

## Précision de répartition des rampes d'épandage à tuyaux souples

### Bonne sur le plat, variable en pente

Joachim Sauter, Dunja Dux et Helmut Ammann, Agroscope FAT Tänikon, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, CH-8356 Ettenhausen

Suite à une enquête réalisée dans la pratique, 118 questionnaires nous ont été retournés. Leur dépouillement a montré que 96% des acheteurs d'une rampe d'épandage à tuyaux souples (à pendillards) font cette acquisition en vue d'améliorer l'exploitation de l'azote produit sur leur exploitation. De plus, 92% des acheteurs souhaitent parvenir à réduire les émissions olfactives. Il existe très peu d'incitations extérieures à l'achat, par exemple sous forme d'aides à l'investissement. La quantité d'épandage annuelle moyenne des rampes d'épandage à tuyaux souples utilisées actuellement est de 2700 m<sup>3</sup>. Le lisier épandu est essentiellement du lisier dilué 1:1. Bien que la majorité du lisier soit épandue sur

des surfaces planes, 48% des rampes d'épandage sont également utilisées sur des terrains dont les pentes sont supérieures à 20%. En général, les agriculteurs sont très satisfaits de leurs machines. Le pourcentage élevé d'agriculteurs (99%) qui seraient prêts à acheter de nouveau l'épandeur en est la preuve.

Pendant un test pratique, Agroscope FAT Tänikon a étudié la qualité de travail de six épandeurs dans des terrains dont le pourcentage de pente était variable (déclivité de 0, 15 et 30%). Pour cinq de ces épandeurs, on a également déterminé la répartition sur terrain plat avec raccordement à une citerne à pression. On a constaté que sur terrain plat, toutes les machines sélectionnées pouvaient remplir

les conditions exigées actuellement d'après la norme européenne (norme européenne 1998). L'écart moyen était compris entre 1,8 et 10,0%. Sur terrain en pente, les épandeurs se distinguent beaucoup plus. Pour un pourcentage de pente de 15%, quatre machines remplissent la norme. Avec un pourcentage de pente de 30%, un seul épandeur a pu remplir ces conditions lorsque le débit était faible (450 l/minute) et quatre épandeurs, lorsque le débit était élevé (750 l/minute).

L'achat d'une rampe d'épandage à tuyaux souples représente un investissement de l'ordre de Fr. 15 000.-. Il est possible d'économiser des coûts en utilisant une machine en commun entre plusieurs exploitations ou en louant les machines. Pour pouvoir acheter une machine seul, l'agriculteur devrait atteindre une quantité d'épandage d'au moins 2000 m<sup>3</sup>/an.

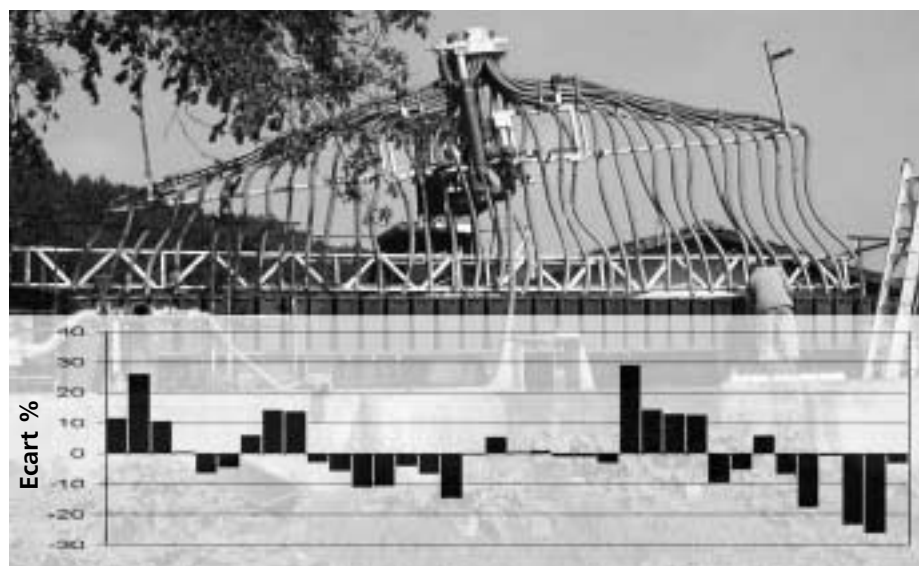


Fig. 1: Rampe d'épandage à tuyaux souples (à pendillards) au banc d'essai. Peut-il offrir une répartition exacte, également sur les terrains en pente?

| Sommaire:             | Page |
|-----------------------|------|
| Problématique         | 2    |
| Enquête pratique      | 2    |
| Tests au banc d'essai | 5    |
| Résultats             | 6    |
| Rentabilité           | 9    |
| Récapitulatif         | 12   |
| Bibliographie         | 12   |

Problématique

25–95% de l'azote ammoniacal contenu dans le lisier peuvent se perdre dans l'atmosphère lorsque le lisier est épandu en surface (Frick 1997). Les pertes polluent l'environnement et réduisent d'autant l'efficacité du lisier épandu. Dans le but de réduire ces pertes, les premières rampes d'épandage à tuyaux souples (à pendillards) ont été développées au milieu des années 1980. Cette technique a permis de réduire les pertes de 30 à 60% (Frick 1997). De plus, l'utilisation des rampes d'épandage à tuyaux souples a d'autres effets secondaires positifs (cf. tab. 1). Ces avantages font qu'aujourd'hui, de nombreuses rampes d'épandage à tuyaux souples sont employées, essentiellement dans les régions de plaine.

Après 20 ans de développement, les fabricants de machines agricoles disent avoir conçu des systèmes de répartition bien étudiés, au maniement simple et au fonctionnement sûr dans les terrains en pente. C'est ce qui a conduit Agroscope FAT Tänikon à étudier les machines actuellement disponibles sur le marché suisse. L'étude s'est déroulée en deux parties. La première partie consistait en une enquête réalisée sous forme de questionnaires. Dans une deuxième partie, six systèmes de répartition ont été testés au banc d'essai pour trois pourcentages de pente différents 0, 15 et 30% et deux débits (450 l/minute et 750 l/minute).

Enquête pratique

Le questionnaire conçu par Agroscope FAT Tänikon comportait quatre parties. La première partie servait à décrire la machine. C'est là que l'agriculteur inscrivait les données techniques de sa machine: fabricant, type et année. Dans la deuxième partie, la personne interrogée pouvait indiquer les raisons qui avaient motivé son achat de la machine. La troisième partie contenait des informations sur les domaines d'utilisation des épandeurs. Enfin, dans une quatrième et dernière partie, les personnes interrogées pouvaient faire part de leurs expériences. Le questionnaire a été envoyé à 188 adresses d'agriculteurs, de communautés d'exploitations et d'entrepreneurs de tra-

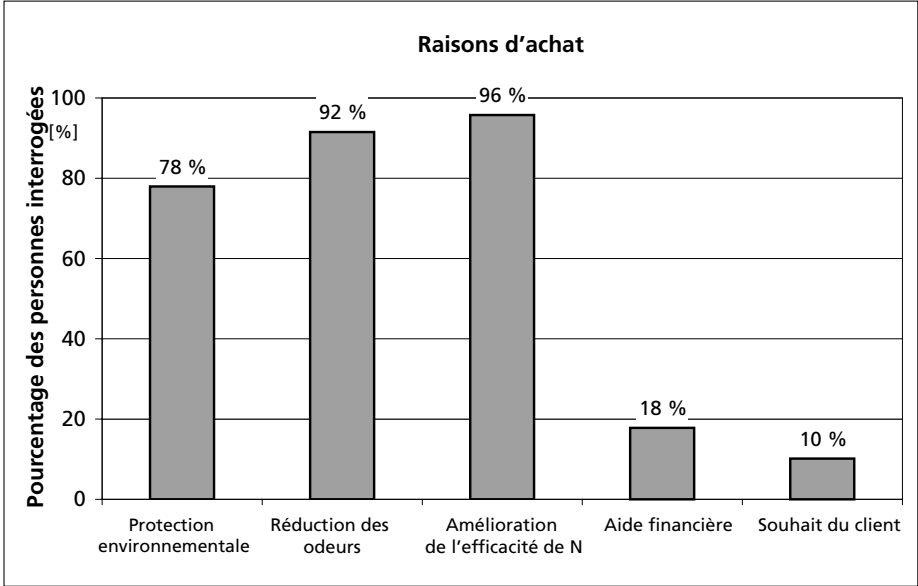


Fig. 2: Pourcentages des raisons qui ont conduit à l'achat d'une rampe d'épandage à tuyaux souples. (résultats d'une enquête)

vaux agricoles. 118 personnes ont retourné le questionnaire. Les réponses contiennent des informations sur neuf épandeurs différents au total, dont les largeurs de travail sont comprises entre 6 et 16 m, machines qui conviennent toutes pour l'épandage par tuyaux. Tous les épandeurs mentionnés dans l'enquête ont été fabriqués entre 1999 et 2003.

Pourquoi achète-t-on des rampes d'épandage à tuyaux souples?

Les décisions qui conduisent à l'achat d'un épandeur ont souvent plusieurs

causes. Le questionnaire proposait plusieurs possibilités que la personne interrogée pouvait cocher.

