

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 34 (1972)
Heft: 2

Artikel: Essais comparatifs de transporteurs pneumatiques à usages multiples.
1ère partie
Autor: Zihlmann, F. / Jakob, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1083477>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

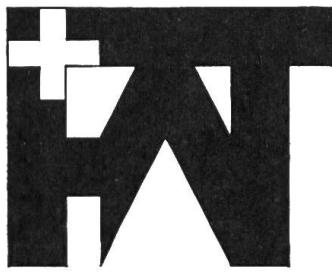
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Publié par la Station Fédérale de Recherches
d'Entreprise et de Génie Rural (FAT)
CH 8355 Tänikon

Rédaction: Dr P. Faessler, Directeur de la FAT

3ème année, février 1972

Essais comparatifs de transporteurs pneumatiques à usages multiples

par F. Zihlmann et R. Jakob, de la Section d'études pratiques «Economie intérieure»

1ère Partie

1. Introduction

La capacité de travail horaire des matériels destinés à la récolte des fourrages verts, préfanés, mi-secs et secs s'est fortement accrue au cours de ces dernières années. Comparativement aux machines de chargement, celle des installations destinées au déchargement et à l'entreposage de ces produits (ensilage, engrangement) n'a par contre pas été sensiblement augmentée. A l'heure actuelle, diverses solutions techniques sont proposées aux utilisateurs pour le transport en hauteur des fourrages verts et secs jusqu'au silo ou au fenil. Il s'agit notamment d'élévateurs mécaniques, de ponts-grues avec grappin de préhension et de transporteurs (élévateurs) pneumatiques. Les matériels qui possèdent la plus grande souplesse d'utilisation sont les transporteurs (élévateurs) semi-pneumatiques (machines sans injecteur où le produit passe à travers le ventilateur et se trouve soit surtout soufflé par le courant d'air, soit surtout projeté par les pales, soit expulsé à la fois pneumatiquement et mécaniquement). Les matériels précités peuvent être rangés dans les catégories suivantes:

- Transporteurs semi-pneumatiques à produits hachés
- Hacheuses-ensileuses (semi-pneumatiques)

- Transporteurs semi-pneumatiques à usages multiples
- Transporteurs semi-pneumatiques à grain
- Transporteurs semi-pneumatiques à foin

Les recherches pratiques effectuées l'année dernière par la FAT se rapportaient exclusivement aux transporteurs pneumatiques à usages multiples, lesquels peuvent être employés pour transporter (déplacement vertical + déplacement horizontal) des fourrages verts, préfanés, secs et mi-secs d'un taux d'humidité très différent, soit des produits allant des feuilles de betteraves sucrières au foin sec (voir la Fig. 1). Les essais comparatifs exécutés avec des transporteurs pneumatiques de ce genre avaient pour but:

- de confronter objectivement ces divers matériels;
- d'élaborer des directives pour leur emploi dans la pratique.

Lors de la libre mise à disposition de transporteurs pneumatiques par des firmes intéressées, en vue de ces essais comparatifs, il fallait que les conditions suivantes fussent remplies:

- Le ventilateur devait être entraîné par un moteur électrique. Tous les transporteurs pneumatiques devaient pouvoir être aussi actionnés par la prise de force d'un tracteur en les équipant en conséquence.

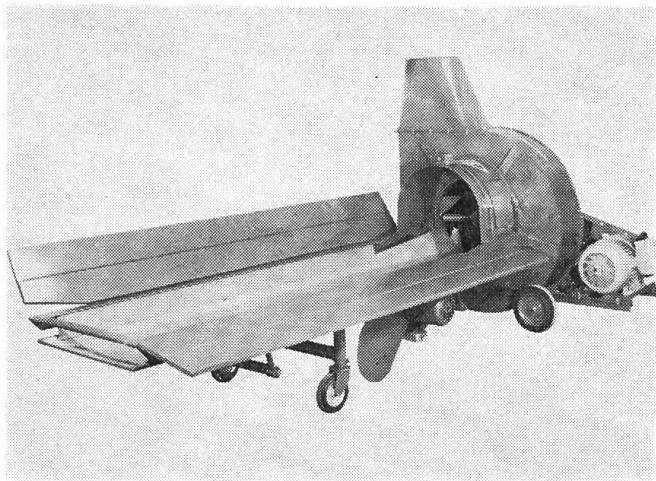


Fig. 1: Transporteur (élévateur) semi-pneumatique avec tablier d'alimentation.

- Le demandeur d'essai avait à déterminer lui-même:
 - la puissance du moteur électrique;
 - le diamètre de la poulie d'entraînement, autrement dit la vitesse de rotation du ventilateur;
 - la marque et le modèle du ruban d'aménage;
 - les équipements spéciaux.

Lorsque des recommandations ou instructions pour l'emploi du transporteur faisaient défaut, la machine était utilisée au mieux.

- Vu le grand nombre de matériels de marque différente, on n'avait admis:
 - qu'un seul modèle de transporteur pneumatique par demandeur d'essai;
 - que des modèles qui, selon les dires de la firme, avaient un rendement de travail d'au moins 5 t/h avec les fourrages secs et 8 t/h avec les fourrages verts.
- Les essais préliminaires de 1970 avaient montré que le débit horaire des transporteurs pneumatiques comportant une tubulure de refoulement pour conduite de 400 mm de Ø s'avérait de 50 à 100 % supérieur à celui qui était réalisé avec une conduite de 310 mm de Ø (sauf quand il s'agissait de maïs-fourrage haché) (Voir au Chap. 3.2). C'est pourquoi tous les mesurages comparatifs de 1971 ont été effectués avec une conduite de 400 mm de Ø.

Les 12 transporteurs pneumatiques suivants avaient été mis à notre disposition et furent soumis à des essais:

Tableau 1: Liste des transporteurs pneumatiques essayés

Demandeur d'essai	Marque et modèle	Puissance du moteur (ch)
Aebi, 3400 Berthoud BE	Aebi, HG 3	20
Estumag, 6210 Sursee LU	Buchmann, Piccolo-1-404	15
Agro-Service, 4528 Zuchwil SO	Fella, FAG 4	25
Albrecht, 8174 Stadel ZH	Himel, LBG II	15
Bucher-Guyer, 8166 Niederweningen ZH	Köla, Topex 2	20
Lanker, 9015 Saint-Gall SG	Lanker, Kombi K 400	20
Müller, 4112 Bättwil SO	Neuero, SG 4	25
Stabag, 9496 Balzers FL	Stabag, Taifun	20
Hiltbold, 5252 Villnachern AG	Taurus, K 4	15
Wild, 9033 Untereggen SG	Wild, GB 6	15
VOLG, 8401 Winterthour ZH	Wöhrle, UG 400	20
Zumstein, 4528 Zuchwil SO	Zumstein, prototype ¹⁾	13

¹⁾ Le transporteur pneumatique «Zumstein» à usages multiples fut tellement modifié durant les essais qu'il n'a pas été pris en considération au cours des lignes qui suivent.

