

Purinage par tuyau – distributeurs automatiques

Les caractéristiques de répartition dépendent du système

Rainer Frick, Alois Keusch, Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), CH-8356 Tänikon

Ces dernières années, les exigences en matière de technique d'épandage du lisier se sont accrues. Les connaissances au sujet des distributeurs automatiques pour l'épandage par tuyau étant insuffisantes, c'était l'occasion d'examiner un certain nombre d'appareils d'épandage sur le plan de la qualité du travail.

Selon le système considéré, nos mesures montrèrent de nettes différences en ce qui concerne la largeur de travail, la courbe de répartition, la tolérance de chevauchement et la précision d'épandage. Les largeurs de travail effectives allaient de 8 – 11

m pour les déflecteurs et de 15 – 25 m pour les répartiteurs pivotants. Les déflecteurs présentent des courbes de répartition caractérisées par des proéminences dans les zones extérieures, ce qui signifie qu'il y a moins de lisier épandu dans le milieu. Contrairement aux répartiteurs pivotants hydrauliques les courbes de répartition des déflecteurs et des répartiteurs pivotants mécaniques retombent verticalement sur les côtés et ont une tolérance de chevauchement inférieure. La précision d'épandage va en augmentant comme suit: déflecteur, ré-

partiteur pivotant mécanique, répartiteur pivotant hydraulique, rampe d'épandage à tuyaux flexibles. Ces dernières sont celles qui conviennent le mieux à l'utilisation en grandes cultures. Leur prix d'achat environ cinq fois plus élevé exige un degré d'utilisation en conséquence.



Fig. 1: Banc d'essai pour la mesure de la répartition latérale. Les essais avec du lisier demandent beaucoup de travail, car l'installation doit être déplacée après chaque passage.

Fig. 2: Répartiteur combiné avec déflecteur (Jovo-Kombi B 89): Grâce à la buse de projection déclanchable, il est possible d'épandre le lisier manuellement dans les endroits inaccessibles au moyen du déflecteur. Le travail d'épandage s'effectue à partir du siège du tracteur, ou par une deuxième personne depuis le marche-pied.





Fig. 3: Répartiteur pivotant entraîné par la prise de force (Meier-Perfekt). Pour les répartiteurs à entraînement par courroie trapézoïdale, la buse pivote horizontalement et verticalement. La fréquence de pivotement est réglée par le régime de la prise de force.

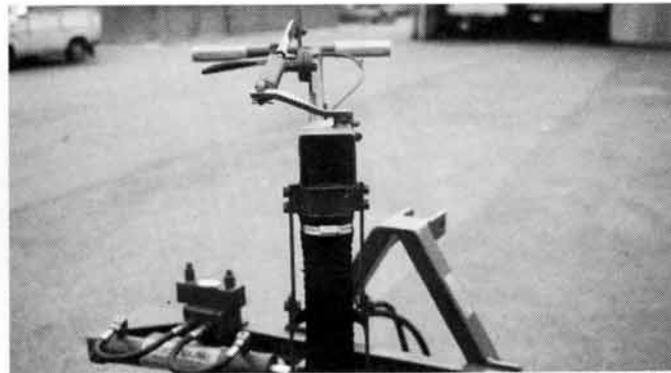


Fig. 4: Répartiteur pivotant à entraînement hydraulique (Blitz AH-2000). On peut régler la fréquence d'oscillation grâce à une vanne de commande. Le réglage continu du clapet à ressort permet d'une part la régulation de la pression (distance de projection) et d'autre part l'évacuation des mottes de lisier qui s'amassent dans la buse.

Appareils et systèmes de répartition

14 répartiteurs automatiques de six marques différentes ont été examinés. Les **tableaux synoptiques 1 et 2** en présentent les principales caractéristiques.

On distingue trois **systèmes de répartition**: déflecteur (**fig. 2**), répartiteur pivotant (**fig. 3 et 4**) et rampe d'épandage à tuyaux flexibles (**fig. 5**).



Fig. 5: Rampe d'épandage à tuyaux flexibles avec une largeur de travail de 12 m et 48 tuyaux d'épandage (Vogelsang). Les caractéristiques de cet engin se situent au niveau de la distance d'épandage très rapprochée du sol et de la constance de la largeur de travail, ce qui évite les problèmes de chevauchement.

Tableau 1: Déflecteurs et répartiteurs pivotants: caractéristiques techniques

Fournisseur	Marque/Modèle	Système d'épandage ¹⁾	Entraînement ²⁾	Épandage manuel	Dimensions en cm L x l x h	Poids en kg	Prix en Fr. ⁴⁾ Mai 1992
Schweizer 9536 Schwarzenbach	Simplex-Kombi	D	-	x	142/82/124	74	2'825.-
MFH 6280 Hochdorf et Hadorn 3367 Ochlenberg	Jovo 82 Jovo-Kombi B 89 Jovo Kombi G 87	D D D	- - -	 x x	101/83/208 126/82/134 121/83/146	50 93 81	1'994.- 2'910.- 2'713.-
Hadorn 3367 Ochlenberg	Hydro-Super-Kombi G 89	D,P	H ³⁾	x	115/83/158	116	5'039.-
Fankhauser 6102 Malters	Blitz-Kombi Blitz-Automat Blitz AH-2000	D P P	- M H	x x x	190/200/150 96/118/138 70/108/133	158 102 93	2'790.-/3'110.- ⁵⁾ 3'035.- 3'185.-
Meier 6260 Reiden	Automat Perfekt	P	M	(x)	87/123/126	112	2'865.-
Küng 5637 Beinwil	Mécanique Hydraulique Kombi	P P D,P	M H H	x x x	110/84/131 100/84/139 95/83/173	109 104 197	3'185.- 3'230.- 4'210.-

1) D = Déflecteur, P = Répartiteur pivotant

2) M = mécanique (prise de force), H = hydraulique

3) Avec moteur hydraulique

4) Y compris raccord baïonnette tournant

5) Avec plate-forme au lieu de support hydraulique

Tableau 2: Rampe d'épandage à tuyaux flexibles: caractéristiques techniques

Marque/Modèle Fournisseur	Vogelsang Hadorn, 3367 Ochlenberg	E + H MFH, 6280 Hochdorf
Attelage	3 points	3 points
Largeur de travail	12 m	12 m
Entraînement du rotor	hydraulique (moteur à huile)	hydraulique (moteur à huile)
Raccords hydrauliques	2	4
Tuyaux flexibles:		
Nombre	48	48
Distance entre les tuyaux	25 cm	25 cm
Diamètre intérieur	38 mm	34 mm
Tête de rotor:		
Diamètre intérieur	770 mm	540 mm
Hauteur intérieure	110 mm	160 mm
Sorties:		
Nombre	48	48
Dimensions	env. 30 x 30 mm	Ø 36 mm (rond)
Disposition	sur le fond du rotor	rotor contre la paroi latérale
Ailes du rotor:		
Nombre	2	4
Dispositif de hachage	rotor contre le disque perforé (réglable)	4 couteaux (réglables)
Dimensions:		
Longueur des rampes	473 cm	463 cm
Largeur du cadre de support	258 cm	263 cm
Largeur max. pendant le transport	258 cm	292 cm
Hauteur max.	300 cm	280 cm
Volume de rangement	36,6 m ³	37,8 m ³
Poids	580 kg	620 kg
Prix en Fr. (mai 1992)	env. 17'000.-	16'100.-

Les répartiteurs Jovo se différencient des **défecteurs** courants par leur organe de répartition en matière synthétique identique pour tous les modèles (système breveté).

Sur les autres appareils (Simplex-Kombi, Küng-Kombi, Blitz-Kombi), le déflecteur se compose d'une assiette en acier convexe bombée. La pression au répartiteur peut être adaptée au moyen de buses en caoutchouc de différentes grandeurs. L'organe de répartition du **répartiteur pivotant** se compose d'une buse oscillant d'un côté à l'autre. Pour les modèles avec entraînement par prise de force, la buse est agitée soit par une courroie trapézoïdale avec roue de commande (Blitz-Automat, Meier-Perfekt), ou par une chaîne et des roues dentées (Küng mécanique). En ce qui concerne les répartiteurs hydrauliques, l'entraînement de la buse pivotante est assuré par un vérin relié au circuit hydraulique du tracteur (Blitz AH-2000, Küng hydraulique, Küng Kombi), ou par un disque d'engrenage entraîné par un moteur hydraulique (Hydro-Super-Kombi G 89).

La **rampe d'épandage à tuyaux** se compose d'une rampe de répartition repliable et d'un distributeur-doseur, par lequel le lisier est propulsé dans les tuyaux d'épandage par les mouve-

ments rotatifs du rotor à entraînement hydraulique. Sur le répartiteur Vogelsang, on peut inverser le sens de rotation au moyen d'une vanne de commande. Les résidus organiques du lisier sont hachés par un couteau monté sur chaque aile du rotor pour le modèle E+H (**fig. 14**), alors que pour le répartiteur Vogelsang, cet effet s'obtient par le frottement entre les ailes du rotor et le disque perforé.

Deux vérins hydrauliques permettent de rabattre ou d'ouvrir les bras de la rampe en vue du transport sur route. La rampe d'épandage E+H replie les bras vers l'avant, alors que le Vogelsang les ferme vers l'arrière.

La largeur de travail des engins testés est de 12 m, mais les deux fabricants peuvent fournir des machines avec une largeur de travail de 8, 10, 15 ou 18 m.

Programme de test et méthode

Critères d'examen

– Relevé de la régularité d'épandage: courbe de répartition, largeur utile de travail, données statistiques (coefficient de variation, écarts maximaux).

Les valeurs mesurées concernent la répartition en largeur, car la régularité d'épandage longitudinale à l'épandage par tuyau ne dépend pas de l'organe répartiteur, mais d'autres facteurs tels que la vitesse d'avancement, la régularité du débit de la pompe, etc..

– Etablissement du réglage optimal pour chaque appareil.

– Aptitude à l'utilisation en grandes cultures.

– Appréciation de critères d'ordre général, tels que l'utilisation, l'entretien, l'usure et les risques d'accident.

Banc d'essai

Les mesures de la régularité d'épandage ont été effectuées en banc d'essai (**fig. 1**), grâce à un dispositif de cuves réceptrices (60x40x18 cm) alignés perpendiculairement au déplacement du tracteur. Le contenu de chaque cuve était mesuré au moyen d'un cylindre de mesure volumétrique après chaque passage et les données ainsi obtenues ont permis d'établir par la suite une courbe de répartition. Les essais ont été effectués avec de l'eau et du lisier (lisier complet de bovins dilué, 3,5% MS). Les mesures pratiquées au moyen de l'eau permirent un grand nombre de répétitions, ce qui aboutit

Tableau 3: Echelle d'appréciation des valeurs des coefficients de variation (CV) et des écarts maximaux (EM)

CV	Appréciation	EM	Appréciation
moins de 10 %	très bon	moins de 15 %	très bon
10 - 15 %	bon	15 - 20 %	bon
15 - 20 %	satisfaisant	20 - 25 %	satisfaisant
plus de 20 %	insuffisant	25 - 30 %	à peine suffisant
		plus de 30 %	insuffisant

au réglage optimal pour chaque appareil, avec lequel les essais furent poursuivis en plein champ avec du lisier. Une pompe à piston tournant entraînée par la prise de force fut utilisée pour amener l'eau et le lisier. Le débit de la pompe était en règle générale de 750 l/min.

Pour la rampe d'épandage à tuyaux flexibles, seul le lisier fut utilisé (lisier de bovins dilué, 3,9% MS) et les mesures n'eurent pas lieu au moyen des cuves réceptrices mentionnés ci-dessus, mais de manière stationnaire, au-dessus d'une fosse à lisier recouverte de caillebotis. L'écoulement fut prélevé et pesé séparément pour chaque tuyau.

Régularité d'épandage

En regardant la courbe de distribution, l'expert peut déjà se faire une première idée des caractéristiques de distribution. Cependant, il faut également tenir compte du chevauchement si l'on

veut avoir une évaluation de la régularité d'épandage. Dans ce contexte, on part du principe que l'épandage s'effectue par des allées et venues dans le sens de la longueur du champ et que les courbes de répartition se chevauchent à distance convenable. On peut ainsi calculer le coefficient de variation (CV) c'est-à-dire l'écart moyen entre les différentes valeurs et la moyenne de ces valeurs, ainsi que les écarts maximaux (EM). Ces deux paramètres sont exprimés en pour-cent, ce qui donne un bon moyen d'appréciation des irrégularités latérales d'épandage. Plus les valeurs sont petites, plus la régularité d'épandage est bonne.

Les valeurs statistiques recueillies ont été réparties dans les différentes classes présentées au **tableau 3**.

Présentation des résultats (feuilles type)

Les feuilles type représentent les résultats des mesures effectuées pour

chaque engin. Elles présentent d'une part la courbe de répartition obtenue en banc d'essai (à gauche), et d'autre part, la courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal (à droite). Le côté gauche des graphiques correspond au côté gauche de l'épandage dans le sens du déplacement. Sur la courbe de répartition, les valeurs sont données en m³/ha sur l'axe des y et converties en pour-cent de la moyenne dans le diagramme en colonnes. En bas à gauche figurent les paramètres de réglage utilisés lors des mesures; en bas à droite, les valeurs statistiques de la régularité d'épandage.

Comme il n'était pas possible de répéter exactement les mesures, on a choisi celles qui présentaient les meilleurs paramètres statistiques, pour autant que les variations d'épandage restent dans des normes tolérables. Il n'est pas déterminant de savoir si les résultats ont été obtenus avec du lisier ou de l'eau.