On constate que presque toutes les décisions d'achat (96%) ont été motivées par la volonté d'améliorer l'efficacité de l'azote (N) contenu dans le lisier, car suite aux directives les plus diverses (Swissbilanz, Pl ou Bio), l'achat d'engrais azoté est limité ou impossible (Fig. 2). 92% des utilisateurs qui travaillent parallèlement dans le secteur du tourisme ou de la gastronomie, déclarent que la réduction des odeurs est également un aspect qui a influencé leur achat. Les aspects généraux de la protection environnementale ont joué un rôle pour 78% des personnes in-

Tab. 1: Avantages et inconvénients de l'épandage de lisier avec des rampes d'épandage à tuyaux souples par rapport à des épandeurs larges

| Avantages:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Inconvénients:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Réduction des pertes d'azote,</li><li>• Réduction de la pollution olfactive, pendant et après l'épandage,</li><li>• Répartition plus précise,</li><li>• Précision de répartition indépendante de l'influence des vents,</li><li>• Purinage plus aisé en bordure de chemin et de ruisseaux,</li><li>• Souillure moins importante du fourrage, d'où</li><li>• Meilleure appétence du fourrage,</li><li>• Moins de brûlures des plantes par le lisier épandu</li><li>• Epandage possible également à des stades de végétation avancés.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Coûts d'investissement plus élevés,</li><li>• Poids des machines plus important,</li><li>• Machine plus encombrante à remiser,</li><li>• Maniement des machines plus exigeant,</li><li>• Frais de maintenance plus élevés,</li><li>• Mauvaises conditions de visibilité vers l'arrière,</li><li>• Epandeur plus sensible aux bourrages</li><li>• Difficulté à contourner les arbres les poteaux téléphoniques ou électriques</li></ul> |

terrogées. Pour 18% seulement, le soutien financier, des cantons par exemple, a influencé la décision, car dans de nombreuses régions, il n'existe aucune subvention. Pour certains entrepreneurs de travaux agricoles, il est également important de pouvoir satisfaire les besoins de la clientèle ou de gagner de nouveaux clients. Sachant toutefois que la majorité des épandeurs a été achetée par des exploitations familiales ou des communautés d'exploitations, ce motif ne représente que 10% des raisons d'achat. Parmi les autres motivations, les personnes interrogées ont souvent cité la réduction de la souillure du fourrage et donc l'augmentation de son appétence, les conditions de travail plus propres et donc plus hygiéniques, ainsi que l'amélioration de l'image de l'agriculture.

### En moyenne, un distributeur épand 2700 m<sup>3</sup> de lisier par an

Les rampes d'épandage à tuyaux souples permettent l'épandage de lisier de bovins, de porcs et de volaille. Le lisier de volaille est toujours mélangé à du lisier de bovins ou de porcs avant l'épandage. Un épandeur moyen d'une largeur de travail de 9,0 m épand en moyenne environ 2700 m<sup>3</sup> de lisier par an. Les extrêmes sont cependant très éloignés. On indique par exemple des valeurs record de plus de 10 000 m<sup>3</sup>/a de lisier épandu par an et de moins de 500 m<sup>3</sup>/a. Les épandeurs sont utilisés essentiellement pour l'épandage de lisier bovin pur (47%). La rampe d'épandage fournit 43% de son rendement annuel lors de l'épandage de lisier composé (bovin, porc, volaille et eau domestique). Le lisier composé contient essentiellement du lisier de bovin. Le rendement annuel pour le lisier de porc pur est de 10%.

Seul 8% du lisier est qualifié de non dilué. La moitié du lisier produit (48%) est dilué 1:1 avec de l'eau. Pour un quart à peine du lisier (24%), la dilution est estimée à 1:1,5. 16% du lisier contient deux fois plus d'eau que de lisier (dilution 1:2). Les 4% restant sont encore plus dilués.

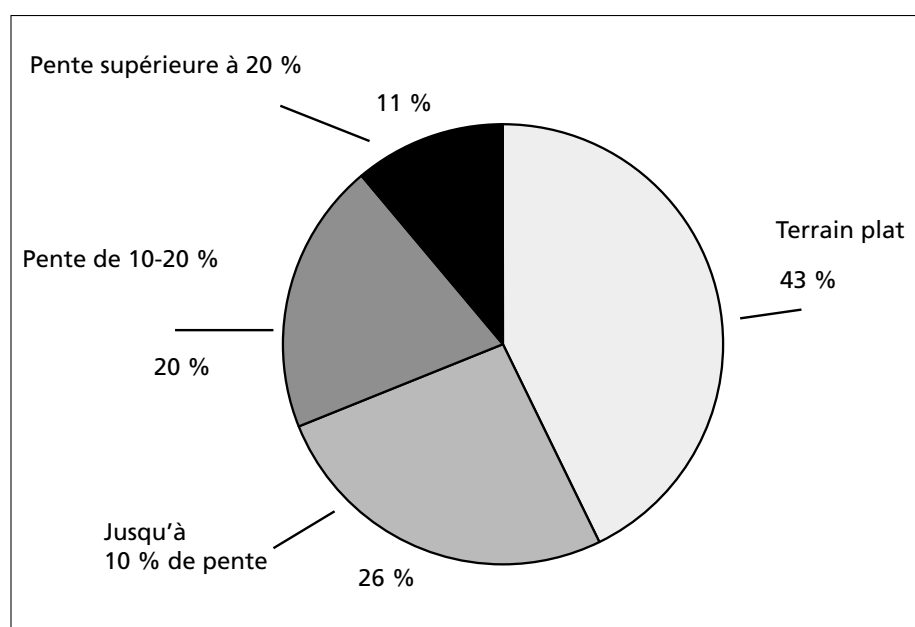


Fig. 3: Pourcentage du lisier épandu en fonction de la déclivité (résultats d'une enquête)

### 48% des rampes d'épandage à tuyaux souples travaillent aussi sur des terrains en pente.

L'évaluation de la quantité de lisier par rapport aux degrés de déclivité indique que la plupart du lisier distribué avec des rampes d'épandage à tuyaux souples (43%) est épandue en plaine (Fig. 3). 26% de lisier produit chaque année est épandu avec ce système de distribution dans les terrains en pente, jusqu'à une déclivité de 10%. Seulement 11% du lisier est épandu dans des terrains dont la

pente est supérieure à 20%. Si l'on compare ces chiffres aux zones d'utilisation des distributeurs, on constate que même si proportionnellement peu de lisier est épandu dans les terrain très pentus, la plupart des distributeurs doivent néanmoins être en mesure d'épandre du lisier sur des terrains en pente. Comme le montre la figure 4, 48% des épandeurs sont également utilisés dans les terrains en pente dont la déclivité est supérieure à 20%. Plus des trois quarts des épandeurs doivent également pouvoir répartir le lisier dans les terrains dont la pente est comprise entre 10 et 20%.

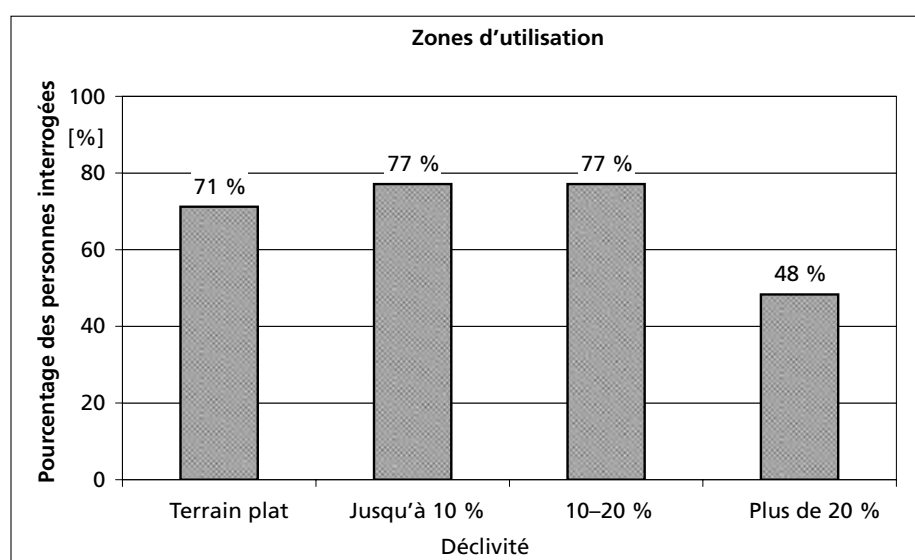


Fig. 4: Pourcentage des rampes d'épandage à tuyaux souples, qui ont été utilisées dans différents pourcentages de pente (résultats d'une enquête)

Comment les épandeurs travaillent-ils dans la pratique?

En pratique, la qualité de répartition et la tendance de l'épandeur aux bourrages sont deux points prioritaires. Le questionnaire demandait quelle était la fréquence des bourrages et proposait trois réponses au choix: plusieurs fois/jour, une fois/jour ou moins. 86% des personnes interrogées ont répondu à cette question par « moins » d'une fois par jour (Fig. 5). Certaines personnes ont même insisté en déclarant que leur épandeur n'avait encore jamais été sujet aux bourrages. Seules 2% des personnes interrogées ont indiqué que leur épandeur bourrait plusieurs fois par jour.

En ce qui concerne la question relative à la qualité de répartition, 99% des réponses considéraient que tous les épandeurs

Quelle est la fréquence des bourrages?

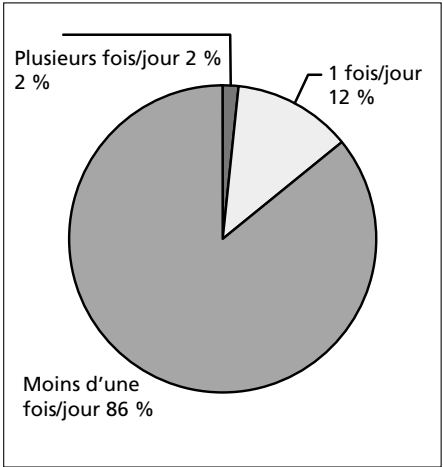


Fig. 5: Pourcentage des réponses par rapport aux bourrages de la tête de distribution (résultats d'une enquête)

Comment la rampe d'épandage travaille-t-elle sur terrain en pente?