2. Méthode de mesure adoptée et principaux résultats enregistrés

2.1 Mesurages relatifs à la dynamique du flux d'air

Les caractéristiques des transporteurs pneumatiques ayant fait l'objet des mesurages en question sont les suivantes: quantité d'air pulsée, vitesse de rotation du ventilateur, pression engendrée dans la conduite (pression statique + pression dynamique), puissance d'entraînement nécessaire, rendement mécanique global (moteur électrique + ventilateur). Dans un système de coordonnées, les trois dernières valeurs citées ont été portées sur l'ordonnée (coordonnée verticale) en fonction du débit d'air marqué sur l'abscisse (coordonnée horizontale). Pour le ventilateur de tel ou tel transporteur pneumatique marchant à une vitesse déterminée (tr/mn), on obtient ainsi un diagramme comportant trois courbes différentes — courbe pression-volume, courbe de la puissance absorbée, courbe du rendement mécanique global — qui constituent les lignes caractéristiques de fonctionnement de la machine.

Afin de pouvoir comparer entre elles les courbes pression-volume des 11 transporteurs pneumatiques polyvalents essayés par la FAT, les spécifications techniques de tous les ventilateurs pourvus d'une hotte d'aspiration ont été mesurées sans aucun autre équipement supplémentaire. Les dif-

férents diagrammes seront publiés dans la seconde partie du présent compte rendu en tant que bulletins de tests.

L'influence exercée par les différents équipements supplémentaires sur les valeurs caractéristiques de fonctionnement des transporteurs pneumatiques — débit d'air maximal (Q), puissance électrique maximale absorbée (N_{el}), rendement mécanique global maximal (η_{g}) — a été déterminée au moyen d'une méthode d'essai abrégée (voir le Tableau 2 ci-dessous).

Sur les ventilateurs à carter excentrique (spirale) (Buchmann, Himel, Köla, Wild), l'espace libre existant entre l'extrémité des pales du rotor et la paroi du stator augmente progressivement en direction de l'orifice de refoulement. Sur les autres ventilateurs, qui comportent un carter concentrique (circulaire), l'espace libre en question demeure par contre toujours le même. Lorsqu'on veut utiliser une machine avec ventilateur à boîtier excentrique pour le transport de fourrages verts, il faut transformer ce dernier en boîtier concentrique. A cet effet, on place à l'intérieur une tôle appropriée dite tôle d'ensilage. L'espace existant entre les pales et le stator s'en trouve alors réduit. Il en résulte toutefois une baisse de toutes les valeurs caractéristiques de fonctionnement du transporteur pneumatique (voir le Tableau 2). Etant donné, d'une part, que la tôle d'ensilage se révèle nécessaire

Tableau 2: Influence exercée par les divers équipements supplémentaires sur les valeurs caractéristiques de fonctionnement

Équipement supplémentaire ▶	Hotte d'aspiration			Pales			Tôle d'ensilage			Battes			
	Valeurs caractéristiques de fonctionnement ▶	Q maxi m ³ /s	N_{el} maxi kW	η_{g} maxi %	Q maxi m ³ /s	N_{el} maxi kW	η_{g} maxi %	Q maxi m ³ /s	N_{el} maxi kW	η_{g} maxi %	Q maxi m ³ /s	N_{el} maxi kW	η_{g} maxi %
▼ Ventilateur													
Aebi	3,9	11,2	36	4,0	12,1	39	—	—	—	—	—	—	—
Buchmann	2,9	5,5	29	—	—	—	2,7	5,1	26	—	—	—	—
Fella	3,8	9,9	38	4,7	16,0	40	—	—	—	—	—	—	—
Himel	4,4	12,1	51	—	—	—	4,0	11,6	39	—	—	—	—
Köla	4,1	11,3	47	non mesurées			3,1	10,8	31	—	—	—	—
Lanker	4,5	14,6	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Neuero	4,5	14,5	41	—	—	—	—	—	—	4,4	15,2	38	—
Stabag	4,2	12,2	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taurus	4,1	9,7	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wild	3,8	8,9	47	—	—	—	non mesurées			—	—	—	—
Wöhrle	4,4	12,5	40	—	—	—	—	—	—	4,2	12,8	37	—

pour le transport des fourrages verts humides, du maïs-fourrage haché et des feuilles de betteraves sucrières, d'autre part, que le débit d'air maximal du ventilateur joue un rôle secondaire pour le transport de ces trois sortes de fourrages, on peut dire que l'emploi d'une tôle d'ensilage représente tout de même une bonne solution. La mise en place et l'enlèvement de cet accessoire demandent cependant beaucoup de temps et sont passablement pénibles. C'est ce qui explique pourquoi les praticiens ne l'utilisent pas volontiers. Une telle solution devrait donc être plutôt déconseillée.

Lorsque les élévateurs pneumatiques avec ventilateur à carter concentrique (circulaire) ont à transporter du maïs-fourrage haché et des feuilles de betteraves sucrières, il faut réduire l'espace libre existant entre les pales et le stator en employant parfois des pales supplémentaires (Aebi, Fella et Köla, dans ce dernier cas en plus de la tôle d'ensilage). Suivant le nombre, le poids, la forme et le mode de montage de ces pales additionnelles, on arrive alors à accroître toutes les valeurs caractéristiques de fonctionnement (certaines très fortement). Abstraction faite du courant électrique consommé, une telle augmentation s'avère souhaitable. Par ailleurs, la pose et la dépose des pales supplémentaires sont relativement simples. Etant donné, toutefois, qu'une puissance électrique suffisante du secteur fait défaut dans de nombreuses exploitations agricoles, on doit déconseiller d'employer des pales supplémentaires surdimensionnées (voir au Tableau 2 la consommation maximale de courant de la machine Fella).

