

Essais comparatifs de herse rotatives à axe horizontal

Wolfgang G. Sturny

Les herse rotatives à axe horizontal sont des machines universelles: on peut les utiliser, aussi bien seules qu'en tant que combinaison d'outils, pour le déchaumage et pour la mise en place de cultures soit après labour soit sans labour. Les essais comparatifs ont montré des différences considérables quant aux besoins en puissance et à l'effet d'émiettement et d'enfouissement. En l'occurrence, la qualité de travail dépend davantage de la disposition des dents ou des lames que de leur forme ou de leur nombre. Les machines testées différaient fortement par rapport au poids et au prix.

Introduction

Comparés aux matériels tractés, les matériels animés à la prise de force offrent les avantages suivants: meilleure transmission de puissance du moteur, réglage précis permettant d'obtenir l'effet de travail désiré (pour autant que le changement de vitesse puisse se faire par sélecteur à levier ou par pignons interchangeables), construction compacte permettant une combinaison aisée avec des décompacteurs et des se-

moirs. Depuis quelque temps, les herse rotatives à axe horizontal jouissent d'une popularité toute particulière. Elles sont plus polyvalentes que les herse rotatives à axes verticaux, elles nécessitent environ 25% moins de puissance, à qualité de travail égale (STROPPEL et REICH, 1982), et leur effet d'enfouissement des résidus végétaux est si intensif qu'un semis sans bourrages est parfois possible en un seul passage, et cela même sur un sol non labouré. Ces avantages sont

pourtant liés à quelques inconvénients par rapport aux matériels tractés: le prix d'achat est plus élevé, il faut un tracteur plus lourd et une force de relevage plus importante, l'usure plus prononcée occasionne davantage de frais de réparation, la consommation de carburant est plus élevée et l'utilisation demande de la réflexion (on risque facilement de préparer un lit de semences trop fin puisque le travail avec les matériels animés à la prise de force est rarement limité par les condi-

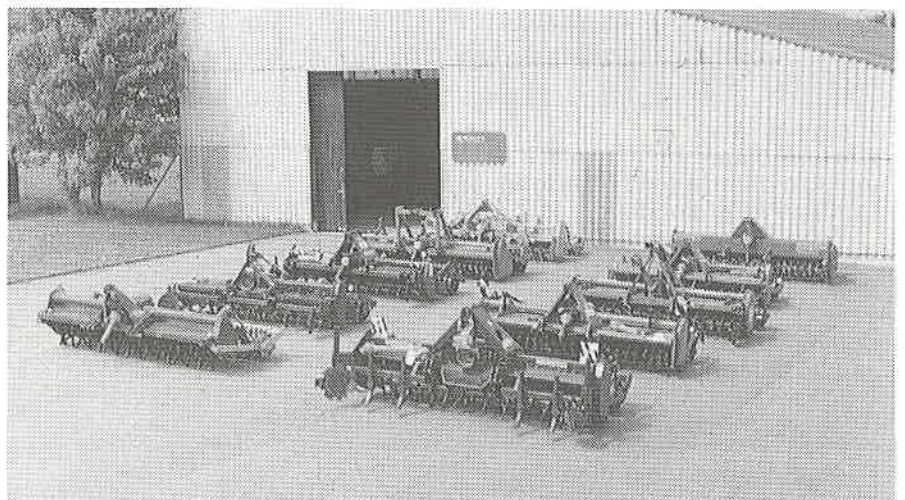











Fig. 1: Au cours des essais comparatifs, l'effet d'émiettement et d'enfouissement ainsi que les besoins en puissance à la prise de force ont été testés sur neuf herse rotatives à axe horizontal. En outre, les données techniques de chaque machine ont été enregistrées.

Tableau 1: Données techniques des herse rotatives à axe horizontal

Marque Modèle		CELLI FE/305	FALC Rotoking 3000 E	FERABOLI Expert 3000
Importateur		Silent AG 8108 Dällikon 	Ott Landmaschinen AG 3052 Zollikofen 	Haruwy 1032 Romanel 
Dimensions				
Largeur de transport (– = sans disques d'amenée ¹⁾)	cm	335	307 –	320
Largeur de travail (= espace entre les tôles latérales)	cm	313	288	300
Profondeur de travail max.	cm	20	20	21
Poids				
Rouleau packer compris	kg	1329	1174	1331
Rouleau packer	kg	435	322	409
Rotor				
Changement de vitesse (P = pignons interchangeables; L = sélecteur à levier)		P	P	P
Besoins en puissance à la prise de force (= PF), kW/m en marche à vide		0,28	0,25	0,82
Vitesse circonférentielle: PF 540 min.	m/s	5,3	5,5	4,7
	max.	8,4	8,6	6,8
	PF 1000 min.	5,5	7,2	4,9
	max.	8,7	8,1	8,7
Nombre de vitesses		8	6	10
Diamètre du rotor	cm	52	50	50
Ecartement entre porte-dents	cm	12,5	–	12,3
Nombre de porte-dents		24	45 supports	24
Dents/lames				
Type (L = lame; D = dent; d = droite; v = vrillée; c = coudée)		L v, c	D d+2 c	L ²⁾ c
Longueur (flasque - pointe)	cm	10	9	14
Nombre		96	45	96
Boulons/dents		2	1	2
Ecartement entre dents/lames	cm	3,3	6,4	3,1
Rouleau packer				
Ø sans pointes	cm	32	32,5	36
Ø avec pointes	cm	49	46,5	50
réglable dans le sens de la longueur (+)		+		
Contrôle de profondeur		en continu 2 manivelles	en continu 1 manivelle	7 paliers 2 chevilles
Prix indicatifs, valeur 1989				
Rouleau packer compris	Fr.	10'000.–	11'720.–	11'950.–
Jeu de dents/lames, boulons compris	Fr.	1'113.–	582.–	780.–
Réglage des machines pour essais comparatifs				
Régime/vitesse circonférentielle:				
PF 540	tr/min / m/s	218 / 5,9	235 / 6,2	–
PF 1000	tr/min / m/s	–	–	236 / 6,2
Vitesse d'avancement	km/h	2,8 – 4,0	2,6 – 3,8	2,7 – 3,9
Longueur de coupe	cm	21,5 – 30,6	18,4 – 27,1	19,1 – 27,5

¹⁾ Disques d'amenée: FALC et RAU = 2, RENTER = 1

²⁾ utilisable des deux côtés

HOWARD Rotavator HR20-255WZ	KUHN EL 100 N/305	MALETTI K 200 CV 300	PEGORARO Pegolama LC 300	RAU Rototiller RE 30	RENTER RTO 3000
Agritec Griesser AG 8450 Andelfingen	Agro-Service SA 4528 Zuchwil	VLG Bern 3052 Zollikofen	Althaus & Co. AG 3423 Ersigen	Service Company AG 8600 Dübendorf	Hämmerli & Cie. SA 1260 Nyon
					

289 262 18	347 302 22	328 299 20	312 297 21	300 - 289 20	300 - 285 19
------------------	------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------

984 261	1262 400	1350 310	1148 333	1170 360	950 274
------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

P 0,36 3,6 5,2 4,2 5,3 7 42 19 14	L 0,18 2,9 6,6 5,4 12,2 8 55 12 26	L 1,44 5,8 7,0 5,9 13,1 6 49 19 15	P 0,45 4,7 7,5 5,9 6,7 6 50 12 25	P 0,23 5,6 10,9 8,2 10,3 5 50 - 46 supports	P 0,25 4,8 7,8 4 48 15 18
--	---	---	--	--	--

L v, c 13,5 56 4 / porte-dent 2,3	L v 13 104 2 5,8	L d+c 15 90 2 6,6	L ²⁾ c 11 100 1 3,0	D d 9 46 1 6,3	L c 9 72 2 7,9
--	---------------------------------	----------------------------------	---	-------------------------------	-------------------------------

32 44 + en continu 2 manivelles	33 49 + en continu 2 manivelles	33 47 en continu 2 manivelles	28 44 en continu 2 manivelles	32 45 + en paliers télescope	22 36 en continu 1 manivelle
---	---	--	--	--	---------------------------------------

9'500.- 1'165.-	13'360.- 2'237.-	15'330.- 895.-	10'900.- 950.-	12'250.- 446.-	10'400.- 684.-
--------------------	---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

235 / 5,2 - 2,8 - 4,1 19,9 - 29,1	228 / 6,6 - 2,8 - 3,8 10,3 - 13,9	- 230 / 5,9 2,8 - 3,9 10,2 - 14,1	- 225 / 5,9 2,8 - 4,0 20,8 - 29,6	212 / 5,6 - 2,6 - 3,8 20,4 - 30,0	221 / 5,6 - 2,5 - 3,8 9,4 - 14,4
--	--	--	--	--	---

tions du sol, soit trop sèches ou trop humides).

Herse rotative à axe horizontal est un terme générique qui couvre le rotavator ainsi que le cultivateur rotatif à axe horizontal, équipé soit de dents, soit de lames ou de couteaux. L'effet de travail de ces éléments, offerts dans les formes et dispositions les plus variées, est largement inconnu. C'est pourquoi un programme d'essais comparatifs a été soumis à 24 fournisseurs suisses de machines agricoles. L'objet du présent rapport est de publier les résultats de ces essais, conduits pendant une année à la FAT. Neuf herse rotatives à axe horizontal ont été mises à notre disposition. Nous les avons testées quant à leur qualité de travail et à leurs besoins en puissance par plusieurs essais en plein champ (fig. 1).

Principe de fonctionnement

La herse rotative à axe horizontal est sortie de la fraise. La transmission de puissance au rotor, par l'intermédiaire d'un arbre parallèle et d'un renvoi d'angle associé à une boîte de vitesses, s'effectue par chaîne ou par train de pignons. Afin de garantir un couple régulier, les dents ou les lames sont montées hélicoïdalement sur le rotor, au moyen de flasques ou de supports (ESTLER et al., 1984). Le régime du rotor peut être réglé par un sélecteur à levier ou par permutation des pignons qui nécessite l'ouverture du boîtier.