Résultats

Répartiteurs pivotants à grande largeur de travail

Les largeurs de travail effectives (en tenant compte du chevauchement) allaient jusqu'à 8-11 m pour les déflecteurs et, en fonction du réglage, jusqu'à

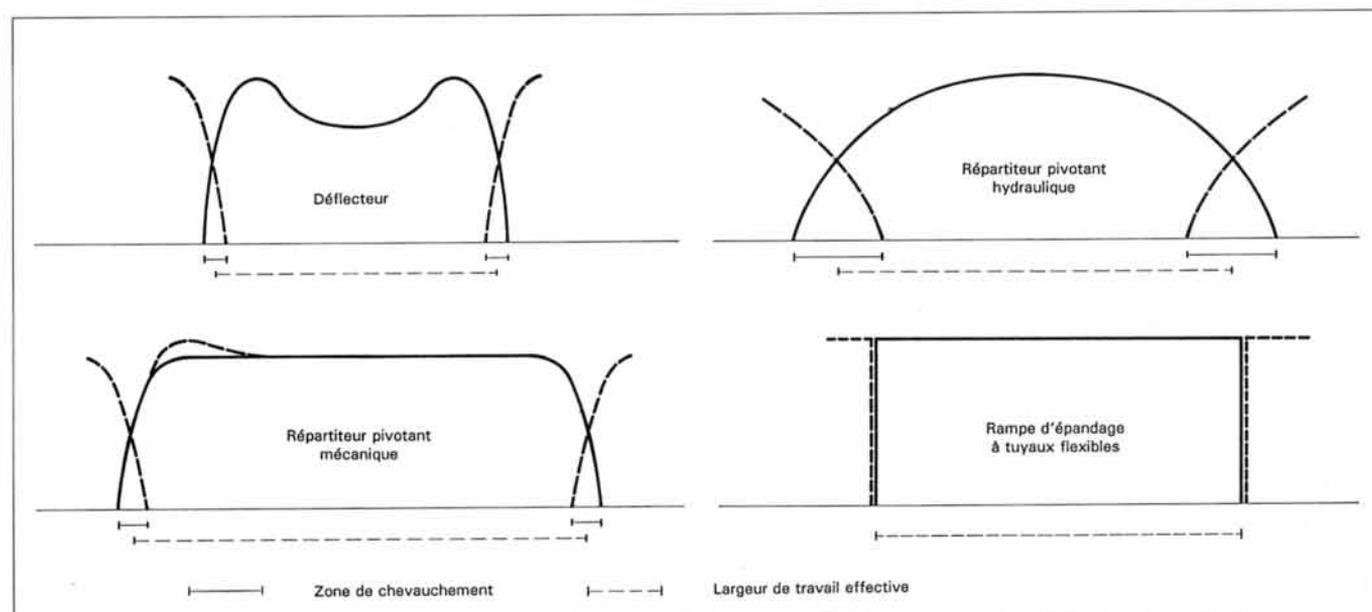


Fig. 6: Courbes de répartition schématisées en fonction du système d'épandage.

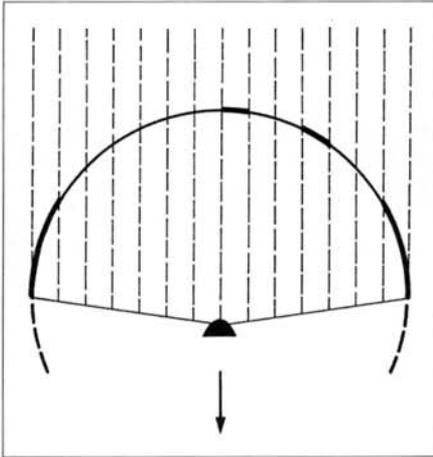


Fig. 7: Courbe de projection schématique d'un déflecteur vue d'avion.

15–20 m pour les répartiteurs pivotants, voire 25 m lorsque la pompe avait un bon rendement.

Effets différents selon la courbe de répartition

Il y a des différences marquantes entre les différents systèmes, mais relativement peu entre les appareils équipés d'un même système d'épandage. La figure 6 montre schématiquement les courbes de répartition engendrées par les différents systèmes d'épandage.

Les déflecteurs se caractérisent par des courbes de répartition avec des flancs abrupts pourvues de deux proéminences plus ou moins marquées dans les zones extérieures. Il y a deux causes possibles à ce phénomène:

- Le déflecteur répartit le lisier sur une surface en demi-cercle (fig. 7). Dans les zones extérieures, la distance d'épandage est plus longue sur une largeur déterminée qu'au centre. Ceci explique qu'il y ait de plus grandes quantités de lisier arrivant sur les bords qu'au milieu derrière le déflecteur, formant ainsi ces proéminences que l'on observe sur la courbe de répartition. Cette hypothèse est confirmée par le fait que les appareils équipés d'une buse ayant un large angle de répartition (180° et plus) présentent des proéminences plus marquées (Küng Kombi) que ceux ayant un angle plus fermé (Simplex Kombi).

- La forme de l'organe d'épandage est telle que le jet de lisier arrivant sur l'assiette ne se répartit pas uniformément et, par conséquent, la quantité de lisier

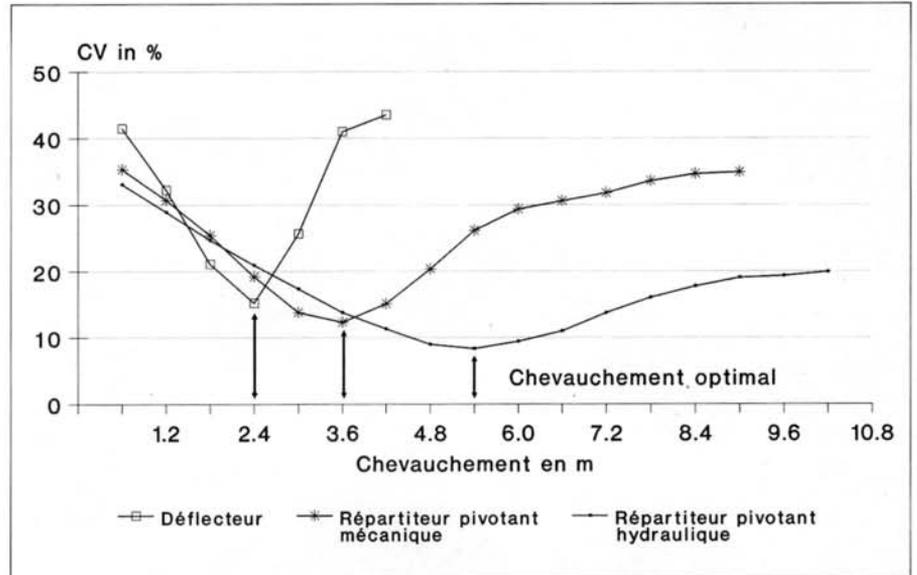


Fig. 8: Evolution de la précision d'épandage (CV = coefficient de variation en %) en fonction de la largeur de chevauchement des différents systèmes.

arrivant au centre est moins importante.

De plus, on a constaté qu'avec les déflecteurs en tôle, une légère déformation, ou une goutte de soudure sur l'assiette pouvait influencer considérablement les caractéristiques de répartition.

Les répartiteurs pivotants mécaniques ont montré des courbes de répartition assez régulières. Elles se caractérisent de manière typique par une pente raide sur chaque flanc et par des quantités inégales de lisier épandu entre le côté gauche et le côté droit, même lorsque la courbe de répartition est symétrique. Les deux phénomènes sont liés à l'entraînement mécanique: si la bielle motrice est horizontale, la buse oscillante reste trop longtemps dans la même position (point mort), provoquant un épandage exagéré dans les zones extérieures. Lorsque la buse est très plate, de légères proéminences apparaissent sur chaque côté.

Avec les **répartiteurs pivotants hydrauliques**, on a obtenu des courbes de répartition presque optimales, régulièrement étalées et présentant des côtés se terminant en pente douce. La différence avec le répartiteur pivotant mécanique est liée au système et provient du fait que la buse pivotante est retirée plus rapidement par le vérin hydraulique lorsqu'elle arrive en bout de course, diminuant ainsi la quantité de lisier déversée latéralement en regard de celle épandue au centre.

Etant donné la forte pente qui caractérise la courbe de répartition des déflecteurs et des répartiteurs pivotants mécaniques, il convient de ne pas dépasser une largeur de chevauchement de 1–1,5 m de chaque côté afin de conserver une répartition homogène sur tout le champ. En revanche, il faut maintenir une zone de chevauchement de 2–4 m avec les répartiteurs pivotants hydrauliques, car la courbe de répartition se termine en pente douce sur les bords (fig. 6).

Une courbe de répartition se terminant en pente douce sur les bords est préférable à celle dont les côtés sont abrupts, car elle permet une plus grande marge d'erreur en matière de chevauchement, ce qui diminue les incidences d'une déviation de la trajectoire du tracteur. La figure 8 montre au travers de trois exemples typiques les différentes tolérances de chevauchement de divers systèmes d'épandage. L'exactitude d'épandage se détériore rapidement avec les répartiteurs mécaniques pivotants, et particulièrement avec les déflecteurs lorsque les courbes de répartition se chevauchent trop largement ou pas suffisamment. En ce qui concerne les répartiteurs pivotants hydrauliques en revanche, le coefficient de variation reste petit sur une grande largeur de chevauchement, ce qui atténue les conséquences des imprécisions commises en circulant avec le tracteur d'un bout à l'autre du champ.

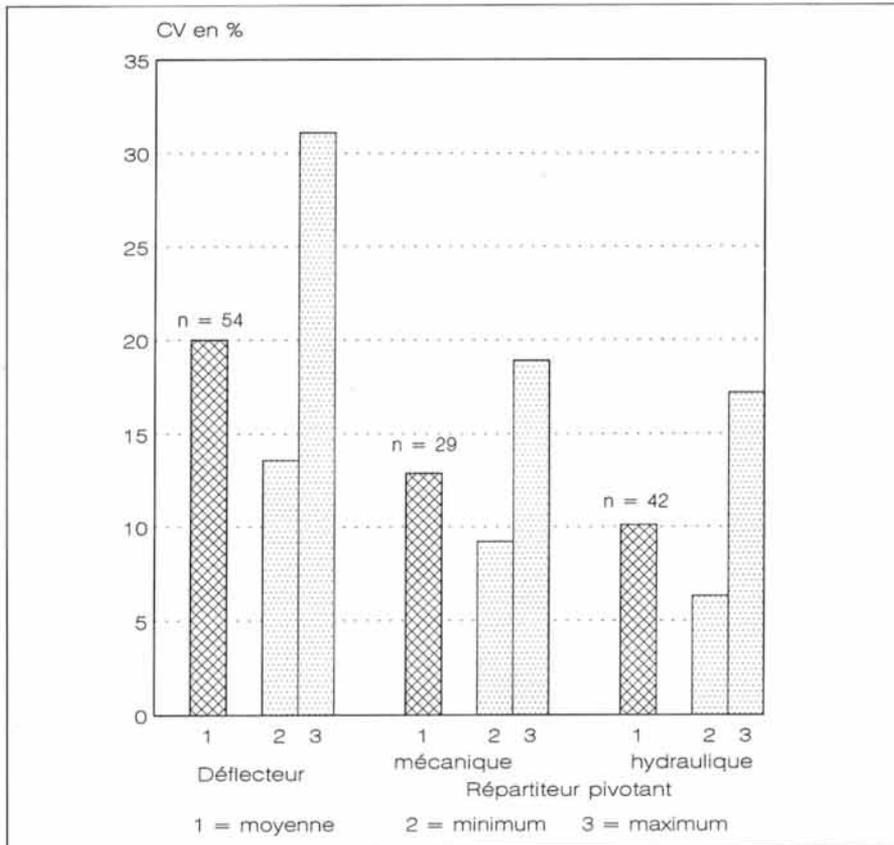


Fig. 9: Coefficient de variation de l'exactitude de répartition en fonction du système de répartition. Moyenne de 125 mesures.

Pour les rampes à tuyaux flexibles, la largeur d'épandage correspond à la largeur effective de travail, car ce système ne suppose pas de chevauchement (fig. 6). Il n'est toutefois possible d'assurer une grande précision de répartition que si les passages se font toujours à distance parfaitement égale les uns des autres.

Précision d'épandage médiocre pour les déflecteurs

Les résultats des mesures effectuées sur les déflecteurs et sur les répartiteurs pivotants sont présentés dans la figure 9. Les coefficients de variation calculés sur l'ensemble des essais effectués s'élèvent en moyenne à 10% pour les répartiteurs pivotants hydrauliques, à 13% pour les mécaniques et à 20% pour les déflecteurs. Les résultats confirment le fait que les répartiteurs pivotants permettent d'obtenir une meilleure précision d'épandage, pour autant que le chevauchement soit correct, qu'avec les déflecteurs. Pour ces derniers, on retrouve dans la qua-



Fig. 10: Répartition asymétrique avec le répartiteur pivotant: la déviation latérale du jet provoque dans les cas extrêmes une déviation dans le sens de la largeur jusqu'à 5 m de différence entre la gauche et la droite.

lité de la répartition les irrégularités observées en matière de courbe de répartition.

La précision la plus haute a été obtenue avec les rampes d'épandage à tuyaux flexibles. Les coefficients de variation se situent nettement en-dessous de 10%, le plus remarquable étant la faible ampleur des écarts maximaux (à peine moins de 10%).