En ce qui concerne tous les autres équipements supplémentaires (battes, pales de ventilation) ainsi que le ruban d'aménage utilisé en lieu et place de la hotte d'aspiration, ils n'influencent les valeurs caractéristiques de fonctionnement que dans une mesure insignifiante.

Lors du transport de foin sec ou de foin mi-sec à déshydrater complémentairement sous toit, il existe une relation directe entre la dynamique du flux d'air et la capacité de travail théorique d'un élévateur pneumatique (voir au Chap. 3.5). Ce n'est qu'après une interprétation détaillée des résultats enregistrés lors des essais qu'il est possible

de déterminer jusqu'à quel point certaines comparaisons peuvent être établies entre la dynamique du flux d'air et la capacité de travail théorique d'un élévateur pneumatique lors du transport de fourrages à ensiler.

2.2 Mesurages techniques lors du transport pneumatique des fourrages verts, préfanés, mi-secs et secs

Le mesurage de la dynamique du flux d'air ne suffit pas pour formuler une appréciation valable sur un élévateur pneumatique. Il est en effet indispensable d'enregistrer également certaines valeurs, par mesurages, au cours du transport pneumatique des fourrages verts et secs.

2.2.1 Conditions d'exécution des essais

En vue de pouvoir procéder à des mesurages comparatifs valables, la FAT a fait construire une tour

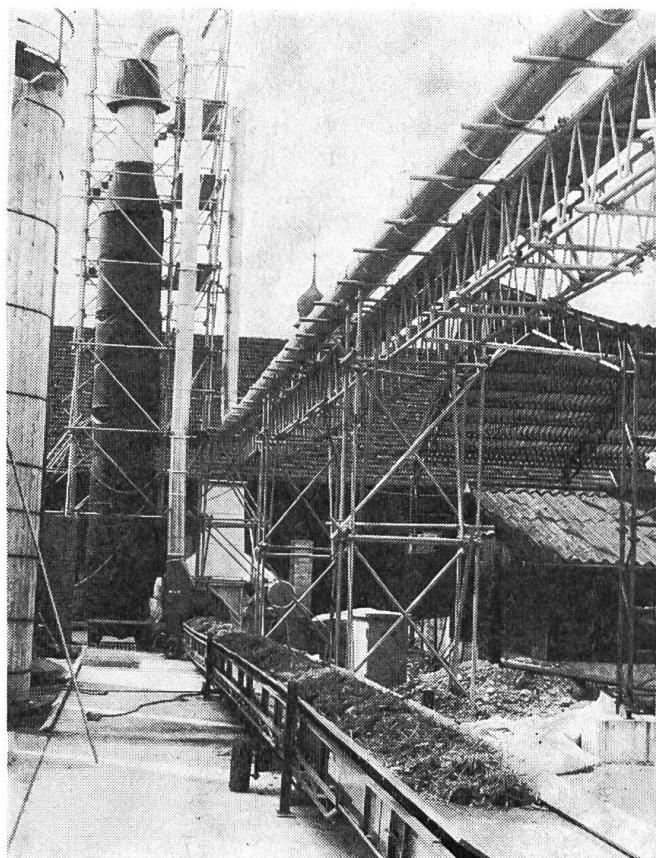


Fig. 2: Tour spéciale pour la mise à l'épreuve de transporteurs (élévateurs) semi-pneumatiques à fourrages. Hauteur d'élévation de 15 m, tapis d'alimentation de 30 m avec variateur de vitesse.

à essais appropriée. Afin que le transporteur pneumatique essayé soit alimenté de façon régulière pendant une durée déterminée – sans se trouver influencé par l'intervention d'une personne de service – il avait été prévu d'utiliser un tapis roulant de 30 m de long dont l'allure d'avancement pouvait être réglée de manière continue (par variateur de vitesse) entre 0,4 et 2,0 m/s (voir la Fig. 2).

Abstraction faite des critères d'appréciation très importants pour les praticiens que constituent par exemple la capacité de travail horaire et la puissance absorbée, les valeurs suivantes ont été encore mesurées durant le transport pneumatique des fourrages en vue de l'interprétation des résultats des essais: la vitesse de rotation du ventilateur, le volume d'air pulsé, la vitesse de déplacement du fourrage et la pression régnant dans la conduite de refoulement. Chacun des 11 élévateurs pneumatiques à usages multiples mis à disposition a été éprouvé de la façon suivante à la tour à essais:

Tableau 3: Caractéristiques des fourrages employés lors des mesurages effectués à la tour à essais

Genre de fourrage	MS ¹⁾ en %	Longueur de coupe en cm	Hauteur de transport en m
Herbe fraîche	15	12	15
Herbe préfanée	10 à 20	12	15
Herbe préfanée	20 à 30	12	15
Herbe préfanée	30 à 45	12	15
Regain mi-sec à déshydrater complémentairement en grange	50 à 60	12	15 + 57 ²⁾

¹⁾ Proportion de matière sèche contenue dans le fourrage

²⁾ Conduite de refoulement horizontale (voir la Fig. 3). La longueur des quatre coude à 90° a été convertie en distances rectilignes.

Au cours des 44 essais exécutés avec de l'herbe d'ensilage (4 sortes de fourrages, 11 transporteurs pneumatiques différents), la limite de bourrage a été déterminée en augmentant la vitesse d'avancement du tapis roulant. Lors de l'alimentation de l'élévateur pneumatique avec du regain mi-sec (ma-

chine pourvue d'une hotte d'aspiration, remorque autochargeuse permettant un déchargement continu avec alimentation directe du transporteur), deux personnes de service furent mises en œuvre afin d'assurer l'amenée régulière de ce fourrage.