L'effet d'émiettement est défini avant tout par l'écartement des dents ou des lames et par la longueur de coupe C. Celle-ci dépend de la vitesse d'avancement v du tracteur (m/s), du régime n du rotor (tr/min) et du nombre d de dents ou de lames par plan de coupe. La formule est la suivante:

$$C = \frac{v \times 6000}{h \times d} \text{ cm}$$

L'effet d'émiettement est d'autant meilleur que la longueur de coupe et l'écartement des dents sont plus faibles. En l'occurrence, le positionnement du tablier arrière joue également un rôle important: plus ce tablier est baissé, plus les mottes seront projetées et émiettées en heurtant le tablier.

La herse rotative à axe horizontal est portée sur un rouleau arrière. Ce rouleau est indispensable pour contrôler la profondeur de travail, pour compléter l'émiettement et pour rappuyer le sol. Afin d'obtenir un pré nivellement du sol, on peut monter des effaceurs de traces et des éléments égalisateurs devant le rotor.

Equipements et utilisation

Les données techniques sont récapitulées dans le tableau 1. Pour des raisons expérimentales, nous avons tenu compte, dans la mesure du possible, de machines de trois mètres de large.

Il est avantageux de pouvoir régler le régime du rotor dans une large gamme, car le travail peut ainsi être mieux adapté à l'emplacement et à la puissance du tracteur. Sur les machines KUHN et MALETTI, le sélecteur de vitesses à levier fait partie de l'équipement standard; pour la RAU, il est livrable en tant qu'équipement supplémentaire (contre une majoration de Fr. 750.-). Les autres modèles sont pourvus de pignons interchangeables. Dans ce cas-là, le changement de régime du rotor est plus laborieux, car il s'agit d'interchanger des pignons huileux et échauffés. En plus, il faut pencher la machine en avant afin d'éviter des pertes d'huile. Le confort laisse donc à désirer à cet égard. Certes, le couvercle du boîtier des modèles HOWARD et RENTER, muni de trois vis à oreilles maniables, est relativement facile à ouvrir, mais les pignons devraient en général être mieux «accessibles», éventuellement à

l'aide d'un levier ou d'une poignée. Des améliorations dans ce domaine seraient donc souhaitables, sinon on risquera souvent de travailler simplement à raison du «réglage de base».

La disposition hélicoïdale des dents ou des lames présente, selon la marque, une «torsion» ou mieux une «autorotation» différente: FALC: $\frac{1}{4}$; HOWARD, KUHN, RAU: $\frac{1}{2}$; MALETTI: 1; CELLI, FERABOLI, PEGORARO, RENTER: $1\frac{1}{2}$ (cf. vues détaillées au tableau 1).

Le positionnement du tablier arrière, biparti, est modifiable sur tous les modèles. La FERABOLI et la PEGORARO ont en plus une planche niveleuse, placée entre le rotor et le tablier arrière.

Le rouleau packer peut être remplacé par un rouleau cage. Ce dernier est environ moitié plus léger et par conséquent meilleur marché.

Les graisseurs sont en général bien accessibles; leur nombre va de cinq à dix.

Toutes les machines sont protégées par un limiteur de couple sur l'arbre cardan.

Prévention des accidents

Le Service de prévention des accidents dans l'agriculture (SPAA) a examiné les herse rotatives à axe horizontal selon les critères suivants:

Sécurité

- Présence d'une cloche à la sortie de la prise de force avant et arrière ainsi que sur l'arbre cardan. Deux machines n'étaient pas en ordre à cet égard.
- Présence d'un dispositif de retenue sur l'arbre cardan, en tant que protection lorsque la machine est découplée. Ce dispositif manquait sur huit des machines contrôlées.

Prescription pour la circulation routière

- Pour la circulation routière, la

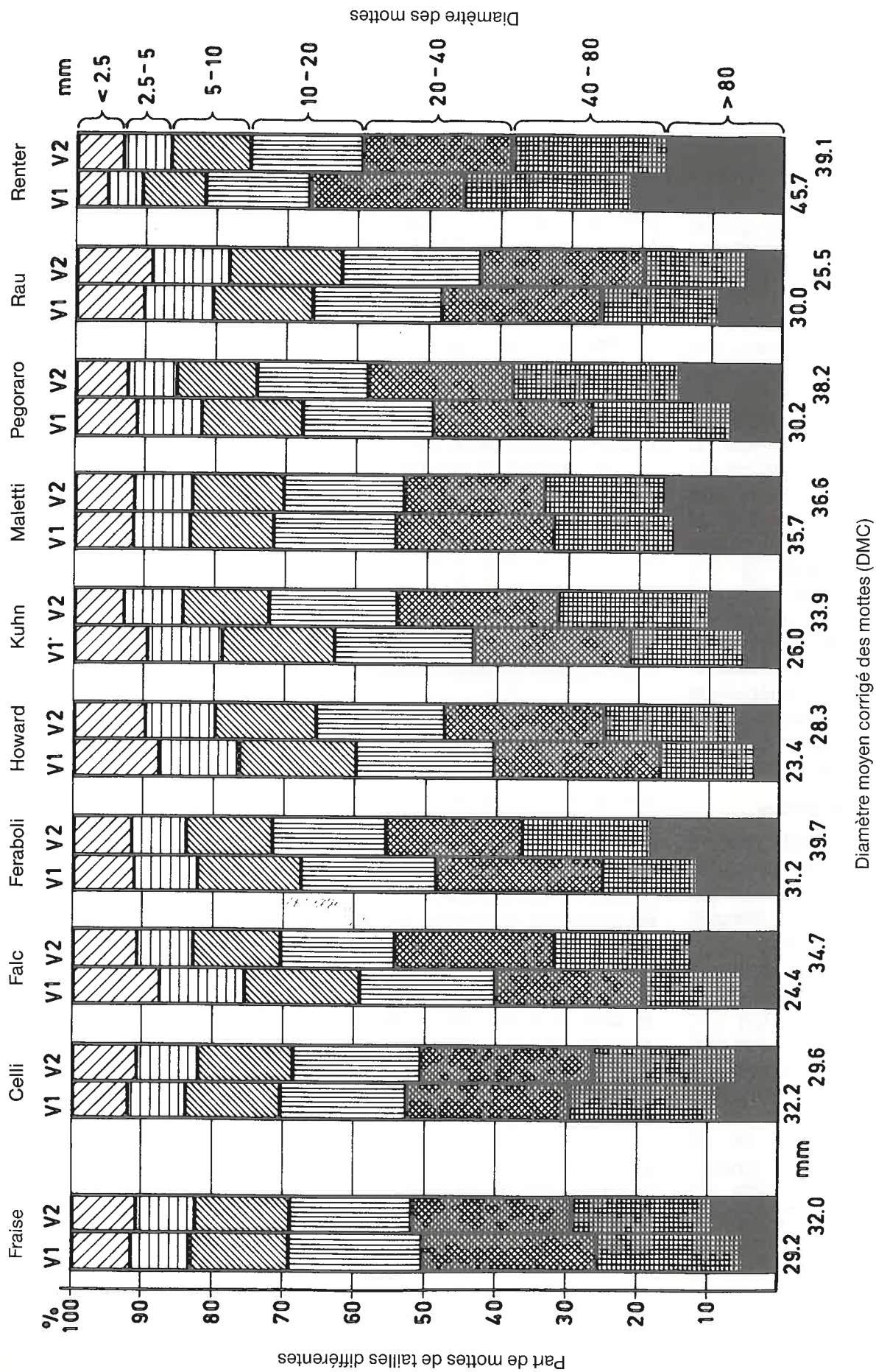


Fig. 2: Effet d'émission des différentes machines dans la couche superficielle du sol (0-10 cm), à raison de $v1 = 2,8 \text{ km/h}$ et $v2 = 3,8 \text{ km/h}$ (analyse de la taille des mottes).

largeur de transport est limitée à 3,0 m; des machines plus larges ne sont pas admises étant accouplées au tracteur; il faut alors soit un *dispositif de transport en long* (la maison Althaus & Co.AG. le livre au prix de Fr. 1900.-), soit un *chariot de transport à centre de gravité bas*. Six des neuf machines examinées dépassaient les 3,0 m de large.

- Des *catadioptrés*, rouges à l'arrière et blancs à l'avant, soit ronds ou rectangulaires, sont obligatoires.
- Si certains éléments de la machine dépassent le profil du véhicule de plus de 15 cm sur les côtés, ils porteront des *raies noires et jaunes*. Sur huit machines, la signalisation n'était pas suffisante.

Le SPAA a informé les importateurs de ce qu'il fallait corriger; les mesures nécessaires ont donc été prises entre temps. La maison KUHN, par exemple, a décidé de ne vendre sur le marché suisse plus que des machines de moins de 3,0 m de largeur de transport.

Déroulement des essais

Au cours de l'été 1987, l'accent principal était placé sur une argile limoneuse, difficile à travailler; granulométrie: 45% d'argile, 35% de silt, 20% de sable.

- *1^{er} essais*: déchaumage après blé d'automne (humidité du sol [HS]: environ 45% vol.).
- *2^{ème} essais*: déchaumage d'un champ ameubli en profondeur à l'aide d'un chisel (env. 40% vol. HS).
- *3^{ème} essais*: préparation d'un lit de semences sur un champ labouré (env. 34% vol. HS).
- *4^{ème} essais*: (au printemps 1988): enfouissement de plusieurs engrais verts dans un sol mi-lourd de limon sableux; granulométrie: 19% d'argile, 34% de silt, 47% de sable (env. 40% vol. HS).

La vitesse circonférentielle des dents, resp. des lames a été fixée à environ 6 m/s. Elle a été obtenue, suivant la marque, par 540 tr/min ou 1000 tr/min à la prise de force (PF); le régime du rotor variait alors entre 212 et 236 tr/min. Le réglage de chaque machine est indiqué au bas du tableau 1. Nous avons travaillé à deux vitesses d'avancement différentes tout en maintenant la profondeur de travail constante de 12 à 15 cm; la vitesse maximale était de 4,1 km/h, la vitesse minimale de 2,5 km/h.

