

Conditionneurs traînés: essai comparatif

Travail de bonne qualité et puissance nécessaire réduite

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

La demande croissante de conditionneurs traînés et les nouveautés proposées par les fabricants ont conduit la FAT à réaliser des essais comparatifs avec quatre conditionneurs traînés attelés à l'arrière du tracteur, de Fella, Vicon et Kurmann. L'essai a servi essentiellement à étudier la qualité du travail (dessication, pertes au champ et qualité du fourrage), ainsi qu'à mesurer la puissance nécessaire.

Les conditionneurs étudiés ont convaincu sur plusieurs points: accélération du séchage, mode de travail ménageant les plantes et faible puissance nécessaire. Les outils permettent de régler le dépôt du fourrage en andains ou en largeur. Si le fourrage est étalé lors de la fauche, il est alors possible de renoncer à la première opération avec la faneuse. La suppres-

sion de cette phase ralentit toutefois le séchage. Pour que le séchage ait lieu sans problème, le fourrage conditionné doit être réparti de la manière la plus large et la plus homogène possible. Sur ce plan, les conditionneurs Kurmann ont obtenu de meilleurs résultats que les conditionneurs de Fella et Vicon. De plus, l'utilisation d'une faucheuse frontale adaptée joue également un rôle important.

Par rapport aux conditionneurs conventionnels, le conditionneur intensif de Kurmann, K 618 Twin, a permis d'accélérer énormément le séchage. Parallèlement, plusieurs opérations effectuées avec la faneuse peuvent ainsi être économisées. Cette technique facilite la préparation des fourrages, réduit les pertes par brisure et améliore la qualité du fourrage. Néanmoins,

elle n'exclut pas certains inconvénients: l'engin est légèrement plus lourd et la puissance nécessaire est plus élevée. Par ailleurs, le prix d'achat important suppose un taux d'utilisation suffisamment haut pour pouvoir rentabiliser cette technique.

Sommaire	Page
Problématique	1
Conditionneurs étudiés	2
Réalisation de l'essai	3
Résultats	4
Conditionnement intensif: possibilités et limites	9
Résumé	10
Perspectives	11
Bibliographie	12

Problématique

Les conditionneurs traînés ou intégrés au dispositif de fauche occupent une position centrale en Suisse en ce qui concerne la préparation des fourrages. Près des deux tiers des exploitations équipées de faucheuses rotatives travaillent avec un conditionneur. Lors de la fauche, le conditionneur blesse la pellicule qui recouvre les plantes (cuticule), ce qui accélère la perte d'eau. Par conséquent, le temps de séchage est de 25 à 30 % plus court par rapport au fourrage non conditionné, comme l'ont déjà montré des essais précédemment réalisés à la FAT. De ce fait, le fourrage fauché avec des conditionneurs



Fig. 1: Les conditionneurs traînés attelés à l'arrière du tracteur jouissent d'une popularité de plus en plus grande grâce à la grande diffusion des faucheuses frontales. Quatre outils ont été soumis à un test comparatif.

peut souvent être engrangé un jour plus tôt, ce qui réduit le risque lié à la pluie et le risque de perte de qualité.

Etant donné la large diffusion des faucheuses frontales, les conditionneurs traînés attelés à l'arrière du tracteur jouissent d'une popularité de plus en plus grande. Les améliorations apportées par les fabricants en matière de conditionneurs traînés ont conduit la FAT à tester différents outils dans les conditions de la pratique. Il s'agissait avant tout de tester la qualité de travail en ce qui concerne l'accélération du séchage, les pertes au champ et la qualité du fourrage. Comme entre-temps, tous les conditionneurs sont en mesure d'étaler les plantes fauchées en largeur, on a essayé notamment de savoir comment se plaçait le procédé d'étalement du fourrage sur la surface avec utilisation réduite de la faneuse par rapport au procédé traditionnel de préparation des fourrages (dépôt en andains et fanage immédiat). Les mesures de la puissance nécessaire ont complété le programme d'essais.

Conditionneurs étudiés

Les conditionneurs traînés suivants fabriqués par Fella, Vicon et Kurmann ont été testés (tab. 1):

- Fella effective conditioner KC 270 D
- Vicon TK 300
- Kurmann K 618
- Kurmann K 618 Twin

Les trois premiers sont des conditionneurs conventionnels avec un système traditionnel de conditionnement. Le Kurmann K 618 Twin est un conditionneur intensif équipé d'un rouleau à brosse supplémentaire. Les quatre conditionneurs travaillent avec un rotor ramasseur, qui relève le fourrage déposé par la faucheuse frontale et l'éclate en même temps. Pour faire pendant au rotor, les outils sont équipés d'un peigne conditionneur (Fella et Kurmann) ou d'une tôle cannelée (Vicon). L'orientation du peigne ou de la tôle cannelée peut être modifiée sur plusieurs paliers, ce qui permet de régler le passage du fourrage et

donc le degré de conditionnement. Sur le Fella KC 270 D, les outils du rotor se composent de doubles dents rigides (fig. 2), sur le Vicon TK 300, de dents rigides en plastique en forme de V et sur les conditionneurs Kurmann, de fléaux battants en acier (fig. 3). Sur le Kurmann K 618 Twin, un rouleau à brosse en nylon traversant et tournant en sens inverse est placé au-dessus du rotor. Après le conditionnement préalable par le peigne, le fourrage est poussé contre les brosses du rouleau par les fléaux du rotor, avant d'être déposé en largeur par les tôles de guidage arrière. La distance entre le rouleau à brosse et le rotor peut être réglée sur trois paliers, ce qui permet d'adapter l'intensité du conditionnement au peuplement végétal.

Les conditionneurs conventionnels permettent de disposer le fourrage conditionné soit en andains, soit en largeur sur la surface. L'étalement du fourrage en largeur se fait grâce à des tôles de guidage réglables en continu. Le conditionneur intensif Kurmann Twin n'étalement le fourrage sur la surface que pour éviter toute manipulation ultérieure du fourrage,

Tab. 1: Spécifications techniques des conditionneurs traînés testés

	Fella KC 270 D	Vicon TK 300	Kurmann K 618	Kurmann K 618 Twin
				
Poids	390 kg	480 kg	400 kg	540 kg
Dimensions:				
Largeur totale	235 cm	248 cm	231 cm	231 cm
Longueur	165 cm	210 cm	180 cm	180 cm
Hauteur	115 cm	115 cm	115 cm	115 cm
Attelage au tracteur	Hydraulique trois points, traîné; avec tête d'attelage pivotante	Hydraulique trois points, traîné; avec tête d'attelage pivotante	Hydraulique trois points, traîné; avec tête d'attelage pivotante	Hydraulique trois points, traîné; avec tête d'attelage pivotante
Conditionneur	- Peigne conditionneur 19 dents en acier - Rotor de ramassage à 4 rangs 36 dents doubles en acier (18 dents par rangée), fixes, vissées - Angle déflecteur pour éclatement intensif	- Tôle cannelée - Rotor de ramassage, 36 dents doubles en plastique, en forme de V, fixes, vissées	- Peigne conditionneur 20 dents - Rotor de ramassage à 5 éléments, 4 rangs avec 80 fléaux battants en acier (sur demande même rotor que le K 618 Twin)	- Peigne conditionneur 30 dents - Rotor de ramassage à 5 éléments, 6 rangs avec 120 fléaux battants en acier - Rouleau à brosse traversant avec brosses en nylon
Entraînement du conditionneur	Engrenage à pignons coniques; courroie trapézoïdale	Engrenage à pignons coniques; chaîne d'entraînement	Engrenage à pignons coniques; courroie trapézoïdale	Engrenage à pignons coniques; courroie trapézoïdale
Régulation du conditionneur	Peigne conditionneur (5 paliers)	Tôle cannelée (4 paliers)	Peigne conditionneur (5 paliers)	Peigne conditionneur (5 paliers) Rouleau à brosse (3 paliers)
Largeur de ramassage	173 cm	174 cm	180 cm	180 cm
Dispositif de répartition large	6 tôles de guidage réglables en continu	10 tôles de guidage, réglables en continu	6 tôles de guidage à l'avant 6 tôles pour l'étalement large à l'arrière, toutes réglables en continu	6 tôles de guidage à l'avant 6 tôles pour l'étalement large à l'arrière, toutes réglables en continu
Formation des andains	2 tôles spéciales andains, réglables en 3 paliers	2 tôles spéciales andains, réglables en 8 paliers	6 tôles pour l'étalement large, réglables en continu	6 tôles pour l'étalement large, réglables en continu
Profondeur de passage du rotor de ramassage	Roues de jauge, réglage en hauteur	Roues de jauge, réglage en hauteur	Roues de jauge, réglage en hauteur	Roues de jauge, réglage en hauteur
Roues de jauge:				
Pneus	Simple	Simple ou jumelés	Simple	Simple ou jumelés
Dimensions	16 x 6.50-8	16 x 6.50-8	16 x 6.50-8	16 x 6.50-8
Régime de la prise de force	540 ou 1000 tr/min	540 tr/min	540 ou 1000 tr/min	540 ou 1000 tr/min
Prix en Fr. (2002) y comp. dispositif de répartition large	6430.-	6770.-	7080.-	11700.-