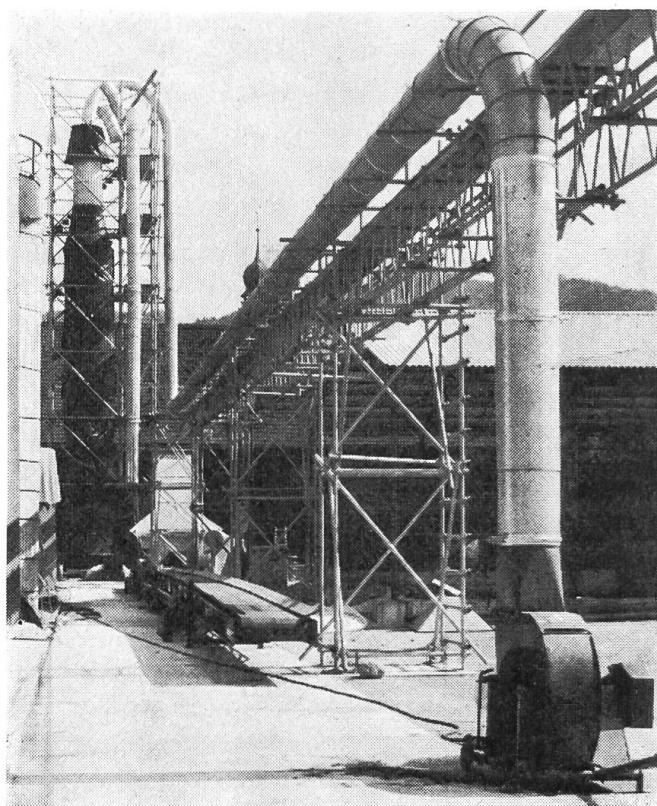


Fig. 3: Installation pour essais concernant le transport de foin mi-sec à déshydrater complémentairement sous toit par air forcé.

2.2.2 Résultats enregistrés lors des essais effectués

Le Tableau 4 indique la capacité de travail horaire théorique et la consommation moyenne de courant électrique – telles qu'elles furent mesurées à la tour à essais – de chaque machine mise à l'épreuve. Comme chacun des 11 transporteurs pneumatiques fut soumis (dans des conditions égales) à 4 essais avec de l'herbe d'ensilage, les valeurs figurant dans la colonne «Herbe d'ensilage» représentent des moyennes (15 à 45% de MS). Un seul essai fut effectué dans chaque cas avec du regain mi-sec.

Tableau 4: Capacité de travail théorique et consommation de courant électrique mesurées à la tour à essais lors du transport d'herbe d'ensilage et de regain mi-sec

Genre de fourrage ▶		Herbe d'ensilage			Regain mi-sec à déshydrater complémentairement en grange		
Transporteur pneumatique		Quantité de fourrage débitée	Consommation moyenne de courant lors du transport du fourrage	Consommation moyenne de courant par tonne de fourrage débitée	Quantité de fourrage débitée	Consommation moyenne de courant lors du transport du fourrage	Consommation moyenne de courant par tonne de fourrage débitée
Modèle	Puissance du moteur	t/h	kW	kW	t/h	kW	kW
	ch						
Aebi	20	13,9	15,5	1,1	6,5	9,1	1,4
Buchmann	15	4,2	7,0	1,7	1,9	5,0	2,6
Fella	25	11,1	17,8	1,6	4,2	9,8	2,3
Himel	15	9,5	14,0	1,5	6,3	10,3	1,6
Köla	20	11,1	15,7	1,4	6,5	11,2	1,7
Lanker	20	16,2	18,6	1,1	6,4	14,1	2,2
Neuero	25	13,3	18,5	1,4	6,8	14,2	2,1
Stabag	20	10,1	14,9	1,5	7,3	12,2	1,7
Taurus	15	9,6	11,8	1,2	5,2	9,4	1,8
Wild	15	5,9	9,9	1,7	5,0	8,2	1,6
Wöhrle	20	11,0	15,4	1,4	7,9	12,8	1,6

Les appréciations relatives à la capacité de travail et à la consommation de courant des différents transporteurs pneumatiques sont formulées au Chap. 2.4.

Tableau 5: Capacité de travail et consommation de courant des transporteurs pneumatiques dans la pratique

Genre de fourrage	Herbe d'ensilage		Maïs d'ensilage	
Transporteur pneumatique	Teneur en matière sèche: 30 à 45% Fourrage tronçonné ¹⁾		Teneur en matière sèche: 25 à 28% Longueur théorique des brins (fourrage haché): 5 mm	
	Quantité de fourrage débitée ²⁾ t/h	Consommation moyenne de courant électrique kW	Quantité de fourrage débitée ³⁾ t/h	Consommation moyenne de courant électrique kW
Aebi	8,3	13,9	33,4 ⁴⁾	18,5
Buchmann	3,9 ⁵⁾	6,6	15,0 ⁵⁾	9,0
Fella	4,9	17,2	18,7	23,5
Himel	7,7	12,5	12,4 ⁵⁾	16,5
Köla	4,1 ⁵⁾	13,6	14,6 ⁵⁾	19,9
Lanker	7,5	16,2	14,8	19,3
Neuero	7,0	15,3	17,4	23,5
Stabag	6,2 ⁵⁾	13,6	23,7 ⁵⁾	15,3
Taurus	5,8	10,8	10,7 ⁵⁾	14,3
Wild	4,6 ⁵⁾	9,2	13,7 ⁵⁾	13,0
Wöhrle	7,0	13,8	21,4 ⁵⁾	17,9

¹⁾ Première remorque autochargeuse: longueur de coupe théorique 12 cm
Seconde remorque autochargeuse: longueur de coupe théorique 36 cm

²⁾ Y compris les incidents de fonctionnement du transporteur pneumatique mais sans d'éventuelles pannes du ruban d'aménage

³⁾ Sans les arrêts de fonctionnement du transporteur pneumatique et du ruban d'aménage

⁴⁾ Vitesse de rotation du ventilateur ramenée de 1020 à 750 tr/mn

⁵⁾ Un bourrage, pour le moins, s'est produit au cours des essais avec ce transporteur pneumatique

2.3 Emploi des élévateurs pneumatiques dans la pratique pour le transport des fourrages verts, préfanés, secs et mi-secs

Afin de déterminer les rapports existant éventuellement entre une utilisation théorique de ces matériaux à la tour à essais et une utilisation pratique, les 11 élévateurs pneumatiques furent employés à la ferme expérimentale de la FAT pour le transport d'herbe d'ensilage et de maïs d'ensilage haché. Dans les deux cas, la hauteur d'élévation du produit était de 8 m et le diamètre du silo de 6 m 40. Les divers élévateurs pneumatiques, pourvus de leur ruban d'aménage, devaient décharger 2 véhicules de récolte contenant chacun environ 1,8 t du fourrage en cause. Les indications numériques figurant au Tableau 5 sont des moyennes. Les mesurages effectués se rapportaient à la capacité de travail et à la consommation de courant (pointes de courant comprises).

En comparant entre eux les chiffres des Tableaux 4 et 5, on peut constater que le tonnage d'herbe d'ensilage débité par heure a été beaucoup plus faible lors des essais pratiques. Les raisons de ces écarts importants sont exposés en détail au Chap. 3.

2.4 Jugement porté sur la capacité de travail horaire et la consommation de courant électrique des transporteurs pneumatiques essayés

Les quantités de fourrage débitées à l'heure et la consommation moyenne de courant sont mentionnées aux Tableaux 4 et 5. Ces valeurs doivent être appréciées d'après les critères suivants:

2.4.1 Protection contre les risques

Pour un moteur d'entraînement électrique d'une puissance déterminée, le Tableau 6 indique le courant normal (en ampères A) avec lequel le coupe-circuit ou le disjoncteur doit entrer en action et la section (en mm²) que doit avoir le conducteur.

Si le conducteur présente une faible section et qu'on met en place une pièce fusible à action retardée, il devient possible de raccorder un moteur de la catégorie de puissance immédiatement supérieure. Au cas cependant où il s'agit d'un mo-

Tableau 6: Coupe-circuit ou disjoncteur et section du conducteur prévus pour les moteurs électriques à courant alternatif triphasé

Puissance nominale	Pièce fusible	Coupe-circuit ou disjoncteur A	Section du conducteur mm ²
15	normale à action retardée	40	10
	normale à action retardée	25	6
	normale à action retardée	40	10
20	normale à action retardée	40	10
	normale à action retardée	60	16
	normale à action retardée	40	10
25	normale à action retardée	40	10
	normale à action retardée	40	10
	normale à action retardée	40	10

teur dont la puissance se montre relativement faible par rapport à celle qu'exige le ventilateur, il est alors probable que même un coupe-circuit ou disjoncteur à action retardée ne suffise plus.

2.4.2 Puissance débitée par le moteur et puissance absorbée par le ventilateur

Les usines électriques tiennent à ce que les transporteurs pneumatiques ne soient pas équipés d'un moteur trop puissant. Quand un moteur fonctionne sous charge partielle, on constate une baisse du coefficient de rendement ou cosinus phi (φ). Plus le cos φ est bas, plus le courant réactif est fort. Il faut que le conducteur d'alimentation soit prévu pour la puissance absorbée maximale (puissance active + puissance réactive). D'autre part, le compteur n'enregistre que le courant actif. Enfin la puissance réactive doit se trouver à disposition sans qu'il en résulte des dommages pour l'usine électrique. Lorsque des moteurs servent à exécuter des travaux au cours desquels des interruptions se produisent inévitablement — c'est le cas avec les transporteurs pneumatiques —, les surcharges suivantes sont admissibles:

10% de surcharge lors d'une durée de service de 60 mn

20% de surcharge lors d'une durée de service de 30 mn

40% de surcharge lors d'une durée de service de 15 mn

La puissance exigée pour l'entraînement d'un élévateur pneumatique a été calculée sur la base de la puissance absorbée par le moteur d'entraînement en admettant un rendement mécanique de 87% (voir le Tableau 7, colonne 3). La puissance nécessitée par le ventilateur telle qu'elle fut déterminée de cette façon a servi à apprécier la puissance nominale des moteurs de divers transporteurs pneumatiques. A notre avis, les firmes qui s'étaient annoncées pour les essais comparatifs en cause avaient fait monter des moteurs plutôt trop puissants sur leurs matériels. Il convient de relever que ces moteurs peuvent être aussi surchargés dans une certaine mesure. Cela fait un net contraste avec les conditions de la pratique, où l'on utilise des moteurs plutôt trop faibles en raison des puissances connectées limitées.

Tableau 7: Puissance nominale des moteurs et puissance absorbée par les ventilateurs

Transporteur pneumatique	Puissance nominale du moteur ch	Puissance exigée par le ventilateur (lors du transport d'herbe d'ensilage à la tour d'essais)	
		en ch	en % de la puissance nominale
Aebi	20	18	90
Buchmann	15	8,5	57
Fella	25	22	88
Himel	15	18	120
Köla	20	21	105
Lanker	20	22	110
Neuero	25	22	88
Stabag	20	18	90
Taurus	15	14	93
Wild	15	12	80
Wöhrle	20	18	90

2.4.3 Pointes de courant et facturation du courant consommé

Des pointes de courant momentanées se produisent surtout lorsque les transporteurs pneumatiques sont alimentés de façon irrégulière. Ces phénomènes s'avèrent désagréables pour les consommateurs d'énergie électrique des alentours car ils provoquent notamment le vacillement de la lumière. L'importance de ces pointes de courant passagères n'a aucune influence sur le montant

de la facture de l'entreprise qui fournit l'énergie électrique. Cela même si ce montant se compose d'une somme concernant la puissance souscrite et d'une autre concernant le courant consommé. Le calcul de la puissance à souscrire est établi à l'aide d'un compteur totalisateur. On mesure la puissance maximale moyenne, en kilowatts, qui intervient au cours du mois pendant une durée de 15 minutes (ce temps de base a été fixé par les usines électriques). Lors de l'emploi de transporteurs pneumatiques à usages multiples, cette puissance maximale moyenne correspond à peu près aux consommations moyennes de courant mesurées au cours des essais, pour autant que d'autres moteurs ne fonctionnent pas simultanément.

3. Autres résultats enregistrés lors du transport pneumatique des fourrages verts, préfanés et mi-secs

Les explications qui suivent font ressortir l'importance des influences extérieures – entre autres la façon d'alimenter la machine et le genre de fourrage engrangé ou ensilé – sur l'appréciation de la capacité de travail horaire d'un élévateur pneumatique polyvalent.

3.1 Transport pneumatique de l'herbe d'ensilage

L'ensilage de l'herbe préfanée pose les exigences les plus élevées à un transporteur pneumatique à usages multiples. Avec cette sorte de fourrage, l'alimentation optimale de la machine exerce une très grande influence sur la capacité de travail pratique.

3.1.1 Mode d'alimentation et personne de service

Les résultats indiqués ci-dessous montrent clairement qu'avec l'herbe d'ensilage, 1 seule unité de main-d'œuvre (UMO) suffit pour assurer l'alimentation d'un transporteur pneumatique avec ruban d'aménage:

Alimentation du transporteur pneumatique par 1 UMO: débit 6,4 t/h d'herbe d'ensilage

Alimentation du transporteur pneumatique par 2 UMO: débit 7,6 t/h d'herbe d'ensilage (3,8 t/h par UMO).