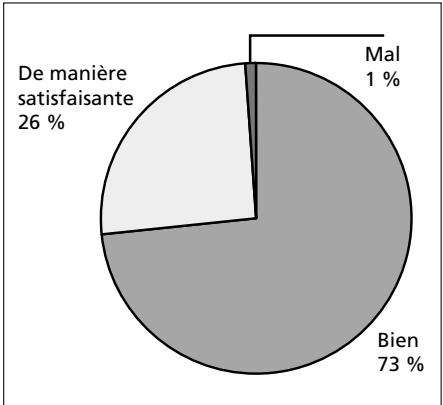


Fig. 6: Pourcentage des réponses par rapport à la qualité de répartition sur terrain en pente (résultats d'une enquête)

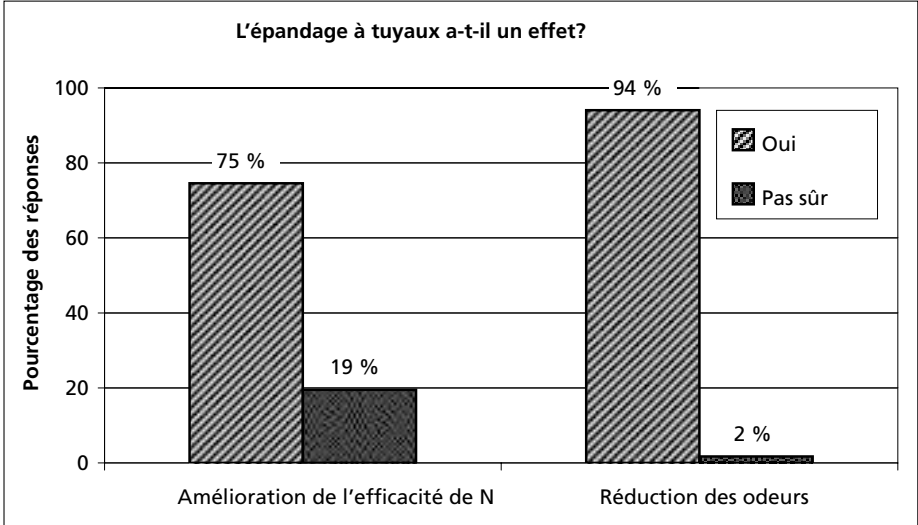
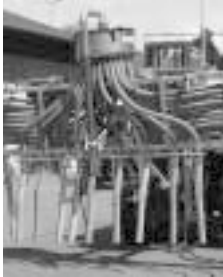


Fig. 7: Effet de la rampe d'épandage à tuyaux souples en ce qui concerne l'efficacité de l'azote et la réduction des odeurs, selon l'avis des agriculteurs (résultats d'une enquête)

Tab. 2: Types d'épandeurs testés, fabricants et partenaires de distribution

| Machine:                            | Fabricant/Distribution                                                                                                                                                                                                                                                                    | Spécifications techniques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Markus Brunner<br>Modèle: RAB 8,4m  | <br>Brunner Landmaschinen<br>Bleiche<br>Rickenbach<br>CH-9536 Schwarzenbach<br><br>Fabricant de la tête de distribution<br><br>Brunner Landmaschinen<br>Bleiche<br>Rickenbach<br>CH 9536 Schwarzenbach | Largueur de travail: 8,4 m<br>Nombre des tuyaux : 28<br>Principe de fonctionnement: Buse rotative<br>Poids: 610 kg<br>Raccordements hydrauliques: 2 à double effet<br>Accouplement: Triangle d'attelage «Accord» / Cat 2<br>Equipement de la machine testée: Système combi: aussi bien pour la citerne que pour le purinage par tuyaux, stop-gouttes<br>Prix catalogue: Fr. 13 500.–                                |
| Fankhauser<br>Modèle: Perfekt 9,0 m | <br>Fankhauser<br>Maschinenfabrik<br>Luzernstrasse 36<br>CH-6102 Malters<br><br>Fabricant de la tête de distribution<br><br>Fankhauser<br>Maschinenfabrik<br>Luzernstrasse 36<br>CH-6102 Malters       | Largueur de travail: 9,2 m<br>Nombre des tuyaux : 36<br>Principe de fonctionnement: Disque perforé horizontal<br>Poids: 560 kg<br>Raccordements hydrauliques: 1 à double effet<br>Accouplement: Cat 2<br>Equipement de la machine testée: Eclairage, système de compensation du dévers, robinet à trois voies, séparateur de corps étrangers raccordement à l'arbre de transmission<br>Prix catalogue: Fr. 13 600.– |
| Fliegl<br>Modèle Garant 9 m         | <br>Landtechnik Zollikofen<br>Eichenweg 39<br>CH-3052 Zollikofen<br><br>Fabricant de la tête de distribution<br><br>Fliegl GmbH<br>Agro – Center<br>Maierhof 1<br>D-84556 Kastl                        | Largueur de travail: 9,0 m<br>Nombre des tuyaux : 36<br>Principe de fonctionnement: Epandeur à vis<br>Poids: 970 kg<br>Raccordements hydrauliques: 1 à double effet<br>Accouplement: Triangle d'attelage «Accord» / Cat 2<br>Equipement de la machine testée: Commande électro-hydraulique depuis la cabine du tracteur, stop-gouttes, commande des vis synchronisée<br>Prix catalogue: Fr. 16 700.–                |

offraient une bonne répartition sur terrain plat. Les utilisateurs ont toutefois relevé des différences de répartition lors du travail sur terrain en pente. A ce niveau, 73% des utilisateurs ont accordé une bonne note à leur épandeur (Fig. 6). 26% des personnes interrogées sont satisfaites de la répartition et 1% considère que la répartition sur terrain en pente est de mauvaise qualité.

## Les agriculteurs sont-ils satisfaits de la technique à disposition?

La question relative à la satisfaction a permis d'obtenir une réponse très claire. 99% des utilisateurs sont très satisfaits

de leur machine et seraient prêts à réitérer leur achat, bien que les attentes par rapport à l'amélioration de l'efficacité de l'azote contenu dans le lisier n'aient été remplies que dans 75% des cas. 19% des utilisateurs n'ont pu faire aucune déclaration en ce qui concerne l'efficacité de l'azote, car ils n'emploient leur machine que depuis l'été très sec de l'année 2003. En ce qui concerne la réduction de la pollution olfactive, 94% des personnes interrogées sont sûres que l'épandage par tuyaux souples a un effet (Fig. 7).

## Tests au banc d'essai

Dans la partie pratique de l'étude, la qualité de répartition des rampes d'épandage à tuyaux souples a été étudiée au banc d'essai. Certains fabricants de rampes d'épandage à tuyaux souples achètent la tête de distribution de leurs machines comme composant préfabriqué à d'autres entreprises. Comme les machines ont été sélectionnées en fonction de la tête de distribution utilisée, seule une machine a été testée par tête de distribution. Les mesures ont été effectuées avec six épandeurs (tab. 2).

## Fonctionnement du banc d'essai

Les mesures au banc d'essai ont pour but de déterminer la précision de répartition en fonctionnement stationnaire. La rampe d'épandage est suspendue par un système pivotant qui permet de simuler les différents pourcentages de pente. Le lisier est fourni soit par une pompe à vis excentrique, soit par une citerne à pression à l'aide d'un tuyau flexible. Pendant les mesures, on a également relevé le volume du débit dans le tuyau d'alimentation et la pression statique directement au point d'accouplement de l'épandeur. Les tuyaux de la rampe d'épandage étaient fixés à une barre orientable. Ce système permettait de récupérer le lisier qui s'écoulait dans différents récipients. Ce point est nécessaire, car lors de sa mise en service, l'épandeur ne commence à travailler régulièrement qu'après un temps de démarrage. Pendant tout ce laps de temps, le lisier a été évacué du dispositif de mesure. Au bout d'une minute environ, les mesures proprement dites ont débuté. La rampe a été orientée de manière à ce que le lisier des différents tuyaux s'écoule pendant 30 secondes dans un récipient de pesée de 60 l. Il a suffi ensuite de peser les récipients pour déterminer la répartition. En inclinant la suspension de l'épandeur et en prolongeant les tuyaux d'épandage, on a pu simuler une pente de 15 et de 30% (Fig. 8). Les mesures qui ont été répétées à trois reprises pour chaque réglage, ont été réalisées avec du lisier de bovin dilué d'une teneur en MS de 3,4 à 4,5%. Le lisier était renouvelé à chaque mesure.

Tab. 2, suite

|                                                                                     | Fabricant/Distribution                                                                                              | Spécifications techniques                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hadorn                                                                              |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modèle: Spider Compact 9,0 m                                                        | Hadorn's Gölletechnik Lindenholz CH-4935 Leimiswil                                                                  | Largeur de travail: 9,0 m<br>Nombre des tuyaux : 30<br>Principe de fonctionnement: Deux disques perforés verticaux<br>Poids: 620 kg<br>Raccordements hydrauliques: 1 à double effet<br>Accouplement: Triangle d'attelage «Accord» / Cat 2                  |
|  | Fabricant de la tête de distribution<br>Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH Holthöge 10-14 D-49632 Essen               | Equipement de la machine testée: Eclairage, système de compensation du dévers, robinet à trois voies, séparateur de corps étrangers, articulation pivotante Hugo Vogelsang renforcée, manomètre<br>Disque perforé: TFL 619<br>Prix catalogue: Fr. 17 200.- |
| Hochdorfer                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modèle: Exzenter-Cut 9,0 m                                                          | Hochdorfer Gölletechnik Siegwartsstrasse 8 CH-6403 Küssnacht                                                        | Largeur de travail: 9,0 m<br>Nombre des tuyaux : 30<br>Principe de fonctionnement: Deux disques perforés verticaux<br>Poids: 570 kg<br>Raccordements hydrauliques: 1 à double effet<br>Accouplement: Cat 2                                                 |
|  | Fabricant de la tête de distribution<br>HARSØ MASKINER A/S Fåborgvej 5 DK-6818 Årre                                 | Equipement de la machine testée: Eclairage, système de compensation du dévers, robinet à trois voies, séparateur de corps étrangers, montage surélevé de la tête de distribution<br>Prix catalogue: Fr. 16 700.-                                           |
| Schweizer                                                                           |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modèle: Terracare 7,8 m                                                             | SCHWEIZER AG Maschinenfabrik Gülle- und Umwelttechnik CH-9536 Schwarzenbach                                         | Largeur de travail: 7,8 m<br>Nombre des tuyaux : 26<br>Principe de fonctionnement: Disques perforés verticaux<br>Poids: 550 kg<br>Raccordements hydrauliques: 1 à double effet<br>Accouplement: Cat 2                                                      |
|  | Fabricant de la tête de distribution<br>SCHWEIZER AG Maschinenfabrik Gülle- und Umwelttechnik CH-9536 Schwarzenbach | Equipement de la machine testée: Entraînement par arbre de transmission, Manomètre, rabattable hydrauliquement avec 3,5 ouvertures<br>Rotor à ailettes<br>Disque perforé Perforations Ø22 + Ø24<br>Prix catalogue: Fr. 13 550.-                            |

Déterminer la précision de répartition

Pour évaluer la précision de répartition, on a calculé l'écart moyen par rapport à la quantité moyenne épandue à partir de trois mesures. Cette opération a été effectuée en cinq étapes:

- 1. A chaque mesure, calcul de la moyenne du débit pour tous les tuyaux.
- 2. Calcul de l'écart (valeur numérique) de chaque tuyau par rapport à la moyenne.
- 3. Calcul de la moyenne du point 2 (= différence moyenne).
- 4. La différence moyenne (point 3) a été divisée par la moyenne de tous les tuyaux (point 1) (résultat = écart moyen)
- 5. Formation de la moyenne des écarts moyens des trois mesures.