Fig. 2: Le Fella KC 270 D travaille avec des doubles dents rigides en acier. Les deux tôles extérieures spéciales pour former les andains regroupent le fourrage au centre.

dans la mesure du possible. Les deux conditionneurs de Fella et de Vicon sont équipés de deux tôles spéciales pour former les andains en plus des tôles de guidage.

Par ailleurs, les quatre outils sont pourvus d'une tête d'attelage pivotante (fig. 4) et de roues de jauge, qui permettent de régler la profondeur de passage du rotor de ramassage. Le Vicon TK 300 et le Twin de Kurmann peuvent également être équipés de pneus jumelés sur demande.

Réalisation de l'essai

Le programme d'essai avait pour but d'étudier les aspects suivants:

- accélération du séchage,
- pertes au champ,
- qualité du fourrage (souillure, qualité nutritionnelle),
- qualité du dépôt du fourrage en cas d'étalement en surface,
- puissance nécessaire à la prise de force.



Fig. 3: Le Kurmann K 618 est équipé d'un rotor de ramassage à cinq éléments avec des fléaux battants en acier. L'étalement sur la surface du fourrage conditionné s'effectue à l'aide de tôles de guidage réglables en continu.

Trois tests ont été effectués (cf. Encadré «Informations complémentaires»). L'essai 1 avait pour but d'étudier l'accélération du séchage, les pertes au champ et l'influence sur la qualité du fourrage (souillure, qualité nutritionnelle). Dans cet essai, on s'est basé sur un total de dix procédés avec différents modes de dépôt du fourrage (andains ou étalement sur la surface), différentes intensités de conditionnement et régimes de fanage. Voici les variantes qui ont été comparées:

- sans conditionneur, trois opérations de fanage (procédé de référence),
- Fella, Vicon et Kurmann K 618 avec dépôt en andains et trois opérations de fanage,
- Fella, Vicon et Kurmann K 618 avec étalement sur la surface et deux opérations de fanage,
- Kurmann K 618 Twin avec fanage deux fois, une fois et pas du tout.



Fig. 4: Les quatre conditionneurs sont équipés d'une tête d'attelage pivotante. Elle permet à l'outil traîné de suivre sans problème lorsque le tracteur doit prendre des virages.

Un essai complémentaire réalisé fin septembre a servi à étudier plus précisément la qualité de l'étalement du fourrage en surface avec différents dispositifs de fauche (essai 2). Enfin, les mesures de la puissance à la prise de force (essai 3) ont été effectuées parallèlement au premier essai. Les essais 1 et 3 ont eu lieu fin juillet dans des prairies temporaires équilibrées, qui en étaient à leur troisième coupe et affichaient un rendement de 32, resp. 35 dt MS par ha.

Informations complémentaires relatives aux essais

Essai 1: Qualité du travail

Date:	25/26 juillet
Objectif:	effet en ce qui concerne l'accélération du séchage, les pertes au champ et la qualité du fourrage (souillure, qualité nutritionnelle)
Relevés:	évolution du séchage, pertes au ramassage et par brisure, qualité nutritionnelle du fourrage, qualité de l'étalement en surface
Peuplement végétal:	prairie temporaire SM 330, 3 ^{ème} coupe, composition botanique: 70 % de graminées, 30 % de trèfles rouge et blanc
Rendement:	32 dt MS par ha
Utilisation:	foin ventilé; objectif au moins 60 % de MS
Conditions météorologiques:	zone de haute pression stable, temps beau et chaud, sans nuages (cf. tab. 3)

Essai 2: Qualité de l'étalement en surface

Date:	28 septembre
Objectif:	qualité du travail des outils lors de l'utilisation du dispositif d'étalement large en fonction du dispositif de coupe
Peuplement végétal:	prairie temporaire SM 330, 1 ^{ère} coupe après le semis, composition botanique: 75 % de graminées, 25 % de trèfles rouge et blanc
Rendement:	38 dt MS par ha
Conditions:	sol mouillé, peuplement végétal sec
Dispositifs de coupe:	faucheuse à tambours Niemeyer RO 305 faucheuse à tambours Pöttinger CAT 310

Essai 3: Puissance nécessaire

Date:	24 juillet
Objectif:	relevé de la puissance nécessaire en fonction du débit de fourrage et du degré de conditionnement
Paramètres de mesure:	vitesse d'avancement, couple-moteur et régime à la prise de force
Peuplement végétal:	prairie temporaire SM 330 avec 80 % de graminées
Rendement:	35 dt MS par ha
Taille des andains:	70 kg de matière fraîche par 10 m d'andain
Débits de fourrage:	7/10/13/16 km/h resp. 13,6/19,5/25,3/31,2 kg/s de matière fraîche
Dispositif de coupe:	faucheuse à tambours Niemeyer RO 305

Comment a-t-on procédé?

Pour évaluer la **vitesse de séchage**, des échantillons ont été prélevés sur la parcelle à intervalles réguliers, puis séchés au laboratoire dans une étuve à 105 °C. Les **pertes au champ** ont été mesurées selon la méthode de l'aspirateur. Les pertes ramassées au râteau sont qualifiées de pertes au ramassage et les restes aspirés à l'aspirateur de pertes par brisure. Les analyses pour déterminer la **qualité du fourrage** ont été effectuées au laboratoire de la RAP à Posieux. Pour étudier **l'étalement sur la surface**, on a mesuré les andains de fourrage conditionné sur la parcelle et évalué leur homogénéité. La **puissance à la prise de force** a été appréhendée à l'aide d'un moyeu servant à mesurer le couple-moteur, installé sur le tracteur de mesure.

Le **fauchage** a eu lieu deux heures plus tôt qu'avec les autres procédés. Le procédé «Fauche sans conditionneur» avec fourrage fané trois fois a servi de référence.

A l'époque de l'essai, les conditions de séchage étaient très bonnes avec des températures maximales qui atteignaient plus de 27 °C pendant la journée (tab. 3). Par conséquent, tous les procédés étudiés ont atteint en deux jours la teneur en MS souhaitée, soit 60 % minimum (fig. 5).

Avec les conditionneurs conventionnels (Fella, Vicon et Kurmann K 618) avec travail du fourrage à trois reprises, les teneurs en MS oscillaient entre 70 et 72 % (fig. 6). Les différences entre les trois procédés sont faibles. L'avance de séchage par rapport au procédé de référence (sans conditionneur, fanage trois fois) équivalait à une différence de 5 à 7 % dans la teneur en MS lors du ramassage. Ces résultats confirment ce qui avait déjà été constaté lors d'essais antérieurs: l'utilisation d'un conditionneur permet de réduire le temps de séchage d'environ 25 % par rapport au fourrage non conditionné.

A la fin de l'essai, les mêmes outils utilisés pour l'étalement du fourrage sur la surface en le retournant à deux reprises ont donné des teneurs en MS jusqu'à 10 % inférieures par rapport à la technique traditionnelle (dépôt en andains, fanage trois fois), bien que dans ce cas,

Résultats

Séchage

Les dix procédés testés durant l'essai 1 (essai de séchage) sont présentés au tableau 2. Toutes les parcelles ont été fauchées en fin de soirée pour que tous les procédés puissent débiter le matin suivant dans les mêmes conditions de séchage et avec la même teneur en MS. L'objectif était d'obtenir du fourrage sec de deux jours avec un taux de matière sèche de 60 % minimum. Pour les procé-

dés avec dépôt traditionnel en andains, le foin a été fané trois fois au total (deux fois le premier jour et encore une fois le deuxième jour). Avec ces procédés, le premier passage de la faneuse avait lieu à 10h15 après évaporation de la rosée. Dans les procédés avec étalement large, le fourrage a été travaillé deux fois au total en supprimant le premier passage de la faneuse. Dans ce cas, les conditionneurs étaient réglés de manière un peu plus intensive que pour la fauche avec dépôt en andains. Dans le cas du conditionneur intensif avec rouleau à brosse, le fourrage a seulement été étalé sur la surface, puis fané deux fois, une fois ou pas du tout. Avec la dernière variante, l'an-

Tab. 2: Procédés de conditionnement étudiés dans l'essai 1 du 25/26 juillet 2001

N°	Conditionneur	Réglage du degré de conditionnement	Dépôt du fourrage	Nombre de passages de fanage
1	Sans conditionneur (Procédé de référence)	Normal	En andains	3 x
2	Fella KC 270 D	Normal	En andains	3 x
3	Vicon TK 300	Normal	En andains	3 x
4	Kurmann K 618	Normal	En andains	3 x
5	Fella KC 270 D	Elevé	Etalement large	2 x
6	Vicon TK 300	Elevé	Etalement large	2 x
7	Kurmann K 618	Elevé	Etalement large	2 x
8	Kurmann K 618 Twin	Normal	Etalement large	2 x
9	Kurmann K 618 Twin	Normal	Etalement large	1 x
10	Kurmann K 618 Twin	Elevé	Etalement large	--

Tab. 3: Conditions météorologiques (température et humidité de l'air) dans l'essai 1 du 25/26 juillet 2001

Paramètre	25 juillet	26 juillet
Température moyenne °C	20,0	20,2
Température maximum °C	27,2	27,5
Humidité relative moyenne %	72,2	70,7
Humidité relative minimum %	41,4	40,3

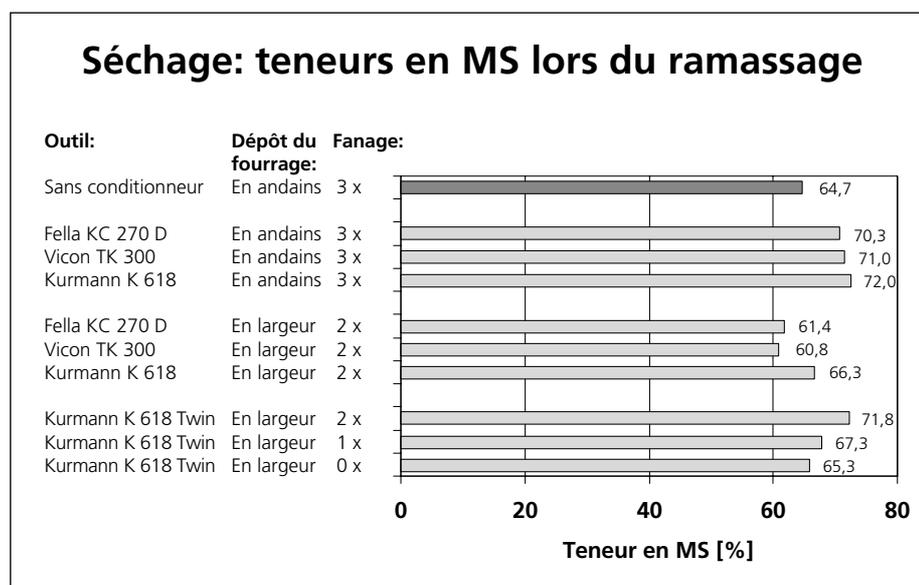


Fig. 5: Teneurs en MS atteintes avant le ramassage dans les procédés testés dans l'essai 1 avec du foin ventilé de deux jours (objectif: 60% de MS minimum). Peuplement végétal: prairie temporaire, 3^{ème} coupe, 30% de trèfle, rendement de 32 dt de MS par ha.

les conditionneurs aient eu un réglage de deux crans plus intensif (tab. 4). Le fait de renoncer au premier passage de la faucheuse ralentit donc considérablement le séchage. Il faut cependant noter la qualité plus élevée du séchage obtenue avec le Kurmann K 618 par rapport aux conditionneurs Fella et Vicon (66% de MS contre 61% de MS à la fin de l'essai). Ce résultat n'est certainement pas dû uniquement au meilleur effet de condition-

nement, mais également à la qualité nettement meilleure de l'étalement en surface.

Le Kurmann K 618 Twin a permis d'obtenir un taux de MS de 72% en travaillant le fourrage à deux reprises, soit un résultat aussi bon qu'avec les conditionneurs conventionnels et un fanage à trois passages (tab. 4). Le conditionneur intensif a obtenu une teneur en MS de 67% même

en ne retournant le fourrage qu'une fois le premier jour, ce qui dépasse nettement les résultats des conditionneurs conventionnels avec étalement sur la surface et fourrage retourné deux fois.

Dans la variante dans laquelle le fourrage n'a absolument pas été retourné, le Kurmann Twin a obtenu un taux de MS de 65%, remplissant ainsi sans problème les exigences du foin ventilé. Certes, le séchage a tardé jusqu'à l'andainage dans ce procédé. En andainant à temps (deux heures plus tôt que dans les autres procédés) et en laissant le fourrage en andains, celui-ci a séché considérablement après sa mise en andains. Même si le procédé a certainement été favorisé par les excellentes conditions météorologiques, le résultat montre que lorsque les conditions de séchage sont favorables, il est tout à fait possible d'obtenir du foin ventilé avec un conditionneur intensif sans faner le fourrage.

Qualité de l'étalement en surface

Pour que le dispositif de répartition large puisse fonctionner correctement, il est indispensable que le fourrage soit disposé de manière régulière, sur la plus grande largeur possible en longueur et en biais par rapport au sens de progression du conditionneur. C'est la seule façon pour que le processus de séchage puisse commencer sans problème dans les premières heures qui suivent la fauche.

L'étalement sur la surface obtenu dans l'essai 1 (essai de séchage) a été préalablement optimisé avec les quatre outils et il est présenté au tableau 5. Les points étudiés sont la largeur et la régularité de l'étalement dans le sens transversal et longitudinal. Dans cet essai, le dispositif de coupe était une faucheuse à tambours Niemeyer avec un guide d'andainage central (largeur de coupe de 3 m). Avec le conditionneur Fella KC 270 D, cette combinaison d'outils a permis d'obtenir un étalement relativement étroit sur la surface (150 cm), mais régulier. Le Kurmann K 618 a distribué le fourrage sur une largeur d'environ 200 cm. Le Vicon TK 300 a également déposé le fourrage sur une surface relativement large, mais de manière très irrégulière dans le sens longitudinal et transversal par rapport à l'avancement du conditionneur. L'étalement du fourrage le plus régulier sur la surface, sur une largeur de 240 cm, a été obtenu avec le Kurmann K 618 Twin.

Evolution du séchage lors de la préparation de foin

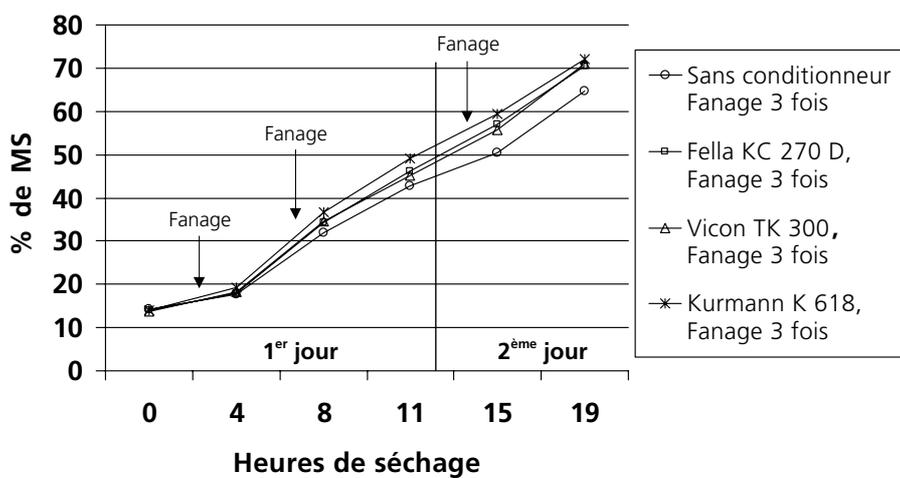


Fig. 6: Evolution du séchage avec les conditionneurs conventionnels de Fella, Vicon et Kurmann par rapport au fourrage non conditionné pour la préparation de foin (objectif: 60% de MS minimum). Peuplement végétal: prairie temporaire, 3^{ème} coupe, 30% de trèfle, rendement de 32 dt de MS par ha.



Fig. 7: Vicon TK 300 avec réglage sur dépôt en andains (photo de gauche) et étalement large du fourrage (photo de droite). Grâce à l'étalement large, il n'est plus nécessaire de faner le fourrage immédiatement après la fauche, ce qui ralentit toutefois légèrement le séchage.

Cet essai a montré que des andains très compacts, tels qu'ils sont formés par la faucheuse frontale Niemeyer, ne sont pas idéaux pour une répartition large irréprochable du fourrage. Le conditionneur Vicon TK 300 notamment n'est parvenu à répartir l'andain que de manière très irrégulière et, malgré plusieurs optimisations, on n'a pas réussi à étaler régulièrement le fourrage sur la largeur. Les conditionneurs Kurmann ont obtenu de meilleurs résultats. Par rapport au Vicon et au Fella, ils possèdent, en plus des tôles de guidage arrière, des tôles de guidage

avant qui distribuent déjà le fourrage en largeur avant le rotor.

Pour évaluer l'influence des différents dispositifs de coupe sur la qualité de l'étalement du fourrage, nous avons effectué un deuxième essai. Nous avons comparé l'intervention d'une faucheuse à tambours Pöttinger EuroCAT 310 avec formation d'andains doubles et d'une faucheuse à tambours Niemeyer avec formation d'andains centraux. Contrairement au premier essai, les andains déposés en largeur n'ont pas seulement été évalués d'un point de vue optique, mais ils ont

également été mesurés sur la parcelle. Les profils relevés pour les quatre conditionneurs sont présentés à la figure 9.

Le résultat montre qu'en cas d'étalement large, les quatre conditionneurs étaient plus performants avec les andains environ 40 cm plus large de la faucheuse à tambours Pöttinger qu'avec ceux formés par la faucheuse à tambours Niemeyer. Avec le Vicon TK 300 notamment, l'étalement sur la surface s'est avéré nettement plus régulier avec la faucheuse Pöttinger. Mais avec les conditionneurs de Fella et de Kurmann K 618 également, la répartition du fourrage s'est aussi avérée plus régulière et un peu plus large. Par conséquent, pour un étalement large sans problème, il est recommandé d'utiliser une faucheuse à tambours qui forme des andains doubles ou une faucheuse à disques.

Outre le dispositif de coupe, le peuplement végétal à faucher (hauteur des plantes, rendement, composition botanique) exerce également une importante influence sur la qualité de l'étalement du fourrage en surface. A chaque intervention de fauche, la position des tôles de distribution large doit être optimisée avant de commencer les travaux.

Pertes au champ

Les pertes au champ relevées dans l'essai sont présentées au tableau 6 et à la figure 10. Elles se composent des pertes au ramassage (notamment tiges grossières) et des pertes par brisure (principalement des feuilles et du matériau fin). Comme la distinction des deux catégories ne peut être qu'approximative, l'interprétation des différences éventuelles entre les procédés doit tenir compte des pertes totales.

Les pertes au champ étaient comprises entre 160 et 200 kg de MS par ha, soit 5 à 6 % du fourrage récolté et se situaient donc à un niveau relativement bas pour la préparation de fourrage sec. Par conséquent, les différences entre la plupart des procédés sont plutôt limitées.

Dans les procédés 2 à 4 (dépôt en andains avec trois opérations de fanage), les pertes étaient un peu plus élevées avec le Kurmann K 618 qu'avec le Fella et le Vicon. Toutefois, la différence n'est pas statistiquement significative (tab. 6). Les mêmes outils utilisés pour l'étalement en surface en fanant le fourrage à deux reprises (procédés 5 à 7) ont entraîné des

Tab. 4: Evolution du séchage dans les procédés avec étalement large et utilisation réduite de la faneuse

Conditionneur		Fella KC 270 D Etalement large Fanage 2x		Vicon TK 300 Etalement large Fanage 2x		Kurmann K 618 Etalement large Fanage 2x		Kurmann K 618 Twin Etalement large Fanage 2x		Kurmann K 618 Twin Etalement large Fanage 1x		Kurmann K 618 Twin Etalement large Sans fanage	
Date	Heures	Opération	TS %	Opération	TS %	Opération	TS %	Opération	TS %	Opération	TS %	Opération	TS %
24.7.	20:35	Fauche	14,6	Fauche	14,6	Fauche	14,6	Fauche	14,6	Fauche	14,6	Fauche	14,6
25.7.	08:40								13,8		13,8		13,7
	08:55		13,6		13,4		14,1						
	11:35								18,9		18,9		
	11:55		16,5		16,8		18,4						19,1
	14:30	Fanage		Fanage		Fanage		Fanage		Fanage			
	15:20								34,7		34,7		
	15:35		25,6		25,4		31,3						31,6
17:45								47,4		47,4			
18:00		33,2		33,0		40,2						38,2	
26.7.	10:30	Fanage		Fanage		Fanage		Fanage					
	11:00								53,7		53,2		
	11:20		42,7		43,5		51,5						48,5
	12:00											Andainage	
	14:00	Andainage		Andainage		Andainage		Andainage		Andainage			
	14:45								71,8		67,3		
	15:00		61,4		60,8		66,4						65,3
15:50	Ramassage		Ramassage		Ramassage		Ramassage		Ramassage		Ramassage		

pertes qui étaient en moyenne inférieures de 25 kg de MS par ha par rapport aux variantes avec dépôt en andains (procédés 2 à 4). Mais, si là non plus la différence n'est pas statistiquement significative, on constate qu'une réduction des opérations ultérieures sur le fourrage a plutôt tendance à limiter les pertes. Les différences entre les outils Fella, Vicon et Kurmann sont pratiquement nulles.

Les pertes manifestement les plus réduites ont été obtenues avec le procédé 10 (Kurmann Twin sans fanage du fourrage). Elles sont inférieures de plus de la moitié par rapport à la moyenne des autres procédés. La différence est en plus statistiquement significative. La variante, dans laquelle le fourrage est fané une fois (procédé 9) a occasionné des pertes déjà largement plus élevées, qui restaient cependant nettement inférieures à la moyenne des procédés 1 à 8. Lorsque le fourrage était fané deux fois (procédé 8), les pertes mesurées étaient encore plus élevées et dépassaient celles enregistrées avec les conditionneurs conventionnels et le même nombre d'opérations de fanage (procédé 5 à 7). La comparaison de trois procédés de conditionnement intensif permet de conclure qu'avec un conditionneur intensif, il est préférable d'utiliser la faneuse avec parcimonie, sachant que le fait de faner le fourrage fréquemment ne permet pas d'accélérer sensiblement le séchage (cf. tab. 4).

Tab. 5: Evaluation des conditionneurs réglés sur étalement large dans l'essai 1 du 25/26 juillet. Faucheuse Niemeyer RO 305.

Largeur de coupe effective: 280 cm
Largeur des andains: 90 cm

Conditionneur	Largeur d'étalement		Régularité de l'étalement du fourrage
	en cm	en % de la largeur de coupe effective	
Fella KC 270 D	150	55	bonne
Vicon TK 300	180	65	médiocre
Kurmann K 618	200	70	bonne
Kurmann K 618 Twin	240	85	très bonne



Fig. 8: Le Kurmann K 618 Twin dépose le fourrage conditionné sur environ 80% de la largeur de fauche et remplit donc les exigences pour un étalement correct du fourrage sur la surface.

Qualité du fourrage

Les résultats des analyses de fourrage sont présentés au tableau 7. Ils indiquent la qualité nutritionnelle du fourrage obtenu lors de la fauche et du ramassage, dans les procédés testés, ainsi que la qualité des pertes au ramassage et par brisure. En général, le fourrage obtenu était de bonne qualité avec un faible degré de souillure et des teneurs élevées en énergie et en protéines.