Une comparaison entre la capacité de travail théorique (à la tour à essais) et la capacité de travail pratique (à la ferme) des élévateurs pneumatiques lors du remplissage de silos, a donné les résultats suivants dans les conditions susmentionnées:

3.1.2 Longueur de coupe du fourrage (tronçonnage sur la remorque autochargeuse)

Les neuf essais pratiques (remplissage de silos) effectués à la ferme (transporteurs pneumatiques avec ruban d'amenage, remorque autochargeuse

Tableau 8: Capacité de travail horaire des transporteurs pneumatiques en fonction du mode d'alimentation

Conditions dans lesquelles les essais étaient effectués	A la tour d'essais	Lors du remplissage de silos
Nombre de transporteurs pneumatiques Alimentation	11 tapis roulant de 30 m, régulière	11 ruban d'amenage, 1 UMO
Teneur en matière sèche (MS) du fourrage Remorque autochargeuse: longueur de coupe théorique	30 à 45 % 12 cm	30 à 45 % 12 cm
Résultats enregistrés:	essais techniques	essais pratiques
Débit (moyenne des 11 machines) Consommation de courant (moyenne des 11 machines) Indice de débit Indice de consommation de courant	11,6 t/h (5,0 à 17,6) 15,2 kW (6,6 à 25) 100 100	6,5 t/h (4,4 à 11,0) 13,0 kW (6,1 à 16,7) 56 86

Il ressort du Tableau 8 qu'une alimentation régulière dosée, sans intervention d'une personne de service, permet d'augmenter de 60 %, en chiffre rond, le rendement de travail d'un transporteur pneumatique.

Lorsqu'il s'agit de machines d'une grande capacité de travail, la relation existant entre le débit théorique (à la tour d'essai) et le débit pratique (remplissage de silos à la ferme) représente une proportion d'environ 2 : 1. En ce qui concerne les transporteurs pneumatiques à capacité de travail réduite, cette relation ne correspond plus qu'à une proportion d'environ 1 : 1 (voir les Tableaux 4 et 5). C'est pourquoi les débits obtenus des transporteurs pneumatiques à faible capacité de travail lors des essais pratiques étaient relativement satisfaisants si on les compare aux débits enregistrés lors des essais techniques.



Fig. 4: Un outil de déchargement maniable et léger (croc), ainsi que du fourrage coupé court, facilitent le déchargement du produit et accroissent le rendement de travail du transporteur (élévateur) semi-pneumatique.

déchargeant le fourrage directement dans une auge d'alimentation) ont fait apparaître que la capacité de déchargement horaire pouvait être augmentée d'environ 25 % — comparativement à celle enregistrée avec une remorque autochargeuse munie d'un mauvais dispositif de coupe (brins longs et irréguliers, longueur de tronçonnage théorique de 36 cm lors de ces essais) — quand on utilisait une remorque autochargeuse pourvue d'un bon dispositif de coupe (brins courts et réguliers, longueur de tronçonnage théorique de 12 cm au cours des essais en question). En outre, le déchargement de produits coupés court et de façon régulière se montre bien moins fatigant pour la personne de service.

3.1.3 Dispositif de coupe monté sur le ventilateur

L'emploi d'un tel dispositif de coupe ne comportant qu'un seul couteau a permis à la plupart des transporteurs pneumatiques essayés de fournir leur débit horaire maximal avant d'atteindre la limite de bourrage (accumulation du fourrage devant le dispositif de coupe). Selon les modèles mis à l'épreuve, leur capacité de travail horaire s'est trouvée réduite de 0 à 40 % par l'emploi dudit dispositif. C'est la raison pour laquelle il faudrait veiller désormais, encore davantage que jusqu'à maintenant, d'une part, à ce que le fourrage soit sectionné déjà lors du chargement aux champs, d'autre part, à ce que la remorque autochargeuse comporte un bon dispositif de coupe. Un pareil accessoire monté sur le ventilateur peut être alors considéré comme superflu. C'est pourquoi nous renonçons à émettre ici une appréciation sur les dispositifs de coupe que l'on fixe à l'orifice d'aspiration des transporteurs pneumatiques.

3.1.4 Teneur en matière sèche (MS) du fourrage

Les essais préliminaires exécutés par nos soins avaient déjà montré que le transport en hauteur d'une herbe préfanée contenant de 20 à 30 % de matière sèche pose les exigences les plus rigoureuses à un élévateur pneumatique. Comme cette sorte de fourrage représente justement celle qui est la plus manutentionnée dans la pratique, des mesurages furent effectués à notre tour à essais avec des produits plus ou moins préfanés,

autrement dit renfermant une proportion variable de matière sèche. Les moyennes des débits moyens des 11 transporteurs pneumatiques essayés sont mentionnées au Tableau 9. Avec un fourrage d'une teneur en matière sèche de 20 à 30%, et selon la machine, le débit horaire peut s'avérer de 0 à 40 % inférieur à ce qu'il est lorsque le même produit renferme de 10 à 20 % ou de 30 à 45 % de matière sèche.

Tableau 9: Débit horaire des transporteurs pneumatiques en fonction de la teneur en matière sèche (MS) du fourrage

Proportion de MS contenue dans le fourrage	10 à 20%	20 à 30%	30 à 45%
Indice de débit	100	85	99

3.1.5 Influence de la vitesse de rotation du ventilateur

Vouloir déterminer le régime optimal du ventilateur de chacun des 11 élévateurs pneumatiques pour le transport d'herbe préfanée tronçonnée aurait été sortir du cadre fixé à nos recherches pratiques. C'est pourquoi nos expérimentations n'ont porté que sur une seule machine, équipée d'une poulie d'entraînement à gradins. Le Tableau 10 fournit des indications sur ces essais.

Tableau 10: Débit horaire et consommation moyenne de courant en fonction de la vitesse de rotation du ventilateur (herbe d'ensilage)

Conditions dans lesquelles les essais étaient effectués			Résultats enregistrés	
Longueur de coupe théorique du fourrage cm	MS contenue dans l'herbe d'ensilage %	Régime du ventilateur tr/mn	Quantité de fourrage débitée t/h	Consommation moyenne de courant électrique kW
12	24	1020	12,0	14,9
12	24	830	7,5	10

Comme on peut le constater, un ventilateur tournant moins vite entraîne une baisse de la capacité de travail de la machine et une consommation de courant moins élevée lorsque le produit transporté est de l'herbe préfanée. Une réduction de

la vitesse de rotation du ventilateur ne se justifie donc que dans les cas où le courant électrique fourni est insuffisant.