L'écart moyen doit être inférieur à 15%, pour que la machine corresponde aux exigences en vigueur actuellement (norme européenne 1998). Selon le schéma de la DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), un écart moyen inférieur à 10% est qualifié de bon; un écart inférieur à 5% de très bon (DLG 2003). En plus de l'écart moyen, l'écart maximum des différents tuyaux ne doit pas dépasser 30%. Le tableau des résultats indique les écarts positifs et négatifs maximum (tab. 3).

Résultats

RAB 8,4 m, Markus Brunner, Schwarzenbach

La précision de répartition de l'épandeur de Markus Brunner a été déterminée dans le cas du purinage par tuyaux pour deux débits (450 et 740 l/minute) et dans le cas du raccordement à une citerne à pression. Dans ce dernier cas, les buses en caoutchouc de la tête de distribution ont dû être retirées. Cette modification accroît la section des tuyaux de l'épandeur et fait chuter la pression de service, ce qui entraîne une légère détérioration de la précision de distribution. Les mesures montrent que plus le débit augmente, plus la précision de répartition augmente elle aussi. Par contre, plus le pourcentage de pente augmente, plus la précision de répartition diminue (fig. 9-11). Les résultats pour un débit d'environ 450 l/minute à la pompe à vis excentrique pour un pourcentage de pente de 0 et 15% étaient très bons. En cas d'utilisation des



Fig. 8: Des récipients de 60 l recueillent le lisier qui s'écoule des différents tuyaux. La photo représente la simulation d'un épandage sur un terrain dont la pente est de 30% avec des tuyaux rallongés en conséquence. Les mesures ont été répétées trois fois pour chaque réglage.

machines sur des terrains d'une pente de 30%, les débits des différents tuyaux de l'épandeur s'écartaient de plus de 30% de la moyenne, d'où une répartition qui ne correspondait plus aux exigences de la norme (fig. 11). De très bons résultats ont été obtenus avec un débit de 750 l/minute dans les trois pourcentages de pente étudiés, ainsi qu'en cas de raccordement à une citerne à pression sur terrain plat (fig. 10). Cet épandeur a la particularité d'avoir une forte contre-pression lors du purinage par tuyaux. Cette contre-pres-

sion peut aller jusqu'à 2,7 bar pour un débit de 740 l/minute, ce qui sollicite davantage la pompe.

Commentaire du fabricant:

Suivant la taille de la pompe, nous augmentons ou réduisons la taille des buses en caoutchouc. Il suffit de couper les buses sur la longueur (forme conique). Cette intervention permet de régler sans problème la contre-pression dans la conduite. Le poids d'une installation solo pour le purinage par tuyaux est de 500 kg.

Tab. 3: Récapitulatif des résultats des mesures au banc d'essai

| Type d'épandeur              |                                                                                                    |                             | Hochdorfer<br>Exzenter-Cut<br>9,0 m |               | Fliegl<br>Garant<br>9,0 m | Fankhauser<br>Perfekt<br>9,0 m |  |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------------|--|
| Débit d'épandage sélectionné |                                                                                                    |                             | faible                              | élevé         | très élevé                | élevé                          |  |
| Citerne                      | Déclivité 0 %                                                                                      | Ecart moyen %               | --                                  | 2.6           | 9.7                       | 7.5                            |  |
|                              |                                                                                                    | Ecarts max. -/+ %           | --                                  | -5.8 / 5.8    | -47.7 / 14.8              | -13.6 / 25.8                   |  |
|                              |                                                                                                    | Evaluation                  | --                                  | très bien     | bien(*)                   | bien                           |  |
|                              |                                                                                                    | Pourcentage gauche/droite % | --                                  | 49.2% / 50.8% | 50.1 / 49.9               | 48.2 / 51.8                    |  |
|                              |                                                                                                    | Quantité épandue l/Minute   | --                                  | 708           | 1054                      | 800                            |  |
|                              |                                                                                                    | Pression bar                | --                                  | 0.79          | 0.18                      | 0.51                           |  |
|                              |                                                                                                    | Matière sèche %             | --                                  | 4.3           | 4.6                       | 4.1                            |  |
| Purinage par tuyaux          | Déclivité 0 %                                                                                      | Ecart moyen %               | 2.4                                 | 2.2           | 2.9                       | 10.0                           |  |
|                              |                                                                                                    | Ecarts max. -/+ %           | -5.1 / 6.7                          | -3.7 / 4.3    | -13.3 / 5.2               | -21.2 / 30.9                   |  |
|                              |                                                                                                    | Evaluation                  | très bien                           | très bien     | très bien                 | bien                           |  |
|                              |                                                                                                    | Pourcentage gauche/droite % | 49.7 / 50.4                         | 49.3 / 50.8   | 49.7 / 50.3               | 47.9 / 52.1                    |  |
|                              |                                                                                                    | Quantité épandue l/Minute   | 464                                 | 754           | 1114                      | 759                            |  |
|                              |                                                                                                    | Pression bar                | 0.52                                | 0.77          | 0.16                      | 0.48                           |  |
|                              |                                                                                                    | Matière sèche %             | 4.2                                 | 3.9           | 4.0                       | 4.1                            |  |
|                              | Déclivité 15 %                                                                                     | Ecart moyen %               | 4.0                                 | 2.2           | 11.5                      | 9.4                            |  |
|                              |                                                                                                    | Ecarts max. -/+ %           | -19.4 / 23.7                        | -3.7 / 4.3    | -35.9 / 15.0              | -18.5 / 35.7                   |  |
|                              |                                                                                                    | Evaluation                  | très bien                           | très bien     | satisfaisant(*)           | bien(*)                        |  |
|                              |                                                                                                    | Pourcentage gauche/droite % | 49.7 / 50.3                         | 49.7 / 50.3   | 55.2 / 44.8               | 49.5 / 50.5                    |  |
|                              |                                                                                                    | Quantité épandue l/Minute   | 455                                 | 743           | 1114                      | 760                            |  |
|                              |                                                                                                    | Pression bar                | 0.49                                | 0.74          | 0.14                      | 0.47                           |  |
|                              |                                                                                                    | Matière sèche %             | 4.5                                 | 4.4           | 4.3                       | 4.1                            |  |
|                              | Déclivité 30 %                                                                                     | Ecart moyen %               | 12.1                                | 7.1           | 24.3                      | 9.2                            |  |
|                              |                                                                                                    | Ecarts max. -/+ %           | -53.5 / 16.2                        | -41.1 / 59.1  | -59.0 / 33.6              | -25.9 / 28.9                   |  |
|                              |                                                                                                    | Evaluation                  | satisfaisant(*)                     | bien(*)       | insatisfaisant            | bien                           |  |
|                              |                                                                                                    | Pourcentage gauche/droite % | 54.4 / 45.6                         | 49.8 / 50.2   | 62.2 / 37.9               | 51.9 / 48.1                    |  |
|                              |                                                                                                    | Quantité épandue l/Minute   | 457                                 | 738           | 1121                      | 772                            |  |
|                              |                                                                                                    | Pression bar                | 0.47                                | 0.77          | 0.14                      | 0.43                           |  |
|                              |                                                                                                    | Matière sèche %             | 4.4                                 | 4.5           | 4.0                       | 4.0                            |  |
|                              | Evaluation: écart moyen 0-5 %: très bien, 5-10 %: bien 10-15 %: satisfaisant >15 %: insatisfaisant |                             |                                     |               |                           |                                |  |

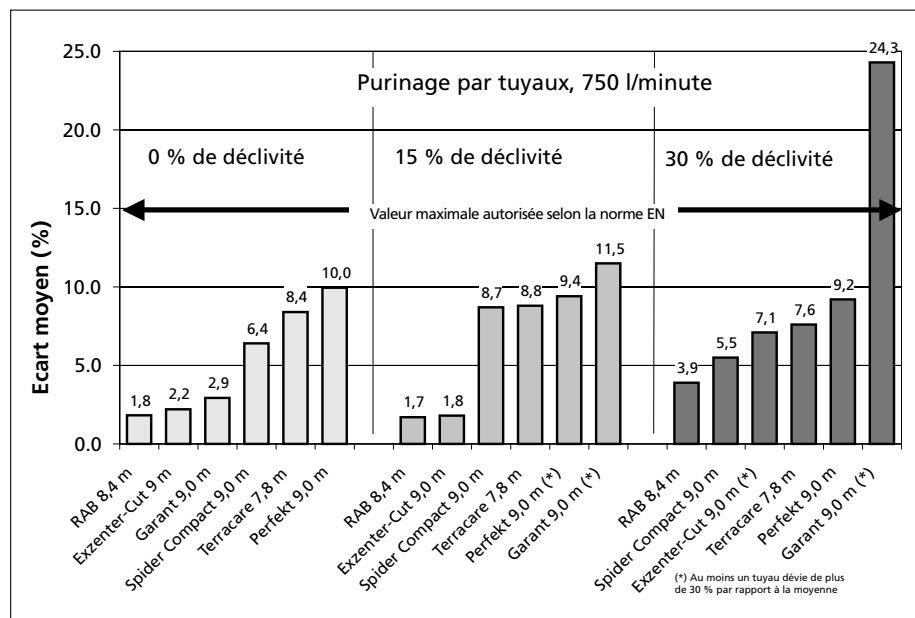


Fig. 10: Ecart moyen des épandeurs en cas de raccordement à une pompe à vis (750 l/minute, avec Garant 1000 l/minute), moyenne de trois mesures

### Perfekt 9,0 m, Fankhauser Maschinenfabrik, Malters

La précision de répartition de la rampe d'épandage de la maison Fankhauser a été testée pour un débit de 750 l/minute en cas de raccordement à une pompe à vis et à une citerne à pression (fig. 9 et 10). Pour raccorder la rampe d'épandage à une citerne à pression, aucune modification n'est nécessaire. C'est pourquoi les résultats de mesures étaient très sem-

blables à ceux obtenus avec le purinage par tuyaux. Pendant la mesure, un moteur hydraulique (280 t/minute) a entraîné le raccordement à l'arbre de transmission, dispositif de série. Pour toutes les mesures, les écarts moyens étaient compris entre 7,5 et 10,0% et peuvent donc être qualifiés de bons. On n'a pu constater aucune influence de la pente sur la distribution. Par contre, on a observé que le débit de deux tuyaux déviait

considérablement de la valeur moyenne, et a même légèrement dépassé le seuil de 30% pour un des réglages. Les tuyaux étant placés sur deux cercles, on a constaté pendant les mesures, que les sorties du cercle intérieur recevaient trop peu de lisier. La réduction de moitié du régime du moteur hydraulique a permis d'améliorer les résultats, mais un tel réglage n'est pas toujours possible en cas de raccordement direct à la prise de force. D'autre part, selon le fabricant, cela augmenterait le risque de bourrage.

