nettement plus lent qu'avec la pirouette traditionnelle. Sui-

vant les conditions de séchage, le peuplement végétal et la fréquence des opérations, le séchage peut accuser un retard allant jusqu'à 40%. Pour le même nombre de passages, la différence représente entre 50 et 70 unités SDS (somme des déficits de saturation) dans le cas de l'ensilage (ensilage préfané avec 35 à 40% MS) et 75 à 130 unités SDS dans le cas du fourrage sec (Fig. 3 et 4). Pour l'ensilage, il faut compter entre 3 et 6 heures de plus pour le séchage et pour le fourrage sec entre 6 à 10 heures supplémentaires, pour arriver à un degré de séchage similaire. C'est pourquoi pour la production du foin, il faut prévoir environ un jour à un jour et demi de séchage en plus, même lorsque les conditions sont favorables.

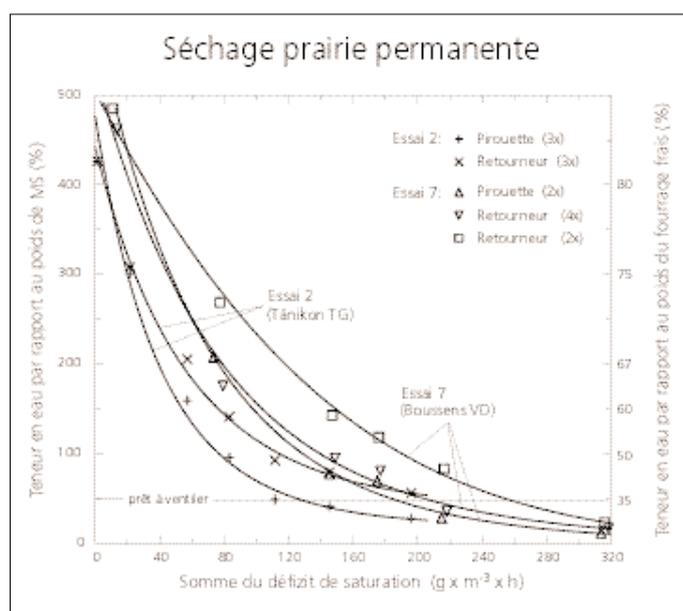


Fig. 3: Courbes de séchage pour la production de fourrage sec dans des prairies permanentes dans des conditions favorables (essai 2) et très favorables (essai 7). Rendements: 33 dt MS/ha (essai 2) et 17,5 dt MS/ha (essai 7). Retourner le fourrage fréquemment améliore le séchage avec le retourneur d'andains, dans la mesure où les conditions de séchage sont favorables.

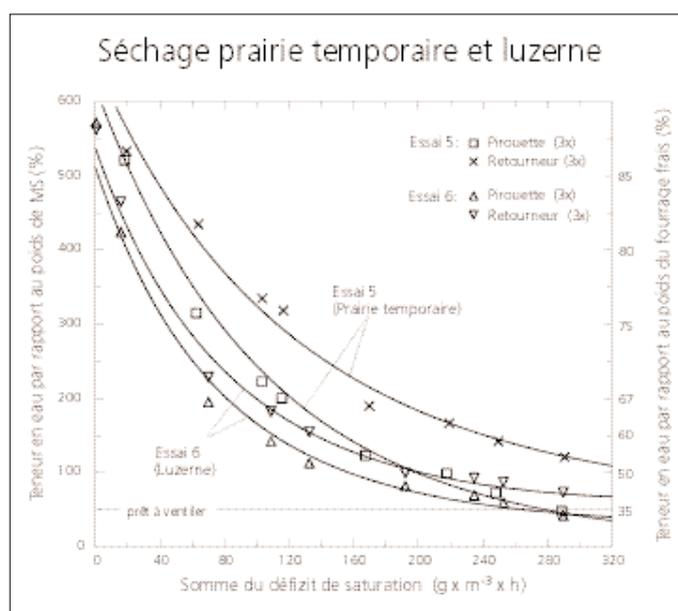


Fig. 4: Courbes de séchage pour la production de fourrage sec dans une prairie temporaire avec 50% de trèfle et 28 dt MS/ha (essai 5) et un mélange de luzerne et de ray-grass avec 80% de luzerne et 29 dt MS/ha (essai 6); conditions de séchage favorables. Les résultats de séchage obtenus avec le retourneur d'andains sont nettement meilleurs dans la luzerne que dans la prairie à base de trèfles.



Fig. 5: La qualité des andains réalisés lorsque le fourrage est retourné influence considérablement le séchage du fourrage. Tandis que la luzerne, de structure relativement grossière, ne pose quasiment aucun problème de ce point de vue (photo de gauche), le trèfle jeune donne des andains beaucoup plus irréguliers, surtout lorsque la machine n'est pas bien réglée (photo de droite).

- Le type de fourrage et l'âge du peuplement végétal influencent considérablement les résultats obtenus avec le retourneur d'andains. Le séchage se déroule de manière particulièrement défavorable dans les prairies temporaires qui sont physiologiquement jeunes et qui comportent un pourcentage relativement élevé de trèfles. En revanche, dans les prairies permanentes et notamment dans les champs de luzerne, les résultats sont nettement meilleurs (Fig. 4). Dans les prairies temporaires et dans les prairies permanentes à fertilisation normale, le séchage prend 25 à 40% de retard par rapport au procédé traditionnel de préparation du fourrage. Dans les champs de luzerne et les prairies permanentes maigres, le retard est de 15 à 20%. Du point de vue du séchage, il est très défavorable d'exploiter le fourrage avant les stades 3 à 4 (prairies temporaires) ou avant l'épiaison (prairies permanentes).
- Les résultats moyens en matière de séchage sont en partie liés à la machine. Lorsque le fourrage est jeune et peu structuré, il est difficile de régler la machine pour que les andains soient déposés régulièrement en long. Lorsque des gros tas se forment au moment de la mise en andains, les plantes ne peuvent que difficilement évacuer l'eau qu'elles renferment. En revanche, ce phénomène n'a pas été observé dans la luzerne, de structure relativement grossière. Le séchage s'est déroulé d'autant plus régulièrement et plus rapidement (Fig. 5). Toutefois, depuis la fin des essais, ces problèmes techniques ont été améliorés.
- Le moment choisi pour le passage du retourneur d'andains et la fréquence de

ses passages exercent également une influence considérable sur le séchage. Lorsque les conditions sont favorables, on peut accélérer le séchage en retournant fréquemment les andains (Fig. 3, essai 2). Il faut malgré tout que ces opérations aient lieu au bon moment. On a constaté qu'il fallait attendre au minimum trois heures après la fauche avant de retourner les andains pour la première fois et que le dernier passage de l'après-midi devait s'effectuer au plus tard vers 16 heures.