3.2 Transport pneumatique du maïs d'ensilage haché

A l'heure actuelle, de nombreux exploitants agricoles utilisent l'élévateur pneumatique également pour le transport de maïs haché à ensiler. Comparativement à l'herbe préfanée, ce fourrage pose de tout autres exigences aux transporteurs pneumatiques à usages multiples.

Afin qu'un moteur de 20 ch permette d'obtenir un débit supérieur à 25 t/h avec du maïs d'ensilage haché, il est nécessaire de réduire la vitesse de rotation du ventilateur. (Un nombre de tours élevé est par contre indispensable lors du transport d'herbe à ensiler). Pour assurer un déroulement du travail pratiquement sans incidents de fonctionnement, il faut en outre que le carter du ventilateur soit du type concentrique (circulaire) et que l'espace libre existant entre l'extrémité des pales et le carter soit aussi faible que possible; sinon le maïs haché (surtout s'il contient moins de 30 % de matière sèche) se dépose dans le carter.

geux de diminuer encore le régime du ventilateur, de nouvelles expérimentations s'avéreraient nécessaires.

Les essais effectués avec une conduite de refoulement de 310 mm (au lieu de 400 mm) et une hauteur de transport de 10 m ont montré que, selon la machine mise à l'épreuve, son rendement de travail horaire était alors de 10 à 30 % inférieur.

3.3. Transport pneumatique des feuilles de betteraves sucrières

Le transport des feuilles de betteraves à sucre pose à l'élévateur pneumatique pratiquement les mêmes exigences que le transport du maïs d'ensilage haché. En ce qui concerne les feuilles de betteraves, une augmentation du débit dépend dans une large mesure de la capacité de travail de la personne de service. Par ailleurs, il n'est pas possible de réduire trop fortement le régime du ventilateur — en vue d'accroître le débit — car les collets seraient alors insuffisamment morcelés. Le Tableau 12 montre les variations de la capacité de travail et de la consommation de courant lors

Tableau 11: Débit horaire et consommation moyenne de courant en fonction de la vitesse de rotation du ventilateur (maïs d'ensilage haché)

Conditions dans lesquelles les essais étaient effectués		Résultats enregistrés			
MS contenue dans le maïs d'ensilage haché %	Régime du ventilateur tr/mn	Consommation moyenne de courant électrique en marche à vide kW	Quantité de fourrage débitée t/h	Consommation moyenne de courant électrique lors du transport du fourrage kW	
26	980	13,2	14,8	19,3	
26	885	10,0	21,3	18,6	

Le Tableau 11 indique les variations du débit et de la consommation de courant avec un ventilateur tournant à moindre vitesse (essais effectués avec un seul élévateur pneumatique).

En réduisant la vitesse de rotation du ventilateur d'environ 100 tr/mn lors des essais, nous avons constaté un accroissement du débit d'à peu près 50 % et une légère baisse de la consommation moyenne de courant. Pour savoir s'il serait avanta-

d'une réduction de la vitesse de rotation du ventilateur (essais avec un seul élévateur pneumatique). En ramenant la vitesse de rotation du ventilateur de 1020 à 840 tr/mn lors de nos essais, le débit se trouva accru d'approchant 20 % et la consommation moyenne de courant réduite de 40 % en chiffre rond. A noter que même avec cette baisse de régime (840 tr/mn), les collets de betteraves étaient encore suffisamment morcelés. Par ailleurs, cette

vitesse de rotation moins élevée, plus exactement dit une vitesse périphérique plus faible du rotor, avait ceci d'avantageux que les pierres parfois transportées avec le fourrage endommageaient moins le ventilateur et la conduite de refoulement.

Tableau 12: Débit horaire et consommation moyenne de courant en fonction de la vitesse de rotation du ventilateur (feuilles de betteraves sucrières)

Conditions dans lesquelles les essais étaient effectués		Résultats enregistrés		
MS contenue dans les feuilles de betteraves sucrières %	Régime du ventilateur tr/mn	Consommation moyenne de courant électrique en marche à vide kW	Quantité de fourrage débitée t/h	Consommation moyenne de courant électrique lors du transport du fourrage kW
17	1020	11,0	19,8	22,6
18	840	6,4	24,3	14,2

3.4 Transport pneumatique d'épis de maïs broyés

Etant donné qu'il s'agit ici du transport d'une nouvelle sorte de fourrage, aucun modèle d'élévateur pneumatique polyvalent n'a donné satisfaction tel qu'il était équipé au début des essais. Afin d'éviter une trop forte dissociation de la masse de fourrage broyée ensilée, il faut que le volume d'air débité par la machine soit diminué dans une large mesure. Comme une réduction de la vitesse de rotation du ventilateur ne suffit pas à elle seule, on doit aussi rapetisser l'orifice d'aspiration de ce dernier (voir la Fig. 5). Avec des épis de maïs broyés renfermant 60 % de matière sèche, le débit a été de 15 t/h et la consommation moyenne de courant correspondante de 7,5 kW (essais exécutés avec seulement deux élévateurs pneumatiques). Etant donné que le rendement de travail d'un cueilleur-broyeur-chARGEUR d'épis de maïs représente environ 6 t/h, une telle capacité de transport devrait se montrer suffisante dans la majorité des cas.

3.5 Transport pneumatique de foin mi-sec

Le transport de foin mi-sec à déshydrater complémentairement en grange pose relativement peu d'exigences à un élévateur pneumatique à usages multiples. Dans des conditions d'essai extrêmement difficiles (regain mi-sec contenant 60 % de matière sèche, distance de transport verticale de 15 m et distance de transport horizontale de 57 m), 10 des 11 élévateurs pneumatiques essayés ont

donné en effet pleinement satisfaction. Ces machines avaient un débit d'air supérieur à 3,5 m³/s (voir le Tableau 2) et ce volume était pulsé sous une pression totale maximale correspondant à plus de 150 mm à la colonne d'eau (CE).

Si l'on recourt à un système de coordonnées et que l'on porte le débit de fourrage sur l'abscisse (coordonnée horizontale) en fonction du débit d'air marqué sur l'ordonnée (coordonnée verticale), on voit que la quantité de fourrage débitée augmente parallèlement à l'accroissement du volume d'air pulsé (voir la Fig. 6). Une constatation analogue peut être faite quand la pression maximale, au lieu du débit d'air, est portée sur l'ordonnée.