### Commentaire du fabricant:

Grâce à une nouvelle conception et à une nouvelle forme du dispositif de coupe et de l'entrée de la tête de distribution, nous avons pu optimiser le flux dans l'ensemble de la tête de distribution. De cette manière, on évite que certains tuyaux affichent des écarts plus élevés. La répartition en devient plus précise.

### Garant 9,0 m, Fliegl GmbH, Kastl/Landtechnik Zollikofen

La rampe d'épandage à tuyaux souples de la maison Fliegl se caractérise par un système de répartition décentralisé sous forme de deux vis. La section des tuyaux est déterminée par les perforations dans le bac contenant la vis. Avec la machine qui était à disposition à la FAT, la pression enregistrée au point d'accouplement pendant les mesures était très faible, soit 0,18-0,16 bar. On peut donc supposer que les sections des tuyaux choisies étaient trop grosses, ce qui fait que le lisier s'est écoulé trop vite. Par conséquent, une quantité trop faible de lisier est arrivée aux tuyaux extérieurs. L'augmentation du débit à 1000 l/minute a permis d'atteindre une répartition très précise sur terrain plat avec le purinage par tuyaux (fig. 10). Mais, la quantité de lisier

Tab. 3, suite

| Markus Brunner<br>RAB<br>8,4 m |              | Hadorn<br>Spider Compact<br>9,0 m |              | Schweizer<br>Terracare<br>7,8 m |              |
|--------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| faible                         | élevé        | faible                            | élevé        | faible                          | élevé        |
| --                             | 4,5          | --                                | --           | --                              | 8,7          |
| --                             | -11,6 / 11,7 | --                                | --           | --                              | -24,7 / 23,5 |
| --                             | très bien    | --                                | --           | --                              | bien         |
| --                             | 48,3 / 51,7  | --                                | --           | --                              | 49,5 / 50,6  |
| --                             | 771          | --                                | --           | --                              | 653          |
| --                             | 0,57         | --                                | --           | --                              | 0,97         |
| --                             | 4,2          | --                                | --           | --                              | 3,1          |
| 2,1                            | 1,8          | 6,2                               | 6,4          | 8,8                             | 8,4          |
| -4,9 / 3,4                     | -4,2 / 3,6   | -9,1 / 23,4                       | -11,3 / 18,3 | -19,9 / 24,7                    | -24,8 / 19,3 |
| très bien                      | très bien    | bien                              | bien         | bien                            | bien         |
| 50,3 / 49,7                    | 50,1 / 49,9  | 49,1 / 51,0                       | 50,1 / 49,9  | 49,0 / 51,0                     | 49,5 / 50,5  |
| 417                            | 742          | 465                               | 738          | 500                             | 774          |
| 1,51                           | 2,69         | 0,63                              | 1,57         | 0,66                            | 1,15         |
| 3,4                            | 3,8          | 4,2                               | 4,1          | 3,1                             | 3,0          |
| 1,9                            | 1,7          | 6,8                               | 8,7          | 10,0                            | 8,8          |
| -4,3 / 5,3                     | -4,3 / 4,3   | -9,8 / 22,9                       | -14,5 / 22,8 | -21,8 / 28,3                    | -24,3 / 17,1 |
| très bien                      | très bien    | bien                              | bien         | bien                            | bien         |
| 50,7 / 49,3                    | 50,2 / 49,8  | 49,3 / 50,7                       | 50,3 / 49,7  | 50,2 / 49,8                     | 50,8 / 49,2  |
| 430                            | 774          | 473                               | 760          | 499                             | 776          |
| 1,57                           | 2,78         | 0,64                              | 1,65         | 0,61                            | 1,11         |
| 3,8                            | 3,5          | 4,2                               | 3,4          | 3,1                             | 3,1          |
| 7,9                            | 3,9          | 21,3                              | 5,5          | 11,1                            | 7,6          |
| -46,1 / 15,7                   | -14,0 / 8,2  | -63,4 / 89,4                      | -12,2 / 15,8 | -27,8 / 25,7                    | -21,1 / 16,0 |
| bien(*)                        | très bien    | insatisfaisant                    | bien         | satisfaisant                    | bien         |
| 53,3 / 46,7                    | 51,4 / 48,6  | 48,1 / 52,0                       | 49,9 / 50,1  | 52,4 / 47,6                     | 51,1 / 48,9  |
| 393                            | 739          | 482                               | 757          | 505                             | 780          |
| 1,52                           | 2,73         | 0,67                              | 1,61         | 0,57                            | 1,1          |
| 3,6                            | 3,5          | 3,8                               | 3,4          | 3,0                             | 3,0          |

(\*) au moins un tuyau s'écarte de plus de 30 % de la moyenne

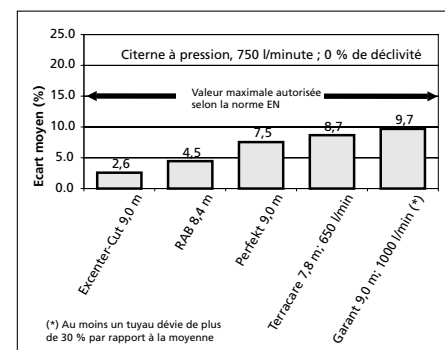


Fig. 9: Ecart moyen des épandeurs en cas de raccordement à une citerne à pression (750 l/minute), mesuré sur terrain plat (moyenne de trois mesures)

qui arrivait aux tuyaux extérieurs était toujours trop faible, notamment lorsque les vis anti-bourrage changeaient de sens de rotation (changement synchronisé). En cas de raccordement à la citerne à pression, la précision de répartition était légèrement moins bonne, car un tuyau extérieur avait tendance à s'obstruer (aucun dispositif de coupe n'était utilisé) (fig. 9). Pour certains tuyaux, l'écart moyen dépassait 30% de la moyenne. Lors de la simulation sur terrains en pente, on a mesuré en permanence un écoulement trop faible dans les tuyaux du dessus les plus à l'extérieur. C'est pourquoi le résultat obtenu sur un terrain avec une pente de 30% s'est avéré insatisfaisant. La réduction des sections permettrait d'augmenter la pression et donc d'améliorer la qualité de répartition.

## Spider Compact 9,0 m, Hadorn Gülletechnik, Leimiswil

Pour sa rampe d'épandage à tuyaux souples, la maison Hadorn utilise la tête de distribution de la maison Hugo Vogel-sang Maschinenbau GmbH en Allemagne. La machine à disposition pour l'essai était pourvue d'un disque perforé (TFL 619) avec de très petites ouvertures. Aucun essai n'a été réalisé avec une citerne à pression, car selon les indications du fabricant, il aurait fallu des disques perforés avec de plus grandes ouvertures. Le rotor de distribution peut tourner vers la gauche ou vers la droite. Tous les essais ont été effectués avec une rotation vers la gauche. Des mesures supplémentaires sur terrain plat ont montré que la rotation vers la droite modifiait le profil de répartition, mais n'influait quasiment pas l'écart moyen. D'autre part, on a pu constater que le distributeur neuf obtenait de meilleurs résultats de mesures plus la durée de fonctionnement augmentait. Les résultats montrent qu'avec un débit faible (450 l/minute), il est possible d'obtenir une bonne répartition sur des terrains dont la pente est de 0 et de 15% (fig. 11). Par contre, lorsque la pente est de 30%, le débit de certains tuyaux déviait largement de 30% par rapport à la moyenne.

Avec un débit de 750 l/minute, la rampe d'épandage a obtenu de bons résultats dans toutes les pentes (fig. 10). Des mesures ultérieures avec deux disques perforés présentant des sections plus grandes (TFL 616/3) ont permis d'améliorer l'écart moyen avec un débit de 750 l/minute et de le faire passer de 6,4% (bon) à 2,7% (très bon). L'augmentation du débit à 1000 l/minute a confirmé les

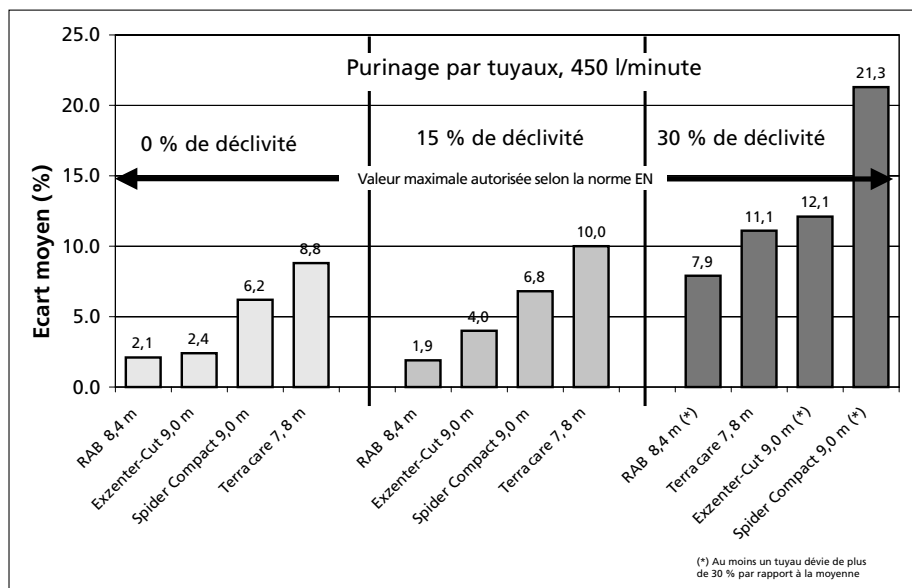


Fig. 11: Ecart moyen des épandeurs en cas de raccordement à une pompe à vis (450 l/minute)

très bons résultats de répartition (écart moyen 2,6%). Par manque de temps, les écarts moyens n'ont cependant pas pu être mesurés sur terrains en pente avec ce type de disques perforés.