Problèmes de symétrie avec les répartiteurs pivotants

Les déflecteurs assurent en général une répartition gauche-droite équilibrée. En revanche, les répartiteurs pivotants présentaient souvent une courbe de répartition asymétrique due à la fixation latérale verticale du clapet à ressort dans la buse (fig. 10). Lors de la projection latérale, la direction du jet de lisier n'est pas parallèle au tuyau de la buse, mais déviée à partir du milieu. Suivant la distance de projection du lisier et le réglage du répartiteur, il est possible que, malgré la déviation à la sortie, la répartition soit symétrique. Cependant, cette régularité se perd au moment où on modifie la largeur de travail. Sur la plupart des dispositifs (excepté Küng mécanique et Blitz-Automat) il fut possible de remédier à ce défaut en déplaçant horizontalement le mécanisme répartiteur sur le support hydraulique. La résolution du problème d'asymétrie a nécessité une modification de la construction.

Les problèmes liés à l'asymétrie ont différentes conséquences en pratique:

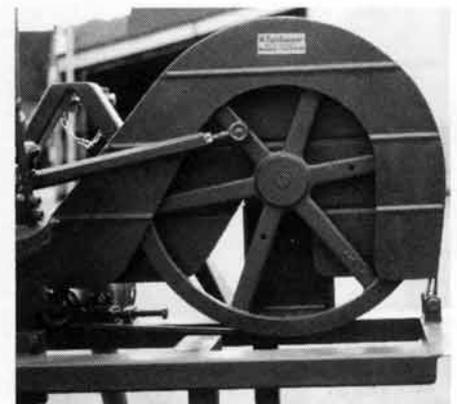


Fig. 11: Avec un entraînement par courroie trapézoïdale, on peut régler l'angle d'épandage et la largeur de travail en modifiant la position de la biellette sur la roue d'entraînement.

sur les prairies on peut la corriger en adaptant la distance entre les passages, ce qui n'est pas tolérable pour une fumure de couverture en grandes cultures, où les passages sont fixes.

Influences dues au vent

L'influence du vent sur la régularité d'épandage est étroitement liée au mode de répartition et à la taille des gouttes de lisier. Du fait de la distribution du lisier en fines gouttelettes, les déflecteurs ont montré une plus grande sensibilité au vent que les répartiteurs pivotants, dont le jet de lisier reste encore très compact à une distance d'environ 10 m et pour lequel il faut un vent très fort avant qu'on assiste à une déviation.

Selon ce critère de comparaison, la rampe d'épandage à tuyaux flexibles se distingue nettement des systèmes à projection aérienne. Elle permet d'épandre du lisier même lorsque les conditions de vent sont très défavorables, sans que la régularité d'épandage ne subisse d'influence. Avec les déflecteurs et les répartiteurs pivotants, il ne faut pas qu'il y ait trop de vent si l'on désire assurer une répartition régulière du lisier.

Le réglage optimal est difficile à trouver

Le **tableau 4** donne une vue d'ensemble des possibilités de réglage des répartiteurs combinés.

Les conséquences des modifications de réglage des répartiteurs combinés sont les suivantes:

Hauteur d'attelage: il est difficile de gagner de la largeur de travail en modifiant le réglage de la hauteur sans influencer considérablement la précision d'épandage.

Inclinaison du déflecteur ou du support hydraulique: les proéminences de la courbe de répartition sont un peu moins marquées lorsque le support hydraulique n'est pas horizontal, mais légèrement penché vers le tracteur.

Inclinaison de la buse du répartiteur: la distance de projection, et donc la largeur de travail, s'accroissent lorsque la buse est fortement inclinée vers l'avant. Sur les répartiteurs pivotants mécaniques, cette opération améliore la répartition, car la quantité de lisier

Tableau 4: Possibilités de réglage des répartiteurs pivotants et des déflecteurs

Possibilité de réglage	Hauteur d'attelage	Inclinaison du support hydraulique	Inclinaison du déflecteur	Tension du clapet à ressort	Taille de la buse caoutchouc	Position de la buse pivotante	Fréquence de pivotement	Angle de pivotement	Symétrie de la répartition
Système d'épandage									
Déflecteur en matière synthétique	x	x	x	x					
Autres déflecteurs	x	x	x		x				
Répartiteur pivotant mécanique	x	x		x		x	x	x ¹⁾	
Répartiteur pivotant hydraulique	x	x		x		x	x	x ²⁾	x
Répartiteur manuel	x	x		x		x			

1) Impossible sur "Küng mécanique"

2) Impossible sur "Blitz AH-2000"

épandue dans la zone du milieu est plus importante.

Position du clapet à ressort: plus la tension du clapet à ressort est grande plus la distance de projection et la largeur de travail augmentent. Pour les répartiteurs Jovo, on obtient en plus de gouttes plus fines.

Fréquence des mouvements de pivotement: si la fréquence de pivotement est trop lente, la répartition dans la largeur est influencée négativement. Il faut veiller à ce que la fréquence soit relativement élevée, afin d'assurer plusieurs mouvements du répartiteur sur le même endroit, particulièrement lorsque les quantités à épandre sont faibles et que la vitesse de déplacement est grande.

Angle de pivotement: le secteur de pivotement n'influence pas que la largeur de travail, mais également la précision d'épandage: celle-ci se détériore si l'angle de pivotement devient trop ouvert, car les quantités épandues dans les zones extérieures sont alors trop importantes.

De ces constatations découlent les recommandations de réglage suivantes:

Déflecteur:

– Hauteur d'attelage: la plus basse possible, support à environ 20 cm du sol.

– Inclinaison du déflecteur: légèrement relevé à l'arrière.

– Position du clapet à ressort, ou choix de la buse caoutchouc: adapter la tension ou le rendement de la pompe de telle façon à ce que les gouttes soient suffisamment grandes (de la taille des gouttes d'une pluie d'orage).

Répartiteur pivotant:

– Inclinaison de la buse pivotante: légèrement penchée vers l'avant. Inclinaison un peu plus forte sur les répartiteurs mécaniques.

– Position du clapet à ressort: tension pas trop forte; adaptée à la pression et au débit de la pompe.

– Fréquence de pivotement: 12–16 mouvements par minute environ. Augmenter la fréquence si la vitesse de déplacement est supérieure à 1 km/h.

– Angle de pivotement: pas plus grand que 140°, optimal à 120°.

Les répartiteurs pivotants, particulièrement les répartiteurs hydrauliques, présentent, en principe, des possibilités d'utilisation plus nombreuses que les déflecteurs (**tab. 4**). Cependant, le réglage exact d'une largeur de travail déterminée n'est pas simple à réaliser, quel que soit le modèle. De surcroît, chaque modification entreprise en ce qui concerne le réglage de la largeur de

travail a toujours des retombées sur la précision d'épandage. Les variations importantes de pression et de débit, typique à l'épandage à tuyau, ont également une influence défavorable dans ce contexte.

Les **rampes d'épandage à tuyaux flexibles** assurent une répartition précise en longueur et en largeur, pour autant que le régime du rotor et la vitesse d'avancement soient réguliers et que les passages coïncident les uns avec les autres. Même si la tête de répartition est en biais, le refoulement forcé par le rotor n'a aucune influence sur le débit du lisier. Ainsi une distribution exacte du lisier est également possible sur des terrains en pente.

Observations tirées de la pratique

Répartiteur combiné

Du fait de leur **grande largeur de travail**, les répartiteurs pivotants conviennent spécialement aux grandes surfa-

ces, aux parcelles ouvertes ainsi qu'aux terrains accidentés avec des endroits difficiles d'accès. Ils ménagent le sol par un petit nombre de passages. Toutefois, les grandes distances de projection ont également leurs inconvénients:

- Lorsque l'on désire épandre une quantité restreinte de lisier, il faut pouvoir rouler à une vitesse inférieure à 1 km/h, ce qui n'est pas possible avec tous les tracteurs.

- Si la végétation est haute lors de l'épandage (grandes cultures), on court le danger de voir les plantes malmenées par le jet de lisier. Les répartiteurs Küng sont les plus dangereux à ce sujet, car le diamètre de leurs buses est nettement plus petit que celui des autres répartiteurs.

- Le temps relativement long que le lisier passe en l'air durant la projection, ainsi que la pression plus grande en comparaison avec les systèmes à déflecteurs peuvent éventuellement engendrer des pertes d'azote plus importantes sous forme de gaz.

Du fait de leur largeur de travail réduite, les répartiteurs à déflecteur conviennent mieux pour les parcelles petites, étroites et au contour irrégulier, de

même que pour les bords de champs, car ils laissent derrière eux une ligne bien marquée (flancs abrupts).

Un autre aspect important à prendre en considération pour la pratique est la **conception du clapet à ressort** de la buse pivotante. Les buses pivotantes de tous les appareils sont pourvues de clapets verticaux, à l'exception des répartiteurs Jovo pour lesquels la conception n'autorise que le montage de clapets horizontaux. On préférera aux clapets horizontaux les clapets verticaux, car avec ceux-ci, le jet de lisier atteint plusieurs fois la même surface lorsque la fréquence de pivotement est assez élevée (**fig. 12**, image de gauche). Si le clapet est conçu horizontalement, le jet de lisier est étiré dans le sens de la largeur, occasionnant ainsi, lorsque la vitesse de déplacement est relativement élevée (petites quantités d'épandage) et que la fréquence de pivotement est basse, des surfaces non recouvertes par le lisier (illustration de droite). Lors de l'épandage manuel, le clapet vertical offre l'avantage supplémentaire de permettre une meilleure visée. En revanche, il présente l'inconvénient d'une répartition irrégulière provoquée par la sortie latérale du lisier, inconvénient relevé dans le chapitre des «problèmes de symétrie».

Le déclenchement du mode de fonctionnement automatique pour passer à **l'épandage manuel** est possible sur tous les distributeurs (à l'exception de Meier-Perfekt), sans interruption du jet de lisier ou de l'entraînement. L'utilisation du répartiteur manuel à partir du siège du conducteur ne présente pas la même aisance pour tous les modèles. Dans chaque cas, l'assistance d'une tierce personne facilite la répartition du lisier si l'on désire qu'elle soit quelque peu régulière. De plus, la présence d'un marche-pied rend la tâche plus facile et plus sûre pour l'assistant. **L'entretien et la fréquence des réparations** sont en général modestes, bien qu'un peu plus importants sur les répartiteurs pivotants que sur les déflecteurs, vu leur mécanisme d'entraînement. L'usure est probablement moins grande pour les déflecteurs, puisqu'ils n'ont pas de parties mobiles. Le support mécanique du tuyau d'amenée installé sur les répartiteurs Küng présente l'avantage de mieux amortir la force de traction qui s'exerce vers le bas.

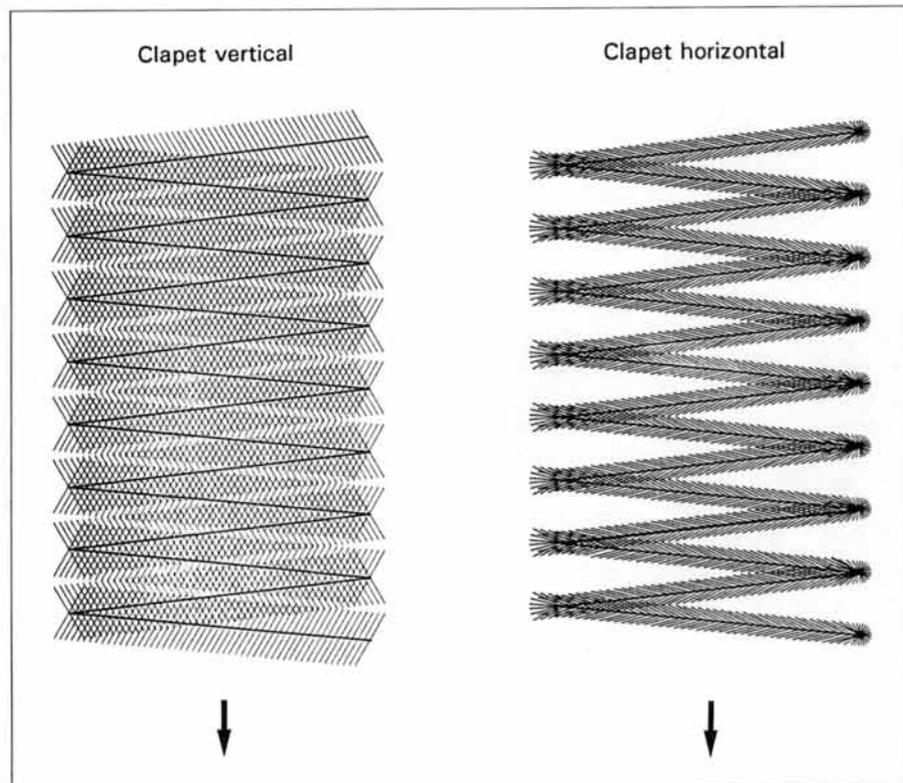


Fig. 12: Courbe de répartition vue de dessus avec un clapet vertical et horizontal.

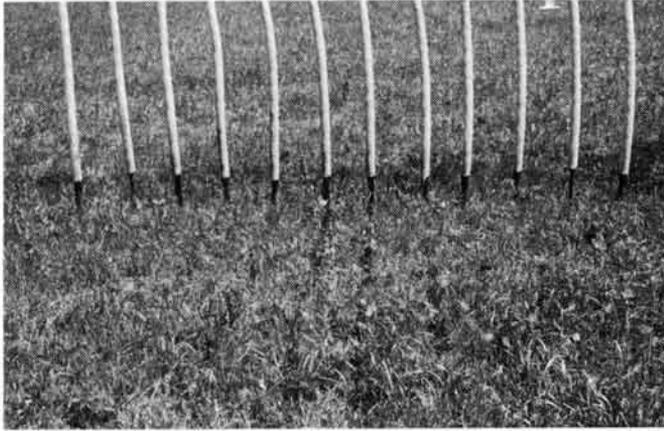


Fig. 13: L'épandage du lisier en bandes provoque moins de salissure sur les feuilles. Cet avantage prend toute son importance par un temps sec et lorsque la végétation est haute.