Les teneurs en NEL et PAI du fourrage ramassé présentent des différences qui ne sont pas significatives et qui ne permettent pas de tirer des conclusions sur une quelconque influence exercée sur la qualité du fourrage. Dans le procédé 10 (Kurmann K 618 Twin sans faner le fourrage), on constate que le fourrage présente une teneur légèrement plus élevée en énergie et en protéines. Il n'est toutefois pas sûr que cette différence soit due à la technique employée, car le pourcentage de trèfle et le stade de maturité des plantes n'étaient pas homogènes sur toute la surface d'essai.

Les teneurs en cendres brutes sont normales, elles sont comprises entre 100 et 110 g par kg de MS. Le taux de particules de terre était partout nettement inférieur au seuil de tolérance de 10 g par kg de MS. Les conditions très favorables de la fauche ont permis d'obtenir un fourrage très propre. Même les procédés qui ont fréquemment travaillé le fourrage avec la faneuse n'ont pas obtenu un fourrage plus souillé pour autant.

Les analyses des pertes au champ mettent en évidence les teneurs très élevées en NEL et PAI des pertes par brisure. Tandis que les pertes au ramassage sont moins importantes pour la qualité du fourrage engrangé, les pertes par brisure entraînent la disparition d'un grand nombre d'éléments nutritifs précieux (protéines et énergie). C'est pourquoi, pour obtenir un fourrage de qualité, il faut tout faire pour réduire le plus possible les pertes par brisure en travaillant le fourrage avec ménagement.

Puissance nécessaire

Les mesures effectuées pour déterminer la puissance nécessaire ont été réalisées sur une prairie temporaire présentant un rendement moyen de 35 dt de MS par ha. Les valeurs relevées devraient donc être représentatives des conditions existant dans la pratique.

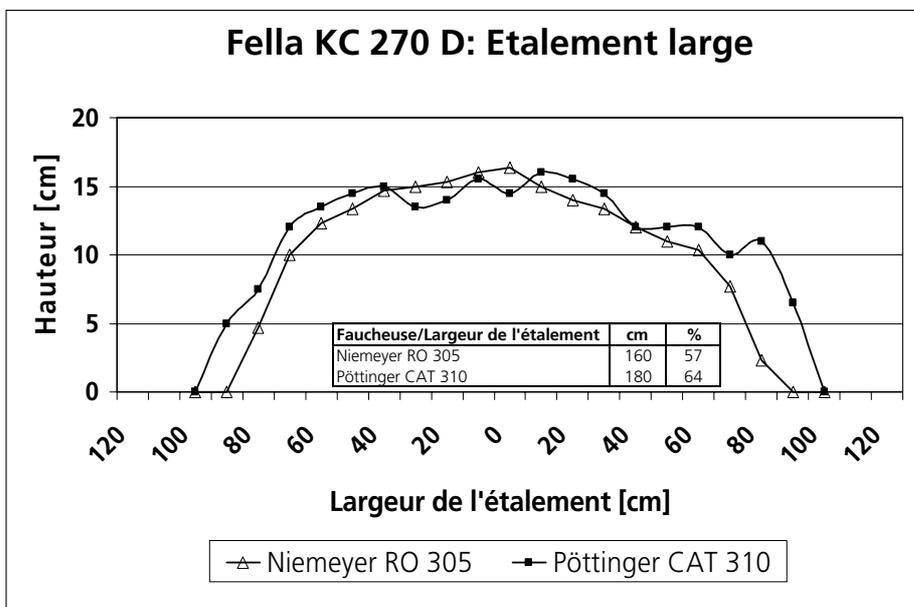


Fig. 9a: Profils d'andains relevés sur la parcelle pour les quatre conditionneurs avec réglage sur étalement large dans l'essai 2. Peuplement végétal: prairie temporaire (nouveau semis), 25% de trèfle, rendement 38 dt de MS par ha.

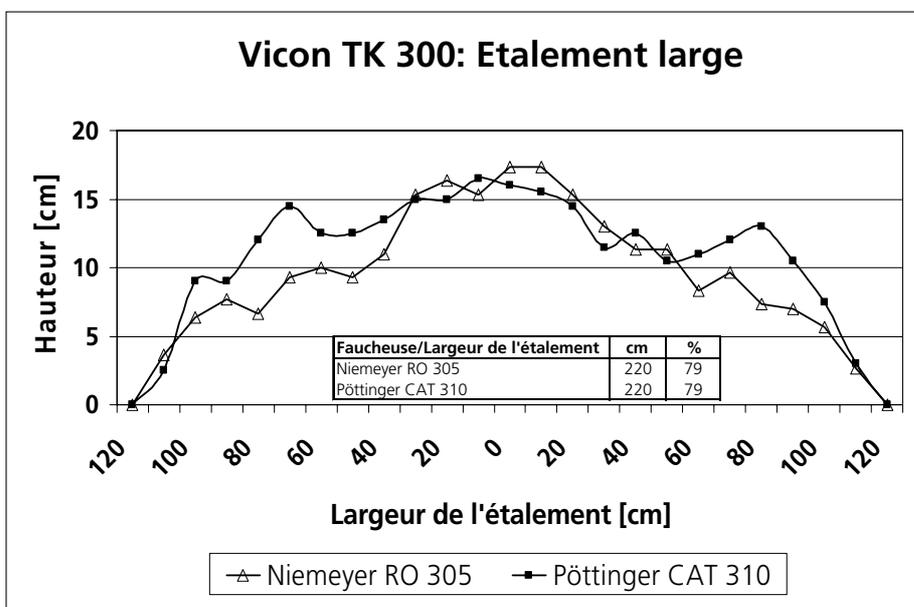


Fig. 9b

Pour trouver comment réagissent les conditionneurs aux différents débits de fourrage en terme de puissance nécessaire, les mesures ont été réalisées à des vitesses de 7, 10, 13 et 16 km/h. Cela correspond à des débits de 13,6 à 31,2 kg/s de matière fraîche. De plus, le degré de conditionnement a été varié d'un réglage moyen à un réglage supérieur. Le dispositif de coupe utilisé ici aussi était une faucheuse frontale à tambours Niemeyer RO 305.

Les résultats sont présentés aux figures 11 à 13. Voici les principaux points que l'on peut en tirer:

- La puissance nécessaire à la prise de force peut être qualifiée de réduite pour tous les conditionneurs traînés testés. Avec une vitesse de coupe de 10 km/h (débit de 19,5 kg/s), les conditionneurs Fella et Vicon consomment environ 5 à 6 kW, le Kurmann K 618 9 kW et le Kurmann K 618 Twin entre 11 et 12 kW (fig. 11 et 12).
- Par rapport au conditionneur Kurmann normal, le rouleau à brosse du K 618 Twin consomme 3 kW de plus.
- Un degré de conditionnement supérieur entraîne une hausse de la puissance nécessaire relativement faible de

Conditionnement intensif: possibilités et limites

Les possibilités offertes par le conditionnement intensif ont été étudiées en détails par la FAT dans les années 1990. Les résultats sont décrits dans le rapport FAT n° 532. Voici encore une fois, les points essentiels.

Un conditionneur intensif se caractérise par les propriétés suivantes:

- conditionneur composé de deux rouleaux tournant en sens inverse, qui conditionnent le fourrage à une vitesse périphérique différente et à une distance de quelques millimètres.
- dispositif de répartition large qui dépose le fourrage conditionné sur au moins 80 % de la largeur de coupe, le plus régulièrement possible.

Actuellement, deux modèles sont disponibles sur le marché en Suisse:

- **Vicon-Kverneland HPC:** système intégré dans le dispositif de coupe, composé d'un rouleau en acier cannelé et d'un rouleau à brosse traversant. Les plantes fauchées sont étalées par un rouleau répartisseur entraîné par le flux de fourrage. Modèle disponible comme faucheuse portée ou traînée.
- **Kurmann K 618 Twin:** conditionneur traîné attelé à l'arrière du tracteur (combiné avec une faucheuse frontale) composé d'un rotor de ramassage équipé de fléaux battants et d'un rouleau à brosse traversant, tournant en sens inverse. Des tôles spéciales pour l'étalement large déposent le fourrage conditionné sur environ 80 % de la largeur de coupe.