- En général, l'utilisation d'un conditionneur lors de la fauche se répercute de manière positive sur le travail du retourneur d'andains. Comme le montre

l'essai réalisé dans une prairie permanente (Fig. 6), un conditionnement relativement important accélère le séchage par rapport à un conditionnement modéré. Les conditionneurs à rouleaux conviennent mieux pour le retourneur d'andains que les conditionneurs à dents et à fléaux. Dans les peuplements végétaux physiologiquement jeunes, qui présentent un fort pourcentage de trèfles et d'herbacées, il est recommandé de renoncer au conditionneur lors de la fauche.

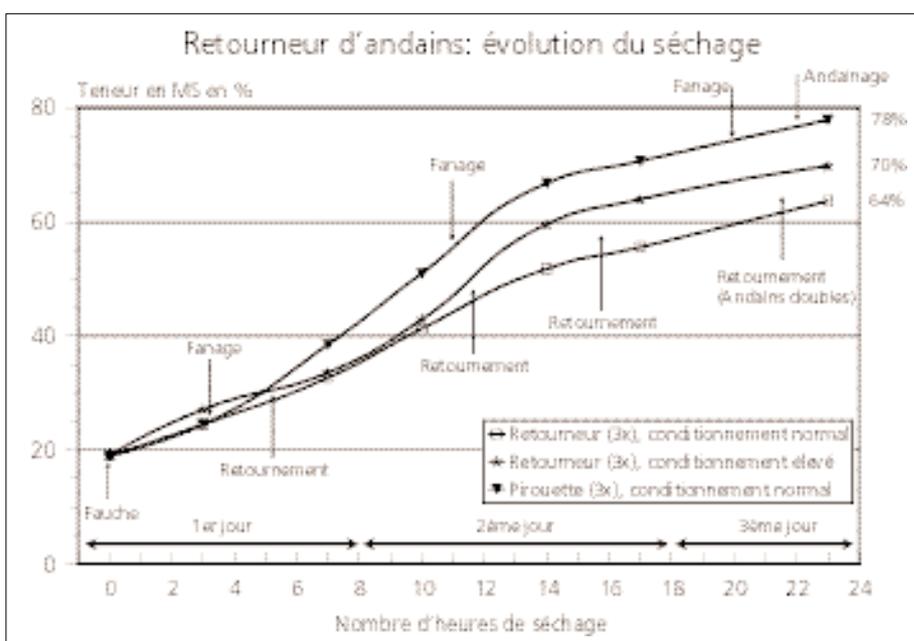


Fig. 6: Déroulement du séchage du fourrage sec dans une prairie permanente, 2ème coupe avec 33 dt MS/ha (essai 2). Le conditionnement plus important du fourrage a permis d'accélérer le séchage avec le retourneur d'andains.

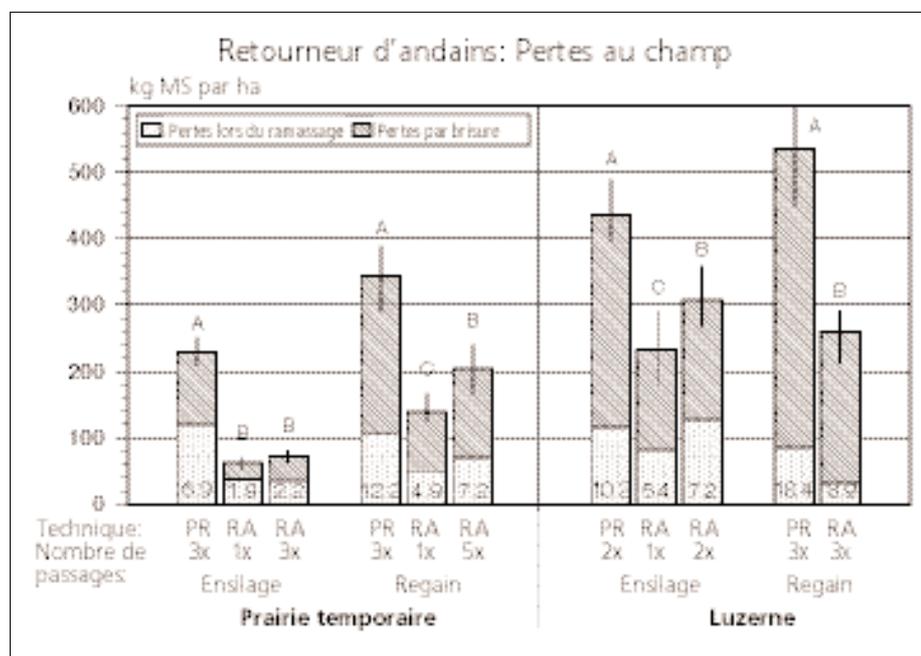


Fig. 7: Pertes lors du ramassage et pertes par brisure avec le retourneur d'andains et la technique conventionnelle. PR = pirouette et giro-andaineur, RA = retourneur d'andains. Résultats d'un essai parallèle dans une prairie temporaire riche en trèfles et dans un champ de luzerne. Ensilage = essais 3 et 4 (juillet 1997), regain = essais 5 et 6 (août 1997). Les procédés dont les lettres ne sont pas similaires sont significativement différents (p = 0,01). Les valeurs figurant dans les colonnes représentent le pourcentage de pertes en relation avec le rendement lors du fauchage.