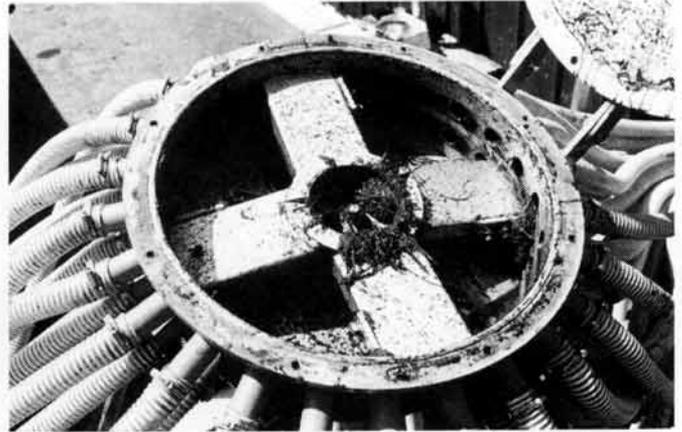


Fig. 14: Vue à l'intérieur du rotor d'une rampe d'épandage à tuyaux flexibles (E + H): L'exactitude de répartition peut être compromise par la présence de matières dures tels que le foin, la paille longue ou les morceaux de bois. Etant insuffisamment hachés, ces matières obstruent les ouvertures.

Rampe d'épandage à tuyaux flexibles

Comparativement aux répartiteurs combinés, les rampes d'épandage à tuyaux flexibles présentent divers **avantages**:

- Qualité de répartition considérable, que, dans le meilleur des cas, seuls les répartiteurs pivotants hydrauliques parviennent à égaler à condition que le chevauchement soit optimal.
- Largeur de travail constante, sans problème de chevauchement; compatible avec les passages en grandes cultures.
- Epandage à ras du sol, ménageant les plantes et protégé des influences du vent.
- Moins de salissure sur les plantes, car le lisier n'est pas étendu sur une grande surface, mais en fines bandes.
- Réduction éventuelle des émissions d'ammoniac et d'odeurs.

Les problèmes de **bouillage** à l'entrée des tuyaux sont peu fréquents dans nos conditions (teneurs en MS du lisier inférieures à 5%). Notons toutefois que les lisiers contenant beaucoup de fibres peuvent influencer négativement la régularité d'épandage (fig. 14). Pour de la paille l'effet de hachage des deux appareils est bon; pour de la matière plus dure (comme par exemple le foin), il est par contre insuffisant. Sur l'épandeur Vogelsang, il fallut assez souvent changer la direction du mouvement du rotor pour éviter les obstructions. De plus, il est important que la tension entre le rotor et le disque perforé soit

suffisamment grande. En ce qui concerne le répartiteur E+H, les couteaux doivent être échangés et aiguisés de temps à autre.

Le rotor étant entraîné hydrauliquement, la régularité du **débit de lisier** n'est pas toujours assurée. Sur le tracteur, on a besoin d'env. 40 l d'huile par min. Le régime du moteur doit être suffisamment élevé pour que le rotor tourne au moins à 200 t/min.

Les exigences en matière de **l'utilisation** des rampes d'épandage à tuyaux flexibles sont relativement élevées. Les **travaux d'entretien** sont aussi plus importants, du fait de l'obligation du nettoyage après chaque utilisation. L'ouverture fréquente et nécessaire du couvercle de la tête de rotor est relativement ennuyeuse.

Lors d'épandages sur prairies, il n'est pas toujours facile, comme avec l'épandeur pneumatique, de **suivre exactement le bord du passage précédent**, ce qui rend la répartition uniforme du lisier sur toute la surface problématique et pas très simple à réaliser. Les manœuvres sont difficiles, particulièrement lorsque le terrain est irrégulier. **L'aptitude à rouler sur les terres en pente** est réduite par la hauteur du centre de gravité de la tête de répartition, bien que le poids total ne soit que de 600 kg. L'égouttage du lisier après l'arrêt de la pompe représente un inconvénient supplémentaire.

Solutions proposées pour des améliorations techniques

La construction des organes d'épandage devrait être revue, notamment **l'exactitude d'épandage des déflecteurs**, afin d'éviter les proéminences apparaissant sur la courbe de répartition. Pour cela, il faut d'une part que la forme de l'assiette permette de projeter plus de lisier au milieu qu'en direction de l'extérieur, et d'autre part, le lisier ne doit pas être réparti sur un demi-cercle, mais sur un angle d'environ 140°. Pour les **répartiteurs pivotants à entraînement par prise de force**, la répartition transversale ne peut être améliorée qu'en éliminant le «point mort» lorsque la bielle motrice est en position horizontale. Dans le cas de l'entraînement par chaîne (Küng mécanique) il faudrait disposer des pignons plus grands en haut et en bas que sur les côtés.

On pourrait éviter le problème de la **répartition asymétrique** rencontré avec les répartiteurs pivotants au moyen de deux clapets se fermant au milieu avec une tension de ressorts identique. Cela permettrait de maintenir l'avantage de la conception verticale des clapets.

Pour les **répartiteurs pivotants hydrauliques**, le cylindre hydraulique devrait être conçu de façon à ce que l'on puisse régler la battue de la buse oscillante. On aurait ainsi une solution au réglage exact de la largeur de travail et l'épandage dans les bords de champs serait plus facile.



Fig. 15: Les rampes d'épandage à tuyaux flexibles étant en général utilisées sur plusieurs exploitations, il convient de les équiper d'un signallement particulièrement efficace. La sécurité n'est assurée lors du transport que si les bras sont repliés vers l'avant.

Quel est le système d'épandage adéquat?

Pour choisir un système d'épandage automatique, il faut non seulement considérer les avantages et inconvénients déjà discutés, mais il s'agit de prendre aussi en considération les conditions de l'exploitation. Malgré une qualité de répartition médiocre, les déflecteurs ont toujours leur raison d'être sur une exploitation réservant l'utilisation du lisier à ses surfaces fourragères exclusivement. Sur les prairies, les irrégularités dans la répartition des éléments fertilisants devraient en principe s'équilibrer, puisqu'on effectue en règle générale plusieurs épandages par année, sans passer toujours au même endroit. Si, en plus, on épand du lisier sur les cultures, il faut accorder la préférence aux répartiteurs pivotants, particulièrement aux hydrauliques, car ainsi la répartition est non seulement plus large et plus précise, mais les possibilités de réglage sont plus nombreuses. Les déflecteurs peuvent éventuellement être recommandés sur le maïs, plante peu exigeante en matière de répartition des apports azotés. Les rampes d'épandage à tuyaux flexibles conviennent parfaitement pour la fumure de couverture sur les céréales et

le colza. Leur utilisation peut devenir intéressante lorsqu'il faut épandre du lisier très malodorant ou des boues d'épuration aux abords de zones habitées. Leur prix exige toutefois de pouvoir les utiliser sur une grande surface ou entre plusieurs exploitations, afin d'en garantir l'amortissement. En plus du prix d'achat, le tracteur à disposition pour les épandages est également déterminant, dans le sens où, par exemple, si les raccords hydrauliques manquent, on ne pourra faire fonctionner que des répartiteurs pivotants mécaniques ou des déflecteurs.

Prévention des accidents

Le Service de prévention des accidents dans l'agriculture (SPAA) a examiné les appareils d'épandage dont il est question dans cet essai sous l'angle de la sécurité et de l'équipement de circulation sur route. Les points suivants ont été relevés:

- **Stabilité** insuffisante pour plusieurs appareils, particulièrement pour la rampe d'épandage à tuyaux flexibles, lorsque les bras ne sont pas repliés.
- **Protections** insuffisantes sur la prise de force et les systèmes d'entraînement par courroie trapézoïdale et par chaîne, ainsi que sur le disque d'entraînement (Hydro-Super-Kombi G 89).
- **Distance de sécurité** trop faible sur les vérins hydrauliques.
- Risque de se **coincer** les doigts lors du maniement du levier de commande.
- Chaque répartiteur devrait posséder, indépendamment du système d'accouplement, un **raccord baïonette tournant** à l'endroit de la fixation du tuyau.
- **Des modes d'emploi** avec mise en garde en matière de sécurité font défaut.

Signalisation: Les distributeurs automatiques doivent être équipés de catadioptres comme tous les engins portés. Les parties latérales saillantes seront signalées au moyen de panneaux de signalisation noir et jaune ou rouge et blanc. Il est recommandé de monter des feux de signalisation arrières, si l'engin porté masque ceux du tracteur.

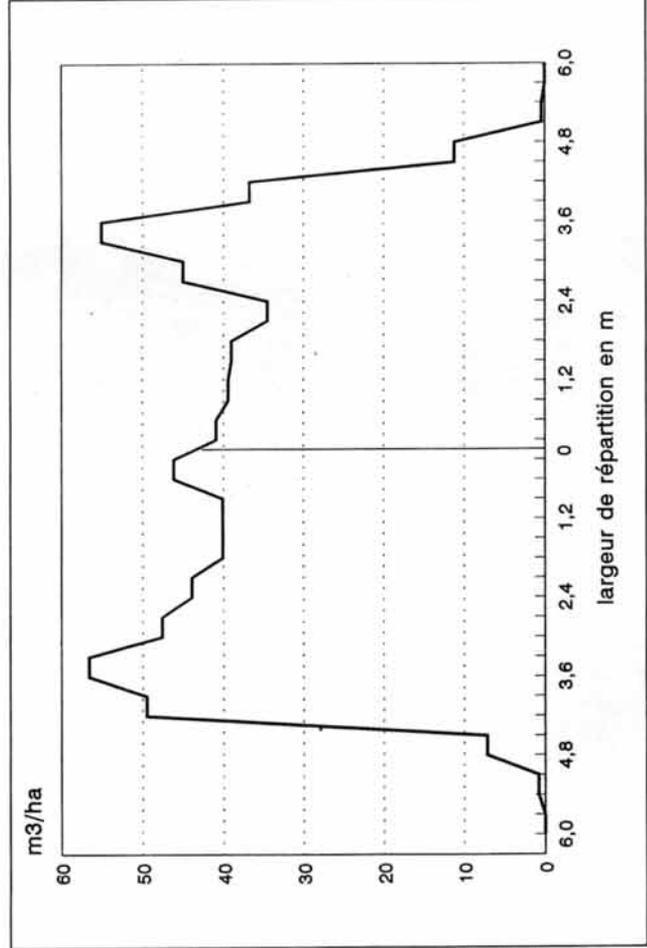
Transport sur route des rampes d'épandage à tuyaux flexibles: Lorsque les bras sont repliés en arrière (Vogelsang), la longueur maximale autorisée en porte-à-faux, à savoir 5 m à partir de l'essieu arrière, est nettement dépassée avec des engins d'une largeur de travail de 12 m. Pour des raisons de sécurité, la meilleure solution est de replier les bras vers l'avant (Fig. 15). Un cadre de support fixé à l'avant du tracteur aurait l'effet positif de ne pas entraver les manœuvres.

Marque: **MFH/Hadorn**

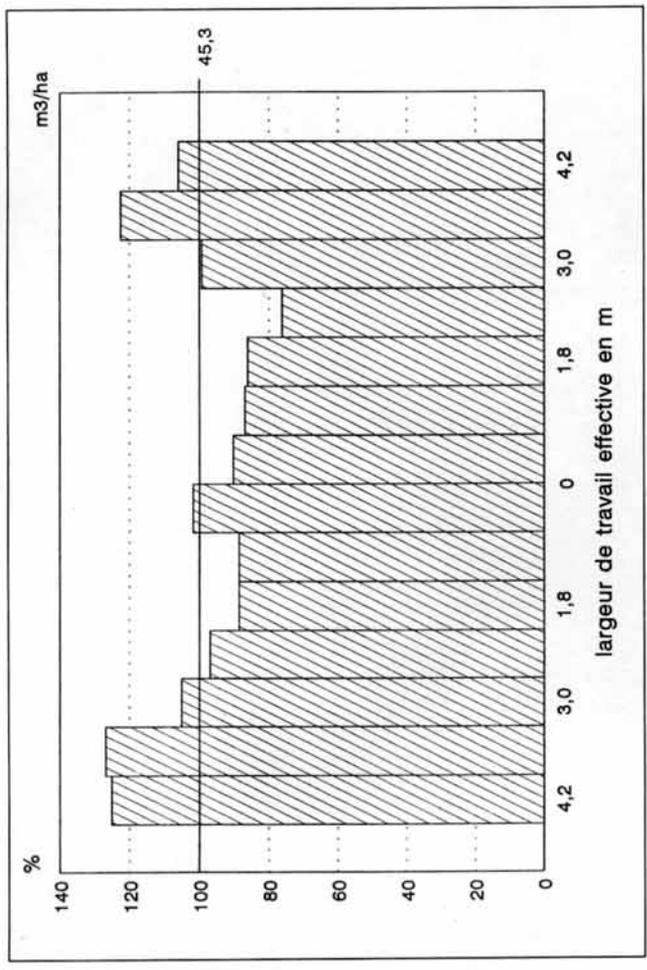
Modèle: **Jovo 82**
Jovo-Kombi B 89
Jovo-Kombi G 87
Hydro-Super-Kombi G 89

Système de répartition: déflecteur

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de l'eau):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:

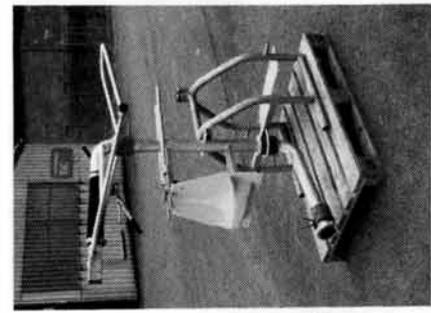


Réglage de l'appareil:

- Débit: 750 l/min
- Pression: 1,2 bar
- Vitesse: 1,18 km/h
- Attelage: légèrement incliné vers le haut à l'arrière
- Hauteur au sol: 65 cm
- Clapet à ressort: fermé, tendu

Exactitude de la répartition:

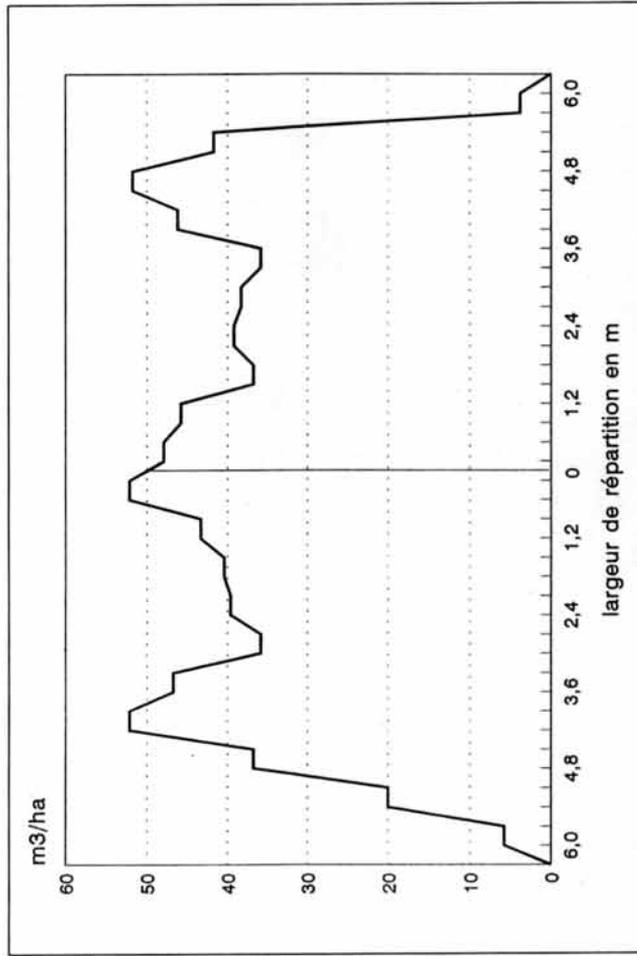
- Largeur de travail effective: 8,4 m
- Répartition gauche/droite: 52,3 / 47,7 %
- Coefficient de variation: 15,2 %
- Ecart maximal: +26,7 / -23,9 %



Marque: **Fankhauser**

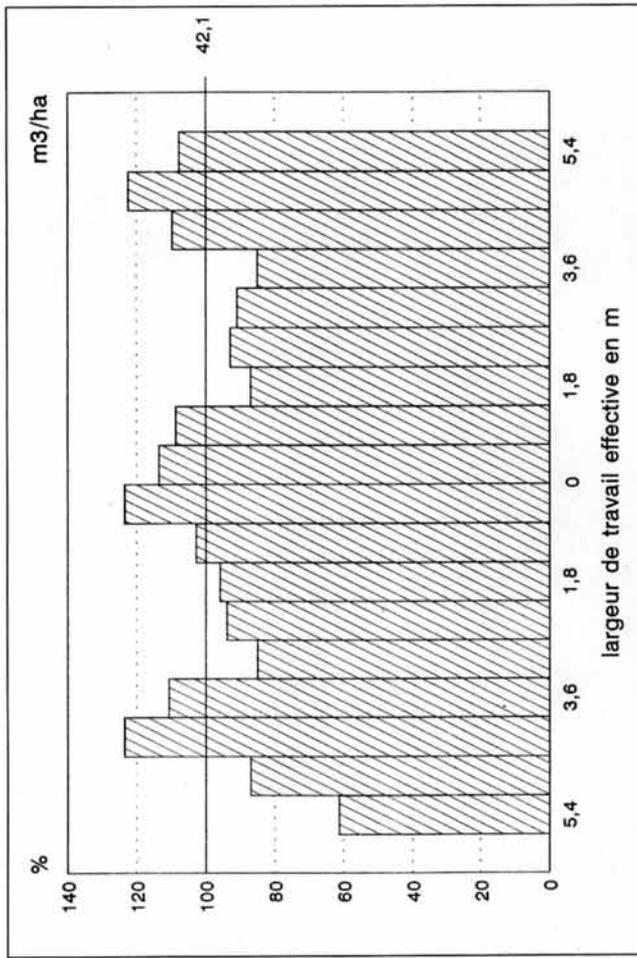
Système de répartition: déflecteur

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de lisier):



Modèle: **Blitz-Kombi**

Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:

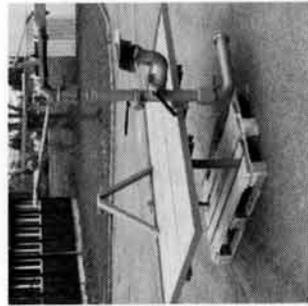


Réglage de l'appareil:

Débit: 650 l/min
Pression: 1,5 bar
Vitesse: 0,86 km/h
Attelage: pont arrière légèrement surélevé, déflecteur horizontal
Hauteur au sol: 103 cm
Buse caoutchouc: diamètre intérieur 30 mm

Exactitude de la répartition:

Largeur de travail effective: 10,8 m
Répartition gauche/droite: 49,0 / 51,0 %
Coefficient de variation: 16,6 %
Ecart maximal: +23,4 / -38,8 %

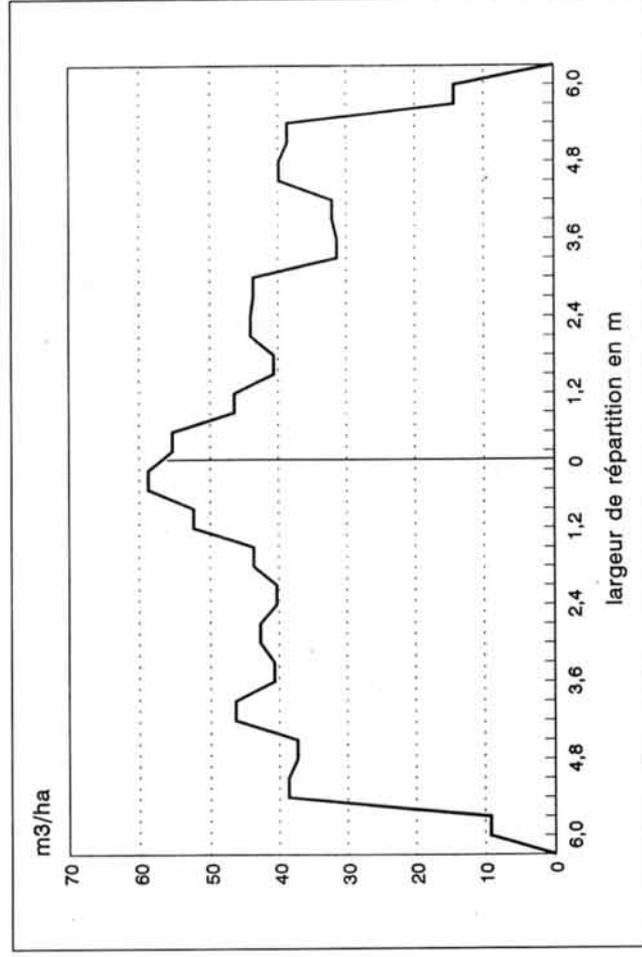


Marque: **Schweizer**

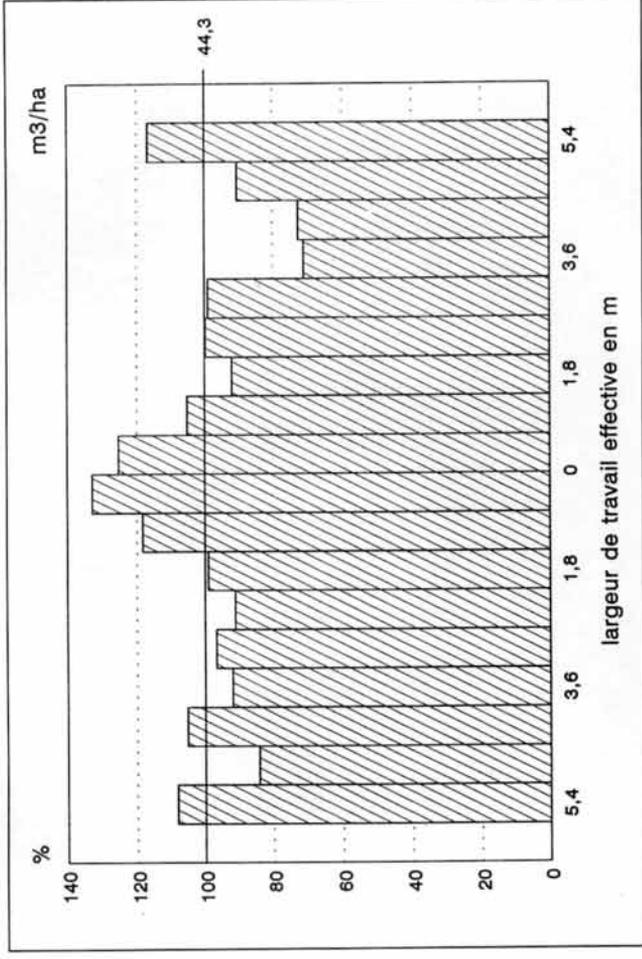
Modèle: **Simplex-Kombi**

Système de répartition: déflecteur

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de lisier):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:



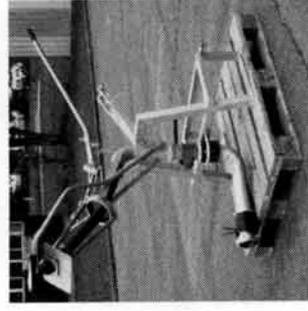
Réglage de l'appareil:

Débit: 750 l/min
Pression: 2,3 bar
Vitesse: 0,94 km/h
Attelage: horizontal, tôle du déflecteur légèrement inclinée vers le haut à l'arrière

Hauteur au sol: 128 cm
Buse caoutchouc: diamètre intérieur 28 mm

Exactitude de la répartition:

Largeur de travail effective: 10,8 m
Répartition gauche/droite: 51,5 / 48,5 %
Coefficient de variation: 16,2 %
Ecart maximal: +32,8 / -27,3 %



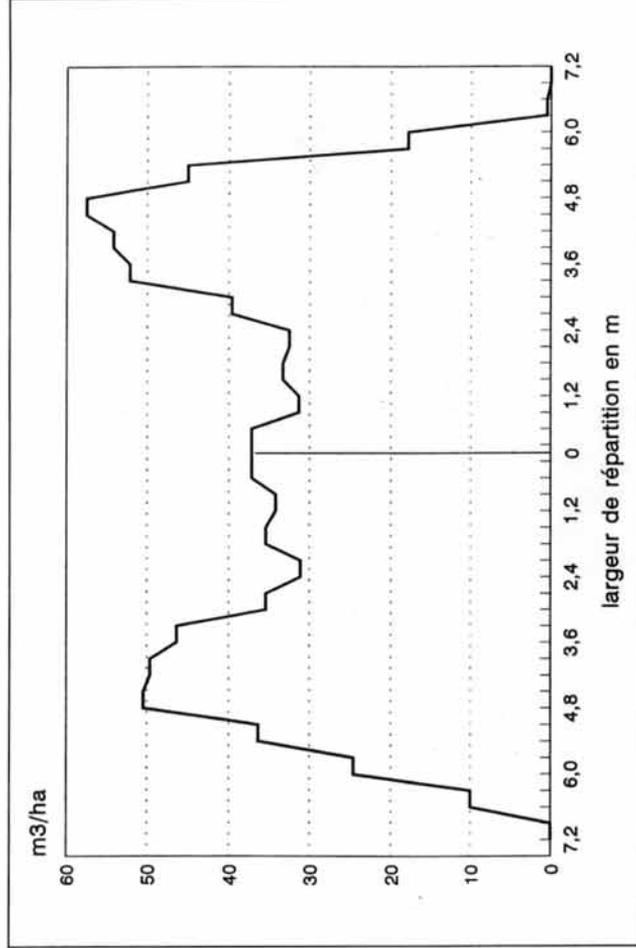
Marque: **Küing**

Système de répartition: déflecteur

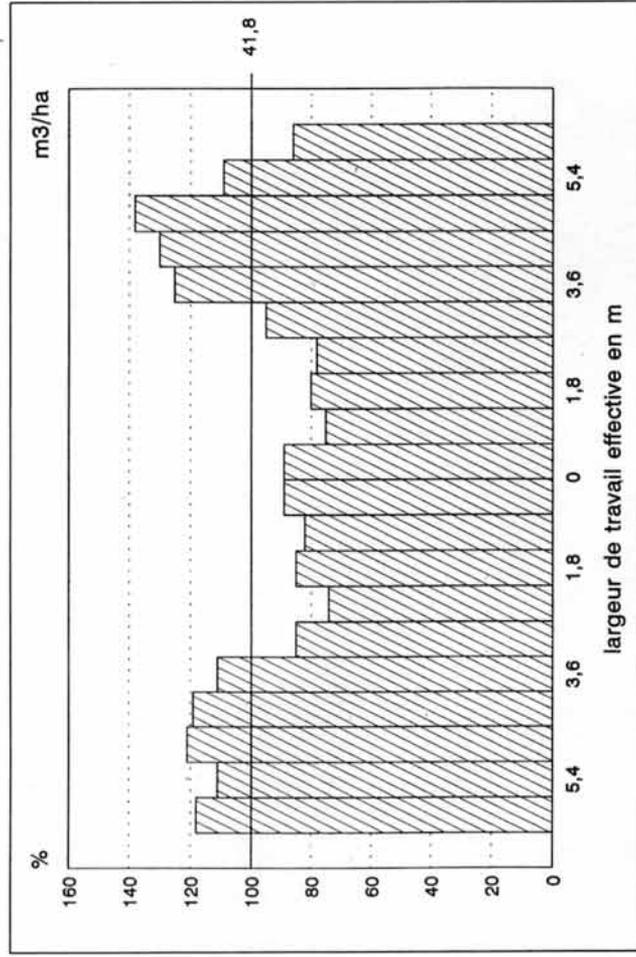
Modèle: **Kombi**

Rapports FAT

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de lisier):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:

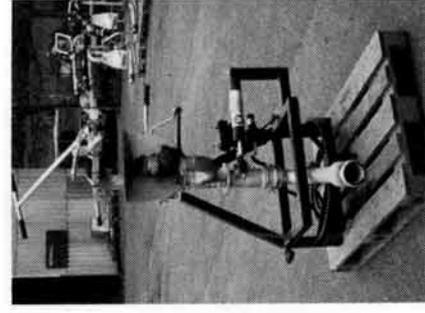


Réglage de l'appareil:

Débit: 750 l/min
Pression: 1,5 bar
Vitesse: 0,94 km/h
Attelage: horizontal
Hauteur au sol: 127 cm
Buse caoutchouc: diamètre intérieur 33 mm

Exactitude de la répartition:

Largeur de travail effective: 11,4 m
Répartition gauche/droite: 49,3 / 50,7 %
Coefficient de variation: 20,6 %
Ecart maximal: +38,1 / -25,9 %

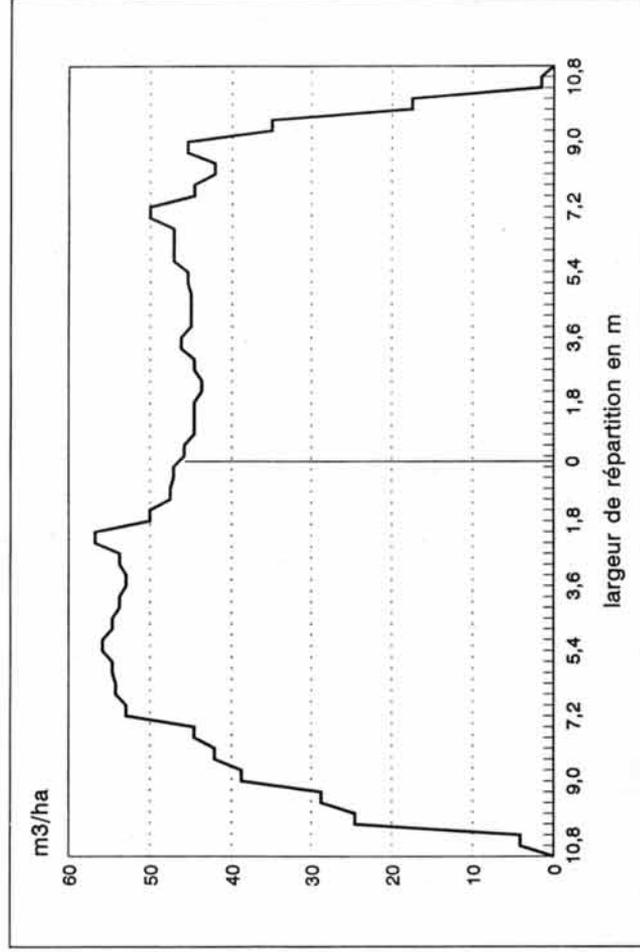


Marque: **Meier**

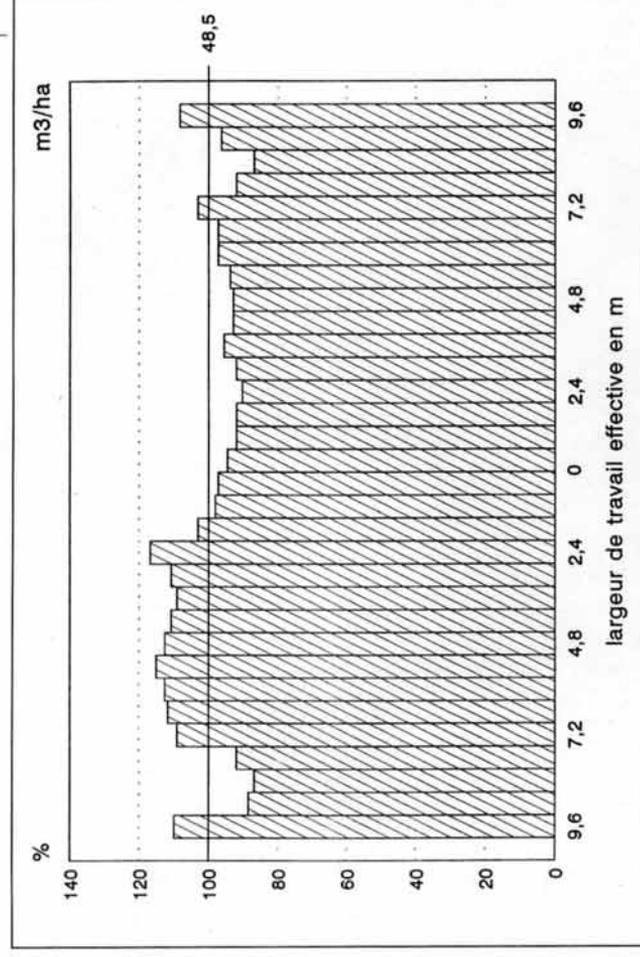
Modèle: **Perfekt**

Système de répartition: répartiteur pivotant mécanique

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de lisier):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:



Réglage de l'appareil:

Débit: 750 l/min

Pression: 1,4 bar

Vitesse: 0,48 km/h

Entraînement de la buse: prise de force

Fréquence de pivotement: 25/min

Attelage: légèrement incliné vers le haut à l'arrière

Hauteur au sol: 123 cm

Réglage de la buse: dirigée vers le haut

Clapet à ressort: fermé, au trou du milieu

Exactitude de la répartition:

Largueur de travail effective: 19,2 m

Répartition gauche/droite: 52,6 / 47,4 %

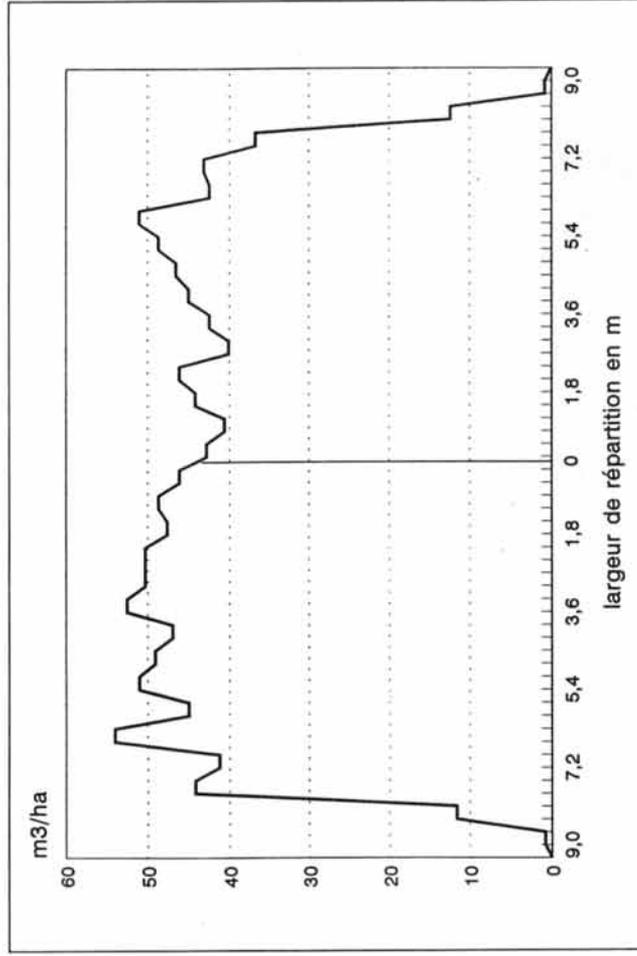
Coefficient de variation: 9,2 %

Ecart maximal: +16,8 / -13,2 %

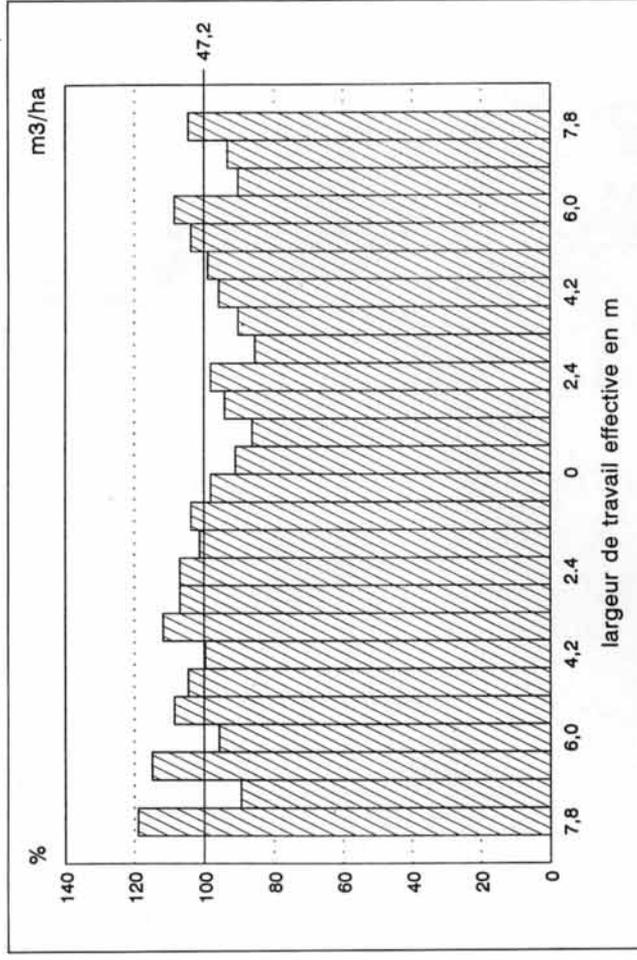


Système de répartition: répartiteur pivotant mécanique

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de l'eau):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:

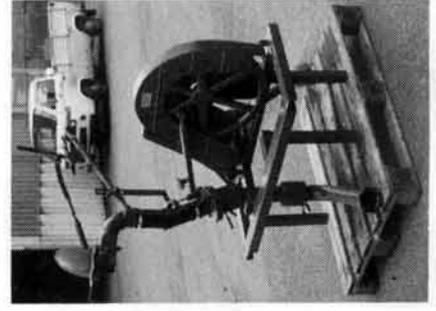


Réglage de l'appareil:

- Débit: 750 l/min
- Pression: 1,2 bar
- Vitesse: 0,61 km/h
- Entraînement de la buse: prise de force
- Fréquence de pivotement: 20/min
- Attelage: horizontal
- Hauteur au sol: 117 cm
- Réglage de la buse: dirigée vers le haut
- Clapet à ressort: au trou du milieu, tendu à moitié, fermé

Exactitude de la répartition:

- Largeur de travail effective: 15,6 m
- Répartition gauche/droite: 52,3 / 47,7 %
- Coefficient de variation: 9,3 %
- Ecart maximal: +18,9 / -14,6 %

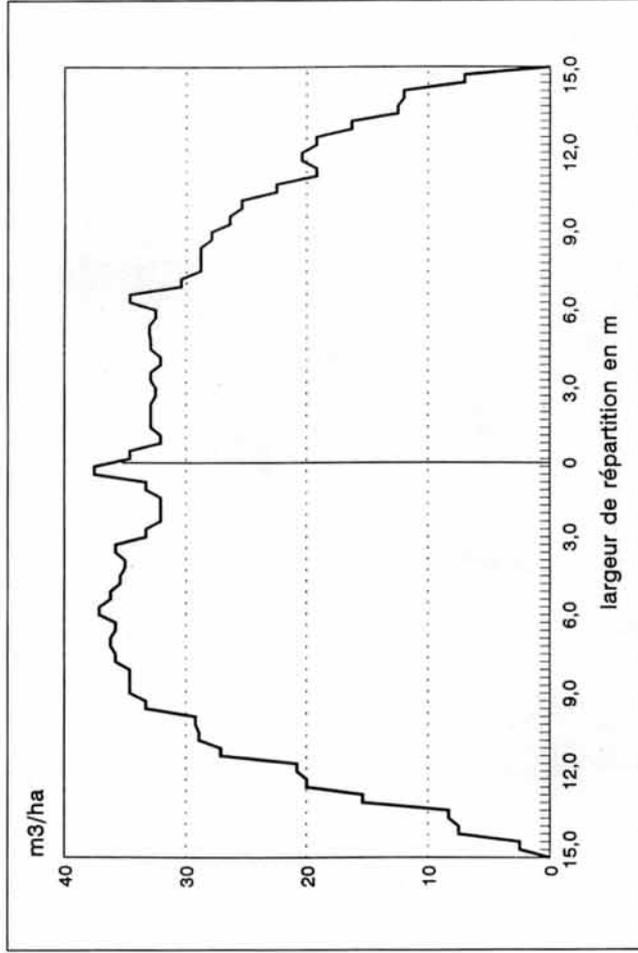


Marque: **Küing**

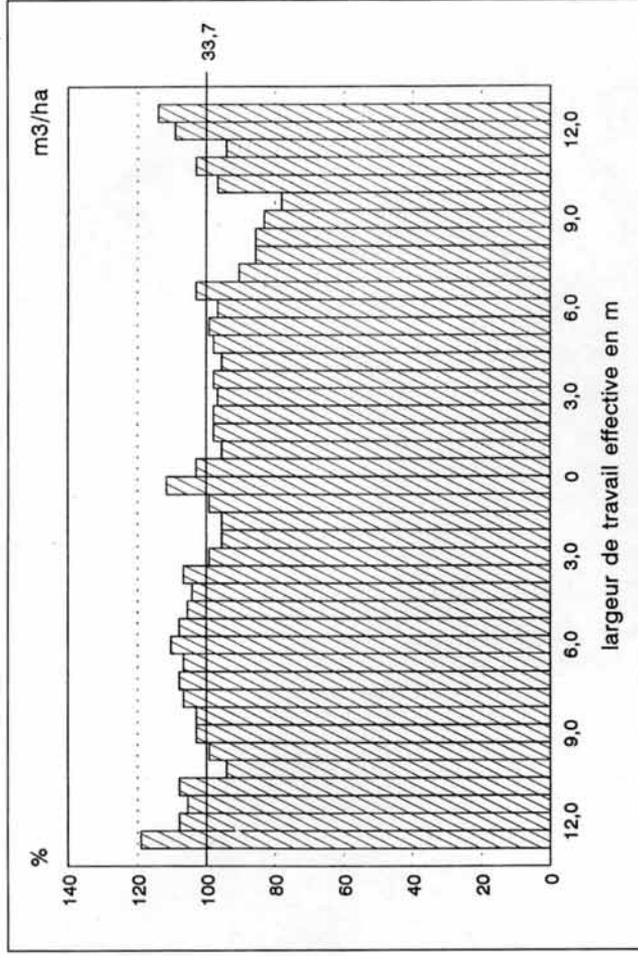
Modèle: **Mécanique**

Système de répartition: répartiteur pivotant mécanique

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de l'eau):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:



Réglage de l'appareil:

Débit: 750 l/min
Pression: 1,5 bar
Vitesse: 0,55 km/h
Entraînement de la buse: prise de force
Fréquence de pivotement: 14/min
Attelage: horizontal
Hauteur au sol: 119 cm
Réglage de la buse: dirigée vers le haut
Clapet à ressort: tendu à moitié, fermé

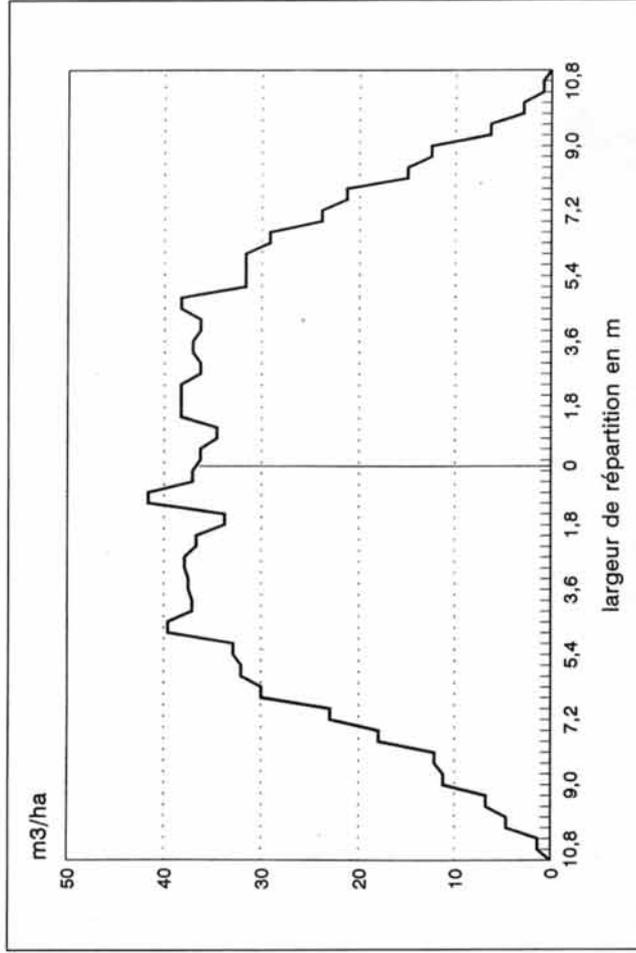
Exactitude de la répartition:

Largeur de travail effective: 24,6 m
Répartition gauche/droite: 52,2 / 47,8 %
Coefficient de variation: 8,3 %
Ecart maximal: +19,0 / -21,9 %

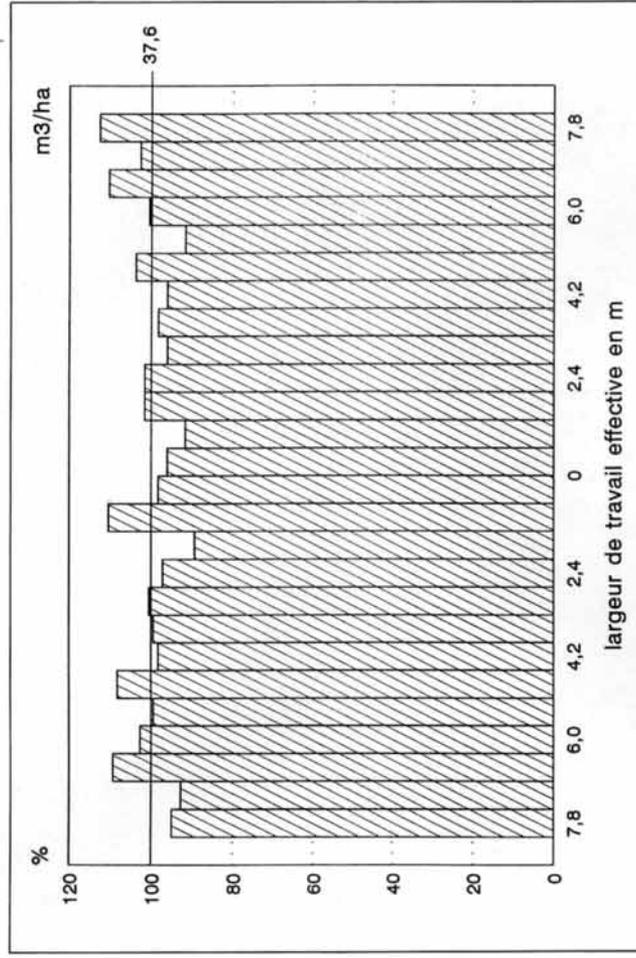


Système de répartition: répartiteur pivotant hydraulique

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de l'eau):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:

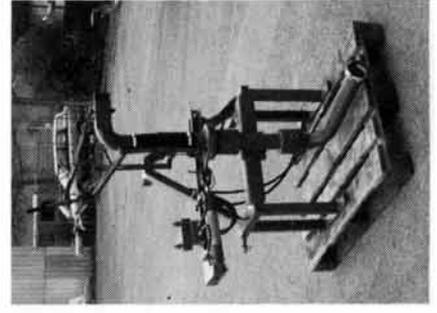


Réglage de l'appareil:

- Débit: 750 l/min
- Pression: 1,2 bar
- Vitesse: 0,77 km/h
- Entraînement de la buse: hydraulique
- Fréquence de pivotement: 17/min
- Attelage: horizontal
- Hauteur au sol: 129 cm
- Réglage de la buse: légèrement dirigée vers le haut
- Clapet à ressort: au trou le plus éloigné, tendu à moitié, fermé

Exactitude de la répartition:

- Largeur de travail effective: 15,6 m
- Répartition gauche/droite: 50,1 / 49,9 %
- Coefficient de variation: 6,7 %
- Ecart maximal: +12,6 / -10,6 %

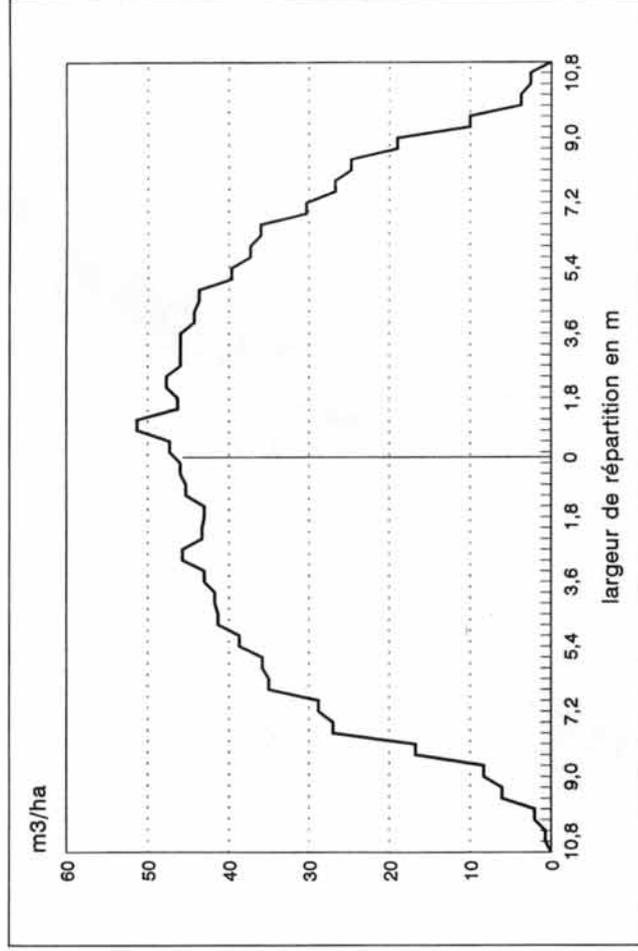


Marque: **Küng**

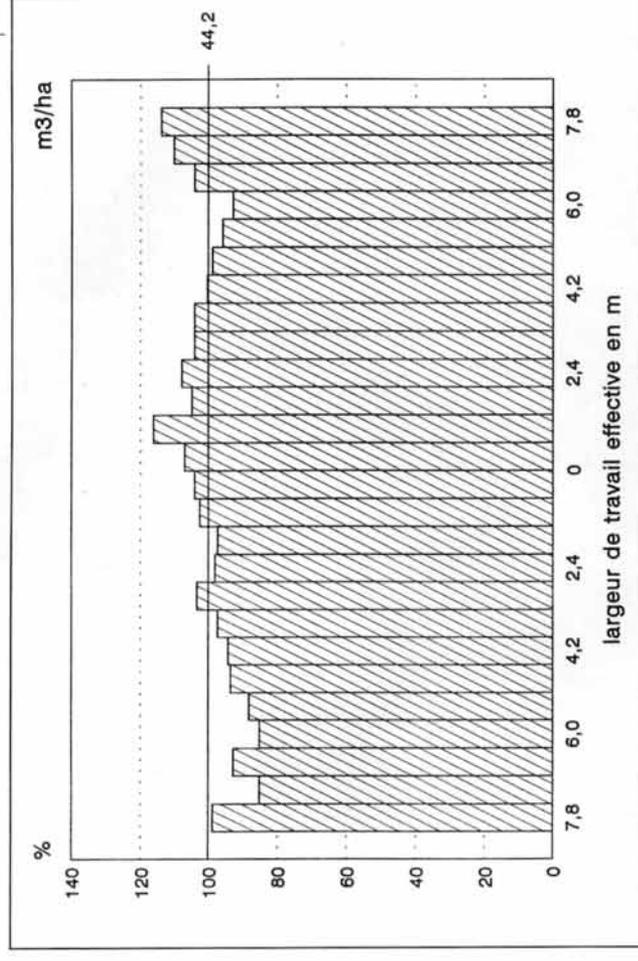
Modèle: **Hydraulique
Kombi (hydraulique)**

Système de répartition: répartiteur pivotant hydraulique

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de l'eau):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:



Réglage de l'appareil:

Débit: 750 l/min
Pression: 1,5 bar
Vitesse: 0,65 km/h
Entraînement de la buse: hydraulique
Fréquence de pivotement: 15/min (position 9)
Attelage: horizontal
Hauteur au sol: 134 cm
Réglage de la buse: légèrement dirigée vers le haut
Clapet à ressort: peu tendu, fermé

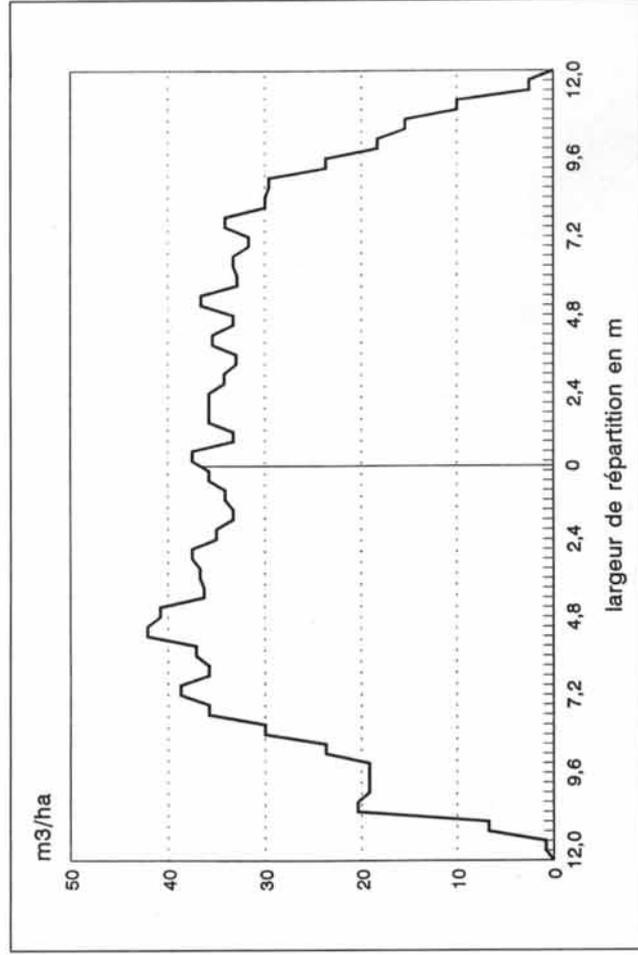
Exactitude de la répartition:

Largeur de travail effective: 15,6 m
Répartition gauche/droite: 47,7 / 52,3 %
Coefficient de variation: 8,0 %
Ecart maximal: +16,3 / -14,7 %

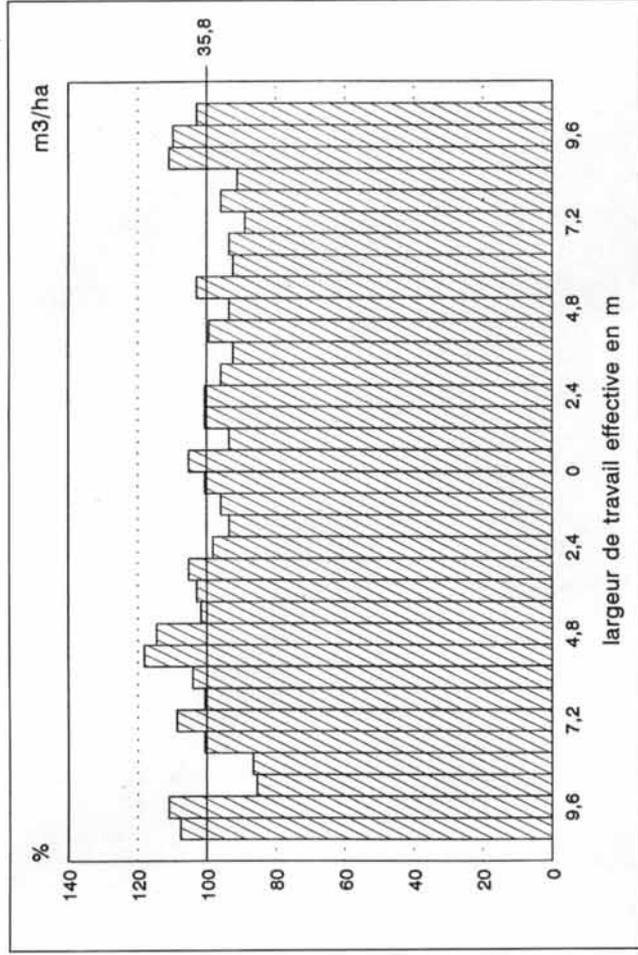


Système de répartition: répartiteur pivotant hydraulique

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec de l'eau):



Courbe de répartition lorsque le chevauchement est optimal:

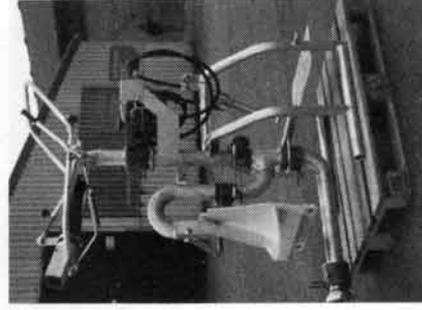


Réglage de l'appareil:

- Débit: 750 l/min
- Pression: 1,1 bar
- Vitesse: 0,63 km/h
- Entraînement de la buse: moteur hydraulique
- Fréquence de pivotement: 14/min
- Attelage: horizontal
- Hauteur au sol: 148 cm
- Réglage de la buse: légèrement dirigée vers le haut
- Clapet à ressort: légèrement tendu, fermé
- Symétrie: Distance des vis de fixation à gauche: 10,5 cm, à droite: 16,5 cm

Exactitude de la répartition:

- Largeur de travail effective: 19,8 m
- Répartition gauche/droite: 51,0 / 49,0 %
- Coefficient de variation: 8,2 %
- Ecart maximal: +18,1 / -14,6 %

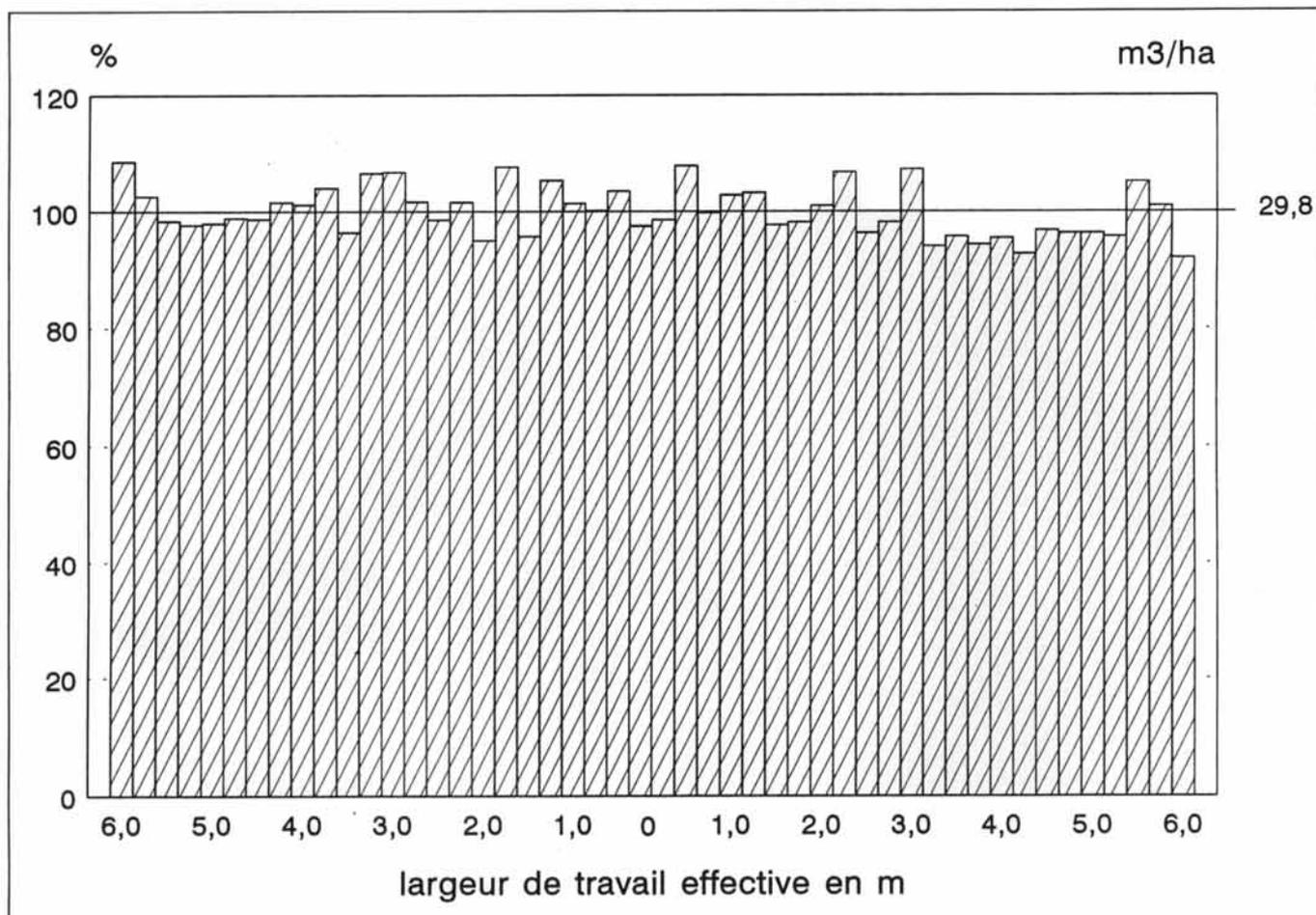


Marque: **MFH**

Modèle: **E + H**

Système de répartition: rampe d'épandage à tuyaux flexibles

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec du lisier):

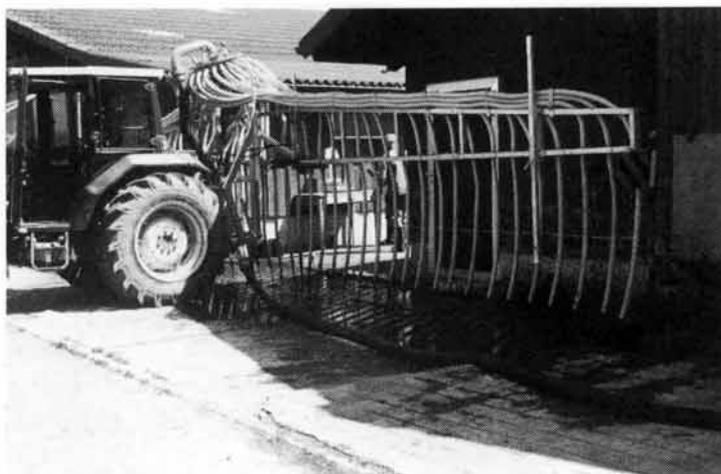


Réglage de l'appareil:

Débit:	1'060 l/min
Pression:	1,3 bar
Vitesse:	1,76 km/h
Entraînement du rotor:	moteur hydraulique
Régime du rotor:	env. 240 t/min

Exactitude de la répartition:

Largeur de travail:	12 m
Répartition gauche/droite:	50,3 / 49,7 %
Coefficient de variation:	4,4 %
Ecart maximal:	+ 8,5 / - 8,0 %

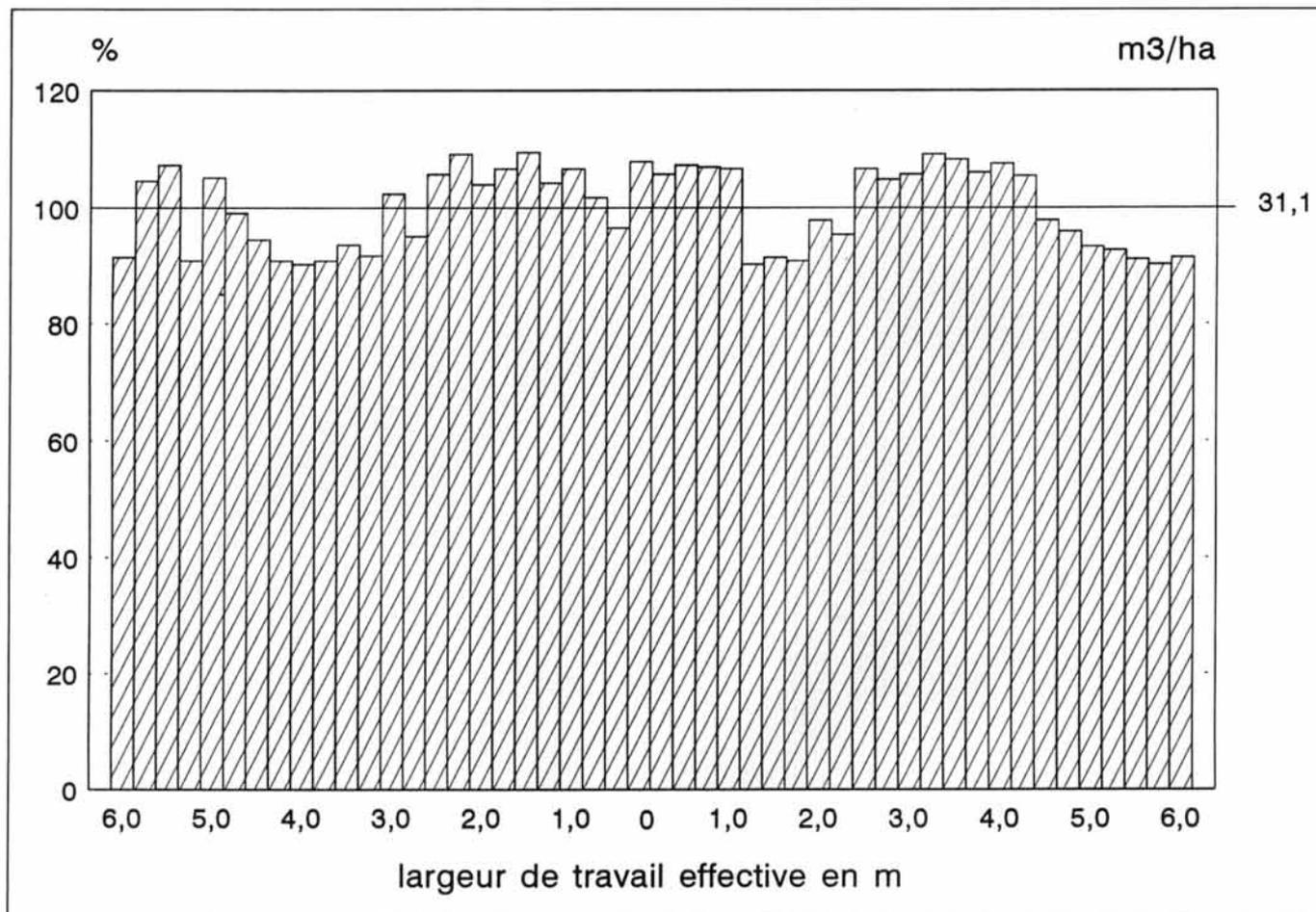


Marque: **Hadorn**

Modèle: **Vogelsang**

Système de répartition: rampe d'épandage à tuyaux flexibles

Courbe de répartition selon les valeurs mesurées (avec du lisier):



Réglage de l'appareil:

Débit:	940 l/min
Pression:	1,2 bar
Vitesse:	1,51 km/h
Entraînement du rotor:	moteur hydraulique
Régime du rotor:	env. 280 t/min

Exactitude de la répartition:

Largeur de travail:	12 m
Répartition gauche/droite:	50,0 / 50,0 %
Coefficient de variation:	6,6 %
Ecart maximal:	+ 9,5 / - 9,8 %