Lors de la fauche avec un conditionneur intensif, il est recommandé de respecter certains points, essentiels pour la préparation des fourrages:

- A cause de l'étalement du fourrage en surface, la fauche ne devrait si possible avoir lieu que lorsque les plantes sont sèches et le sol également. Si l'on fauche dans des conditions humides, l'eau qui se trouve à la surface des plantes reste prise dans les tapis de fourrage déposés à la surface du sol, ce qui peut retarder le séchage au départ.
- Pour réduire le risque d'importantes pertes par brisure, l'intensité du conditionnement ne devrait pas être trop élevée lorsque le peuplement végétal est riche en trèfles et en herbacées.

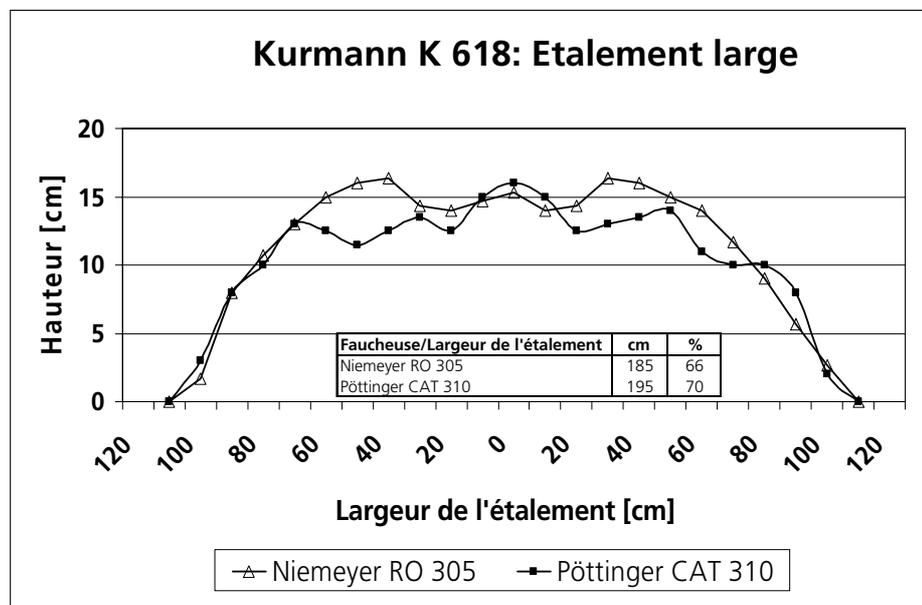


Fig. 9c

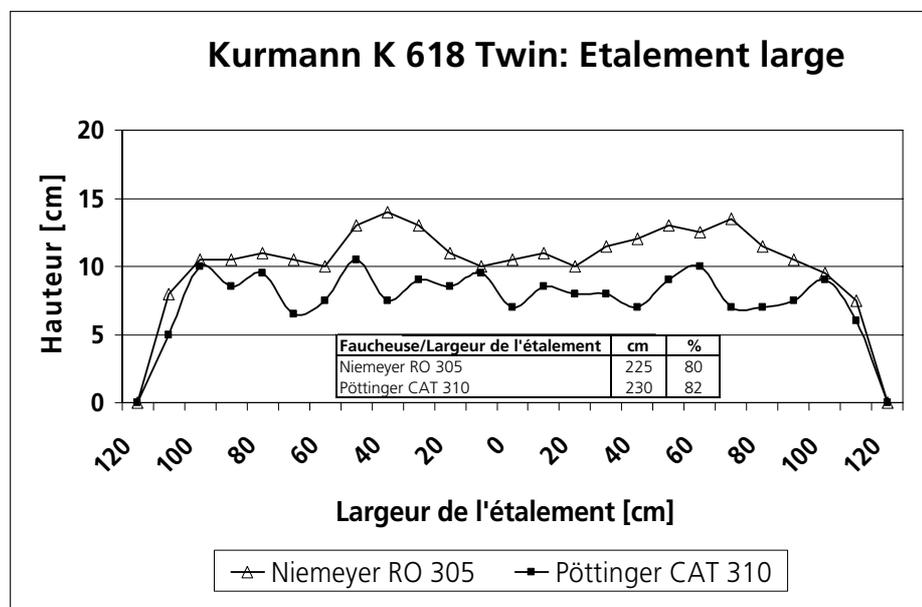


Fig. 9d

1 kW maximum. C'est seulement avec le Kurmann K 618 Twin, qu'un réglage plus intensif mène à une augmentation légèrement plus importante de la puissance (fig. 12).

- L'augmentation de la puissance nécessaire suite à une augmentation du débit de fourrage évolue de manière largement linéaire pour tous les conditionneurs (fig. 11). Les quatre outils se sont accommodés sans problème du débit obtenu à la vitesse supérieure. Avec le conditionneur Fella, on a toutefois constaté de légers bruits de frottement de la courroie trapézoïdale

lorsqu'il tournait à plus haute vitesse d'avancement.

- La faucheuse frontale nécessitait une puissance d'entraînement de 14 à 17 kW suivant le débit du fourrage. Elle réagit moins à l'augmentation du débit que le conditionneur traîné, en ce qui concerne la puissance nécessaire. La puissance totale nécessaire pour la combinaison faucheuse et conditionneur pour les vitesses sélectionnées est présentée à la figure 13.

Tab. 6: Pertes au champ dans les procédés de conditionnement étudiés

Procédé			Pertes au champ en kg de MS par ha			Ecart standard n = 8	Significativité p = 1 % ¹⁾
Conditionneur	Dépôt du fourrage	Fanage	Pertes au ramassage	Pertes par brisure	Pertes totales		
Sans conditionnement	en andains	3 x	74	84	158	18,2	BC
Fella KC 270 D	en andains	3 x	74	115	189	25,8	DE
Vicon TK 300	en andains	3 x	71	112	183	15,1	CDE
Kurmann K 618	en andains	3 x	82	117	199	20,2	E
Fella KC 270 D	en largeur	2 x	64	104	168	13,0	BCD
Vicon TK 300	en largeur	2 x	53	109	162	21,2	BCD
Kurmann K 618	en largeur	2 x	51	113	164	19,1	BCD
Kurmann K 618 Twin	en largeur	2 x	64	118	182	10,4	CDE
Kurmann K 618 Twin	en largeur	1 x	49	93	142	15,4	B
Kurmann K 618 Twin	en largeur	--	30	55	84	10,6	A

¹⁾ Les procédés qui affichent des lettres différentes présentent une différence significative avec une probabilité d'erreur de < 1 %. ppds (99 %) = 26,5

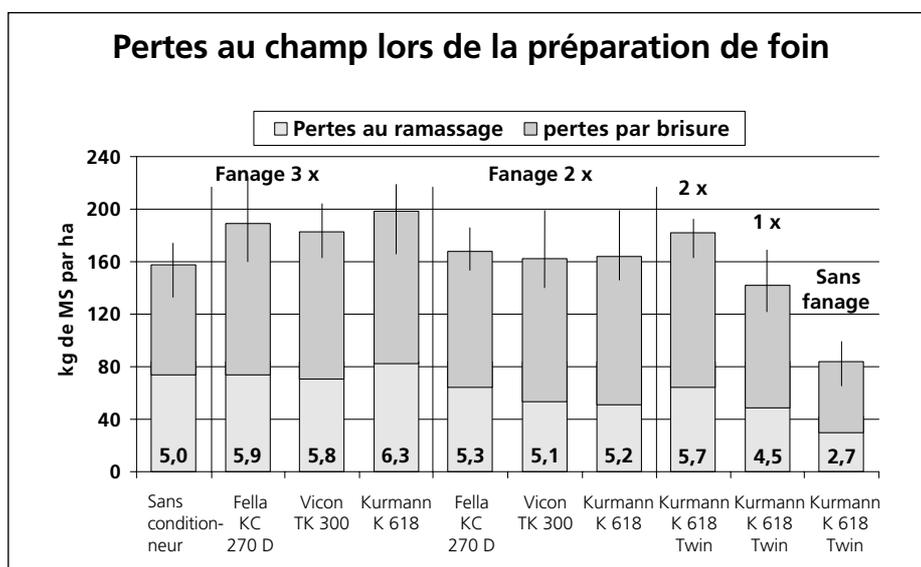


Fig. 10: Pertes au ramassage et pertes par brisure dans les dix procédés étudiés pour le foin de deux jours. Peuplement végétal: prairie temporaire, 3^{ème} coupe, 30% de trèfle, rendement 32 dt de MS par ha. Les valeurs figurant dans les colonnes correspondent aux pertes en pourcentage du rendement.

Tab. 7: Qualité du fourrage: teneurs après la fauche et lors du ramassage (valeurs indiquées par kg de MS)

Procédé	CB g/kg	PT g/kg	CeB g/kg	PB g/kg	NEL MJ/kg	PAI g/kg
Teneurs au début de l'essai:						
Parcelle totale après la fauche	110	0,8	215	207	6,4	111
Teneur lors du ramassage						
Outil						
Dépôt du fourrage						
Fanage						
Sans conditionneur	107	0,7	240	184	6,2	105
Fella KC 270 D	107	0,4	236	190	6,2	106
Vicon TK 300	105	0,5	232	188	6,3	106
Kurmann K 618	106	1,3	242	181	6,1	104
Fella KC 270 D	107	0,6	235	193	6,2	107
Vicon TK 300	107	0,3	239	194	6,2	107
Kurmann K 618	108	0,4	240	189	6,2	106
Kurmann K 618 Twin	104	0,6	230	186	6,3	106
Kurmann K 618 Twin	105	0,6	229	188	6,3	107
Kurmann K 618 Twin	110	1,2	218	200	6,4	109
Teneurs des pertes au champ (parcelle totale)						
Pertes au ramassage	106	1,0	261	177	5,9	101
Pertes par brisure	105	6,8	226	221	6,5	113

CB = cendres brutes
PT = particules de terre
CeB = cellulose brute

PB = protéines brutes selon Dumas
NEL = énergie nette lait
PAI = protéines absorbables dans l'intestin

Pour le traitement ultérieur du fourrage, la faneuse ne doit être utilisée qu'avec parcimonie et ménagement.

- Si l'on renonce complètement à l'utilisation de la faneuse, le fourrage doit être mis en andains lorsque les conditions de séchage sont encore favorables et être laissé tel quel pendant au moins une heure avant de procéder au ramassage.

Par rapport à la technique traditionnelle, les conditionneurs intensifs présentent les avantages suivants:

- accélération du séchage du fourrage malgré une réduction de l'emploi de la faneuse;
- économie d'un à deux passages de la faneuse, d'où simplification de la préparation des fourrages et réduction du temps de travail;
- diminution des pertes au champ suite à la réduction de l'emploi de la faneuse, d'où réduction des souillures du fourrage et augmentation de sa qualité nutritionnelle;
- amélioration de la qualité de fermentation de l'ensilage grâce à un meilleur compactage du fourrage préfané dans le silo;
- réduction de l'espace de silo nécessaire grâce à un fourrage plus facile à compacter.

Ces avantages vont de pair avec une augmentation de la puissance nécessaire pour l'entraînement du conditionneur, ainsi qu'avec un accroissement des frais de machines. Du point de vue des coûts, le conditionnement intensif s'avère favorable notamment pour les exploitations qui conservent le fourrage uniquement sous forme d'ensilage, car il permet d'une part d'économiser les coûts de la faneuse et que d'autre part, les avantages qualitatifs se font surtout sentir avec l'ensilage (réduction des pertes, amélioration de la qualité de fermentation, augmentation de la valeur nutritive).

Résumé

- Les conditionneurs testés ont convaincu par une bonne accélération du séchage, un mode de travail ménageant les plantes fauchées et une faible puissance d'entraînement. C'est pourquoi les quatre outils conviennent pour la

production de fourrage de qualité irréprochable, qu'il s'agisse d'ensilage ou de foin.

- Dans le cadre d'une utilisation traditionnelle (dépôt en andains), les trois conditionneurs Fella KC 270 D, Vicon TK 300 et Kurmann K 618 ne présentent que de faibles différences en ce qui concerne l'effet de séchage et les pertes au champ.
- Par contre, les différences sont beaucoup plus nettes en cas d'utilisation du dispositif de répartition large. Le Kurmann K 618 dépose le fourrage plus régulièrement, sur une surface plus large que les outils de Fella et de Vicon. Par conséquent, il obtient un meilleur résultat de séchage avec la technique d'étalement large et l'utilisation réduite de la faneuse.
- Avec l'étalement large, il est facilement possible de supprimer le premier passage de la faneuse. Pour ne pas trop retarder le séchage, le conditionneur doit être réglé à un niveau un peu plus intensif que le niveau habituel. Grâce à la réduction des opérations de fanage, les pertes sont un peu plus faibles.
- Pour que les conditionneurs puissent travailler correctement avec le dispositif de distribution large, il est indispensable que le fourrage soit étalé régulièrement sur une largeur suffisante. Le peuplement végétal et le modèle de faucheuse frontale utilisée influencent la qualité de l'étalement large. Les faucheuses à tambours avec formation des andains au centre ne conviennent pas pour l'étalement large du fourrage.
- Par rapport aux conditionneurs conventionnels, le conditionneur intensif Kurmann K 618 Twin permet d'accélérer considérablement le séchage. Par ailleurs, les pertes au champ sont plus faibles dans la mesure où l'emploi de la faneuse peut être nettement réduit. Les conditionneurs intensifs nécessitent toutefois une utilisation précise et réfléchie de la faneuse.
- La puissance nécessaire des conditionneurs traînés est en général basse et se situe dans une zone comprise entre 5 et 9 kW (sans les conditionneurs intensifs). Le conditionneur Kurmann a besoin d'une puissance à la prise de force légèrement supérieure à celle des outils de Fella et de Vicon. Le rouleau à brosse du Kurmann-Twin nécessite une puissance d'entraînement supérieure de 3 kW par rapport au Kurmann K 618 normal.

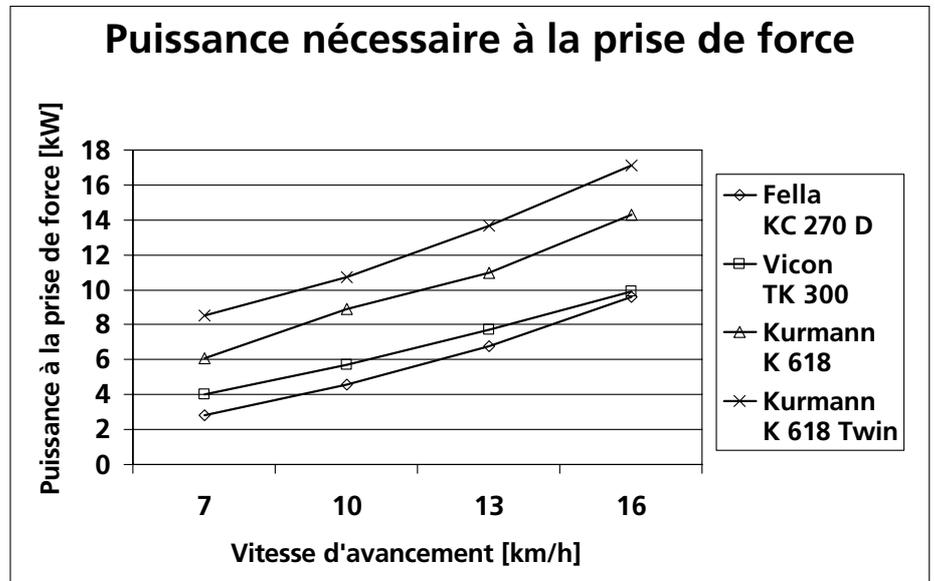


Fig. 11: Puissance à la prise de force mesurée sur les quatre conditionneurs traînés de Fella, Vicon et Kurmann à différentes vitesses ou débits de fourrage. Peuplement végétal: prairie temporaire, 3^{ème} coupe, rendement 35 dt de MS par ha.

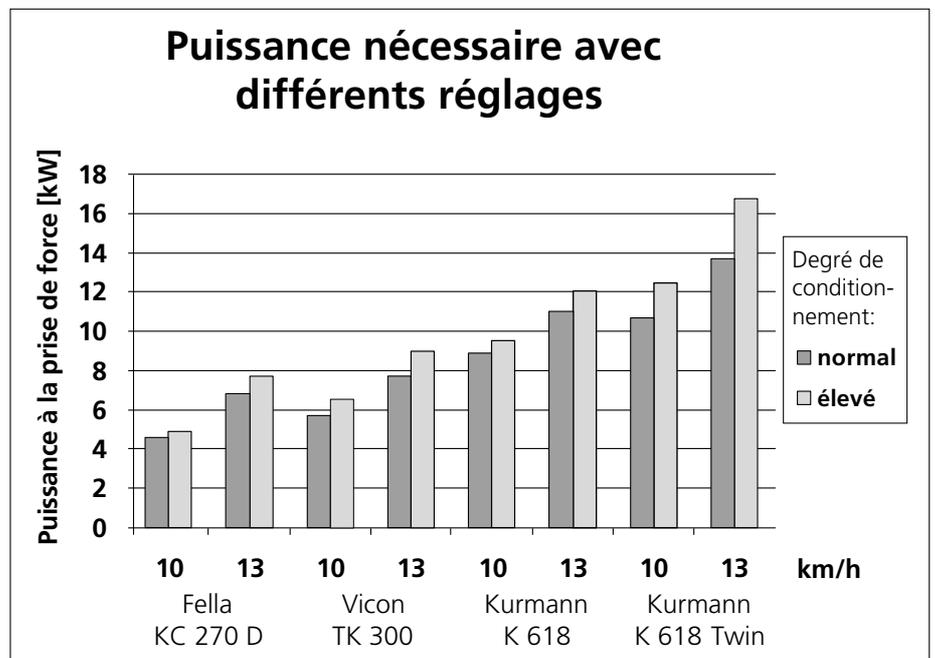


Fig. 12: Puissance à la prise de force mesurée sur les quatre conditionneurs traînés de Fella, Vicon et Kurmann en fonction du conditionnement et de la vitesse d'avancement. Peuplement végétal: prairie temporaire, 3^{ème} coupe, rendement 35 dt de MS par ha.

- Le faible poids des outils, compris entre 400 et 480 kg (Kurmann K 618 Twin 540 kg) et la faible puissance nécessaire permettent de les utiliser avec des tracteurs adaptés au travail sur terrain en pente ou avec des faucheuses à deux essieux.

Perspectives

Les conditionneurs contribuent largement à la production de fourrage grossier de bonne qualité, car ils permettent de tirer parti des courtes périodes de beau temps et de faucher plus fréquemment les plantes lorsqu'elles ont atteint un stade

idéal. Toutefois, c'est un avantage qui se paie et le prix supplémentaire est élevé. Pour la variante intégrée, il est de près de 4500 francs et pour la variante traînée, il est compris entre 6500 et 7000 francs (sans les conditionneurs intensifs). Cet investissement supplémentaire vaut-il la peine? Cela dépend essentiellement des conditions climatiques (situation de l'exploitation), mais aussi de la place accordée à la qualité du fourrage grossier dans l'affouragement.

Les conditionneurs traînés attelés à l'arrière du tracteur jouissent d'une popularité de plus en plus grande grâce à la grande diffusion des faucheuses frontales. Certes, la variante qui consiste à faucher à l'avant et à éclater à l'arrière n'est pas vraiment le procédé de fauche le plus favorable, mais cette technique a néanmoins deux gros avantages. Premièrement, elle est très souple, car elle permet de faucher avec ou sans conditionneur suivant la situation. Deuxièmement, l'association de la faucheuse frontale et du conditionneur traîné

est tout à fait adaptée au travail sur terrain en pente. En effet, le poids est parfaitement réparti sur le véhicule, ce qui rend la technique intéressante également dans la région de montagne et des collines.

La technique des conditionneurs a été marquée par deux nouveautés fondamentales au cours des dernières années: d'une part, l'équipement des outils avec un dispositif de distribution large et d'autre part, la nouvelle conception du Kurmann K 618 comme conditionneur intensif. Ces nouveautés ouvrent de nouvelles perspectives pour la préparation des fourrages. La récolte des fourrages est désormais plus facile grâce à l'étalement large du fourrage conditionné. C'est aussi un moyen élégant de contourner les points de travail, souvent pénibles, qui consistaient à faucher et à faner immédiatement. Enfin, le fourrage étant moins travaillé, les pertes par brisure sont plus réduites, notamment dans les peuplements végétaux riches en feuilles, ce qui se répercute également sur la qualité du fourrage. Ces avantages qualitatifs sont surtout perceptibles dans la production d'ensilage préfané, car dans ce cas, on peut renoncer totalement à l'emploi de la faneuse.

Le Kurmann Twin est un conditionneur intensif parfaitement adapté à la production fourragère en Suisse. Il travaille en ménageant les plantes et peut donc être employé dans les peuplements végétaux les plus divers. Grâce à son poids réduit et à sa faible puissance nécessaire, il peut être utilisé avec les faucheuses à deux essieux les plus puissantes et peut donc être employé sur les pentes raides. Pour transformer un modèle K 618 normal en une variante Twin (rotor six rangs, rouleau à brosse, tôles d'étalement large), il faut compter 3600 francs. Pour l'achat de l'engin neuf, le coût supplémentaire est d'environ 5000 francs. Les coûts élevés exigent une utilisation suffisante pour rentabiliser cette technique.

Puissance nécessaire: faucheuse frontale et conditionneur

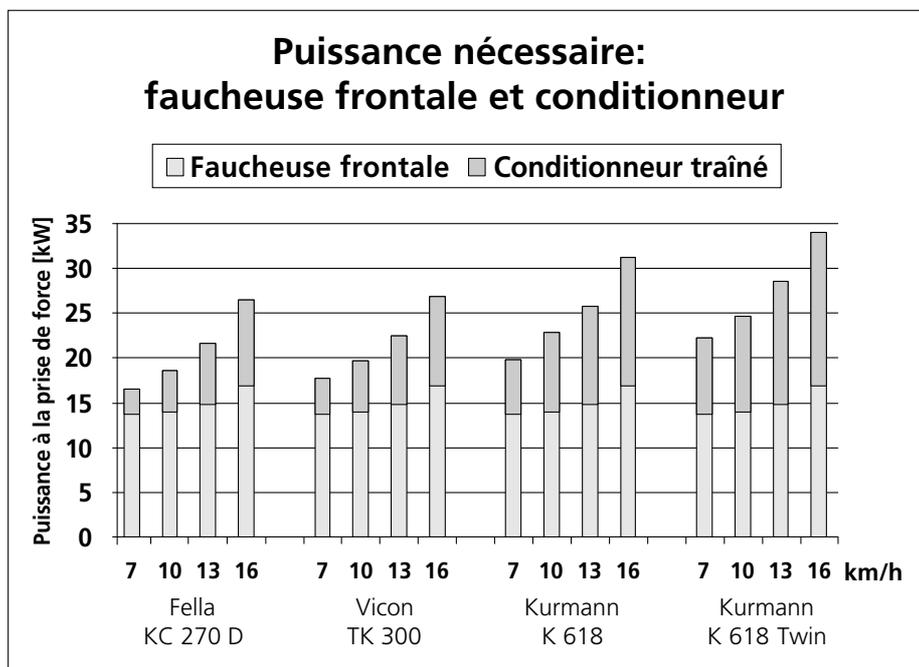


Fig. 13: Puissance nécessaire mesurée à la prise de force pour faucheuse frontale et conditionneur traîné à quatre vitesses d'avancement différentes. Peuplement végétal: prairie temporaire, 3^{ème} coupe, rendement 35 dt de MS par ha.



Fig. 14: Par rapport à l'étalement large, le dépôt du fourrage en andains présente un avantage: le sol peut sécher avant le premier passage de la faneuse. Si le fourrage est étalé à la surface de la parcelle, il est recommandé d'attendre que le peuplement végétal soit le plus sec possible avant de faucher.

Bibliographie

Frick R., Ammann H., 1999. Utilisation de conditionneurs intensifs pour la récolte des fourrages. Rapports FAT n° 532.

Frick R., 1998. Intensivaufbereiter im Heckenbau: Schnellere Abtrocknung ohne Verlustzunahme. Schweizer Landtechnik 3/98.