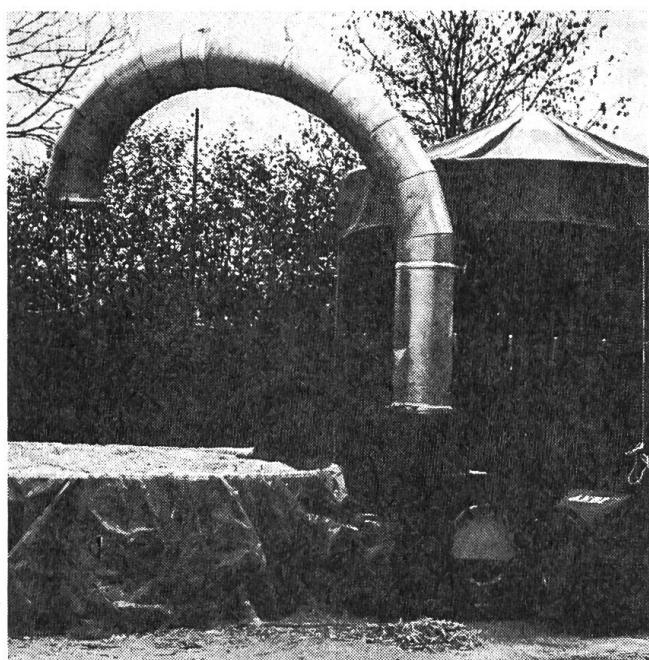


Fig. 5: Transporteur (élévateur) semi-pneumatique dont l'orifice d'aspiration a été partiellement obturé en vue du transport d'épis de maïs broyés.

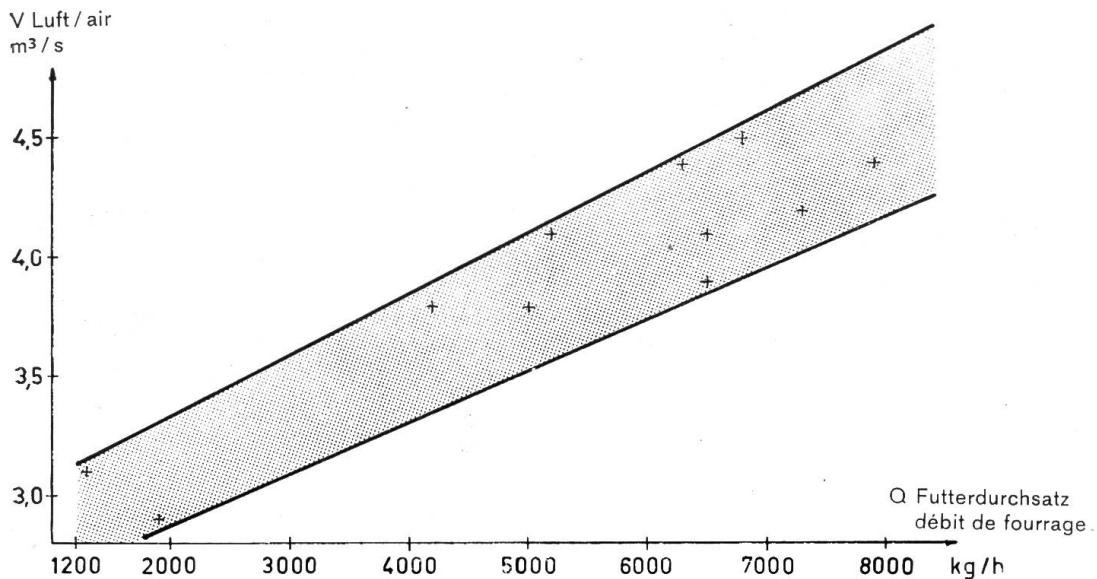


Fig. 6:
Débit de foin mi-sec (à déshydrater complémentairement en grange par aération sous pression) en fonction du débit d'air maximal.

4. Considérations finales

Les essais comparatifs effectués avec 12 transporteurs (élévateurs) pneumatiques à usages multiples de marque différente nous ont donné un aperçu des matériels de ce genre actuellement proposés aux agriculteurs. Faute de temps, et aussi pour des raisons d'ordre technique, il ne fut pas possible de mettre tous les types et modèles à l'épreuve.

Le déchargement et le transport des produits à leur emplacement de stockage (silo, fenil) ont toujours été considérés jusqu'ici comme des opérations de la chaîne de récolte des fourrages verts, préfanés, mi-secs et secs qui posent certains problèmes. Si ces produits sont toutefois coupés court déjà sur la remorque autochargeuse, par exemple, la capacité de travail horaire du transporteur pneumatique ne constitue alors plus le facteur limitatif lors du déchargement. Une comparaison du débit des machines à la tour à essais (alimentation régulière) avec celui qui fut enregistré lors des essais pratiques, montre en outre qu'une certaine augmentation de la capacité de travail peut être encore réalisée grâce à une alimentation plus régulière.

La puissance d'entraînement élevée qu'exigent les transporteurs (élévateurs) pneumatiques à usages

multiples suscite fréquemment des critiques. Les mesurages exécutés ont cependant fait apparaître qu'une puissance d'entraînement de 15 ch permet déjà d'obtenir un débit horaire important. Le problème de la quantité débitée et de la puissance absorbée nécessite encore un examen plus approfondi. Les essais ont aussi montré que diverses améliorations pourraient être réalisées en modifiant la vitesse de rotation du ventilateur.

Le cadre fixé à ces essais comparatifs ne nous permettait pas d'étudier de plus près les questions relatives au principe de construction (rotor) et à la forme (carter) du ventilateur, au mode d'éjection du fourrage, etc. Ces caractéristiques techniques n'intéressent d'ailleurs pas directement les praticiens.

Reproduction intégrale des articles autorisée avec la mention d'origine.

Les numéros du «Bulletin de la FAT» peuvent être obtenus par abonnement auprès de la FAT en tant que tirés à part numérotés portant le titre général de «Documentation de technique agricole», en langue française, et de «Blätter für Landtechnik», en langue allemande. Prix de l'abonnement: Fr. 20.— par an. Les versements doivent être effectués au compte de chèques postaux 30 - 520 de la Station Fédérale de Recherches d'Entreprise et de Génie Rural, 8355 Tänikon. Un nombre limité de numéros polycopiés, en langue italienne, sont également disponibles.