Afin d'obtenir une comparaison supplémentaire, nous avons inclus dans notre programme d'essai une fraise KUHN, munie de couteaux coudés (98°), en tant que machine de référence.

Résultats des essais

Effet d'émiettement

La taille des mottes a été analysée après un passage sur un champ labouré. Pour chaque machine et pour chaque vitesse d'avancement, nous avons pris, à l'aide d'un «rabort», quatre échantillons dans la couche superficielle du sol (0-10 cm). Les échantillons ont été séchés à l'air; ensuite, nous les avons tamisés et répartis en sept fractions différentes. Ce qu'on appelle le «diamètre moyen corrigé» (DMC) a été calculé à partir des parts de poids et des diamètres moyens des mottes. Plus le DMC est élevé, plus les mottes sont grosses.

La fig. 2 montre la répartition des grosseurs des mottes ainsi que les valeurs numériques du DMC. A raison d'une vitesse d'avancement de 2,8 km/h (v1), les lames droites et coudées de la MALETTI et les lames coudées de la RENTER ont donné un lit de semen-

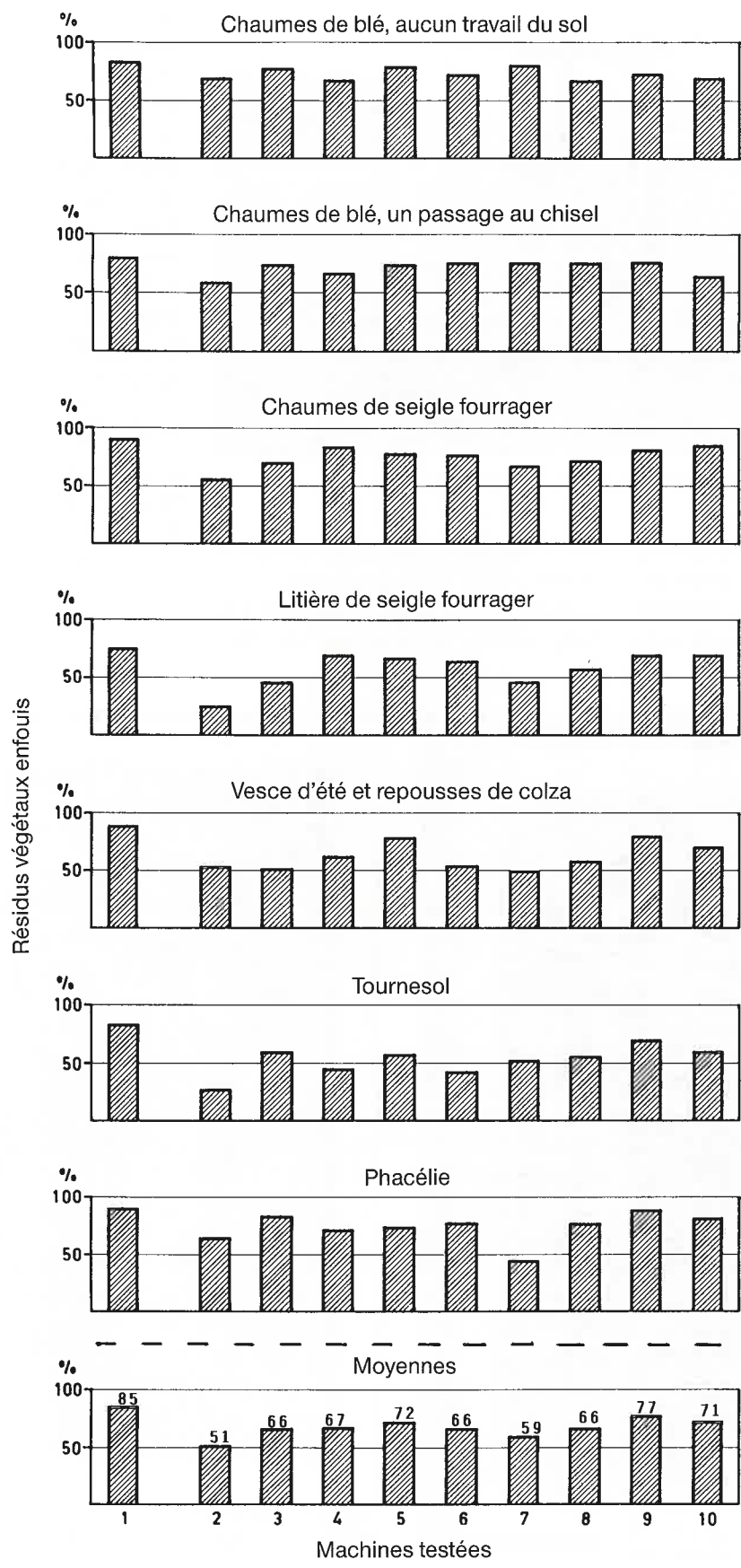
ces à mottes plutôt grossières. Avec 3,8 km/h (v2), les lames vrillées et coudées (CELLI, HOWARD) et les dents droites de la machine RAU ont fourni les valeurs absolues les plus basses, c'est-à-dire l'émiettement le plus intensif. A raison d'un régime plus élevé du rotor, l'effet d'émiettement des machines testées pourrait encore être amélioré.

Une part importante de mottes de moins de 5 mm de diamètre à proximité des semences est décisive pour une bonne levée au champ (BRINKMANN et al., 1985). Or, une bonne levée n'engendre pas forcément un bon rendement. On constate en fait que les lits de semences que l'on prépare aujourd'hui sont généralement trop fins, ce qui provoque de la battance, du croûtage, des tassements et de l'érosion du sol.

Effet d'enfouissement

Les résidus végétaux enfouis ont été photographiés selon la méthode de CHITTEY (1985) et analysés à l'aide d'un quadrillage. Les résultats illustrés dans la fig. 3 représentent la moyenne de deux valeurs individuelles par machine testée.

Avec une moyenne de 85% de résidus végétaux enfouis, la fraise, munie de couteaux coudés, fournissait les meilleurs résultats (ce qui n'avait d'ailleurs rien d'étonnant). De grandes différences d'une machine à l'autre ont particulièrement été constatées lors de l'enfouissement de grandes quantités de seigle fourrager (50 q de MS/ha), de vesce d'été/repousses de colza et de tournesol. La plus grande difficulté consistait à enfouir les plantes de colza, hautes d'environ 80 cm (fig. 4), qui souvent jonchaient le sol, non coupées. Pour ce travail, c'étaient la HOWARD à lames vrillées et coudées (78%, fig. 5a), la RENTER à lames coudées (70%) et la RAU à dents droites (80%, fig. 5b) qui



- 1 = Fraise
- 2 = Celli
- 3 = Falc
- 4 = Feraboli
- 5 = Howard
- 6 = Kuhn
- 7 = Maletti
- 8 = Pegoraro
- 9 = Rau
- 10 = Renter

Fig. 3: Effet d'enfouissement des différentes machines avec des résidus végétaux différents.

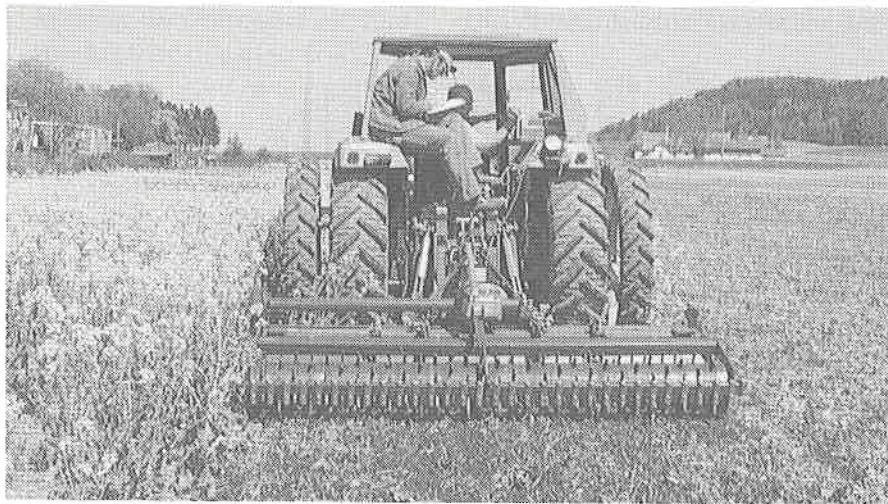


Fig. 4: Enfouissement de vesce d'été et de repousses de colza . . .

fournissaient la meilleure qualité de travail. En ce qui concerne l'effet d'enfouissement, ces mêmes machines se sont d'ailleurs avé-

rées quelque peu supérieures à travers tous les essais que nous avons entrepris (fig. 3, au bas). La disposition des lames et des

dents est donc probablement plus importante que leur forme et leur nombre.

En échangeant le rotor standard contre un rotor muni de lames à angle droit ou incurvées on pourrait améliorer l'effet d'enfouissement et de mélange de la plupart des machines testées. Cette opération devrait pourtant pouvoir se faire de façon plus aisée et plus rapide. Des améliorations de la construction dans ce domaine contribueraient à des possibilités d'utilisation plus variées et permettraient par là d'augmenter le degré d'utilisation des machines en question, particulièrement pour les techniques de non-labour.



Abb. 5a

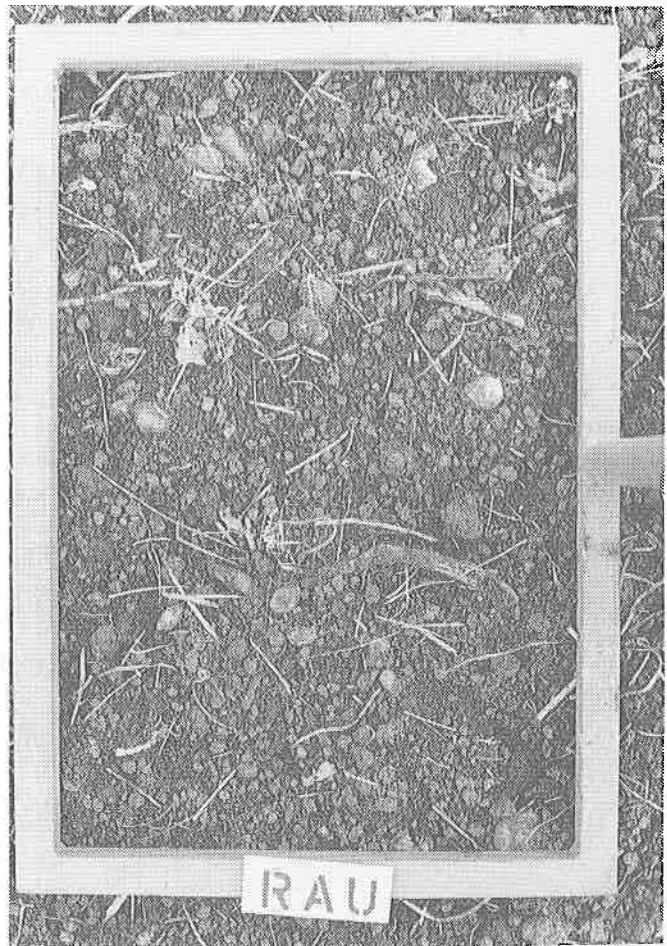


Abb. 5b

Fig. 5a + 5b: . . . où les meilleurs résultats ont été obtenus avec un rotor à lames vrillées et coudées (a: 78 %) et avec un rotor à dents droites (b: 80 %).

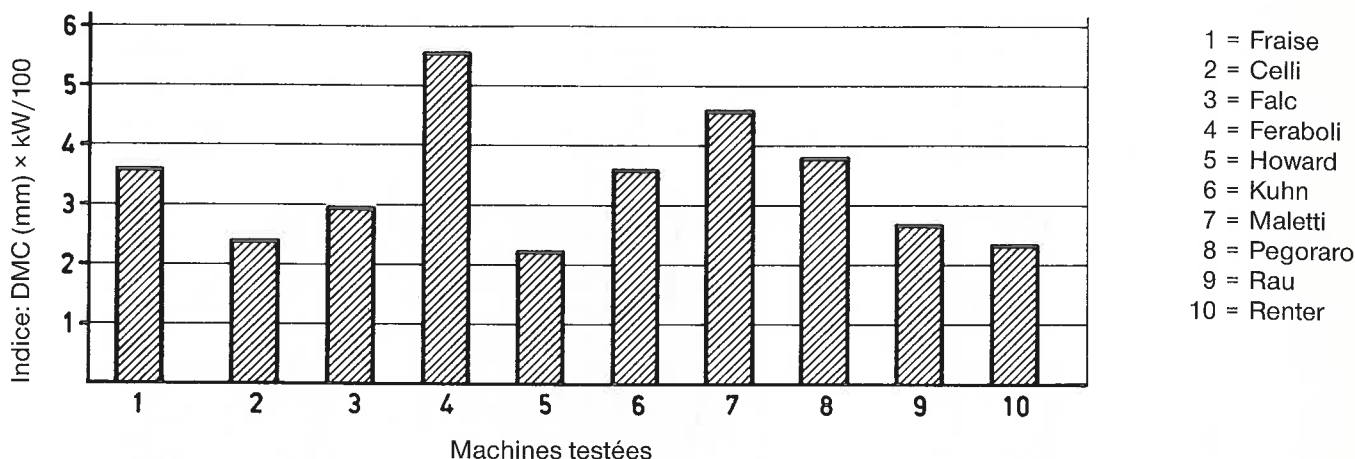


Fig. 7: Indice des besoins en puissance (besoins spécifiques en puissance) des différentes machines: plus l'indice est grand, plus il faut de puissance pour obtenir un effet d'émiettement donné.

Besoins en puissance

Les besoins en puissance dépendent de la largeur et de la profondeur de travail, de la vitesse d'avancement, du régime du rotor, du type de sol, de son taux d'humidité et de son état général.

Au cours de nos essais, nous avons mesuré les besoins en puissance à la prise de force et les besoins en force de traction. A cause de l'effet de «poussée et de tirée», les mesures de force de traction ont donné des valeurs trop minimales pour être enregistrées. Pour une herse rotative à axe horizontal, les besoins en force de traction peuvent donc être négligés, car la puissance pratiquement entière est transmise sur la machine par l'arbre cardan.

La fig. 6 montre les besoins en puissance à la prise de force, par mètre de largeur de travail. Les résultats représentent la moyenne de quatre mesures effectuées par machine et par vitesse d'avancement. La multiplication de la valeur indiquée par la largeur de travail (m) et par le facteur 1,33 (résistance au roulement, pertes à l'engrenage, réserve) donne la puissance totale exigée pour le tracteur.

La puissance nécessaire à la

prise de force augmentait avec l'augmentation de la vitesse d'avancement et au fur et à mesure que la surface du sol devenait plus dure. Sur un sol bien ameubli, il fallait, suivant la marque, 5 à 15 kW par mètre de largeur de travail. Ces valeurs augmentaient d'environ deux tiers sur un champ non travaillé. Lors de l'enfouissement d'engrais verts, nous n'avons par contre pas noté de différences significatives entre un champ labouré et un champ non travaillé (les résultats de ces travaux ne sont pas exposés en détail).

Dans le cas particulier de la fraise, l'augmentation de la vitesse d'avancement occasionnait une légère diminution des besoins en puissance (fig. 6). Cela du fait que la vitesse d'avancement était un peu trop élevée par rapport au régime du rotor et que, par conséquent, seule une partie de la surface a pu être travaillée.

Besoins spécifiques en puissance

Il s'agit là de la puissance nécessaire à obtenir un effet d'émiettement comparable. L'évaluation récapitulative (fig. 7) se base sur les valeurs moyennes du DMC (fig. 2) et des besoins en puissance après labour (fig. 6). La multi-

plication (DMC x kW):100 donne l'indice des besoins en puissance. Plus cet indice est élevé, plus il faut de puissance pour obtenir un effet d'émiettement donné.

La conversion de la «puissance initiale» en «effet d'émiettement» a été assez diverse pour les machines reprises dans la fig. 7. Il existe une certaine corrélation entre l'indice des besoins en puissance et les besoins en puissance en marche à vide (tableau 1).

Conclusions

En cas d'une surface très irrégulière et d'ornières, l'effet de nivellement de la herse rotative à axe horizontal laisse plutôt à désirer, cela par suite du travail vertical des dents, resp. des lames. Afin de refermer les traces du tracteur, on utilisera des effaceurs de traces et des éléments égalisateurs placés devant le rotor.

Avec un rouleau d'un diamètre très modeste (RENTER), l'effet de rappuyage du sol est faible. A noter également que des décrocteurs placés trop haut ont tendance à déposer irrégulièrement



Fig. 8: Un attelage trois points arrière avec relevage hydraulique supprime le porte-à-faux dû au semoir, ce qui permet de travailler avec une puissance de relevage moins importante du tracteur.

la terre reprise préalablement (MALETTI).

Le nombre d'essais pratiques en plein champ était trop limité pour permettre une évaluation de l'usure des machines en question, en particulier des dents et des lames. La durée utile d'un jeu de dents ou de lames ne dépend pas seulement de la quantité de travail effectué, mais également, et même dans une forte proportion, du type de sol à travailler et de son état. Selon les agriculteurs que nous avons interrogés, un jeu peut fort bien travailler une surface de 35 à 70 ha à raison de 2,5 m de largeur de travail. La durée utile des dents de la herse rotative à axes verticaux est en général plus longue, car cette machine ne s'utilise en principe que sur des sols labourés. Le prix d'un jeu de dents ou de lames d'une herse rotative à axe horizontal varie, à une exception près, entre Fr. 450.- et Fr. 1200.-, suivant la marque (tableau 1).

Le prix d'achat des herses rotatives à axe horizontal, munies d'un rouleau packer, va de Fr. 10'000.-

à Fr. 13'500.-. MALETTI offre une machine légère à Fr. 11'050.- alors que le modèle plus lourd (celui que nous avons testé) coûte Fr. 4000.- de plus.

Les différences de poids, allant jusqu'à 400 kg (tableau 1), ont une influence par rapport à la puissance de relevage nécessaire du tracteur et, par conséquent, à la catégorie de tracteur à choisir. Cette dernière dépend également des besoins en puissance. Pour une herse rotative à axe horizontal de 3 m de large, seule, il faut un tracteur de 45 kW (60 ch) au minimum. La même machine, équipée d'un dispositif de relevage hydraulique (fig. 8) et éventuellement d'une sortie prise de force arrière, exige un tracteur de 60 kW (80 ch) avec une puissance de relevage d'au moins 3000 daN (kp).

L'agriculteur préoccupé de ménager le sol réduira l'intensité de travail des matériels animés à la prise de force. Autrement dit: il augmentera la vitesse d'avancement tout en réduisant le régime du rotor. Plusieurs passages

répétés et intensifs de matériels animés et nécessitant une forte puissance mettent la stabilité des agrégats du sol à rude épreuve. Notons en conclusion que des mesures appropriées d'exploitation (assolement équilibré, fumure organique, période bien choisie pour exécuter les travaux) permettent de maintenir à long terme la fertilité du sol.

Bibliographie

BRINKMANN, W., HEEGE, H. et TEBRÜGGE, F., 1985: Technik und Arbeitsverfahren in der Pflanzenproduktion. Dans: Landw. Lehrbuch - Landtechnik. Ulmer Verlag Stuttgart. 4: 155-190.

CHITTEY, E.T., 1985: The assessment of surface straw cover in the field. NIAE, Silsoe. 3 p.

ESTLER, M., KNITTEL, H. et ZELTNER, E., 1984: Bodenbearbeitung aktuell. Verlangsunion Agrar. 245 p.

STROPPEL, A. et REICH, R., 1982: Vergleichsuntersuchungen an Geräten zur Saatbettbearbeitung mit zapfwel-lengetriebenen rotierenden Werkzeugen. Grundlagen der Landtechnik. 32 (3): 86- 95.