## Exzenter-Cut 9,0 m, Hochdorfer Gülletechnik, Küssnacht

La rampe d'épandage à tuyaux souples de la maison Hochdorfer Gülletechnik est équipée d'une tête de distribution de la maison Harsø au Danemark. Le rotor de distribution peut tourner vers la gauche aussi bien que vers la droite. La même direction de rotation a été maintenue pendant les mesures. Aucun aménagement de la tête de distribution n'est nécessaire pour raccorder l'épandeur à une citerne à pression. La machine mise à disposition a été fournie avec une tête de distribution surélevée de 30 cm environ. La précision de répartition de la rampe d'épandage à tuyaux souples a été déterminée en cas de purinage par tuyaux avec un débit de 450 l/minute et de 750 l/minute, ainsi qu'en cas de raccordement à une citerne à pression. Avec un débit de 450 l/minute, la rampe d'épandage a obtenu de très bons résultats avec un pourcentage de pente de 0 et de 15% (fig. 11). L'écart moyen était inférieur à 5%. La précision de répartition a également été mesurée avec un pourcentage de pente de 30%. Dans ce cas, certains tuyaux s'écartaient de plus de 30% de la moyenne. Avec un débit de 750 l/minute, la rampe d'épandage a donné de très bons résultats raccordé à la citerne à pression et pour le purinage par tuyaux, lorsque le pourcent-

age de pente était de 0 et de 15% (fig. 9 et 10). Lorsque le pourcentage de pente était de 30%, certains tuyaux s'écartaient de plus de 30% de la moyenne, avec le débit élevé également. L'irrégularité de la répartition avec un pourcentage de pente de 30% peut être due au système d'aération de la tête de distribution. En effet, avec un tel pourcentage de pente, une quantité très importante de lisier s'écoulait par le tuyau aspirateur d'air, de sorte que ce dernier ne pouvait plus aspirer suffisamment d'air.

## Commentaire du fabricant:

Sur le nouveau modèle, les bras latéraux sont rabattables à 180°. De ce fait, la machine est très compacte et peu encombrante. La meilleure disposition des tuyaux permet d'obtenir une répartition plus régulière. La pièce centrale de la rampe d'épandage à tuyaux souples, la tête de distribution HARSO, n'exige aucun travail de réglage. La hauteur de montage de la tête de distribution peut être adaptée en fonction des vœux du client.

## Terracare 7,8 m, Schweizer SA, Schwarzenbach

La rampe d'épandage à tuyaux souples de la maison Schweizer SA se caractérise par un centre de gravité bas. Cette propriété est due au rotor vertical, placé en position basse et entraîné directement par la prise de force. Lorsque l'épandeur est raccordé à une citerne, le rotor est alors entraîné par un moteur hydraulique. Pendant les mesures, le rotor était

entraîné par un moteur hydraulique (280 t/minute). La machine mise à disposition était équipée d'une plaque perforée (22/24) et d'un rotor à ailettes spécial, qui libérait simultanément 3 1/2 sorties. Le réglage de l'épandeur est resté constant pour toutes les variantes d'essais.

Pour un pourcentage de pente de 0 et de 15% avec un débit de 450 l/minute, la rampe d'épandage a obtenu de bons résultats. Lorsque le pourcentage de pente était de 30%, les résultats étaient satisfaisants (écart moyen: 11,1%) (fig. 11). Avec un débit supérieur de 750 l/minute, les résultats de mesure étaient bons indépendamment du pourcentage de pente (écart moyen: 7,6-8,8%) (fig. 10). En cas de raccordement à une citerne à pression, le débit obtenu était faible, 650 l/minutes, à cause de la forte contre-pression. Dans cette variante, la distribution était de 8,7% (fig. 9).

## Commentaire du fabricant:

La rampe d'épandage ne doit pas nécessairement être équipée d'un système de compensation du dévers et d'un séparateur de corps étrangers. L'augmentation de la distance entre le rotor et la plaque perforée permet d'augmenter le débit de la citerne à pression. Le lisier utilisé pour le test avait un taux de MS de 3,4-4,5%, ce qui correspond plutôt à du lisier liquide. Le lisier plus épais, contenant beaucoup de paille, comme le lisier des stabulations libres, donne d'autres valeurs. La machine épand également du lisier épais sans s'obstruer.

**Tab. 5: Calcul des coûts fixes et variables de l'épandage de lisier en cas de possession, de location des machines et de travail en régie**

|                                                                                       | Valeur à neuf<br>Fr. | Coûts          |                        | Location (*)<br>Fr./h | Travail en régie<br>Fr./h |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                                                                                       |                      | fixes<br>Fr./h | variables (*)<br>Fr./h |                       |                           |
| <b>Pompe et tuyau, sans électricité</b>                                               |                      |                |                        |                       |                           |
| Pompe à vis                                                                           | 9400                 | 871            | 5.64                   | 30.00                 | 30.00                     |
| Moteur électrique, 15 kW                                                              | 2400                 | 182            | 0.12                   | 2.50                  | 2.50                      |
| Tuyaux en PVC, 600 m                                                                  | 14500                | 2190           | 3.63                   | 37.00                 | 37.00                     |
| <b>Total Pompe et tuyau, sans électricité</b>                                         | <b>26300</b>         | <b>3243</b>    | <b>9.39</b>            | <b>69.50</b>          | <b>69.50</b>              |
| <b>Répartition avec la rampe d'épandage à tuyaux souples</b>                          |                      |                |                        |                       |                           |
| Rampe d'épandage à tuyaux souples, 9 m                                                | 15000                | 1640           | 3.75                   | 35.00                 | 35.00                     |
| Tracteur 60 kW, traction intégrale, en propriété                                      | 1.73h à 16.24Fr/h    |                | 28.10                  | 28.10                 |                           |
| Tracteur 60 kW, traction intégrale, loué                                              | 1.73h à 37.00Fr/h    |                |                        |                       | 64.01                     |
| Coûts de l'électricité, 15 kW à Fr. -.20                                              |                      |                | 3.00                   | 3.00                  | 3.00                      |
| Coûts du travail en régie                                                             | 2.13h à 25.00Fr/h    |                |                        |                       | 53.25                     |
| <b>Total Epandage avec la rampe d'épandage à tuyaux souples, électricité comprise</b> | <b>41300</b>         | <b>4883</b>    | <b>44.24</b>           | <b>135.60</b>         | <b>224.76</b>             |
| <b>VRépartition avec le répartiteur pivotant</b>                                      |                      |                |                        |                       |                           |
| Répartiteur pivotant, méc. autom.                                                     | 3200                 | 297            | 1.60                   | 11.00                 | 11.00                     |
| Tracteur 60 kW, traction intégrale, en propriété                                      | 1.69h à 16.24Fr/h    |                | 27.45                  | 27.45                 |                           |
| Tracteur 60 kW, traction intégrale, loué                                              | 1.69h à 37.00Fr/h    |                |                        |                       | 62.53                     |
| Coûts de l'électricité, 15 kW à Fr. -.20                                              |                      |                | 3.00                   | 3.00                  | 3.00                      |
| Coûts du travail en régie                                                             | 2.07h à 25.00Fr/h    |                |                        |                       | 51.75                     |
| <b>Total Epandage avec le distributeur pivotant, électricité comprise</b>             | <b>29500</b>         | <b>3540</b>    | <b>41.44</b>           | <b>110.95</b>         | <b>197.78</b>             |

(\*) Hypothèse: le tracteur est utilisé à d'autres fins, seuls les coûts variables sont donc comptabilisés

ment d'épandage avec la rampe d'épandage à tuyaux souples est légèrement plus faible que dans le cas du procédé d'épandage en surface. De plus, le coût d'investissement de la rampe d'épandage à tuyaux souples est nettement plus élevé. La valeur à neuf d'une rampe d'épandage à tuyaux souples d'une largeur de travail de 9 m est d'environ Fr. 15 000.-, la valeur à neuf d'un répartiteur pivotant est d'environ Fr. 3200.-. De ce fait, les coûts fixes annuels sont nettement plus élevés avec la rampe d'épandage à tuyaux souples, notamment en ce qui concerne les amortissements et les intérêts. Lorsqu'un entrepreneur de travaux agricoles est chargé d'épandre le lisier, il faut également tenir compte des

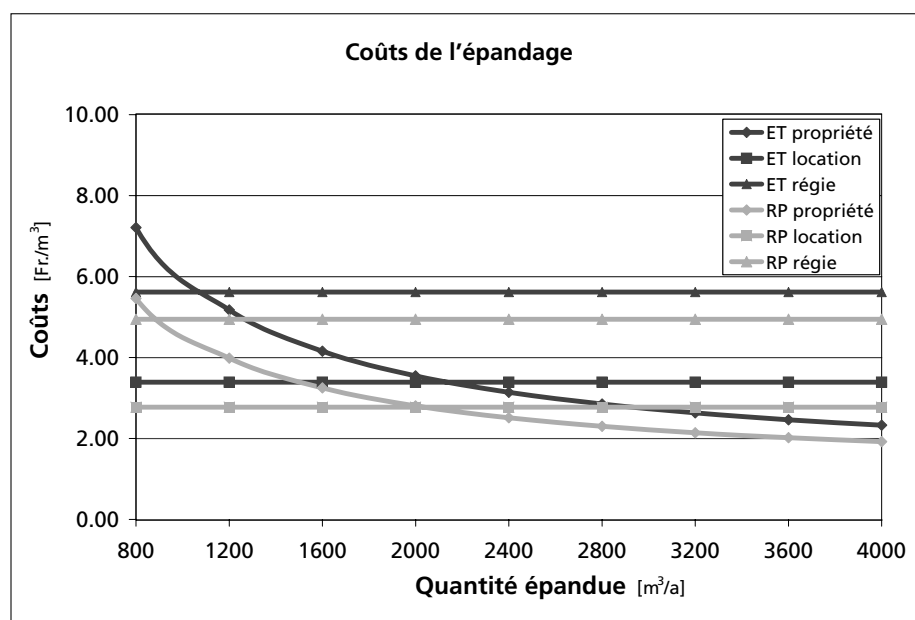
coûts de main-d'oeuvre élevés, liés à la réduction du rendement d'épandage. Du côté des avantages, la rampe d'épandage à tuyaux souples permet d'une part de réduire les dommages causés à l'environnement en limitant les émissions d'ammoniac et la pollution olfactive gênante pour les riverains et d'autre part, d'exploiter plus efficacement l'azote contenu dans le lisier, ce qui veut dire économiser les engrais azotés minéraux ou augmenter le rendement. Bien que les rampes d'épandage à tuyaux souples puissent minimiser considérablement les émissions d'ammoniac et d'odeurs, il est difficile d'évaluer leurs avantages d'un point de vue financier, sachant que l'utilisation d'une rampe d'épandage à tuyaux sou-

## Rentabilité d'une rampe d'épandage à tuyaux souples

Pour pouvoir comparer la rentabilité d'un système avec une rampe d'épandage à tuyaux souples par rapport à un système conventionnel avec épandage en surface, il faut mettre en parallèle les coûts attribuables de chaque procédé. Le rende-

**Tab. 4: Heures de travail nécessaires (MOh) et heures de tracteur (Th) par heure de fonctionnement de la pompe**

|                                   |          |      |
|-----------------------------------|----------|------|
| Tailles des parcelles             | 2 ha     |      |
| Débit de la pompe                 | 40 m³/h  |      |
| Quantité de lisier                | 30 m³/ha |      |
| Rampe d'épandage à tuyaux souples | MOh      | Th   |
|                                   | 2.13     | 1.73 |
| Répartiteur pivotant              | 2.07     | 1.69 |



**Fig. 12: Coûts de l'épandage de lisier selon les différents modes de possession des machines (ET = rampe d'épandage à tuyaux souples, RP = répartiteur pivotant)**

ples constitue non seulement un bienfait pour l'exploitation elle-même, mais aussi pour l'environnement proche. Dans la suite du rapport, seule l'augmentation de l'efficacité de l'azote contenu dans le lisier sera évaluée en termes monétaires.