### Pertes au champ plus réduites

Les pertes au champ enregistrées, converties en kilogrammes de matière sèche par hectare, sont représentées au tableau 3 et à la figure 7. Les chiffres montrent clairement l'effet positif du retourneur d'andains et de la manière dont il ménage le fourrage. Dans les sept essais, les pertes sont nettement plus réduites qu'avec les procédés traditionnels de préparation du fourrage utilisant la pirouette. Les différences sont d'ailleurs statistiquement

significatives. Suivant le peuplement végétal et l'utilisation qui en est faite, le retourneur d'andains permet de réduire les pertes de 30 à 70% par rapport à la pirouette (52% en moyenne). Lorsque les andains sont retournés fréquemment, les pertes par brisure n'augmentent que légèrement (Fig. 7). Le retourneur d'andains a prouvé son efficacité même dans la luzerne, qui est pourtant très sensible aux brisures et dans laquelle plus de 18% de la récolte restait sur la parcelle après trois passages de la pirouette. Certes, les résultats du retourneur d'andains ont été

quelque peu favorisés par les teneurs nettement plus réduites en MS lors du ramassage du fourrage provenant des prairies à base de trèfles notamment (tab. 3). En moyenne de tous les essais et par rapport au rendement, le pourcentage de pertes s'élevait à peine à 6% pour le retourneur d'andains, contre 12% pour la technique conventionnelle. La comparaison entre les rendements corrigés des pertes montre que le retourneur d'andains permet d'obtenir des rendements 4 à 8% supérieurs.

### Teneurs plus élevées du fourrage en éléments nutritifs

On peut s'attendre à ce que les pertes au champ moins importantes influencent non seulement le rendement, mais aussi la teneur du fourrage grossier en éléments nutritifs. Des études antérieures avaient déjà montré que le fourrage perdu par brisure était nettement plus riche en éléments nutritifs que le fourrage mis en andains. Les présents essais n'ont fait que confirmer cet état de fait. Le retourneur d'andains permet d'obtenir des teneurs nettement plus élevées en NEL et PAI que la technique traditionnelle (tab. 4). L'amélioration des teneurs en éléments nutritifs s'est avérée particulièrement marquante dans les deux essais réalisés dans la luzerne. Avec le retourneur d'andains, le potentiel de production laitière (PPL) calculé à partir des teneurs en NEL est supérieur d'1 kg par jour dans le cas d'une ration d'ensilage et d'1,5 kg par jour dans le cas d'une ration de foin. Si l'on tient compte également du rendement supplémentaire, on obtient une hausse de 760 litres de lait (ensilage), ou de 1180 litres (foin), selon le taux de PAI par hectare (tab. 4). Comme

Tab. 3: Pertes au champ pour les différents procédés de préparation du fourrage (pirouette et giro-andaineur, retourneur d'andains). Relevés effectués à partir de cinq essais; 6-12 mesures par procédé.

Peuplement végétal	Utilisation	Rendement dt MS/ha	Procédé <sup>1)</sup>	Teneur en MS au ramassage en %	Pertes kg MS/ha	Ecart-type	Diff. significative p=0,01 <sup>2)</sup>
Prairie permanente avec 80% de graminées 2ème coupe	Foin	32,9	PR, GA (faner 3x)	78	344	35,3	oui
			RA (retourneur 3x)	67	155	20,7	
Prairie temporaire avec 40% de trèfles 2ème coupe	Ensilage	33,3	PR, GA (faner 3x)	46	229	12,0	oui
			RA (retourneur 3x)	30	68	8,0	
Prairie temporaire avec 50% de trèfles 3ème coupe	Foin	28,2	PR, GA (faner 3x)	77	343	40,6	oui
			RA (retourneur 3-5x)	53	172	40,4	
Luzerne avec 20% de ray-grass 2ème coupe	Ensilage	42,7	PR, GA (faner 2x)	53	436	38,3	oui
			RA (retourneur 1-2x)	47	270	55,4	
Luzerne avec 20% de ray-grass 3ème coupe	Foin	29,1	PR, GA (faner 3x)	73	535	63,4	oui
			RA (retourneur 3x)	62	261	42,0	

<sup>1)</sup> PR, GA = pirouette et giro-andaineur      RA = retourneur d'andains  
<sup>2)</sup> Différence significative avec une probabilité d'erreur de 1%

Tab. 4: Teneurs du fourrage en éléments nutritifs (coupe, ramassage et conservation) et répercussions sur le potentiel de production laitière (PPL). Valeurs tirées de 7 essais.

Conservation/Procédés	Teneur en MS lors du ramassage en %	Rendement en MS		Teneur de la MS			PPL par jour selon NEL <sup>2)</sup> kg	PPL par ha selon PAI kg
		lors de la fauche dt MS/ha	lors du ramassage dt MS/ha	NEL MJ/kg	PAI g/kg	PAI <sup>1)</sup> g/kg		
<b>A. Ensilage (3 essais)</b>								
Peuplement initial	–	38,1		5,9	100			
Pirouette, giro-andaineur	45		34,7	5,5	91	77	16,1	4328
Retourneur d'andains	37		36,1	5,7	97	81	17,1	5088
<b>B. Foin (4 essais)</b>								
Peuplement initial	–	26,9		6,2	109			
Pirouette, giro-andaineur	79		23,0	5,8	99	90	17,6	4223
Retourneur d'andains	66		24,9	6,1	105	96	19,1	5402

<sup>1)</sup> Teneur de l'ensilage ou du foin (balles) en PAI

<sup>2)</sup> Pour une consommation de 16 kg de MS par vache et par jour en phase de production

les échantillons prélevés sur les andains dans la parcelle présentent des teneurs plus élevées que le fourrage conservé, les valeurs de PAI ont été corrigées en fonction avant de calculer le potentiel de production laitière (PPL).

Les chiffres indiqués dans la figure 8 permettent d'évaluer si le retourneur d'andains influence également le degré de souillure du fourrage engrangé. Le taux de particules terreuses permet d'évaluer le degré de souillure du fourrage. La valeur de référence est de 10 g par kg de MS. Au-delà, le fourrage est considéré comme souillé. Sur cinq des sept essais réalisés, le

taux de particules terreuses était nettement plus bas avec le retourneur d'andains qu'avec la pirouette et le giro-andaineur classiques. Si l'on effectue une moyenne des sept essais, on constate que l'utilisation du retourneur d'andains permet de réduire sensiblement le taux de souillure du fourrage, comme l'atteste la figure 8. Même l'augmentation du nombre des passages n'augmente que modérément les souillures du fourrage. Les résultats ne sont toutefois pas statistiquement significatifs.

### Performances inférieures à la surface

Avec le retourneur d'andains, les performances à la surface dépendent principalement de la largeur de travail du dispositif de coupe et, en conséquence, du nombre d'andains par surface. En outre, la vitesse d'avancement joue également un rôle. Une vitesse de 6 à 8 km/h est optimale pour que les andains puissent être retournés correctement. Lorsque la disposition des parcelles est favorable, il est également possible d'atteindre des vitesses de 13 km/h. Ainsi, lorsque la largeur de coupe est de 2,4 m et la vitesse de 8 km/h, les performances du retourneur d'andains s'élèvent environ à 1,1 ha/h. Lorsque le dispositif de coupe présente 3 m de large,

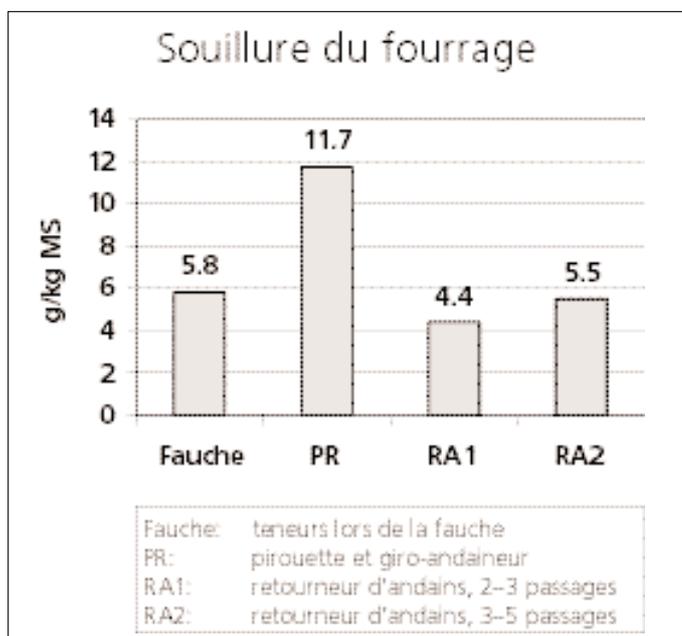


Fig. 8: Teneurs du fourrage en particules terreuses lors de la fauche et du ramassage avec la pirouette et le retourneur d'andains. Moyennes calculées à partir de 7 essais. Si la teneur est inférieure à 10 g/kg MS, soit 1%, le fourrage peut encore être considéré comme propre.



Fig. 9: La roue-soleil placée devant le pick-up empêche que les pertes soient trop importantes lors du ramassage, lorsque les andains présentent plus de 120 cm de large.

ces performances montent à 1,5 ha/h. Lors du dernier passage, lorsque les andains sont regroupés par deux, on peut atteindre environ 2 ha/h. A titre de comparaison, pour le fanage (pirouette avec une largeur de travail de 5 m), les performances à la surface sont de 1,8 ha/h. Dans le cas de l'andainage avec une andaineuse à une toupie (largeur de travail de 3 m), on peut réaliser 1,2 ha/h et avec une andaineuse à deux toupies 2,5 ha/h. Sur des parcelles petites et mal disposées, avec un dispositif de coupe étroit, le temps nécessaire pour retourner les andains est important. Dans de tels cas, il est recommandé de regrouper les andains dès le deuxième passage pour améliorer les performances lors des prochains passages.

### Aspects techniques relatifs à la machine

La mise en pratique du procédé a révélé les points suivants:

- **Organe de ramassage:** le pick-up du retourneur d'andains a été conçu pour une hauteur de coupe relativement élevée. Lorsque la fauche était effectuée avec une faucheuse à tambours réglée assez bas (hauteur des chaumes de 4 cm), le retourneur d'andains n'arrivait pas à ramasser proprement le fourrage sur le sol. Or, si l'on ne veut pas renoncer à une coupe rase, il est possible de modifier le pick-up en conséquence. La meilleure solution consiste à régler le dispositif de coupe de façon à avoir des chaumes d'au moins 6 cm de haut.
- **Dépôt des andains:** lorsque le fourrage retourné est jeune et peu structuré, la qualité des andains n'est pas satisfaisante. Même lorsque la machine était parfaitement réglée, il n'a pas été possible de former des andains réguliers en longueur sur de telles parcelles. Entre-temps, l'importateur a apporté quelques modifications à la machine (peigne permettant de retenir le fourrage sur le pick-up, régime plus élevé du disque rotatif, modification de la tôle de guidage), ce qui fait que le séchage devrait être plus performant y compris dans les peuplements végétaux problématiques.
- **Roue-soleil:** les andains de plus de 100 cm de large sont avantageux pour le séchage lorsque les rendements sont importants. Comme la largeur maximale de ramassage du pick-up est de 130 cm, il est recommandé de monter une roue-soleil à titre d'équipement supplé-

mentaire. Cette technique permet d'éviter des pertes inutiles au niveau du ramassage.

- **Pneus:** ils sont relativement étroits. Lorsque les sols sont humides à détremés, la roue gauche (si l'on considère la machine dans le sens de la marche) peut laisser des traces, car l'essieu se trouve à droite du centre de gravité de la machine. C'est pourquoi il est conseillé de prévoir des pneus plus larges pour la roue gauche, ce qui est le cas sur les modèles proposés actuellement.
- **Utilisation sur des terrains en pente:** le retourneur d'andains n'a été utilisé que sur des terrains plats ou légèrement pentus. Etant donné la répartition inégale du poids sur l'essieu et la faible garde au sol, l'utilisation de la machine sur des terrains en pente devrait s'avérer problématique.
- **Conduite sur route:** comme le timon d'attelage est fixé à droite du centre de la machine (si l'on considère l'attelage dans le sens de la marche) et que la largeur totale est proche de 3 m, la circulation sur routes n'est pas sans danger. Il serait donc utile d'équiper la machine d'un simple timon pivotant de manière à pouvoir placer l'attelage au centre pour la circulation sur routes. L'autre possibilité consiste à équiper le tracteur

d'un dispositif d'attelage, modulable latéralement via un mécanisme hydraulique.

### Rentabilité

Notre évaluation du retourneur d'andains nous a conduit à étudier la rentabilité, les frais de machines et - dans la mesure où on peut les quantifier - les aspects qualitatifs (pertes au champ, qualité du fourrage). Pour ce faire, deux procédés ont été comparés:

1. La technique conventionnelle: fauche avec conditionneur – fourrage fané et retourné avec pirouette – giro-andaineur – chargement avec autochargeuse.
2. La technique du retourneur d'andains: fauche avec conditionneur – fourrage retourné avec retourneur d'andains – chargement avec autochargeuse.