Coûts et temps de travail liés aux procédés

Dans l'exemple suivant, on a calculé les coûts de l'épandage du lisier pour un procédé d'épandage du lisier avec une rampe d'épandage à tuyaux souples et avec un répartiteur pivotant sur la base des données FAT (Ammann 2003). On a renoncé à effectuer le calcul avec un déflecteur, car ces machines répartissent le lisier de manière très irrégulière. Le calcul part de l'hypothèse qu'une quantité de lisier de 30 m³/ha est épandue sur une parcelle d'une taille moyenne de deux hectares. Etant donné les temps de préparation variables pour l'attelage, le dépliage de la rampe, le contournement des arbres et le nettoyage de l'épandeur, le temps de travail et les heures de tracteur nécessaires sont légèrement plus élevés qu'avec le répartiteur pivotant (cf. tab. 4).

Pour le calcul des coûts, il faut également distinguer entre différents modes de possession des machines (propriété, location) sans oublier le travail en régie (tab. 5). Lorsque les machines (pompe, tuyaux et épandeur) sont achetées ou louées et que le travail est effectué par l'agriculteur lui-même, seuls les coûts variables du tracteur doivent être pris en compte, à condition qu'un tracteur de puissance suffisante (60 kW) soit déjà disponible sur l'exploitation. Le travail de l'agriculteur n'est pas comptabilisé dans les coûts. En cas de travaux en régie, le taux d'indemnisation du tracteur est celui figurant dans le rapport FAT Coûts machines 2004 et le tarif horaire est de Fr. 25.-/MOh, conformément au taux forfaitaire appliqué entre agriculteurs.

La figure 12 représente l'influence de la quantité de lisier épandue par an sur les coûts d'épandage. Il s'avère que l'épandage de lisier avec une rampe d'épandage à tuyaux souples revient plus cher que l'épandage avec un répartiteur pivotant. L'utilisation de machines louées ou le recours à des entrepreneurs de travaux agricoles n'apporte aucune dégression de coûts; les différences entre les deux procédés restent constantes. Lorsque l'agriculteur est propriétaire des machines, il existe des dégressions de coûts. Lorsque le taux d'utilisation est faible, soit 800 m³/an, la différence entre la rampe d'épandage à tuyaux souples et le répartiteur pivotant est de Fr. 1.75/m³. Lorsque le taux d'utilisation est élevé, 4000 m³/an, la différence est de Fr. 0.41/m³. La figure 12 montre en outre que la location de machines est l'alternative la plus avantageuse lorsque les quantités à épandre sont faibles à moyennes. Ce n'est qu'à partir d'une quantité d'épandage supérieure à 2000 m³/an, que l'achat des machines permet de réaliser des économies par rapport à la location de machines. C'est pourquoi les machines (pompe, tuyaux et épandeur) devraient être soit louées, soit utilisées en commun par plusieurs exploitations lorsque le domaine ne produit pas suffisam-

ment de lisier. L'utilisation des machines en commun permet de réaliser des économies supplémentaires, lorsqu'une intervention avec la rampe d'épandage à tuyaux souples remplace deux ou trois interventions avec le répartiteur pivotant. Le tableau 6 donne un exemple de calcul des coûts d'épandage de trois agriculteurs. Le calcul part du principe que les trois agriculteurs, au lieu de s'équiper chacun de distributeurs pivotants (soit trois pompes, plus tuyaux et épandeur) utilisent en commun tous les outils nécessaires à l'épandage du lisier.

Profit supplémentaire

Contrairement aux coûts supplémentaires liés à l'utilisation de rampes d'épandage à tuyaux souples, le profit supplémentaire potentiel est, lui, difficile à estimer. Le profit supplémentaire se compose d'une part du surcroît de recettes par exemple suite à une augmentation du rendement et d'autre part d'une réduction des dommages suite à une baisse des émissions azotées et olfactives (réduction des dépenses). Les émissions d'azote causent des dommages dans l'environnement, par exemple en enrichissant les éléments nutritifs des écosystèmes

Tab. 7: Calcul des économies d'engrais potentielles grâce à l'emploi de rampes d'épandage à tuyaux souples

|                                                                                                  |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Teneur du lisier de bovins dilué 1:1 en azote légèrement soluble                                 | 1.15 kg N/m³ |
| Pertes de N soluble (essentiellement NH3) suite à l'épandage en surface (53 %)                   | 0.61 kg N/m³ |
| Réduction des émissions grâce à l'emploi de rampes d'épandage à tuyaux souples (45 %)            | 0.27 kg N/m³ |
| Valeur des économies d'émissions lorsque le prix des engrais minéraux azotés est de 1.34 Fr./kgN | 0.36 Fr./m³  |

Tab. 6: Calcul des économies d'engrais potentielles grâce à l'emploi de rampes d'épandage à tuyaux souples

|                                   |                                                   | Agriculteur A | Agriculteur B | Agriculteur C | Somme  |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------|
| Rampe d'épandage à tuyaux souples | Quantité épandue par an                           | m³/a          | 1200          | 800           | 800    |
|                                   | Pourcentage de l'épandage à tuyaux souples        | %             | 42.9%         | 28.6%         | 28.6%  |
|                                   | Coûts /m³                                         | Fr./m³        | 2.85          | 2.85          | 2.85   |
|                                   | Coûts annuels de l'épandage du lisier             | Fr./a         | 3420          | 2280          | 2280   |
| Répartiteur pivotant              | Pourcentage de l'épand. avec répartiteur pivotant | %             | 100.0%        | 100.0%        | 100.0% |
|                                   | Coûts/m³                                          | Fr./m³        | 3.99          | 5.46          | 5.46   |
|                                   | Coûts annuels de l'épandage du lisier             | Fr./a         | 4783          | 4369          | 4369   |

sensibles et acidifiant les prairies maigres ou les forêts. Les émissions d'odeurs gênent les riverains, ce qui peut se traduire par des pertes de revenus dans la gastronomie ou le tourisme. La réduction des dommages dus aux émissions est très difficile à évaluer en termes monétaires et presque impossible à rapporter à l'exploitation individuelle. C'est pourquoi nous ne prendrons en compte que l'impact des réductions d'émissions d'azote (pertes), qui conduisent à une baisse de l'emploi d'engrais minéraux ou à une hausse du rendement dans les exploitations sans apport d'engrais minéraux.

Le résultat est basé sur une série d'estimations, car entre l'épandage de l'engrais et la „récolte» du fourrage, toute une série de transformations se produisent, elles-mêmes influencées par de nombreux facteurs environnementaux (par exemple température, humidité atmosphérique, précipitations, stade de végétation). En simplifiant, on peut dire selon Walther (2001) que du lisier dilué à 1:1 contient 1,15 kg d'azote aisément soluble par m<sup>3</sup>. Lorsque le lisier est épandu en surface, selon Katz (1996), environ 0,61 kg N/m<sup>3</sup> sont émis dans l'environnement. Si l'on admet que l'utilisation des rampes d'épandage à tuyaux souples permet de retenir 45% des émissions, et donc de les mettre pleinement à disposition des plantes, les économies potentielles d'engrais sont de l'ordre de 0,27 kg N/m<sup>3</sup> de lisier. Lorsque le prix des engrais azotés minéraux est de Fr. 1.34/kgN, cela correspond à une plus-value du lisier de Fr. 0.36/m<sup>3</sup> (cf. tab. 7).

Quant aux exploitations qui ont déjà renoncé à l'emploi d'engrais minéraux, elles peuvent au lieu d'économiser les engrais minéraux, employer de manière plus productive l'azote „retenu». La hausse du rendement supplémentaire dépend de nombreux facteurs, comme

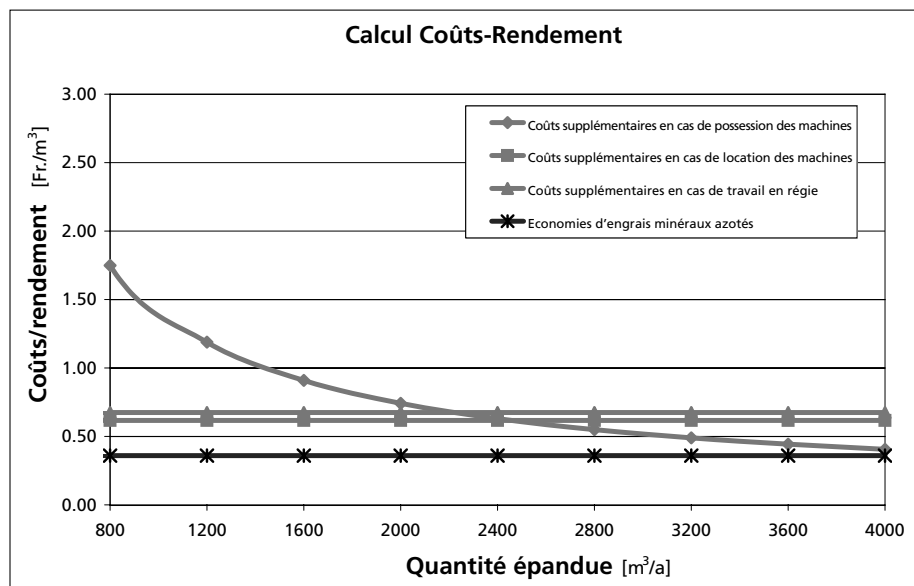


Fig. 13: Coûts supplémentaires liés à l'utilisation des rampes d'épandage à tuyaux souples et coûts de la plus-value du lisier obtenue par ce biais.

les précipitations, la température, la composition du peuplement végétal. Dans les cultures fourragères, on peut escompter en moyenne un rendement supplémentaire de 0,1 à 0,15 dt MS/kg N. Avec une réduction moyenne des émissions de 0,27 kg N/m<sup>3</sup>, on peut s'attendre à une augmentation des rendements de 2,7 à 4,1 kg MS/m<sup>3</sup> de lisier (Mott 1983, Mannelje 1990 et Thomet 1987). Si l'on évalue la hausse du rendement en fonction du prix de vente de l'herbe sur pied dans la prairie (Centrale de vulgarisation agricole de Lindau 2003), on obtient une plus-value de Fr. 0.15/m<sup>3</sup> à Fr. 0.22/m<sup>3</sup> de lisier (cf. tab. 8).