Les calculs portent sur des troupeaux de 20 et 40 unités gros bétail (UGB). En outre, deux rations de fourrage grossier différentes ont été sélectionnées pour les besoins de la comparaison:

- ration 1: fourrage séché en grange uniquement

Tab. 5: Nombre de passages, pertes au champ et différences de qualité du fourrage grossier pour les deux procédés

Type de fourrage grossier Procédés	Fourrage séché en grange		Ensilage d'herbe	
	Pirouette	Retourneur	Pirouette	Retourneur
<b>Opérations:</b>				
Faucher, conditionner	1 x	1 x	1 x	1 x
Faner ou retourner	4 x	5 x	2 x	3 x
Andainer	1 x	–	1 x	–
Total des passages	6 x	6 x	4 x	4 x
<b>Pertes:</b>				
Pertes au champ: travailler et ramasser	16,7%	7,8%	9,9%	5,6%
Pertes au champ, pertes à la conservation et pertes de crèches <sup>1)</sup>	20,2%	13,6%	15,3%	11,8%
<b>Différence de qualité du fourrage grossier:</b>				
Teneur en NEL		+ 0,17 MJ/kg MS		+ 0,1 MJ/kg MS
Teneur en PAI		+ 6 g/kg MS		+ 6 g/kg MS

<sup>1)</sup> 5% de pertes liées à la conservation et 2% de pertes de crèches

Tab. 6: Temps de travail nécessaire pour la fauche, la préparation, le ramassage et le déchargement du fourrage conservé pour 20 UGB et 165 jours d'affouragement hivernal

Ration	Foin séché en grange		Ensilage d'herbe et foin séché en grange	
	Pirouette	Retourneur	Pirouette	Retourneur
Total	155 MOh	169 MOh	90 MOh	97 MOh
par UGB	7,8 MOh	8,5 MOh	4,5 MOh	4,9 MOh

- ration 2: affouragement combiné avec environ 65% d'ensilage d'herbe et 35% de foin (séché en grange).

Les calculs n'ont pas tenu compte de la distribution d'ensilage de maïs. Enfin, on considère que l'affouragement hivernal dure 165 jours.

Les points suivants ont été pris en compte dans l'évaluation:

- Frais de machines directement attribuables: frais fixes et variables;
- Compensation des différences de qua-

lité du fourrage grossier par des aliments complémentaires;

- Valorisation des surfaces de récolte non utilisées suite aux différentes pertes au champ, par la vente du fourrage grossier sur pied à partir de la parcelle.

Les calculs sont basés sur le budget de travail et les éléments de frais occasionnés par les matériels agricoles, FAT 2000.

## Temps de travail plus élevé

Le tableau 6 indique le temps de travail nécessaire pour les deux procédés de production de fourrage grossier, dans une exploitation de 20 UGB. Le temps de travail comprend la fauche, la préparation, le ramassage et le déchargement du fourrage. Le tableau 5, quant à lui, indique le nombre d'opérations nécessaires pour la préparation et la conservation du fourrage. Le temps de travail nécessaire, opérations de préparation et temps de trajet compris, s'élève à 0,9 MOh/ha pour la piroquette avec une largeur de travail de 5 m, et à 1 MOh/ha pour le giro-andaineur. Le retourneur d'andains, lui, demande 1,25 MOh/ha, sachant que le temps de travail nécessaire pour le dernier passage (mise en andains doubles) est nettement plus réduit. Etant donné les performances à la surface plus faibles pour le retourneur d'andains, le temps de travail pour la production de fourrage augmente de 0,4 à 0,7 MOh/ha par UGB suivant le type de ration (tab. 6). Si l'on convertit ces valeurs à un effectif de 20 UGB, le temps de travail nécessaire augmente de 7 (ration combinée) à 14 MOh (ration contenant 100% de fourrage sec).

**Tab. 7: Machines sélectionnées et valeurs à neuf pour la comparaison des procédés «Préparation du fourrage avec la piroquette et avec le retourneur d'andains»**

Ration 1 = foin séché en grange, ration 2 = ensilage d'herbe et foin séché en grange

	Mode de propriété <sup>1)</sup>	Valeur à neuf Fr.	Piroquette		Retourneur d'andains	
			Ration 1	Ration 2	Ration 1	Ration 2
<b>Fauche et préparation:</b>						
Conditionneur, 2,1 à 2,8 m	P	15 000.-				
Piroquette, 5 m	P	9 800.-				
Giro-andaineur, 3 m	P	5 000.-				
Retourneur d'andains	P	12 000.-				
<b>Ramassage et déchargement:</b>						
Autochargeuse 10-20 m <sup>3</sup>	P	28 000.-				
Souffleuse (électricité comprise)	P	8 800.-				
Dispositif de coupe courte pour l'autochargeuse	P	3 800.-				
Autochargeuse avec rouleaux-doseurs 10-20 m <sup>3</sup>	L	43 000.-				
Tracteur compacteur avec chargeur frontal	E	89 000.-				
<b>Tracteurs pour la récolte et le ramassage:</b>						
Tracteur, 4 roues motrices, 41 kW	P	55 000.-				
Tracteur, 4 roues motrices, 50 kW	P	63 000.-				
<b>Total des valeurs à neuf en Fr. par exploitation<sup>2)</sup></b>			<b>38 600.-</b>	<b>42 400.-</b>	<b>35 800.-</b>	<b>39 600.-</b>

<sup>1)</sup> P = propriété L = location E = entreprise de travaux agricoles

<sup>2)</sup> Sans autochargeuse, ni tracteurs

## Frais de machines moindres

Les outils et les tracteurs nécessaires pour la récolte de fourrage sont présentés au tableau 7 avec leur valeur à neuf. Seuls les frais de machines directement attribuables sont importants pour la comparaison. Ils comprennent les secteurs suivants: fauche, préparation, ramassage et déchargement du fourrage. Un tas de foin a été prévu pour le fourrage sec et pour l'ensilage préfané, un silo-couloir. Le foin séché en grange est stocké à l'aide d'une autochargeuse et d'une souffleuse polyvalente. Quant à l'ensilage d'herbe, il est stocké à l'aide de l'autochargeuse de l'exploitation, d'une autochargeuse-doseuse prise en location et d'un tracteur compacteur appartenant à une entreprise de travaux agricoles. Quelle que soit la taille de l'exploitation étudiée, la mécanisation utilisée était la même. En ce qui concerne l'autochargeuse et les tracteurs appartenant à l'exploitation, seuls les frais variables ont été calculés. Pour les autres machines disponibles sur l'exploitation, les frais fixes ont été pris en compte. Ne sont toutefois pas compris les frais des bâtiments, car on suppose que ces machines n'ont pas nécessité la construction de remises supplé-

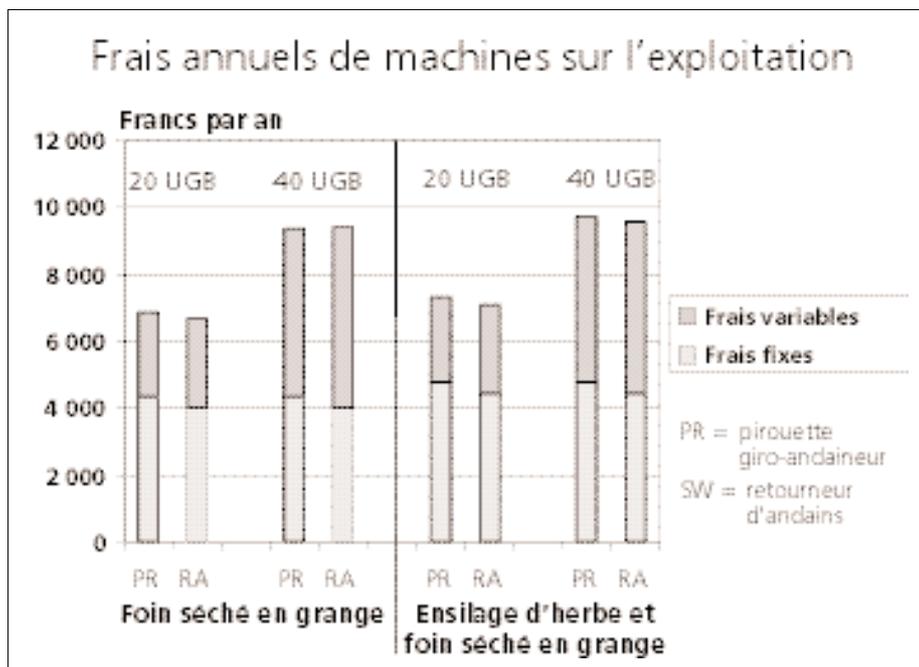


Fig. 10: Frais de machines, variables et fixes, directement attribuables, de la fauche jusqu'au déchargement compris, en francs, par an et par exploitation. PR = piroquette et giro-andaineur, RA = retourneur d'andains.

mentaires. Les frais d'entretien des machines n'ont pas non plus été pris en compte, sachant que de tels travaux peuvent être accomplis pendant des périodes creuses.

Comme avec le retourneur d'andains, il n'est plus nécessaire d'acheter une pirouette et un giro-andaineur, l'investis-

sement se trouve réduit de 3800 francs (tab. 7). Cette économie se répercute sur les frais fixes directement attribuables. Par rapport à la technique conventionnelle, les frais de machines annuels pour 20 UGB diminuent de 148 francs (100% de fourrage séché en grange) ou de 246 francs (affouragement combiné). Lorsque l'exploitation compte 40 UGB, la différen-

ce se fait au profit de la technique conventionnelle pour la ration composée de fourrage séché en grange (18 francs d'économie) et au profit du retourneur d'andains dans le cas de l'affouragement combiné (179 francs d'économie) (Fig. 10).

## Des pertes inférieures, des teneurs supérieures

Le retourneur d'andains ménage le fourrage. Les pertes sur la parcelle sont donc plus réduites en quantités. Les valeurs indiquées au tableau 5 pour les pertes au champ se basent sur des mesures effectuées lors d'essais en plein champ. Les pertes totales comprennent, outre les pertes au champ, 5% de pertes de conservation et 2% de pertes de crèches.

Les pertes par brisure nettement plus réduites contribuent non seulement à augmenter le rendement de récolte, mais améliorent également la qualité du fourrage conservé, car le pourcentage de restes végétaux de qualité élevée demeurant sur la parcelle est moins important. Avec le retourneur d'andains, les teneurs du fourrage sec augmentent de 0,17 MJ NEL et de 6 g PAI, celles de l'ensilage préfané de 0,1 MJ NEL et de 6 g PAI par kg de matière sèche (tab. 5). Ces valeurs sont également le produit d'une moyenne effectuée à partir de plusieurs essais. Dans le cas de l'ensilage, une certaine incertitude subsiste tout de même. En effet, les échantillons qui ont servi à déterminer les teneurs n'ont pas été prélevés sur le produit final (ensilage), mais sur la parcelle au moment du chargement.

**Tab. 8: Surface nécessaire à la conservation du fourrage compte tenu des pertes au champ et du besoin de concentrés des deux procédés.**

Valeur de l'herbe sur pied à partir de la parcelle: Fr. 250.– par ha

Ration Effectif	Surface de fourrage grossier nécessaire en ha			
	Foin séché en grange		Ensilage d'herbe et foin séché en grange	
	20 UGB	40 UGB	20 UGB	40 UGB
Pirouette	17,6	35,2	11,6	23,2
Retourneur d'andains	16,9	33,8	11,4	22,8
Différence	0,7	1,4	0,2	0,4
Produit par exploitation Produit par UGB	Produit de la vente de fourrage en francs			
	175.–	350.–	50.–	100.–
	8.75	8.75	2.50	2.50

**Tab. 9: Fourrage de compensation nécessaire <sup>1)</sup> et coûts supplémentaires en résultant, par UGB, pour la technique conventionnelle, sur la base des teneurs plus réduites du fourrage grossier en NEL et PAI**

Ration	Besoins en aliments vaches laitières		Coût d'aliments vaches laitières	
	kg/jour	kg/165 jours	Fr./165 jours	Fr. pour 76% <sup>2)</sup>
<b>100% de foin séché en grange</b>				
Compensation en NEL	0,66	108,9	100.–	76.–
Compensation en PAI	1,18	194,7	179.–	136.–
<b>65% d'ensilage d'herbe et 35% de foin séché en grange</b>				
Compensation en NEL	0,32	52,8	49.–	37.–
Compensation en PAI	0,77	127,1	117.–	89.–

<sup>1)</sup> Fourrage de compensation: aliments vaches laitières avec 21% PB et un prix de Fr. 92.-/dt

<sup>2)</sup> Pourcentage de vaches en lactation pendant la période d'hiver

**Tab. 10: Frais déterminants et temps de travail nécessaire par UGB et par an**

Taille de l'exploitation Ration de fourrage grossier	20 UGB				40 UGB				
	Foin séché en grange		Ensilage d'herbe et foin séché en grange		Foin séché en grange		Ensilage d'herbe et foin séché en grange		
Procédé	Pirouette	Retourneur d'andains	Pirouette	Retourneur d'andains	Pirouette	Retourneur d'andains	Pirouette	Retourneur d'andains	
<b>Frais:</b>									
Aliments vaches laitières	Fr.	136	89		136		89		
Machines, directement attribuables	Fr.	343	336	367	354	235	235	244	239
Total intermédiaire	Fr.	479	336	456	354	371	235	333	239
<b>Produit des surfaces de fourrage grossier excédentaires:</b>									
Vente du fourrage sur pied à partir de la parcelle	Fr.		9	3		9		3	
<b>Frais épurés</b>	<b>Fr.</b>	<b>479</b>	<b>327</b>	<b>456</b>	<b>351</b>	<b>371</b>	<b>226</b>	<b>333</b>	<b>236</b>
Différence par rapport au procédé utilisant la pirouette	<b>Fr.</b>		<b>-152</b>		<b>-105</b>		<b>-145</b>		<b>-97</b>
<b>Temps de travail nécessaire:</b>									
Total de la fauche à la mise en grange	MOh	<b>7,8</b>	<b>8,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,9</b>	<b>7,8</b>	<b>8,5</b>	<b>4,2</b>	<b>4,6</b>
Différence par rapport au procédé utilisant la pirouette	MOh		<b>+0,7</b>		<b>+0,4</b>		<b>+0,7</b>		<b>+0,4</b>

### Surface nécessaire pour le fourrage grossier

Etant donné les pertes au champ plus réduites avec le retourneur d'andains, la surface nécessaire en fourrage grossier par animal est également moins importante, c'est-à-dire que l'agriculteur produit du fourrage en excédent. Pour un effectif de 20 UGB, la différence est de 0,7 hectares dans le cas d'affouragement exclusif avec du foin séché en grange et de 0,2 hectares dans le cas d'une ration combinée (tab. 8). Ce calcul tient compte des pertes au champ ainsi que de la consommation plus réduite de fourrage grossier liée à la distribution d'aliments de compensation. Comment utiliser ces surfaces en surplus? Cela dépend des exploitations. Si l'on part du principe que le fourrage en excédent est vendu sur pied à partir de la parcelle, l'agriculteur peut en tirer 8,75 francs par UGB (ration à base de fourrage séché en grange) et 2,50 francs par UGB (ration combinée) pour une valeur sur le marché de 250 francs par hectare de coupe (tab. 8).

### Compensation de la qualité du fourrage de base

Le fourrage préparé avec le retourneur d'andains présente des teneurs plus élevées en énergie et en protéines. Pour obtenir la même qualité de fourrage avec le procédé conventionnel, il faut donner en plus aux animaux des aliments vaches laitières. Lorsque les animaux reçoivent des aliments vaches laitières, la consommation de fourrage grossier diminue. Pour un apport d'un kilo d'aliments vaches laitières, les animaux consomment 0,5 kg de MS de fourrage grossier en moins. La baisse de la consommation de fourrage grossier se répercute sur le besoin de surface de conservation et sur les frais des machines. Etant donné la teneur du fourrage grossier, c'est au niveau des PAI que les carences sont les plus importantes. Pour la ration composée de fourrage séché en grange, il faut compter 1180 g d'aliments vaches laitières par jour pour compenser (tab. 9). Si l'on part du principe que 76% des vaches sont en période de lactation pendant l'affouragement hivernal, les coûts supplémentaires s'élèvent à 136 francs par UGB à raison de 92 francs les 100 kg d'aliments vaches laitières. Pour la ration combinée, les coûts supplémentaires se montent à 89 francs par UGB pour un besoin journalier de 770 g d'aliments vaches laitières (tab. 9).

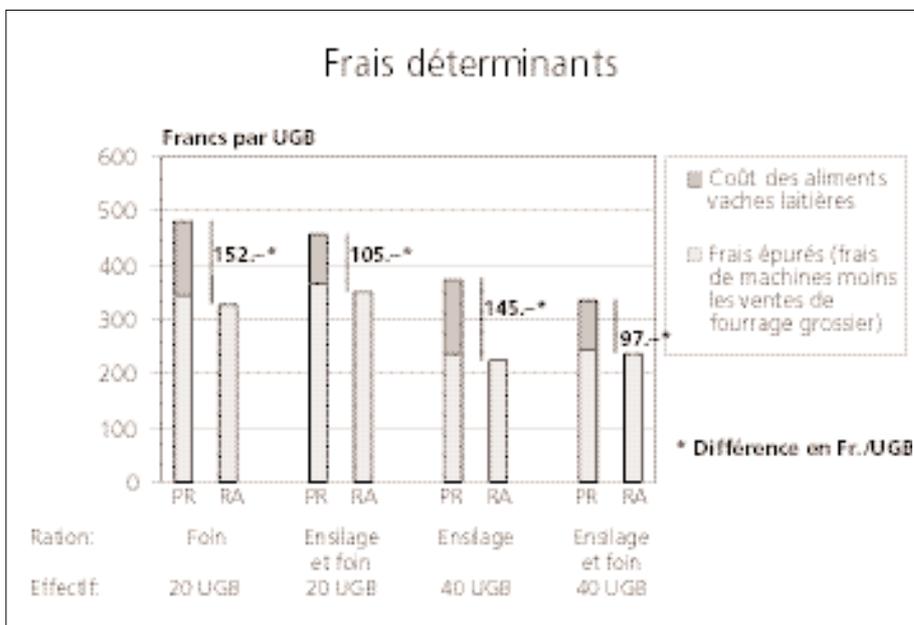


Fig. 11: Frais déterminants en francs par UGB, pour deux tailles d'exploitations et deux rations de fourrage grossier. Sont pris en compte: les frais de machines directement attribuables, les frais d'aliments vaches laitières et le produit de la vente du fourrage grossier non utilisé.

Tab. 11: Adéquation du retourneur d'andains à la préparation du fourrage par rapport à la technique traditionnelle

Retourneur d'andains: vue d'ensemble des avantages et des inconvénients				
Critères	Inconvénient		Avantage	
	Significatif	Faible-moyen	Faible-moyen	Significatif
Séchage				
Pertes au champ				
Souillure du fourrage				
Qualité du fourrage				
Adéquation du peuplement végétal:				
Trèfle et luzerne				
Autres peuplements				
Adéquation de la conservation:				
Ensilage d'herbe				
Foin séché en grange				
Foin séché au sol, en balles				
Performances à la surface				
Temps de travail nécessaire				
Frais directement attribuables:				
Machines				
Affouragement				

### Frais déterminants

Le tableau 10 présente les frais déterminants en francs par unité gros bétail. Ils se composent des frais de machines directement attribuables, des frais d'aliments de compensation et du produit de la vente du fourrage grossier excédentaire. Ce sont toutefois les frais de machines qui repré-

sentent la part la plus importante. Pour une exploitation de 40 UGB, ces frais diminuent considérablement, car les machines sont mieux utilisées. Pour ou contre le retourneur d'andains? Ce sont les frais inhérents au fourrage de compensation qui pèsent le plus lourd dans la balance, car la qualité nettement supérieure du fourrage grossier permet d'en faire l'économie. Le

produit de la vente du fourrage excédentaire a, quant à lui, peu d'incidences. Le retourneur d'andains permet d'économiser entre 97 et 152 francs par UGB et par an, suivant le type de ration et la taille du troupeau (tab. 10, Fig. 11).

## Evaluation globale et conclusions

Le tableau 11 donne une vue d'ensemble des avantages et des inconvénients du retourneur d'andains par rapport au procédé traditionnel de préparation du fourrage avec la pirouette et le giro-andaineur. Ils peuvent être résumés comme suit:

- Durée de séchage plus longue sur la parcelle, d'où dépendance météorologique plus importante et risque d'engranger le fourrage trop humide;
- Pertes au champ plus réduites, d'où volume engrangé plus important, ou surface nécessaire plus réduite pour la conservation de fourrage grossier;
- Teneurs supérieures du fourrage grossier en énergie et en protéines avec potentiel de production laitière également plus élevé, d'où économies sur le coût des concentrés;
- Fourrage plus faiblement souillé, d'où conditions favorables à l'ensilage;
- Temps de travail plus important pour retourner les andains, d'où baisse de la performance;
- Frais fixes des machines plus réduits, lorsque la pirouette et le giro-andaineur sont entièrement remplacés par le retourneur d'andains.

Il faut toutefois émettre certaines réserves quant à la qualité du fourrage, sachant qu'il n'est pas toujours possible de réussir à produire du foin étant donné la durée plus longue du séchage. Les avantages ap-

portés par un fourrage à teneurs élevées en éléments nutritifs sont amoindris lorsque le fourrage fauché prend la pluie avant d'être engrangé suite aux retards du séchage ou lorsque le peuplement végétal ne peut pas être exploité au stade optimal à cause du nombre trop réduit de beaux jours. Il faut en effet savoir qu'en été, dans de nombreuses régions en Suisse, le nombre de périodes de trois jours et plus sans précipitations est très limité. Les régions qui réunissent les meilleures conditions climatiques pour l'emploi du retourneur d'andains sont le Jura, le Valais et certaines parties de la Suisse occidentale.

Par conséquent, nous ne recommandons d'employer le retourneur d'andains que là où il est possible, en cas d'urgence, de conserver le fourrage fauché comme ensilage préfané. Il faut bien entendu que l'exploitation soit équipée d'une installation de séchage en grange. Dans de nombreux cas, seul l'emploi d'agents conservateurs devrait permettre de produire du foin en balles. Le retourneur d'andains s'avère intéressant dans les exploitations qui affichent de forts pourcentages de fourrage brisé (luzerne, prairies permanentes riches en herbacées), car les avantages en termes de qualité (pertes plus réduites et fourrages à teneurs plus élevées en éléments nutritifs) sont surtout sensibles sur de telles parcelles.

Toutefois, préparer le fourrage uniquement à l'aide du retourneur d'andains ne semble approprié que dans les régions qui enregistrent un taux de précipitations peu élevé en été. Pour les exploitations qui recherchent un fourrage de base de qualité élevée, le retourneur d'andains peut être un procédé tout à fait intéressant en complément de la technique habituelle. Il ne faut cependant pas négliger l'investissement supplémentaire que cela implique et qui représente quelque 12000 francs.

## Points importants pour l'utilisation d'un retourneur d'andains

Pour que l'utilisation du retourneur d'andains soit efficace, il est recommandé de respecter les points suivants:



- **Fauche:** L'objectif consiste à obtenir des andains légers et réguliers, dont la largeur ne doit pas dépasser 1 m. Il ne faut pas faucher trop ras: les chaumes doivent avoir au moins 6 cm de haut (8 cm serait mieux), pour que le fourrage ne soit pas tassé sur le sol.

Fig. 12: La machine doit être réglée de telle manière que le tapis roulant en caoutchouc et le disque rotatif puissent être alimentés le plus régulièrement possible.



- **Conditionneur:** Son utilisation est très recommandée. En outre, il est préférable d'utiliser des conditionneurs à rouleaux que des conditionneurs à fléaux ou à dents.

Fig. 13: Le succès du retourneur d'andains commence par la fauche. Le dispositif de coupe doit être pourvu d'un conditionneur et former des andains réguliers. Les chaumes doivent mesurer au minimum 6 cm. Il est préférable de faucher la parcelle la veille, pour que le sol entre les andains puisse sécher complètement jusqu'à midi.

- **Quand faucher?** Si possible, lorsque le sol est bien sec. Lorsque l'on fauche dans des parcelles détrempées ou mouillées par la rosée, l'eau reste «prisonnière» de l'andain. La meilleure solution consiste à faucher en fin d'après-midi ou en soirée.

- **Quand retourner le fourrage?** Le premier passage avec le retourneur d'andains ne doit en aucun cas être effectué trop tôt (à midi au plus tôt). Avant de retourner le fourrage, il faut que le sol entre les andains soit bien sec.

- **Tracteur utilisé avec le retourneur d'andains:** La voie du tracteur doit être suffisamment large (espace d'au moins 120 cm entre les roues du tracteur) pour que le fourrage ne soit pas écrasé par les roues.



- **Dispositif de coupe:** Il faut que la largeur de coupe soit supérieure à 2,3 m, pour que les andains atterrisent sur le sol sec lorsque la machine les retourne et pour que les performances à la surface soient satisfaisantes.

Fig. 14: Bien qu'il ait été essentiellement conçu pour la production de fourrage, le retourneur d'andains peut éventuellement être utilisé pour retourner la paille, pour mieux amortir la machine. Il faut cependant savoir que cela ne fonctionne que si les andains de paille ne sont pas trop volumineux.