### Calcul Coûts-Bénéfice

L'objectif du calcul coûts/bénéfice est de mettre en parallèle, les coûts supplémen-

taires dus au remplacement de l'épandeur conventionnel par une rampe d'épandage à tuyaux souples, et le rendement supplémentaire tiré de la plus-value du lisier (fig. 13). Sachant que les coûts des variantes location de machines et entrepreneur de travaux agricoles sont indépendants de la quantité de lisier épandue (évolution horizontale), les différences entre la plus-value du lisier de Fr. 0.36/m<sup>3</sup> restent constantes si on les rapporte aux économies potentielles d'engrais azotés minéraux et aux coûts supplémentaires de l'épandage; soit Fr. 0.31/m<sup>3</sup> en cas de recours à un entrepreneur de travaux agricoles et Fr. 0.26/m<sup>3</sup> de lisier pour les machines louées. Lorsque les machines appartiennent à l'exploitation en propre, et que la quantité épandue par année est faible (800 m³/an), les coûts supplémentaires liés à l'emploi d'une rampe d'épandage à tuyaux souples sont de Fr. 1.39/m<sup>3</sup> de lisier (Fr. 1.75/m<sup>3</sup>–Fr. 0.36/m<sup>3</sup>). Lorsque le taux d'utilisation de la machine est moyen (2000 m³/an), la différence de coûts baisse à Fr. 0.38/m<sup>3</sup> de lisier (Fr. 0.74/m<sup>3</sup>–Fr. 0.36/m<sup>3</sup>). Enfin, lorsque le taux d'utilisation est très élevé (4000 m³/an), les économies d'engrais minéraux azotés réalisées suite à l'emploi de la rampe d'épandage à tuyaux souples permettraient de couvrir le coût supérieur des machines, hormis Fr. 0.05/m<sup>3</sup> de lisier. Pour garantir un taux d'exploitation élevé, il est donc recommandé d'envisager l'emploi des machines en commun par plusieurs exploitations. L'utilisation des machines en commun permet souvent de réaliser des

Tab. 8: Influence de la rampe d'épandage à tuyaux souples sur le rendement supplémentaire des surfaces herbagères

|                                                                                                                                          |                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Réduction des émissions grâce à l'emploi de rampes d'épandage à tuyaux souples                                                           | 0.27 kg N/m <sup>3</sup>       |
| Rendement supplémentaire d'une prairie suite à l'apport accru d'engrais azoté (0.1 – 0.15 dt MS/kg N selon Mannelje 1990 et Thomet 1987) | 2.7 – 4.1 kg TS/m <sup>3</sup> |
| Valeur du rendement supplémentaire lorsque le prix de l'herbe sur pied est de 0.054 Fr./kg MS (prix catalogue 2003)                      | 0.15 – 0.22 Fr./m <sup>3</sup> |

économies supplémentaires, car une rampe d'épandage à tuyaux souples peut remplacer deux à trois épandeurs traditionnels.

## Récapitulatif

Selon une enquête, si les agriculteurs achètent une rampe d'épandage à tuyaux souples, c'est essentiellement pour mieux exploiter l'azote contenu dans le lisier. Il existe en effet très peu d'incitations externes à un tel achat, par exemple sous la forme d'aides à l'investissement. C'est pourquoi leur rôle est secondaire. Les quantités annuelles épandues sont très variables. Si l'on considère le taux d'utilisation, les valeurs les plus basses sont 20 fois inférieures aux valeurs les plus élevées. Un épandeur moyen d'une largeur de travail de 9,0 m épand chaque année environ 2700 m<sup>3</sup> de lisier, principalement sous forme diluée. Les taux de dilution de 1:1 et 1:1,5 représentent 72% (48 et 24%) du lisier épandu. Bien que la majorité du lisier soit épandue sur des surfaces planes, 48% des épandeurs sont également utilisés brièvement sur des terrains dont la pente est supérieure à 20%. Les personnes interrogées ont indiqué que la qualité de la répartition se détériorait lorsque la machine était utilisée sur terrain en pente. Toutefois, 73% des utilisateurs considèrent la qualité comme bonne, resp. satisfaisante (26%). En général, les agriculteurs sont très satisfaits de leurs machines. Le pourcentage élevé d'agriculteurs (99%) qui seraient prêts à acheter de nouveau la machine en est la preuve. En ce qui concerne la sensibilité au bourrage, seuls deux utilisateurs ont indiqué que leur épandeur bourrait plus d'une fois par jour. 12% des utilisateurs ont indiqué qu'ils s'attendaient à un bourrage par jour.

La qualité de répartition peut être déterminée au banc d'essai. Elle est décrite par l'écart moyen ainsi que l'écart maximal. Selon la norme européenne, l'écart moyen ne doit pas dépasser 15%. D'autre part, les différents tuyaux de la rampe d'épandage ne doivent pas s'écarter de plus de 30% de la quantité d'écoulement moyenne. Au total, on a testé six rampes d'épandage à tuyaux pour connaître leurs possibilités d'emploi sur des terrains en pente d'une déclivité de 0, 15 et 30%. Cinq de ces machines ont également été testées sur terrain plat, raccordées à une

citerne à pression. On a constaté que sur terrain plat, toutes les machines sélectionnées pouvaient remplir les exigences fixées actuellement par la norme. L'écart moyen était compris entre 1,8 et 10,0%. Sur terrain en pente, les épandeurs se différencient nettement plus. Avec un pourcentage de pente de 15%, quatre des six machines testées ont encore pu satisfaire la norme (écart moyen inférieur à 15% et écart maximal d'un seul tuyau inférieur à 30%). Avec un pourcentage de pente de 30% et un débit réduit de la pompe (450 l/minute), seul un épandeur était en mesure de remplir les deux critères. Avec un débit élevé (750 l/minute), quatre épandeurs remplissaient les conditions requises. Une subdivision de la largeur de travail vers la gauche et vers la droite a montré que pour la plupart des épandeurs, le pourcentage de pente a peu d'influence sur la largeur de travail totale. En effet, les différences entre les deux largeurs partielles étaient inférieures à 10%. On a constaté que lorsque la répartition était irrégulière, les différences se situaient plutôt entre les différents tuyaux qu'entre les largeurs partielles.

Etant donné leur prix d'achat élevé, les rampes d'épandage à tuyaux souples entraînent des coûts fixes plus importants que les épandeurs larges, d'où des coûts d'épandage également plus élevés. L'utilisation des machines en commun ou la location des machines (pompe, tuyaux et épandeur) peut permettre de réaliser des économies. Avant d'acheter une machine, il faut pouvoir compter sur une quantité à épandre de 2000 m<sup>3</sup>/an. En réduisant les pertes d'azote lors de l'épandage, les rampes d'épandage à tuyaux souples peuvent augmenter la valeur du lisier de Fr. 0.36/m<sup>3</sup>. Compte tenu de la plus-value du lisier, les coûts supplémentaires sont néanmoins de Fr. 0.31/m<sup>3</sup> pour l'épandage en régie et de Fr. 0.26/m<sup>3</sup> lorsque les machines sont louées. Lorsque l'exploitation possède ses propres machines, il faut s'attendre à une différence de coûts de Fr. 0.38/m<sup>3</sup> pour une quantité moyenne d'épandage de 2000 m<sup>3</sup>/an. Avec une quantité d'épandage annuelle double, soit 4000 m<sup>3</sup>/an, et grâce aux engrais minéraux azotés économisés, la plus-value du lisier permettrait de couvrir les coûts d'une rampe d'épandage à tuyaux souples hormis Fr. 0.05/m<sup>3</sup>. Des économies supplémentaires peuvent être réalisées en remplaçant deux à trois chaînes d'épandage individuelles par un système avec rampe d'épandage à tuyaux souples utilisée en commun par plusieurs exploitations.

## Bibliographie

- Ammann H., (2003): Coûts-machines 2004, Rapport FAT n° 603, Tänikon.
- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, (2003): DLG-Prüfbericht 5183F, Fliegl Schneckenverteiler «Garant» mit Kompressortankwagen, DLG-Prüfstelle, Gross-Umstadt.
- Europäische Norm, (1998): Flüssigmist-tankwagen-Festlegungen für den Umweltschutz - Anforderungen und Prüfmethoden, Europäische Norm prEN 13406, Brüssel.
- Frick R., (1997): Epandage d'engrais de ferme: comment réduire les pertes d'ammoniac? Rapport FAT n° 496, Tänikon.
- Katz P., (1996): Ammoniak-Emissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Diss. ETH, Nr. 11382, Zürich.
- Mott N., Rieder B., Buhlmann V., Ernst P., Röbers F., (1983): Wirtschaftliche Grünlandpraxis, Heft 21. Ruhr-Stickstoff AG, Bochum, Marl.
- Mannetje L. und Jarvis S.C., (1990): Nitrogen Flows and Losses in Grasslands In: Proceedings EGF-Meeting 1990, Band I, S. 115.
- Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (LBL), (2003): Preiskatalog 2003, Lindau.
- Thomet P. und Hofmann H.R., (1987): Einfluss der Stickstoffdüngung und des Schnittregimes auf Pflanzenbestand und Ertrag einer Ostschweizer Mähweide. In: Mitteilungen für die schweizerische Landwirtschaft, 4. Jg, 1987, S. 93-104.
- Walther U., J.-P. Ryser und R. Flisch, (2001): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz.