

Distributeurs d'engrais centrifuges au banc d'essai

Distributeurs modernes à deux disques avec largeurs de travail élevées et grande précision d'épandage

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

Pour appliquer les engrais minéraux en quantités voulues et les répartir de manière homogène, il est indispensable que le distributeur fonctionne parfaitement. Les distributeurs d'engrais centrifuges à deux disques se sont imposés aujourd'hui. Ils permettent d'obtenir des largeurs de travail importantes ainsi qu'une capacité de travail élevée. Au cours d'un essai coordonné à l'échelle européenne, la qualité de travail des distributeurs d'engrais minéraux a fait l'objet de tests. Les résultats montrent que la technique du distributeur à deux disques a atteint un haut niveau. Indépendamment des largeurs de travail testées et des types ou quantités d'en-

grais épandus, la précision d'épandage peut être qualifiée de bonne à très bonne. La précision de dosage est également bonne pour presque tous les distributeurs. Les écarts par rapport à la quantité d'épandage théorique sont inférieurs à 5 %. En revanche, les résultats de l'épandage en bordure de champs ne sont pas encore satisfaisants partout. L'étalonnage du débit pour contrôler la quantité d'engrais voulue a pu être effectué de manière aisée et fiable sur tous les distributeurs testés. Il est par ailleurs encourageant de voir que des tableaux d'épandage et des modes d'emploi sont disponibles pour tous les distributeurs. Ils garantissent en effet une

bonne qualité du travail. Etant donné leurs propriétés physiques, les engrais minéraux vendus en Suisse offrent de très bonnes conditions pour un épandage ciblé. C'est ce que montre une étude effectuée en parallèle sur une sélection d'engrais minéraux fréquemment utilisés. Enfin, il est absolument primordial de bien régler le distributeur centrifuge et de le manipuler correctement. Pour ce faire, il faut d'une part s'appuyer sur les tableaux d'épandage et d'autre part, effectuer régulièrement un étalonnage de débit. Hélas, selon les résultats d'une enquête, la majorité des agriculteurs accordent encore trop peu d'importance à ce point.



Fig. 1: Aujourd'hui, des distributeurs modernes à deux disques permettent l'épandage exact d'engrais minéraux dans la quantité voulue et avec une précision élevée.

Sommaire	Page
Problématique	2
Test comparatif coordonné à l'échelle européenne	2
Réalisation du test	2
Outils étudiés	4
Résultats	6
Qualité d'épandage et propriétés des engrais	10
Enquête dans la pratique	11
Recommandations d'emploi	13
Conclusions	13
Bibliographie	13

Problématique

Les engrais minéraux jouent un rôle important en ce qui concerne la couverture des besoins en éléments nutritifs notamment dans les grandes cultures. Pour préserver l'environnement et le porte-monnaie, ces engrais doivent être appliqués de la manière la plus économe et la plus ciblée possible. C'est pourquoi la pratique recherche des distributeurs qui permettent d'épandre les engrais minéraux en quantité voulue en les répartissant précisément. Du point de vue de la technique d'épandage, c'est actuellement le distributeur centrifuge qui arrive en tête. C'est lui qui permet le mieux d'obtenir des largeurs de travail et donc une capacité de travail élevées. Ses inconvénients sont connus. Sa précision d'épandage est lacunaire, les pertes

d'engrais sont importantes en cas d'épandage en bordure de parcelles. Ces dernières années, les fabricants ont travaillé intensément pour remédier à ces problèmes. Un test de distributeurs d'engrais minéraux coordonné à l'échelle européenne a pour but de montrer quelles sont les spécifications techniques des distributeurs actuellement sur le marché. Il s'agissait avant tout d'étudier leur précision d'épandage et de dosage, ainsi que leur précision d'épandage en bordure de parcelles. Les résultats sont importants pour l'agriculteur, car ils lui permettent de choisir un distributeur qui lui offre une qualité de travail satisfaisante. Pour compléter le test européen, la FAT a étudié les propriétés physiques d'une sélection d'engrais minéraux et effectué une enquête dans la pratique pour évaluer l'état actuel de l'utilisation des distributeurs d'engrais.

Réalisation du test

Le test avait pour but d'étudier la qualité de travail des distributeurs d'engrais minéraux disponibles sur le marché. Il s'agissait avant tout d'étudier la qualité d'épandage, c'est-à-dire la précision d'épandage dans des conditions d'épandage normal, en cas de fumure tardive dans les cultures avancées et pour l'épandage en bordure de champs. Des mesures stationnaires ont également été effectuées en complément (précision de dosage, étanchéité des trémies, capacité des trémies, puissance nécessaire, capacité de levage). Enfin, le maniement du distributeur, la vidange des quantités résiduelles, le mode d'emploi, etc. ont également fait l'objet d'évaluations. Aucun essai pratique n'a été réalisé sur les parcelles. Les équipements électroniques pour améliorer la précision de dosage et d'épandage, ainsi que les systèmes à base de GPS n'ont pas non plus été étudiés.

Norme de test: La procédure de test fixée par les instituts participants repose sur la norme CEN pour les distributeurs d'engrais minéraux. Cette norme intitulée CEN/TC 144/WG 3/AH 12 compte deux parties: N-50-1 porte sur les exigences techniques et N-50-2 sur la méthode de test. Outre la définition de la procédure de test, ces normes stipulent également que, sur la base du mode d'emploi établi par leurs fabricants, les distributeurs doivent permettre d'épandre les engrais dans le respect de l'environnement. En outre, le distributeur doit pou-

Test comparatif coordonné à l'échelle européenne

Tester sérieusement les distributeurs d'engrais demande beaucoup de temps et d'argent. Les instituts qui ont testé régulièrement les distributeurs d'engrais au cours des dernières années, ont de plus en plus souvent été confrontés à un problème de place. Les halles de test sont en effet trop petites pour les largeurs de travail des distributeurs centrifuges qui ne cessent d'augmenter et qui vont jusqu'à 36 m et plus. Les services ont de plus en plus souvent émis le souhait de centraliser les tests à l'avenir et de les réaliser selon une méthode homogène reconnue au niveau international. Sous l'égide de la DLG, un test des distributeurs d'engrais minéraux coordonné à l'échelle européenne a été organisé. Neuf pays y ont participé avec les instituts suivants:

- DIAS: Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Bygholm, Horsens (Danemark)
- DLG: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Prüfstelle für Landmaschinen, Gross-Umstadt (Allemagne)
- IMAG-DLO: Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen (Pays-Bas)
- CRA: Centre de recherches agricoles, Gembloux (Belgique)
- ITF-NLH: Institutt for tekniske fag, Aas (Norvège)

- MTT/VAKOLA: Agricultural Research Centre of Finland, Vihti (Finlande)
- BLT: Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg (Autriche)
- Cemagref: Centre national du machinisme agricole du génie rural, des eaux et forêts, Clermont-Ferrand (France)
- FAT-Tänikon: Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, Ettenhausen (Suisse)

Le test a été effectué à l'Institut danois DIAS de Bygholm. Les résultats ont été publiés sous forme de rapport de tests individuels dans le cadre de l'ENTAM (european network for testing of agricultural machines).



Fig. 2: Avec un distributeur centrifuge, seul un dispositif spécial permet d'épandre les engrais régulièrement en bordure de champ avec un minimum de pertes.

voir réaliser un épandage satisfaisant sans connaître nécessairement le fabricant ou le type d'engrais utilisé.

Banc d'essai: Les essais ont été réalisés dans une halle fermée. La halle mesure 80 m de long et 60 m de large et a permis de tester des distributeurs d'engrais dont les largeurs de travail allaient jusqu'à 36 m. Différents dispositifs ont permis de maintenir la température (environ 12 °C) et l'humidité (50 % maximum) au niveau le plus constant possible, afin de garantir que tous les distributeurs soient testés dans les mêmes conditions. Les profils d'épandage ont été déterminés en faisant passer les distributeurs sur une surface de réception de 56 m de large placée en travers par rapport au sens de progression des épandeurs. Cette surface se compose de 448 bacs de réception coniques (dimensions 25 x 50 cm), placés sur deux lignes. Une balance électronique pèse les engrais ainsi récupérés et enregistre directement les valeurs. Un programme informatique calcule la distribution transversale, la quantité épandue et les valeurs statistiques relatives à la précision d'épandage. Pour l'établissement de chaque profil d'épandage, les passages ont été répétés quatre fois. Le distributeur était attelé à un tracteur dont la vitesse d'avancement était de 8,3 km/h. Les essais stationnaires pour mesurer le débit ont été effectués au banc d'essai, sur lequel le poids total du distributeur avec son chargement a été relevé toutes les 0,2 secondes.

Engrais testés: Tous les distributeurs ont été testés avec les mêmes engrais. Cinq engrais différents étaient à disposition pour les tests. Ces engrais étaient représentatifs des catégories A à E définies selon la norme CEN. Le tableau 1 présente les propriétés physiques des engrais utilisés à l'Institut DIAS ainsi que les exigences propres aux cinq catégories d'engrais définies selon la norme. Les engrais ont été livrés directement en Big-Bags par les fabricants. Pendant les essais, un échantillon a été prélevé sur chaque sac, pour identifier les éventuels écarts entre les propriétés physiques et les valeurs théoriques. Les différences constatées se situaient dans les limites indiquées par les fournisseurs d'engrais.

Programme de test: Il se composait d'un programme de base, identique pour tous les distributeurs et déterminé à l'avance, et d'un programme supplémentaire facultatif défini par le fabricant. Il

Tab. 1: Catégories d'engrais selon la norme CEN N-50-2 et propriétés physiques des engrais utilisés dans le test DIAS

Catégorie	Type d'engrais ou catégorie d'engrais utilisés	Granulométrie D 50 ¹⁾ mm	Densité en vrac ²⁾ kg/dm ³	Fluidité ²⁾ kg/min	Taux d'humidité %
A	Granulés, > 0,9 kg/dm³ Nitrate d'ammoniac 24%	2,5 à 4,2 2,9	> 0,9 1,12	> 4,5 6,7	< 3,5 < 0,2
B	Granulés, < 0,9 kg/dm³ Urée 46%	1,8 à 3,5 3,6	0,7 à 0,9 0,74	> 4,0 4,0	< 0,4 < 0,5
C	Engrais perlés, > 0,9 kg/dm³ NPK 21-3-10	1,5 à 3,5 2,9	> 0,9 1,03	> 5,0 6,8	< 1,0 < 0,2
D	Engrais perlés, < 0,9 kg/dm³ Urée 46%	1,5 à 2,5 1,6	0,7 à 0,9 0,76	> 4,5 6,3	< 0,4 < 0,5
E	Engrais compactés Potassium 60 %	2,5 à 5,0 3,1	> 0,9 1,10	> 4,5 6,0	< 3,5 < 0,5

¹⁾ D 50 = Granulométrie moyenne par rapport au poids; définition selon DIN EN 1235

²⁾ Définition selon ISO 3944

s'agissait d'étudier l'épandage normal, la fumure tardive et l'épandage en bordure de champs pour différents engrais, différentes largeurs de travail et quantités d'épandage. Chaque distributeur devait nécessairement être testé pour au moins une largeur de travail et pour au moins trois des cinq engrais prescrits, sachant que la catégorie A (engrais en granulés avec plus de 0,9 kg/dm³) était obligatoire quelle que soit la largeur de travail choisie. En ce qui concerne ce type d'engrais, le test était réalisé avec trois quantités d'épandage différentes pour l'épandage normal, et uniquement avec la quantité d'épandage moyenne pour la fumure tardive et l'épandage en bordure de champs. Pour tous les autres engrais, le test n'a été effectué qu'avec une seule quantité d'épandage. Les largeurs de travail pouvant être testées étaient de 12 (ou 15), 18, 24, et 36 m. Une de ces largeurs de travail était obligatoire. Mais sur demande du fabricant, il était également possible de tester d'autres largeurs de travail, choisies librement.

Déroulement du test: Pour tous les essais, les distributeurs ont été réglés selon les indications des tableaux d'épandage. Lorsque le résultat d'épandage ne correspondait pas aux attentes du fabricant avec ce réglage, il était possible de réaliser deux mesures supplémentaires en corrigeant le réglage du distributeur. Le réglage se basait uniquement sur les tableaux d'épandage, le mode d'emploi et les bacs de réception (set de test destiné à l'utilisateur) éventuellement fournis par le fabricant. Les représentants des entreprises n'étaient pas autorisés à assister aux tests.

Définition des procédés d'épandage étudiés

Epandage normal: épandage normal sur la parcelle permettant la répartition la plus régulière possible des engrais avec la largeur de travail choisie. La répartition totale après chevauchement des différents profils d'épandage a été calculée en partant du principe que le distributeur circulait dans les deux sens sur la parcelle.





Fumure tardive: réglage spécial du distributeur permettant l'épandage normal dans les cultures dont le peuplement végétal est haut. Les disques d'épandage doivent si possible être placés juste au-dessus du peuplement végétal.

Epandage en bordure de champs: réglage spécial du distributeur à l'aide du dispositif adapté à cet effet qui doit permettre un épandage régulier en bordure de champ avec le minimum de pertes d'engrais possible. Suivant la distance choisie entre la première voie de passage et la bordure du champ, et suivant l'effet (optimisation environnementale ou économique), on distingue différents procédés d'épandage en bordure de champs:

OR (Optimisation du rendement): réglage du distributeur de manière à ce que la totalité des engrais puisse être épandue jusqu'à la bordure du champ. On prend en compte qu'une partie des engrais sera épandue au-delà de la limite de la parcelle. La quantité d'engrais épandue au-delà de la limite de la parcelle est toutefois censée diminuer très rapidement sur une courte distance.

OE (Optimisation environnementale): réglage du distributeur de manière à ce

Tab. 2: Spécifications techniques des distributeurs testés

Distributeur: fabricant et modèle	Amazone ZA-M MAX	Böggalle EX Trend	Rauch MDS 932	Rauch AXERA-H
				
Système d'épandage	2 disques avec chacun 2 aubes d'éjection	2 disques avec chacun 2 aubes d'éjection	2 disques avec chacun 2 aubes d'éjection	2 disques avec chacun 2 aubes d'éjection
Largeurs de travail m	10 - 36	12 - 36	10 - 24	12 - 36
Capacité de la trémie litres	1450	1000	900	1100
Poids à vide kg	380	370	230	485
Charge utile maximale kg	2300	3000	1800	3000
Dimensions P x L x H cm	135 x 200 x 133	139 x 220 x 98	132 x 190 x 102	120 x 250 x 102
Entraînement des disques	mécanique	mécanique	mécanique	hydraulique
Régime de la prise de force t/min	540	540	540	--
Grille de remplissage	oui	oui	--	oui
Brasseur	2 spirales horizontales	brasseur étoile à 6 doigts	brasseur à 1 doigt	brasseur étoile à 9 doigts
Dispositif d'étalonnage du débit	oui	oui	oui	oui
Mode d'emploi:	oui	oui	oui	oui
Langue	allemand	allemand, français, anglais	allemand	allemand
Tableau d'épandage:				
Epandage normale	oui	oui	oui	oui
Epandage en bordure de champs	oui	--	oui	oui
Fumure tardive	oui	--	oui	oui
Importateur	Ott, 3052 Zollikofen	Alphatec, 8162 Steinmaur	Agriott, 3052 Zollikofen	Agriott, 3052 Zollikofen
Prix, TVA comprise	Fr. 5950.-	Fr. 6100.-	Fr. 4980.-	Fr. 16820.-

qu'il n'y ait si possible aucun engrais épan- du au-delà des frontières de la parcelle. La portée maximale d'épandage et la quan- tité d'engrais épan- dus en trop au-delà des limites du champ doivent si possible être nulles. On prend en compte qu'en bordu- re de champ, la fumure risque d'être légèrement déficitaire. La précision d'épandage n'est pas non plus très régu- lière sur toute la largeur de travail.

L (demi largeur de travail): procédure de test pour laquelle la distance entre la der- nière voie de passage et la bordure de la parcelle représente la moitié de la largeur de travail totale du distributeur.

B (proximité de la bordure du champ): procédure de test pour laquelle la dernière voie de passage se trouve à proximité de la bordure du champ (distance de 1 à 2 m).

Ces variantes aboutissent à quatre pro- cédés d'épandage en bordure de champs:

- OR/L = optimisation économique/ demi largeur de travail
- OR/B = optimisation économique/ proximité de la bordure du champ
- OE/L = optimisation environnementale/ demi largeur de travail
- OE/B = optimisation environnementale/ proximité de la bordure du champ

Outils étudiés

Les entreprises suivantes ont participé aux tests: Amazone, Böggalle, Bredal, Rauch, Sulky et Vicon. Au total, douze distributeurs ont été testés. Böggalle était représenté par un distributeur. Amazone, Bredal, Rauch et Sulky ont pris part à l'es- sai avec deux distributeurs et Vicon avec trois.

Tous les fabricants mentionnés sont représentés en Suisse à l'exception d'un seul. En effet, seules les distributeurs du fabricant danois Bredal ne sont pas dis- ponibles. C'est la raison pour laquelle nous ne traiterons pas ces modèles.




La suite du rapport présente sept distri- buteurs qui sont proposés sur le marché des machines agricoles suisses et qui sont utilisés habituellement en Suisse, étant donné les tailles d'exploitation usuelles, avec les distances de voie de passage habituelles de 12, 15 ou 18 m. Il s'agit des types et des modèles de distributeurs présentés au tableau 2.

Les sept modèles sont des distributeurs d'engrais attelés avec un dispositif

d'épandage à deux disques. A une excep- tion près (Rauch AXERA-H), le dispositif d'épandage est entraîné par la prise de force. Les distributeurs affichent une capacité de 650 à 1450 litres. Chez tous les fabricants, ces capacités peuvent être augmentées. Mis à part Rauch MDS, tous les distributeurs présentent une trémie qui se divise en deux parties d'écou- lement au niveau inférieur. Les engrais arri- vent sur les organes de distribution sous l'effet de la force de gravité. Les doseurs régulent le débit d'écoulement de l'en- grais. L'ouverture et la fermeture des trappes s'effectuent à l'aide de comman- des hydrauliques. Presque tous les distri- buteurs sont équipés d'un brasseur lent qui assure le flux régulier des engrais.

Tous les épandeurs sont équipés d'un set d'étalonnage du débit, qui permet de contrôler la quantité d'engrais épan- due. Le Böggalle EX Trend et les deux distri- buteurs Vicon possèdent un récipient collecteur, qui est fixé sur le disque d'épandage gauche ou droit. Pour ce fai- re, il faut enlever les aubes d'éjection. Le même système est monté sur l'Amazone ZA-M MAX après démontage des dis- ques d'épandage en dessous de la trap- pe de sortie. Les autres distributeurs (Rauch MDS et Sulky DPX Prima) travail-

Tab. 2: Spécifications techniques des distributeurs testés

Distributeur: fabricant et modèle	Sulky DPX Prima	Vicon RotaFlow RS-C	Vicon RotaFlow RS-M
			
Système d'épandage	2 disques avec chacun 2 aubes d'éjection	2 disques avec chacun 4 aubes d'éjection	2 disques avec chacun 8 aubes d'éjection
Largeurs de travail m	12 - 24	9 - 18	10 - 24
Capacité de la trémie litres	900	650	800
Poids à vide kg	270	200	310
Charge utile maximale kg	1800	1200	1600
Dimensions P x L x H cm	142 x 223 x 95	125 x 164 x 92	129 x 204 x 96
Entraînement des disques	mécanique	mécanique	mécanique
Régime de la prise de force t/min	540	540	540
Grille de remplissage	oui	--	oui
Brasseur	Brasseur à 2 doigts	Brasseur à 2 doigts	Brasseur à 2 doigts
Dispositif d'étalonnage du débit	oui	oui	oui
Mode d'emploi:	oui	oui	oui
Langue	français, allemand, anglais	allemand, français, anglais	allemand, français, anglais
Tableau d'épandage:			
Epandage normale	oui	oui	oui
Epandage en bordure de champs	--	--	--
Fumure tardive	--	--	--
Importateur	Bovet, 1584 Villars-le-Grand	Bucher, 8166 Niederweningen	Bucher, 8166 Niederweningen
Prix, TVA comprise	Fr. 5450.-	Fr. 3880.-	Fr. 5200.-

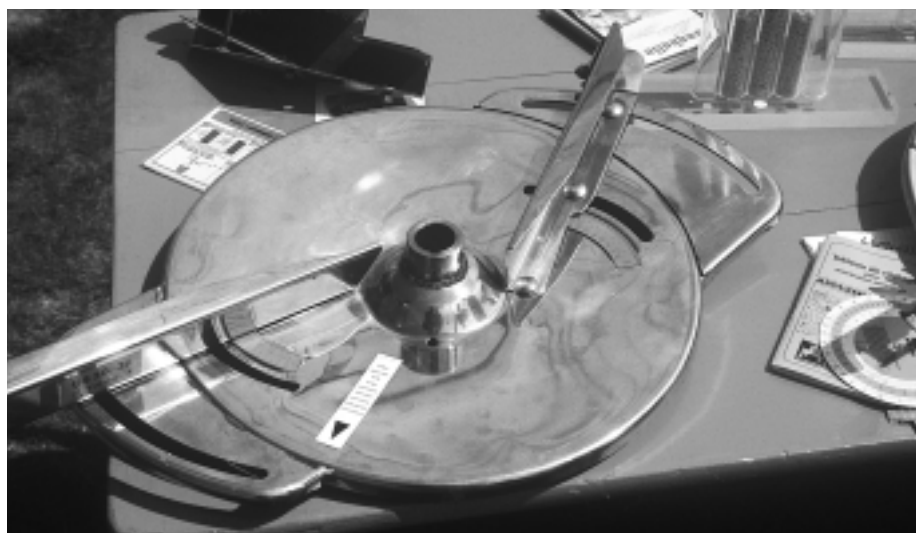


Fig. 3: Tous les distributeurs testés fonctionnent avec des largeurs de travail différentes. La largeur de travail se règle en utilisant différents disques, en changeant les aubes d'éjection ou en modifiant la position de ces dernières. Le tableau d'épandage indique quel est le réglage correct.

lent avec un entonnoir fixé sous la trappe de sortie, qui conduit les engrais dans un réservoir. Sur le Rauch AXERA-H, les moteurs hydrauliques sont décalés sur le côté avec les disques d'épandage et les engrais sont réceptionnés dans un récipient directement via les trappes de sortie après retrait des disques d'épandage.

Description des distributeurs testés (tab. 2)

Etant donné la grande taille de sa trémie, l'**Amazone ZA-M MAX** s'adresse à de grosses exploitations. Le modèle de base du distributeur est équipé pour des largeurs de travail allant jusqu'à 18 m. Des

disques d'épandage pour des largeurs de travail allant jusqu'à 28 et 36 peuvent être fournis en accessoires. Suivant la largeur de travail et le type d'engrais utilisé, il existe différents types de disques d'épandage avec des longueurs différentes pour les aubes d'éjection. Pour la fumure tardive, il est possible d'orienter l'extrémité de l'aube vers le haut, sans avoir recours à aucun outil. Pour l'épandage en bordure de champs, il faut utiliser des disques spéciaux. Lorsque le distributeur circule à proximité de la bordure du champ (distance inférieure à 2 m), une plaque déflectrice est fixée en complément à l'arrière du distributeur.

Le **Böggalle EX Trend** permet des largeurs de travail de 12 à 36 m. Sur le système d'épandage, le sens de rotation des disques varie: pour l'épandage normal, les disques tournent de l'extérieur vers l'intérieur, pour l'épandage en bordure de champs de l'intérieur vers l'extérieur. Le changement de direction sur le mécanisme de transmission s'effectue de manière manuelle ou depuis le siège du tracteur, au moyen d'un câble. La largeur de travail se règle en modifiant la position des aubes d'éjection et l'inclinaison du distributeur. Les aubes pour l'épandage en bordure de champs sont intégrées

à l'arrière des aubes d'épandage normal. Aucune pale spéciale n'est donc nécessaire. Pour l'épandage en bordure de champ, il faut non seulement modifier le sens de rotation des disques, mais aussi fermer une moitié de la trémie et rabattre une plaque déflectrice.

Le **Rauch-MDS 932** est le modèle classique du programme de distributeurs Rauch. MDS correspond à «Multi-Disc-System» et signifie que le même jeu de disques peut être utilisé pour l'épandage normal, la fumure tardive et l'épandage en bordure de champs. Pour adapter le dispositif aux différents engrais, différentes largeurs de travail et à l'épandage en bordure de champs, il suffit de régler l'angle d'incidence des aubes d'éjection et leur longueur. L'outil spécial nécessaire à cette opération est fourni avec le distributeur. Pour l'épandage en bordure de champs (distance entre la voie de passage et la limite de la parcelle inférieure à 2 m), on utilise une plaque déflectrice spéciale.

Le **Rauch AXERA-H** est le plus gros modèle du même fabricant et permet d'atteindre des largeurs de travail allant jusqu'à 36 m. Les deux disques du dispositif d'épandage sont entraînés chacun par un moteur hydraulique. L'huile est fournie à chacun des deux moteurs par le tracteur via des conduites séparées, ce qui permet aux deux disques d'avoir un régime individuel. Le réglage du régime se fait de manière électro-hydraulique depuis le tableau de bord du tracteur. Pour l'épandage normal et l'épandage en bordure de champs avec différents engrais et différentes largeurs de travail, le réglage se fait en modifiant le régime des disques et le point d'écoulement des engrais en dessus des disques. Pour ce faire, les moteurs hydrauliques peuvent être décalés latéralement avec les disques par paliers. Pour l'épandage en bordure de champs, il faut également actionner deux vérins hydrauliques spéciaux. Le même modèle existe aussi avec entraînement mécanique (AXERA-M) du dispositif d'épandage. L'entraînement hydraulique présente l'avantage suivant: même lorsque le régime des moteurs fluctue, le régime des disques et donc la portée de projection des engrais restent constants.

Le **Sulky DPX Prima** est conçu pour des largeurs de travail allant jusqu'à 24 m. Les disques tournent de l'extérieur vers l'intérieur. La largeur de travail se règle d'une part par le point d'écoulement des engrais, grâce à un entonnoir et d'autre

Tab. 3: Programme de test des distributeurs d'engrais étudiés

Distributeur	Largeur de travail m	Largeurs de travail testées m	Catégories d'engrais testées: cf. tableau 1	
			Epandage normal	Epandage en bordure
Amazone ZA-M MAX	10-36	24	A, B, C	A, B, C
Bögballe EX Trend	12-36	15, 18, 24, 28, 32, 36	A, B, C, E	A, C
Rauch MDS 932	8-24	15	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E
Rauch AXERA-H	12-36	24, 36	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E
Sulky DPX Prima	12-24	18	A, B, C, E	A, B, C, E
Vicon RotaFlow RS-C	9-18	12	A, C	--
Vicon RotaFlow RS-M	10-24	18	A, B, C	A, C

part par modification de la position des aubes d'éjection. Le même entonnoir est également utilisé pour l'étalonnage du débit. Pour l'épandage en bordure de champ, il suffit de fermer la trappe de sortie gauche ou droite et de régler les aubes d'éjection suivant les indications du mode d'emploi. Pour éviter d'épandre des engrais au-delà des limites de la parcelle, il faut monter également des aubes d'éjection spéciales, courtes et placer une plaque déflectrice entre les disques. Pour la fumure tardive, il faut modifier l'inclinaison du distributeur.

Le **Vicon RotaFlow RS-C** («Compact») est le plus petit modèle de la série RotaFlow avec des largeurs de travail comprises entre 9 et 18 m. Le distributeur est pourvu de deux doseurs hydrauliques avec trois trappes de sortie. Les engrais s'écoulent de manière centrale en un mouvement rotatif en direction des aubes d'éjection. La modification du point d'écoulement des engrais et l'utilisation de différentes aubes d'éjection permet de régler la largeur de travail en fonction des types d'engrais utilisés. Chaque disque est équipé de quatre aubes d'éjection. Pour l'épandage en bordure de champs, on stoppe l'entraînement entre les deux disques, on interrompt le flux d'engrais d'un côté et on monte une plaque déflectrice au centre entre les disques.

Le **Vicon RotaFlow RS-M** («Medium») est un modèle de taille moyenne avec des largeurs de travail allant jusqu'à 24 m. Les engrais arrivent sur les disques de la même manière que pour les modèles C. Mais, ici les disques sont pourvus de huit aubes d'éjection. La largeur de travail se règle selon le même principe (longueur des aubes d'éjection, point d'écoulement des engrais). Pour l'épandage en bordure de champs avec demi largeur de travail, le distributeur peut être incliné sur le côté. Ce dispositif est actionné à l'aide d'un vérin hydraulique vertical placé sur le point d'attelage gauche des bras inférieurs. L'épandage en bordure de champ fonctionne



Fig. 4: Pour la fumure tardive lorsque les plantes sont à un stade de développement avancé, la plupart des fabricants travaillent avec des aubes d'éjection spéciales.

comme sur le RS-C avec une plaque déflectrice et par interruption du flux d'engrais sur un des côtés de la trémie.

Résultats

Programmes de test dérivés

Le tableau 3 indique avec quelles largeurs de travail et avec quels types d'engrais, les différents distributeurs ont été testés. Le récapitulatif montre clairement que les fabricants ont choisi différents programmes de test et que les tests finalement réalisés diffèrent considérablement les uns des autres en dépit du programme de base préalablement défini. Bögballe a par exemple fait tester six largeurs de travail, tandis que les autres fabricants se sont généralement concentrés sur une seule largeur de travail, mais avec plusieurs types d'engrais. Malgré l'ampleur des résultats, il est donc difficile d'établir des comparaisons entre les différents distributeurs, car les largeurs de travail ne correspondent généralement pas. Il n'est pas non plus aisé d'obtenir une évaluation globale de chaque distributeur, car on ne peut pas automatiquement par-

Tab. 4: Précision de l'épandage normal et de la fumure tardive, exprimée en coefficients de variation (CV). Les CV inférieurs à 5 % indiquent une précision très élevée, les CV inférieurs à 10 % une précision élevée.

Engrais: catégorie, variété Procédé: fumure normale/tardive Quantité d'épandage (kg/ha)		A; Nitrate d'ammoniac 24 %				B; Urée 46 %		C; NPK 21-3-10		E; Potassium 60 %	
		Normale	Normale	Normale	Tardive	Normale	Tardive	Normale	Tardive	Normale	Tardive
		120	300	480	300	163	163	357	357	400	400
Distributeur	Largeur de travail testée (m)	Coefficient de variation (%)									
Amazone ZA-M MAX	24	7,5	6,3	7,1	16,7	8,9	6,4	6,0	5,6	--	--
Bögballe EX Trend	15	4,0	4,7	4,0	5,2	--	--	4,5	6,2	7,6	--
	18	5,1	4,4	4,6	5,2	--	--	5,4	5,6	--	--
	24	5,2	3,1	3,1	6,0	5,0	7,2	4,6	7,0	7,9	--
Rauch MDS 932	15	6,0	7,3	6,5	6,6	7,1	6,3	5,6	6,6	6,6	--
Rauch AXERA-H	24	5,3	6,1	6,0	6,6	6,7	7,1	6,1	4,9	5,5	--
Sulky DPX Prima	18	5,8	4,5	3,6	7,2	4,7	5,6	6,1	5,3	4,6	--
Vicon RotaFlow RS-C	12	5,0	5,5	5,7	5,5	--	--	4,4	4,4	--	--
Vicon RotaFlow RS-M	18	5,3	6,2	6,9	6,2	6,1	6,1	6,3	6,3	--	--

tir du principe que le résultat d'épandage obtenu par exemple avec une largeur de travail de 24 m est aussi bon avec une largeur de travail de 18 ou de 12 m.

Epandage normal et fumure tardive

Pour évaluer la précision d'épandage, on se base sur le coefficient de variation (valeur CV) calculé à partir de la répartition totale. Plus le CV est bas, plus la précision d'épandage est élevée perpendiculairement au sens de progression du distributeur. D'après le schéma DLG, les coefficients de variation inférieurs à 5 % sont considérés comme très bons, de 5,1 à 10 % comme bons et de 10,1 à 15 % comme satisfaisants.

Le tableau 4 présentent les CV obtenus en cas d'épandage normal et de fumure tardive pour sept distributeurs pour les largeurs de travail testées et les différents engrais utilisés (catégories A, B, C et E). Pour les engrais de la catégorie D (urée perlée), aucun résultat n'est présenté, car cette forme d'engrais n'est pas répandue chez nous. Pour le Bögballe EX Trend, le tableau ne réunit les CV que de trois des six largeurs de travail testées au total (15, 18 et 24 m). La figure 5 présente les résultats de l'épandage normal sous forme de graphique pour les trois engrais des catégories A, B et C avec la quantité d'épandage moyenne pour une largeur de travail sélectionnée.

Pour l'interprétation des résultats, il faut tenir compte des deux points suivants:

- Les résultats présentés ont parfois été obtenus après une ou deux optimisa-

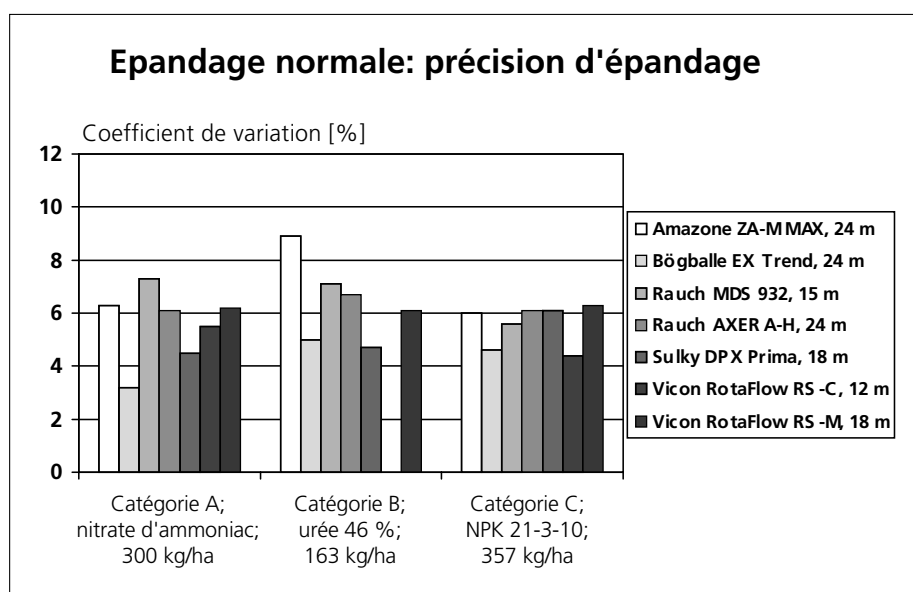


Fig. 5: Coefficients de variation, valeurs de référence de la précision d'épandage pour l'épandage normal, avec trois engrais différents (catégories A, B et C). Sachant que les largeurs de travail testées varient, les résultats des différents distributeurs ne peuvent être comparés que partiellement.

tions. Les CV qui en résultent, sont souvent meilleurs, même si ce n'est que légèrement, par rapport aux résultats obtenus lors du premier passage (réglage habituel conformément au tableau d'épandage).

- Les résultats ne sont directement comparables que si les distributeurs ont été testés avec la même largeur de travail, le même engrais et la même quantité d'épandage. Il suffit qu'une seule de ces variables fluctue entre deux distributeurs pour que la comparaison ne soit plus valable. Les essais d'épandage qui offrent le plus de possibilités de comparaisons sont ceux qui ont été effectués avec du nitrate d'ammoniac

(catégorie A) avec des largeurs de travail de 18 ou 24 m.

Pour l'épandage normal, tous les distributeurs testés ont obtenu des précisions d'épandage bonnes à très bonnes avec la majorité des coefficients de variation au-dessous de 10 %. Il est également satisfaisant de voir que tous les distributeurs ont obtenu de très bons résultats d'épandage avec différents engrais. Les CV avaient tendance à être légèrement plus élevés pour les catégories B (urée en granulés) et E (sel potassique) que pour le nitrate d'ammoniac et les engrais NPK. En cas de réglage sur fumure tardive, la précision d'épandage est généralement un peu moins bonne par rapport à l'épandage normal.

Les différences d'un distributeur à l'autre sont minimales. On relève la précision d'épandage plus élevée du Bøgballe EX Trend, indépendamment de la largeur de travail sélectionnée et de l'engrais utilisé. Le Sulky DPX obtient également de très bons résultats dans de nombreuses variantes (fig. 5).

En annexe, deux diagrammes d'épandage ont été sélectionnés pour chaque distributeur dans le cas de l'épandage normal. Le premier a été réalisé avec du nitrate d'ammoniac (catégorie d'engrais A) et le deuxième avec de l'urée en granulés (catégorie B) ou des engrais NPK (catégorie C). Avec le nitrate d'ammoniac, on a choisi la quantité d'épandage moyenne (quantité théorique de 300 kg/ha). Les diagrammes d'épandage se composent du profil d'épandage de base pour un passage (diagramme en colonnes) et du profil d'épandage global après chevauchement des différents profils d'épandage (diagramme en lignes).

Epandage en bordure de champs

Dans le cas des essais d'épandage en bordure de champs, il est encore plus difficile de comparer les résultats que pour l'épandage normal, car les procédés choisis par les fabricants pour les différents distributeurs ne correspondent quasiment pas. Ici aussi, les comparaisons ne sont valables que si les distributeurs ont été testés avec le même procédé d'épandage en bordure de champs, la même largeur de travail et le même engrais.

Le tableau 5 présente une sélection des résultats de tests d'épandage en bordure de champs. Comme pour l'épandage normal, ces résultats sont parfois le fruit d'une ou deux mesures supplémentaires après optimisation. Toutefois, les optimisations n'ont pas toujours conduit à de meilleurs résultats d'épandage. Avec les distributeurs Vicon, la base de données est réduite : seuls deux essais sont disponibles pour le RotaFlow RS-M et absolument aucun pour le RotaFlow RS-C.

Il est plus difficile d'évaluer la précision de l'épandage en bordure de champs que celle de l'épandage normal ou de la fumure tardive, car le coefficient de variation (CV) seul ne suffit pas pour une évaluation correcte. Outre le CV, il faut également tenir compte de la portée d'épandage maximale au-delà des limites de la parcelle (mesure de «l'épandage au-

Tab. 5: Précision de l'épandage en bordure de champs pour des procédés et des types d'engrais sélectionnés. Les tests d'épandage en bordure de champs ombrés sont également présentés sous forme de diagrammes d'épandage en annexes.

Procédé d'épandage en bordure de champs ¹⁾	Catégorie d'engrais ²⁾	Quantité à épandre: Valeur théorique kg/ha	Distance entre voie de passage et bordure m	Valeur M ³⁾ kg/ha	Valeur B ⁴⁾ kg/ha	Valeur Y ⁵⁾ %	Valeur Z ⁶⁾ m	CV ⁷⁾ %
Amazone ZA-M MAX, largeur de travail 24 m								
OR / L	A	300	12	302	66	22,0	5	9,1
OR / L	B	163	12	170	24	14,2	5	12,0
OR / L	C	357	12	360	74	20,4	5	14,2
OR / B	A	300	1,5	304	12	3,9	1	19,4
OE / L	B	163	12	170	4	2,4	0,5	24,5
OE / L	C	357	12	360	0	0	0	28,9
Bøgballe EX Trend, largeur de travail 15 m								
OR / L	A	300	7,5	299	67	22,5	5,5	10,9
OR / L	C	163	7,5	352	63	17,8	5,5	9,3
OE / L	A	300	7,5	299	18	6,1	3	19,4
OE / L	C	163	7,5	352	26	7,3	3,5	18,2
OE / B	A	300	1	282	10	3,5	1	17,3
OE / B	C	163	1	332	15	4,4	1,5	15,8
Rauch MDS 932, largeur de travail 15 m								
OR / L	A	300	7,5	302	66	21,9	3,5	10,8
OR / L	B	163	7,5	167	38	22,8	4	9,7
OR / L	C	357	7,5	367	81	22,0	4	8,7
OE / B	A	300	1,5	302	15	4,9	1	26,1
OE / B	B	163	1,5	167	11	6,6	1	18,1
OE / B	C	357	1,5	367	20	5,4	1,5	22,3
Rauch AXERA-H, largeur de travail 24 m								
OR / L	A	300	12	321	54	16,9	3,5	8,8
OR / L	B	163	12	169	33	19,4	4	10,4
OR / L	C	357	12	360	48	13,3	3,5	10,1
OE / L	A	300	12	321	9	2,8	1	21,5
OE / L	B	163	12	169	0	0	0	22,3
OE / L	C	357	12	360	9	2,6	1,5	28,2
Sulky DPX Prima, largeur de travail 18 m								
OE / L	A	300	9	299	13	4,4	1,5	20,8
OE / L	B	163	9	168	7	3,9	1	21,8
OE / L	C	357	9	359	13	3,5	2	21,7
OE / B	A	300	3	299	14	4,7	1	22,6
OE / B	B	163	3	168	8	4,8	1,5	20,8
OE / B	C	357	3	359	21	5,9	2	18,0
Vicon RotaFlow RS-M, largeur de travail 18 m								
OE / B	A	300	3	309	0	0	0	31,4
OE / B	C	357	3	374	0	0	0	30,7

¹⁾ OR = optimisation du rendement OE = optimisation environnementale

L = demi largeur de travail; B = proximité de la bordure du champ (distance env. 1-2 m)

²⁾ cf. tableau 1

³⁾ M = quantité moyenne épandue sur la parcelle

⁴⁾ B = quantité moyenne épandue au-delà des limites de la parcelle

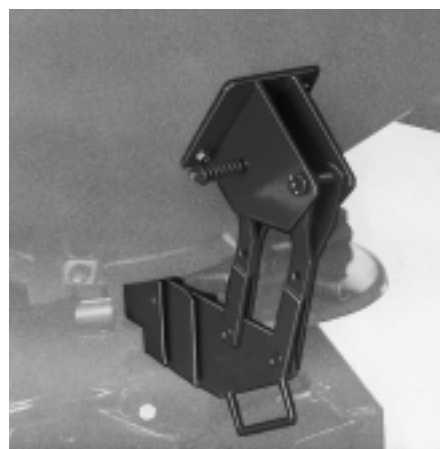
⁵⁾ Y = rapport de B à M ($Y = B \times 100 / M$)

⁶⁾ Z = portée d'épandage maximale au-delà de la limite de la parcelle

⁷⁾ CV = coefficient de variation de la limite de la parcelle jusqu'à la moitié du 1^{er}/2^{ème} profil d'épandage normale

excédentaire») ainsi que des valeurs B et Y (tab 5). La valeur B correspond à la quantité d'épandage moyenne au-delà des limites de la parcelle. La valeur Y donne le rapport entre la quantité épandue

Fig. 6: Pour l'épandage à proximité de la bordure du champ, la plupart des fabricants utilisent un déflecteur spécial, qui peut être rabattu manuellement ou hydrauliquement. Sur les distributeurs pourvus de trémies séparées, la trappe de sortie au-dessus du disque droit ou gauche doit également être fermée.



Tab. 6: Précision de dosage des distributeurs testés

Distributeur	Débit réglé au préalable kg/min	Ecart des débits effectif et théorique %	Ecart des débits en cas d'inclinaison du distributeur de 10° vers;				Ecart des quantités épanchées effective et théorique %
			la droite %	la gauche %	l'arrière %	l'avant %	
Amazone ZA-M MAX	108	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 5
Bögballe EX Trend	100	< 1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 5
Rauch MDS 932	62	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Rauch AXERA-H	104	< 2	< 1	< 1	< 2	< 1	< 5
Sulky DPX Prima	77	< 5	< 2	< 2	< 4	< 4	< 5
Vicon RotaFlow RS-C	50	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 7
Vicon RotaFlow RS-M	80	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 8

delà des limites de la parcelle et la quantité épanchée sur la parcelle. Ces deux valeurs doivent être les plus basses possibles.

Les exigences relatives aux distributeurs d'engrais centrifuges dans le cas de l'épandage en bordure de champs ne sont pas précisément définies. Lors des tests d'épandage en bordure de champs avec optimisation économique (OR), pour lesquels on a cherché à obtenir une répartition homogène des engrais jusqu'aux limites de la parcelle, le CV ne devait pas dépasser 10 % à l'intérieur du champ. La distance sur laquelle les engrais ont été épanchés au-delà des limites de la parcelle et la valeur Y ne devaient pas être trop élevées. Par contre, dans les tests axés sur l'optimisation environnementale (OE), qui visent eux à n'épandre absolument aucun engrais en dehors du champ, la portée maximale d'épandage en dehors des limites de la parcelle devait être la plus proche possible de zéro, de même que la valeur Y. En revanche, les exigences relatives à la précision de répartition à l'intérieur du champ (CV) étaient moins élevées.

Dans les procédés d'épandage en bordure de champs axés sur l'optimisation économique, les CV obtenus sont généralement inférieurs à 15 % et sont donc nettement plus bas que dans le cas des tests tournés vers l'optimisation environnementale. La répartition plus précise des engrais à l'intérieur du champ tient au fait que le coefficient de variation dépend de l'évolution de la courbe des engrais sur les derniers mètres jusqu'à la bordure de la parcelle. Dans les tests axés sur l'optimisation environnementale, les valeurs Y sont nettement meilleures, généralement de l'ordre de 5 %. Cela signifie que la quantité d'engrais épanchés au-delà des limites du champ est plus faible. La portée maximale

d'épandage au-delà des limites de la parcelle est elle aussi plus faible. Elle n'est cependant inférieure à 1 mètre que dans quelques cas.

Les essais marqués dans le tableau 1 sont également présentés en annexe sous forme de diagrammes d'épandage. Ils sont presque plus parlants que les valeurs des tableaux. Deux diagrammes ont été établis pour chaque distributeur, un pour chaque procédé d'épandage en bordure de champs (OR et OE). Pour les épandeurs Sulky et Vicon, seuls les résultats de tests avec optimisation environnementale sont disponibles. A deux exceptions près, les profils d'épandage en bordure de champs présentés ont été effectués avec du nitrate d'ammoniac (catégorie A). La courbe en pointillé sous V1 (voie de passage 1) correspond au passage le plus à l'extérieur en bordure de champs, la courbe pleine représente le profil d'épandage total. Indépendamment du procédé d'épandage sélectionné, les sept distributeurs testés présentent une précision d'épandage en bordure de champs, qui peut être qualifiée de satisfaisante à bonne. Avec les procédés OR, les CV sont très bons; seule l'Amazone ZAM-MAX est un peu en retrait. Avec les procédés OE, les valeurs relatives à la quantité d'engrais épanchés au-delà des limites de la parcelle sont très bonnes partout. Par contre, la distance sur laquelle les engrais ont été épanchés au-delà du champ est encore trop importante sur certains distributeurs (notamment Bögballe et Sulky).

Précision de dosage

Outre la répartition transversale la plus élevée possible, un distributeur centrifuge doit également pouvoir épandre la quantité voulue avec précision. Pour un dosage

exact, il faut tenir compte de deux points:

- régler les doseurs selon les indications du tableau d'épandage;
- effectuer un étalonnage du débit pour contrôler le débit des engrais, c'est-à-dire la quantité épanchée.

L'étalonnage du débit est important, car les propriétés physiques de l'engrais utilisé influencent considérablement le débit et qu'elles peuvent être très différentes d'un engrais à l'autre, même dans une même catégorie d'engrais.

Tous les distributeurs testés sont équipés d'un dispositif adéquat permettant de contrôler aisément le débit des engrais, de manière tout à fait fiable. Sur la plupart des distributeurs, il faut démonter les aubes d'éjection ou tout le disque pour y parvenir.

Lors de la mesure du débit, presque tous les distributeurs n'ont affiché que de légers écarts par rapport à la valeur théorique, moins de 2 % (tab. 6). Seul le Sulky DPX présentait des valeurs plus élevées (écart de 5 % en moyenne). La pente de 10° simulée au banc d'essai (sur le côté, à l'avant et à l'arrière) n'a pas non plus vraiment influencé le débit des engrais. Les écarts étaient là aussi inférieurs à 2 % (sauf pour le Sulky DPX: 4 %).

Lors de la comparaison entre les quantités d'engrais effectivement épanchées (recueillies dans les bacs de réception) et les quantités théoriques réglées sur le distributeur, les différences relevées étaient généralement inférieures à 5 %. Les écarts ne se sont avérés plus élevés que pour les deux distributeurs Vicon (7 à 8 %).

Tests complémentaires

Outre les mesures touchant à la qualité du travail, d'autres aspects liés à la pratique ont été également testés et évalués:

- **Indicateur du niveau de remplissage:** tous les distributeurs sont pourvus d'une échelle de remplissage à l'intérieur de la trémie. Les valeurs indiquées varient au maximum de 10% par rapport au niveau de remplissage effectif. C'est le Sulky DPX Prima qui donne les indications les plus précises pour le niveau de remplissage avec un écart inférieur à 5%.
- **Étanchéité:** après fermeture des trappes de sortie, les trémies sont étanches et sont donc conformes aux exigences posées par la norme à ce sujet.
- **Vidange des quantités résiduelles:** les trémies de tous les distributeurs peuvent être vidangées par les trappes d'ouverture. Pour cette opération, il faut soit démonter les disques (Amazone, Rauch et Sulky), soit les aubes d'éjection (Böggalle et Vicon).
- **Nettoyage:** l'aspersion de la trémie à l'eau après vidange des quantités d'engrais résiduelles ne pose aucun problème sur tous les distributeurs.
- **Trémie de remplissage:** pour éviter les bourrages que pourraient occasionner des agglomérations d'engrais au niveau des trappes d'ouverture, la trémie doit être équipée d'une grille. Hormis sur les modèles Rauch MDS 932 et Vicon RotaFlow RS-C, les grilles de remplissage font partie de l'équipement de base de tous les distributeurs.
- **Brasseur:** fait partie de l'équipement de base sur tous les distributeurs testés. Le brasseur doit tourner à bas régime pour que les engrais ne soient pas moulus.

Le tableau 7 présente les résultats des mesures stationnaires de la distance du centre de gravité, de la capacité de levage et de la puissance d'entraînement nécessaires, pour le débit d'engrais correspondant à la largeur de travail testée.

Mode d'emploi et tableau d'épandage

Le mode d'emploi contient des informations essentielles sur l'utilisation et le réglage du distributeur soit pour l'épandage normal soit pour l'épandage en bordure de champs. Pour une qualité d'épandage irréprochable (quantité et précision), le tableau d'épandage correspondant est lui aussi incontournable. Il contient tous les paramètres de réglage nécessaires, pour les différentes catégories d'engrais, les différentes largeurs de travail, quantités à épandre et vitesses de progression du distributeur sur le champ. Il permet ainsi un réglage correct du distributeur.

Tab. 7: Distance du centre de gravité, capacité de levage et puissance des distributeurs testés

Distributeur	Distance du centre de gravité ¹⁾ cm	Capacité de levage nécessaire selon ISO kN	Puissance d'entraînement nécessaire pour un débit de	
			kg/min	kW
Amazone ZA-M MAX	59	21,1 bis 23,4 ²⁾	108	1,9
Böggalle EX Trend	66	16,2 bis 19,4 ²⁾	70	2,8
Rauch MDS 932	48	11,8 bis 13,6 ²⁾	62	0,8
Rauch AXERA-H	51	17,7 bis 18,3 ²⁾	104	9,2
Sulky DPX Prima	64	15,3	84	1,1
Vicon RotaFlow RS-C	59	10,3	50	1,4
Vicon RotaFlow RS-M	54	12,8 bis 13,8 ²⁾	80	1,9

¹⁾ Mesuré aux points d'attelage des bras inférieurs

²⁾ Suivant les dimensions de l'attelage trois points

Les modes d'emploi des sept distributeurs fournissent des informations claires sur le maniement et le fonctionnement des outils. Les différences sont certes considérables en ce qui concerne l'ampleur et la qualité de ces informations. Sauf pour Amazone et Rauch, tous les modes d'emploi sont disponibles soit en allemand, soit en français (tab. 2). En plus du mode d'emploi, les sept distributeurs comprennent également des tableaux d'épandage complets et bien présentés. Pour la plupart des distributeurs, ces tableaux ne concernent toutefois que l'épandage normal. Seuls Amazone et Rauch fournissent des tableaux complémentaires pour leurs distributeurs pour l'épandage en bordure de champs et la fumure tardive (tab. 2). Les essais ont eu un effet bénéfique. Plusieurs fabricants ont amélioré leurs modes d'emploi et leurs tableaux d'épandage en cours de test.

Tous les fabricants fournissent pour leurs distributeurs un **set de test destiné à l'utilisateur**, composé de bacs de réception. Ceci permet un contrôle relativement grossier de la précision d'épandage sur la parcelle, lorsque des engrais d'origine inconnue et de qualité insuffisante vien-

nent par exemple à être utilisées. En général, ce test ne convient que pour l'épandage normal. Par ailleurs, dans certains cas, les indications ne sont pas suffisamment claires pour évaluer le résultat d'épandage de manière solide.

Les tableaux d'épandage des distributeurs Vicon se distinguent des autres, car ils n'indiquent pas les différentes catégories d'engrais. En effet, il faut définir l'engrais utilisé sur la base de sa densité en vrac et de sa granulométrie avant de l'attribuer à la catégorie correspondante. Une **boîte de test** simple est fournie par le fabricant pour déterminer le spectre granulométrique de l'engrais.

En complément du tableau d'épandage, Rauch présente également un **système simple d'identification des engrais**, qui permet d'identifier les engrais inconnus simplement et rapidement à l'œil nu à l'aide de cartes d'engrais. Amazone s'engage également dans une voie intéressante en offrant un **«service-engrais»**: l'agriculteur peut envoyer un échantillon d'engrais non identifié à un service de test et reçoit ensuite les informations correspondantes pour le réglage optimal de son distributeur.



Fig. 7: Un tel set de test sert à contrôler la précision d'épandage sur la parcelle. Son utilisation est recommandée lorsque les engrais épandus sont d'origine inconnue.

Qualité d'épandage et propriétés des engrais

Il est difficile de transférer les résultats obtenus dans les tests européens, sachant qu'en cas d'utilisation d'engrais dont les propriétés physiques sont différentes, les résultats d'épandage ne sont pas automatiquement les mêmes. Le procédé choisi dans le test DIAS avec des catégories

Tab. 8: Propriétés physiques de quelques engrais minéraux importants disponibles en Suisse et classement par catégorie selon la norme CEN N-50-2 (cf. tableau 1)

Engrais	Forme	Fournisseur	Granulométrie D 50 ¹⁾ mm	Densité en vrac ²⁾ %	Fluidité ²⁾ kg/min	Taux d'humidité %	Catégorie selon CEN N-50-2
Nitrate d'ammoniac Lonza 27,5 % N	N	Agroline	2,7	1,02	6,5	0,8	A
Nitrate d'ammoniac 27 % N + 2,5 Mg	N	Landor	3,4	1,04	5,9	0,8	A
Nitrate d'ammoniac calcaire 27 % N + 2,5 % Mg	N	Landor	3,7	0,94	4,9	0,6	A
Calcaire-ammonium + Mg	N	Landor	3,6	1,12	6,3	0,8	A
Nitrate d'ammoniac Lonza avec calcaire	N	Agroline	3,3	1,10	6,3	1,2	A
Nitrate d'ammoniac Mg Lonza+S 23 % N	N	Agroline	3,0	1,08	6,3	1,9	A
Nitrate d'ammoniac-Bore 26 % N	N	Landor	3,7	0,95	4,9	0,7	A
Urée 46 % granulés	N	Landor	3,2	0,74	4,3	0,3	B
Sulfate d'ammoniac Mg 21 % N	N	Agroline	3,4	0,87	4,1	3,4	E
Landor 13.13.21	NPK	Landor	3,7	1,09	6,1	2,4	A
Suplesan	NPK	Agroline	3,3	0,83	3,8	7,7	E
Landor 0.20.30	PK	Landor	3,3	1,16	6,1	7,8	A
Ceral 14-28	PK	Agroline	3,0	1,03	4,4	3,9	E
TSP Triplesuper 46 %	P	Landor	2,9	1,06	5,7	3,8	A
Potassium 60 %	K	Kali AG	3,1	1,05	6,0	0,1	E
Magnésium potassique (potassium breveté)	K	Kali AG	2,8	1,14	6,4	4,2	E

¹⁾ D 50 = Granulométrie moyenne par rapport au poids. Définition selon DIN EN 1235

²⁾ Définition selon ISO 3944

d'engrais caractéristiques et non des types d'engrais individuels doit permettre d'obtenir des résultats d'épandage comparables avec des engrais dont les propriétés physiques sont semblables, dans la mesure où le distributeur et le réglage sont les mêmes. Pour savoir quelles sont les différences entre les engrais minéraux vendus en Suisse et les engrais testés par le DIAS, la FAT a effectué une étude supplémentaire sur 16 engrais sélectionnés. Les fournisseurs étaient les suivants : Agroline, Landor et Kali SA.

L'étude a porté sur les quatre mêmes paramètres que pour le test DIAS: répartition granulométrique, densité en vrac, fluidité et taux d'humidité. La méthode correspond et est basée sur les normes DIN EN 1235 (répartition granulométrique) et ISO 3944 (densité en vrac, fluidité). Lorsque les propriétés physiques des différents engrais correspondent aux exigences définies dans la norme CEN pour les différentes catégories d'engrais (tab. 1), on peut s'attendre à ce que les résultats d'épandage soient comparables à ceux du test DIAS.

A deux exceptions près, tous les engrais analysés remplissent les exigences posées par la norme CEN en ce qui concerne la granulométrie, la densité en vrac et la fluidité. Seul le sulfate d'ammoniac-Mg et le

Suplesan présentent une densité en vrac et une fluidité légèrement inférieures aux exigences de la norme. Les valeurs D 50 obtenues (granulométrie moyenne par rapport au poids) sont très bonnes pour tous les engrais. Seule la faible granulométrie moyenne du nitrate d'ammoniac de Lonza sort un peu du lot, sans pour autant sortir de la plage de tolérance. Par contre, le taux d'humidité est trop élevé pour certains engrais compactés de la catégorie E (tab. 8).

La dernière colonne du tableau 8 indique comment répartir les engrais dans les différentes catégories en fonction des propriétés physiques identifiées. Les engrais étudiés couvrent les catégories A, B et E. Aucun engrais ne représente les catégories C et D (engrais perlés). A l'exception de l'urée 46 % (catégorie B) et du sulfate d'ammoniac-Mg (catégorie E), tous les engrais azotés se rangent dans la catégorie A. Les engrais NPK, PK, P et K font partie de la catégorie A ou E, suivant s'ils se présentent sous forme de granulés ou s'ils sont compactés.

Si l'on compare les propriétés physiques des engrais étudiés avec celles des engrais utilisés dans les tests DIAS (tab. 1), on ne constate que des différences très minimes pour les représentants des catégories B et

E. Pour les engrais de la catégorie A en revanche, les différences sont un peu plus nettes, car les engrais minéraux sous forme de granulés vendus en Suisse présentent en moyenne une granulométrie supérieure et une densité en vrac un peu plus faible. Hormis cette différence, on peut toutefois partir du principe qu'avec la plupart des engrais analysés, lorsque le distributeur est réglé de manière correcte d'après le tableau d'épandage, il est possible d'obtenir des résultats d'épandage comparables à ceux du test DIAS, même s'ils ne sont pas tout à fait identiques.

Enquête dans la pratique

Par le biais d'une enquête à laquelle ont participé 139 agriculteurs et entrepreneurs de travaux agricoles, nous avons voulu savoir combien de fois le tableau d'épandage, le set d'étalonnage de débit et le dispositif spécial pour épandage en bordure de champs étaient utilisés dans la pratique. Les distributeurs étudiés se composent à 98 % de produits Amazone, Böggalle, Rauch, Sulky et Vicon. 116 exploitations sont équipées d'un distributeur à deux disques, six d'un distributeur à un disque et 17 d'un distributeur à tube oscillant.

Les résultats de l'enquête montrent que le tableau d'épandage est généralement très utilisé. Par contre, l'étalonnage du débit et le dispositif spécial pour épandage en bordure de champs ne sont pas encore employés de façon suffisamment systématique. Tandis que près des trois quarts des exploitations utilisent régulièrement le tableau d'épandage pour régler leur distributeur, seule la moitié des exploitations réalisent régulièrement ou épisodiquement un étalonnage du débit (fig. 8). Il faut toutefois mentionner que le pourcentage de distributeurs qui ne sont pas équipés de sets pour l'étalonnage de débit reste encore très élevé puisqu'il est de 42 % (59 exploitations). Sur les 80 exploitations qui disposent d'un dispositif adéquat, 40 effectuent un contrôle de la quantité à épandre chaque fois ou à chaque changement d'engrais. Lorsqu'on leur demande pourquoi elles n'effectuent pas d'étalonnage du débit, la moitié des personnes interrogées répondent que le réglage à l'aide du tableau d'épandage ou un contrôle ultérieur de la quantité épandue sur la surface fertilisée suffisent et qu'elles ne considèrent donc pas l'étalonnage du débit comme une opération nécessaire. Certains agriculteurs déclarent également que l'étalonnage du débit est trop compliqué sur leur distributeur ou qu'il leur prend trop de temps. Le résultat est un peu meilleur en ce qui concerne l'épandage en bordure de champs. Plus de 50 % des exploitations le pratiquent déjà. Pour 99 distributeurs équipés d'un dispositif spécial pour l'épandage en bordure de champs, 78 % des exploitations l'utilisent.

L'enquête a permis de tirer les conclusions suivantes:

- Le tableau d'épandage est souvent utilisé pour le réglage du distributeur, ce qui est réjouissant.
- Le contrôle de la quantité à épandre à l'aide de l'étalonnage du débit est trop rarement effectué. L'importance de cette opération est généralement sous-estimée.
- L'étalonnage du débit et l'épandage en bordure de champs doivent pouvoir être effectués simplement et sans grande perte de temps.
- Les dispositifs comme le set d'étalonnage du débit et le déflecteur spécial pour l'épandage en bordure de champs devraient faire partie de l'équipement de base du distributeur d'engrais au même titre que le tableau d'épandage.

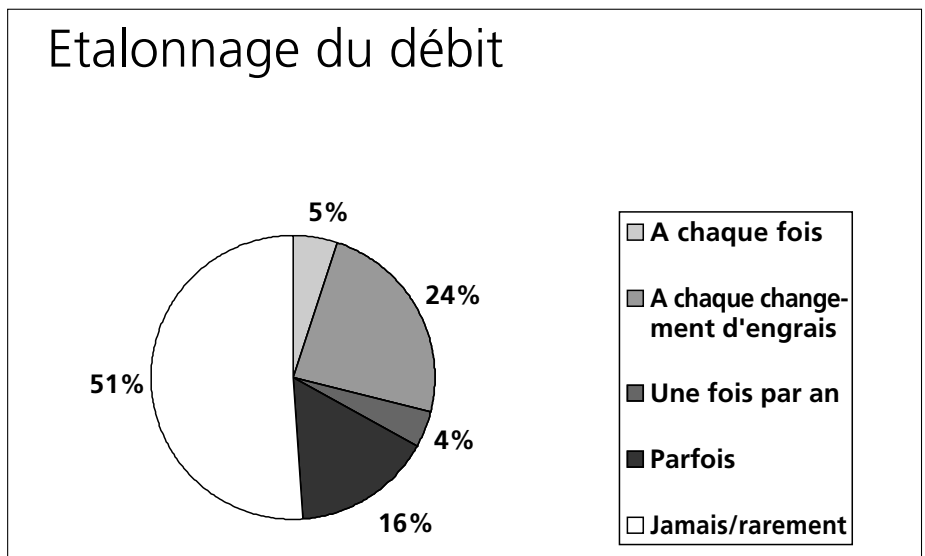
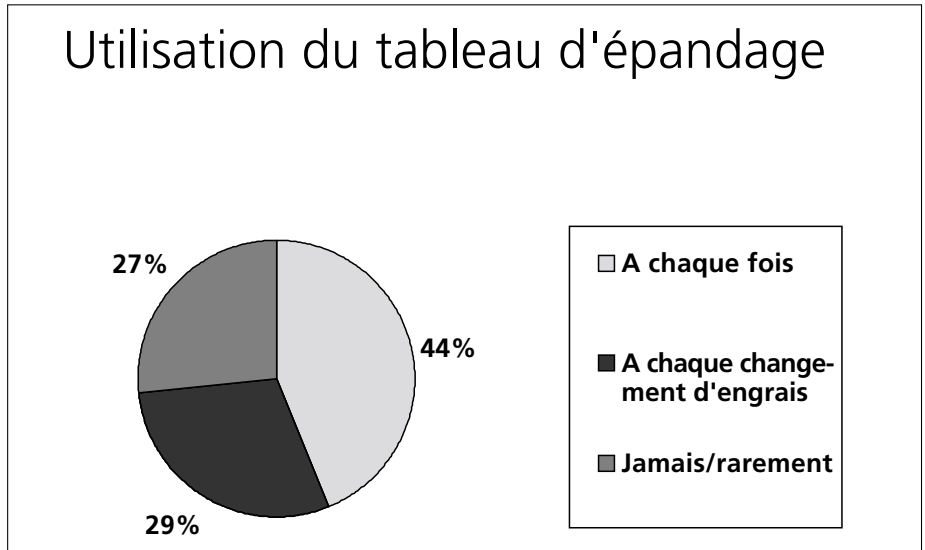


Fig. 8: Fréquence d'utilisation du tableau d'épandage et de l'étalonnage du débit pour contrôler la quantité d'engrais à épandre. Résultats d'une enquête réalisée auprès de 139 agriculteurs.



Fig. 9: Seul l'étalonnage du débit permet de contrôler de manière fiable la quantité d'engrais à épandre avant le début des travaux. Il est recommandé d'effectuer cet étalonnage au moins à chaque changement d'engrais et au moins une fois par an.

Recommandations pour l'emploi d'un distributeur centrifuge

1. N'utiliser que des engrais connus, si possible en granulés, répertoriés dans le tableau d'épandage. Pas d'agglomérations dans la trémie.
2. N'épandre qu'en l'absence de vent.
3. Contrôler la vitesse du tracteur (100 m/min = 6 km/h).
4. Procéder à un étalonnage du débit.
5. Attelage horizontal au tracteur, bras inférieurs bloqués.
6. Régler l'inclinaison et la hauteur d'attelage du distributeur selon les indications dans le tableau d'épandage.
7. Régler les doseurs précisément selon le tableau d'épandage.
8. Contrôler les trappes de sortie.
9. Respecter un régime régulier à la prise de force et une vitesse d'avancement régulière.
10. Respecter une distance exacte pour la voie de passage (culture fourragère!)
11. Utiliser un dispositif spécial pour épandre en bordure des parcelles.
12. Contrôler le bon fonctionnement des disques, des aubes d'éjection et des éléments du brasseur.

Conclusions

Le test DIAS montre que la technique des distributeurs à deux disques a atteint un niveau très élevé. Malgré des largeurs de travail de plus en plus grandes, la précision d'épandage peut être qualifiée de bonne à très bonne, que ce soit pour l'épandage normal ou pour la fumure tardive. Des modes d'emploi et des tableaux d'épandage détaillés garantissent une qualité de travail élevée. Les dispositifs permettant l'étalonnage du débit font désormais partie de l'équipement standard et permettent un contrôle fiable et simple de la quantité à épandre. Par contre, il reste encore des choses à amé-

liorer en ce qui concerne l'épandage en bordure de champs. Celui-ci n'est pas satisfaisant pour deux raisons: soit le réglage nécessaire est trop complexe, soit la précision d'épandage est lacunaire.

Les engrais minéraux vendus en Suisse sont principalement des engrais sous forme de granulés ou des engrais compactés. Les engrais perlés qui sont plutôt problématiques du point de vue de la qualité d'épandage, n'existent pratiquement plus chez nous. L'urée est elle aussi, contrairement à ce qui se passe à l'étranger, vendue principalement sous forme de granulés. Les propriétés physiques homogènes garantissent de bons résultats d'épandage dans la mesure où on utilise un distributeur bien réglé avec une qua-

lité de travail élevée. L'enquête réalisée dans la pratique montre clairement que l'importance de l'étalonnage du débit pour contrôler la quantité à épandre est généralement sous-estimée. Les dispositifs spéciaux pour l'épandage en bordure de champs sont assez fréquemment utilisés lorsque le distributeur en est équipé.

Bibliographie

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2000. Prüfberichte «Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung und Pflege», Sammelband 4a Düngerstreuer.

European Committee for Standardisation, 1996. European Standard CEN/TC 144/WG 3/AH 12 N-50-1 E. Full width distributors for solid fertilizer – Environmental preservation – Part 1: Requirements.

European Committee for Standardisation, 1996. European Standard CEN/TC 144/WG 3/AH 12 N-50-2 E. Full width distributors for solid fertilizer – Environmental preservation – Part 2: Test methods.

Frick R., 2001. Mineraldüngerstreuer – Ergebnisse der Praxisumfrage. Schweizer Landtechnik 6, 4-6. Distributeurs d'engrais minéraux – Résultats de l'enquête. Technique agricole 6, 20-22.

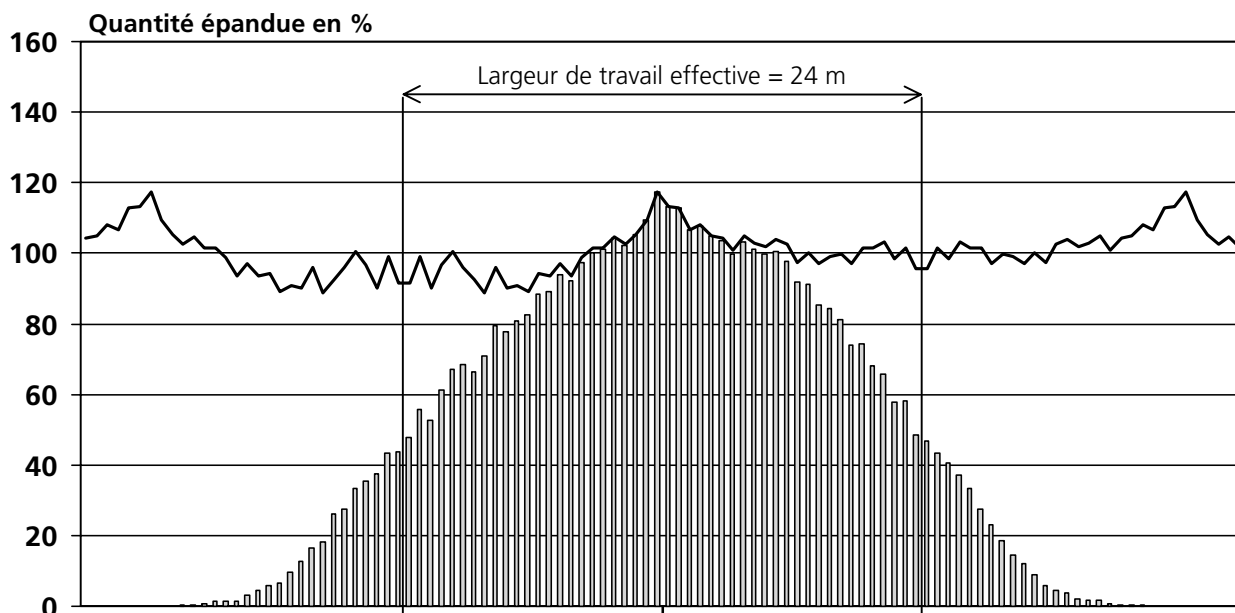
Persson K., Skovsgaard H., Bangsgaard J., 1999. Common European Test of fertilizer distributors – Single Test Reports. Danish Institute of Agricultural Sciences, Bgholm DK.



Fig. 10: Céréales versées suite à un mauvais réglage du distributeur d'engrais centrifuge. Le tableau d'épandage et l'étalonnage du débit peuvent aider à éviter de telles erreurs.

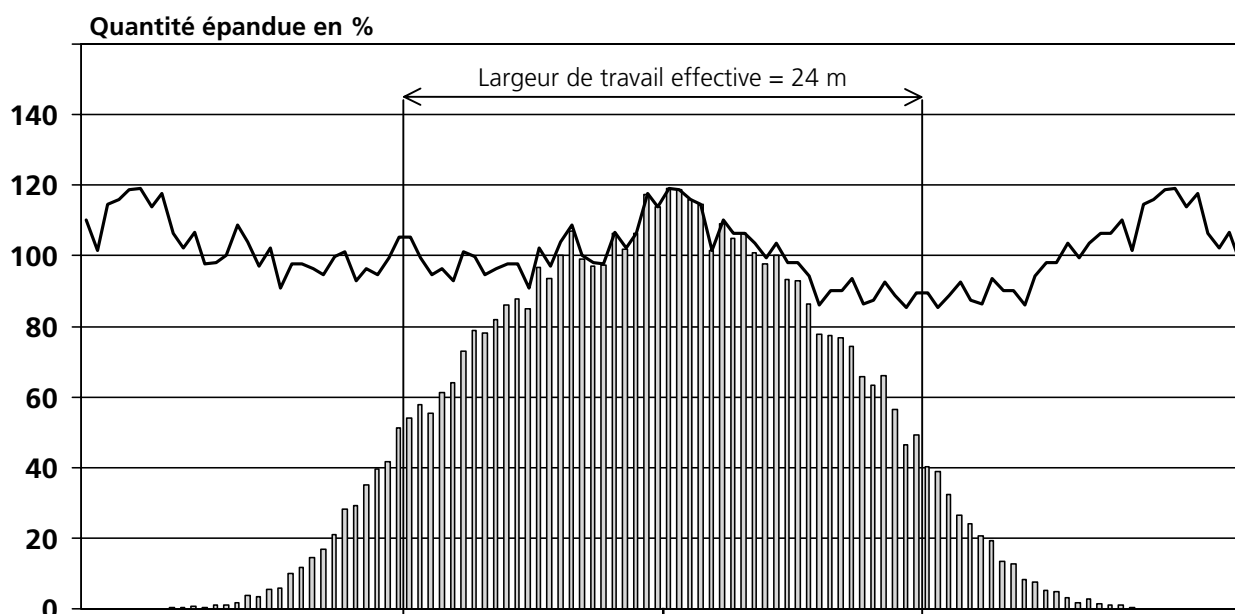
Epandage normal

Distributeur:	Amazone ZA-M MAX	Quantité épandue:	302 kg/ha
Largeur de travail:	24 m	Coefficient de variation:	6,3 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	48,8 / 51,2 %



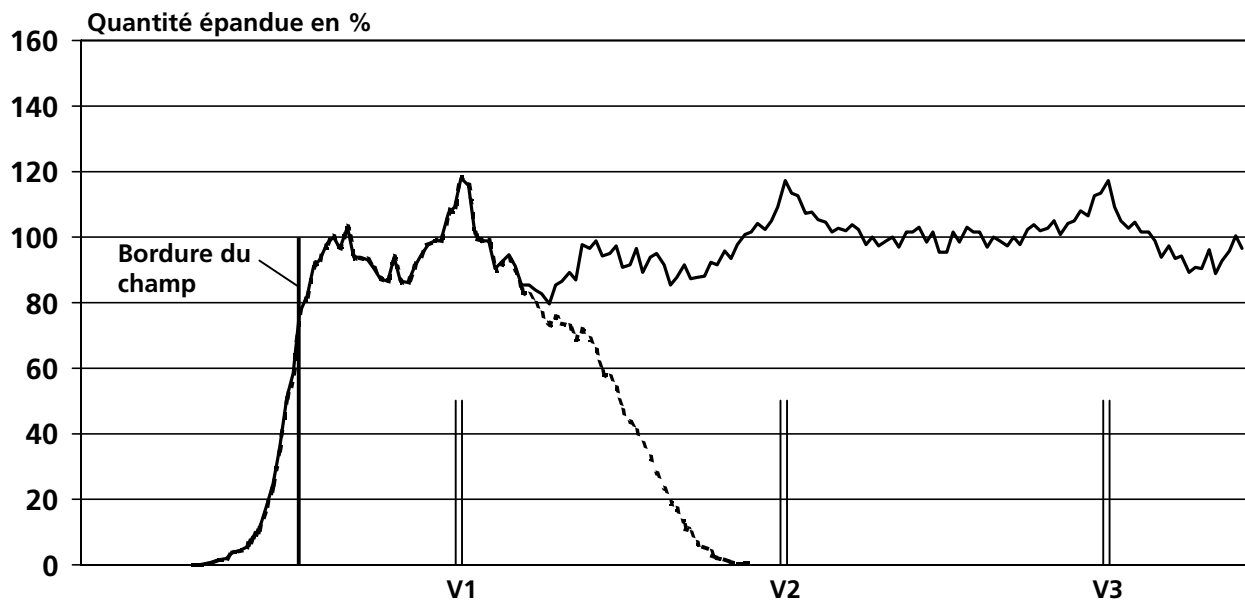
Epandage normal

Distributeur:	Amazone ZA-M MAX	Quantité épandue:	170 kg/ha
Largeur de travail:	24 m	Coefficient de variation:	8,9 %
Catégorie d'engrais:	B; urée en granulés 46 %	Répartition gauche/droite:	50,4 / 49,6 %



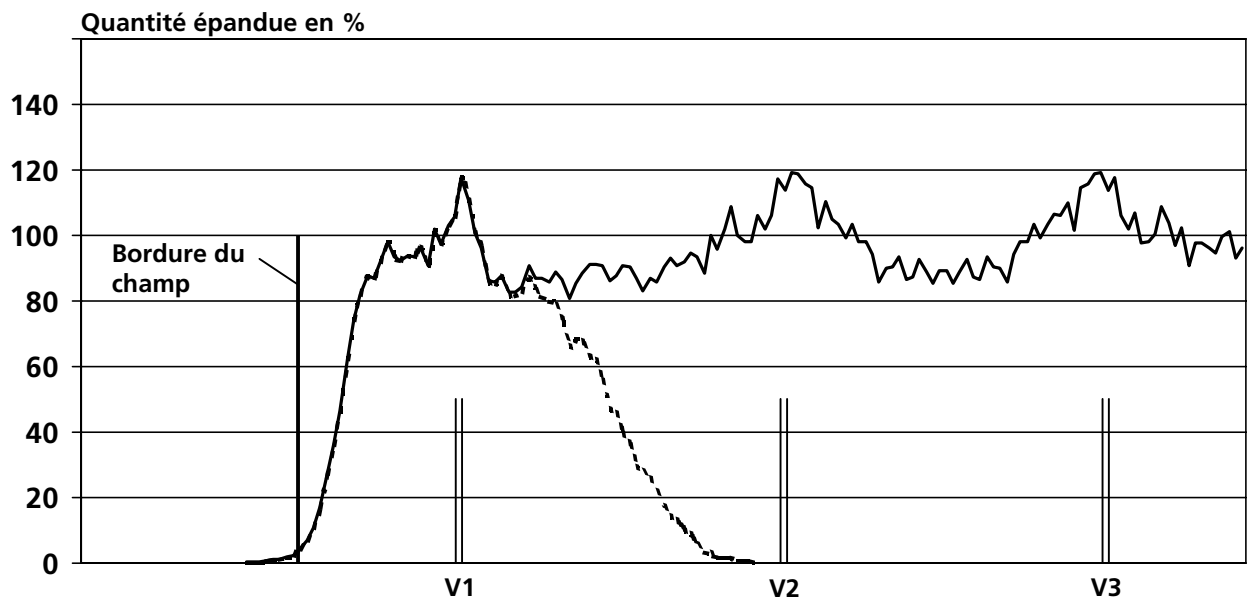
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Amazone ZA-M MAX	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	12 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OR	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	9,1 %
Largeur de travail:	24 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	5 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



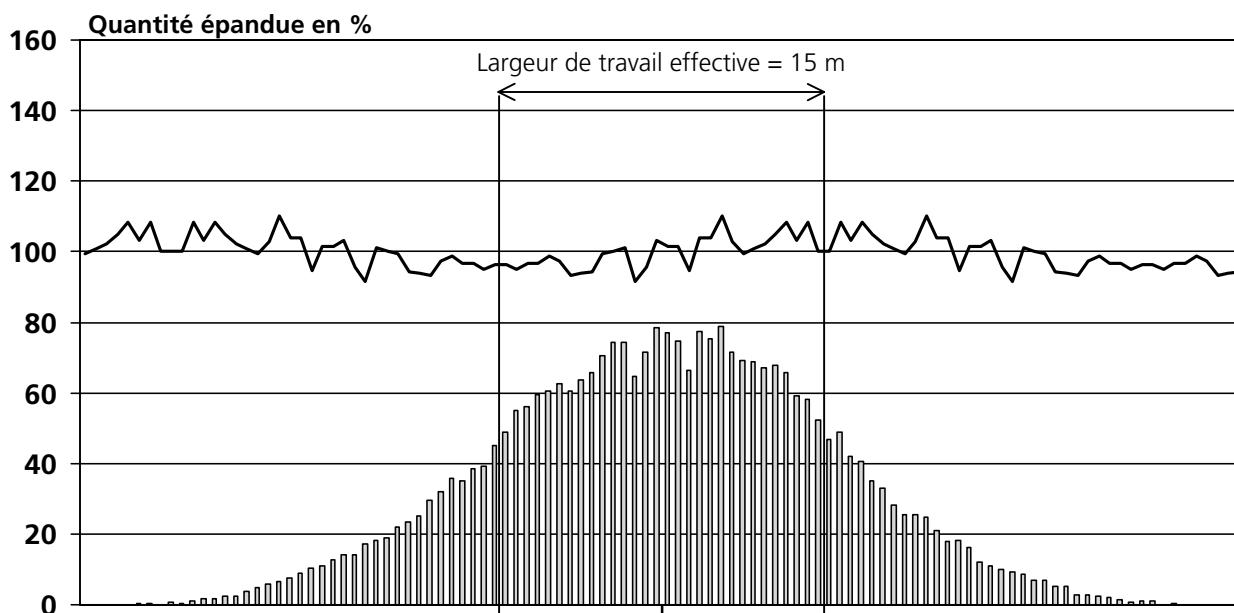
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Amazone ZA-M MAX	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	12 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	24,5 %
Largeur de travail:	24 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	0,5 m
Catégorie d'engrais:	B; urée en granulés 46 %		



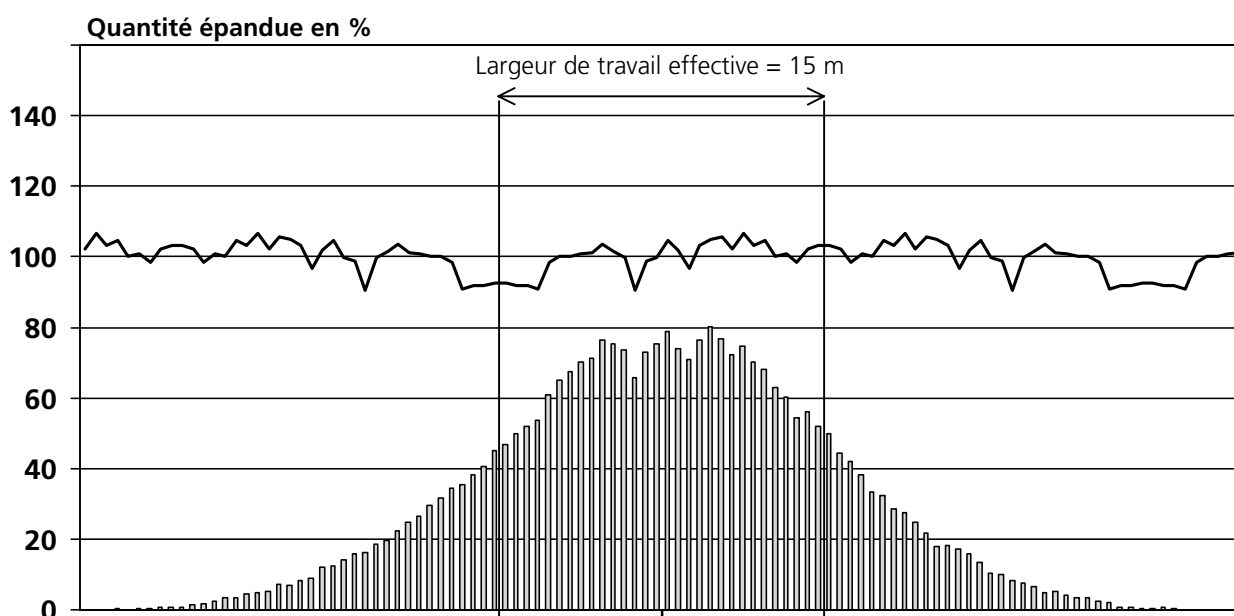
Epandage normal

Distributeur:	Bögballe EX Trend	Quantité épandue:	299 kg/ha
Largeur de travail:	15 m	Coefficient de variation:	4,7 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	48,6 / 51,4 %



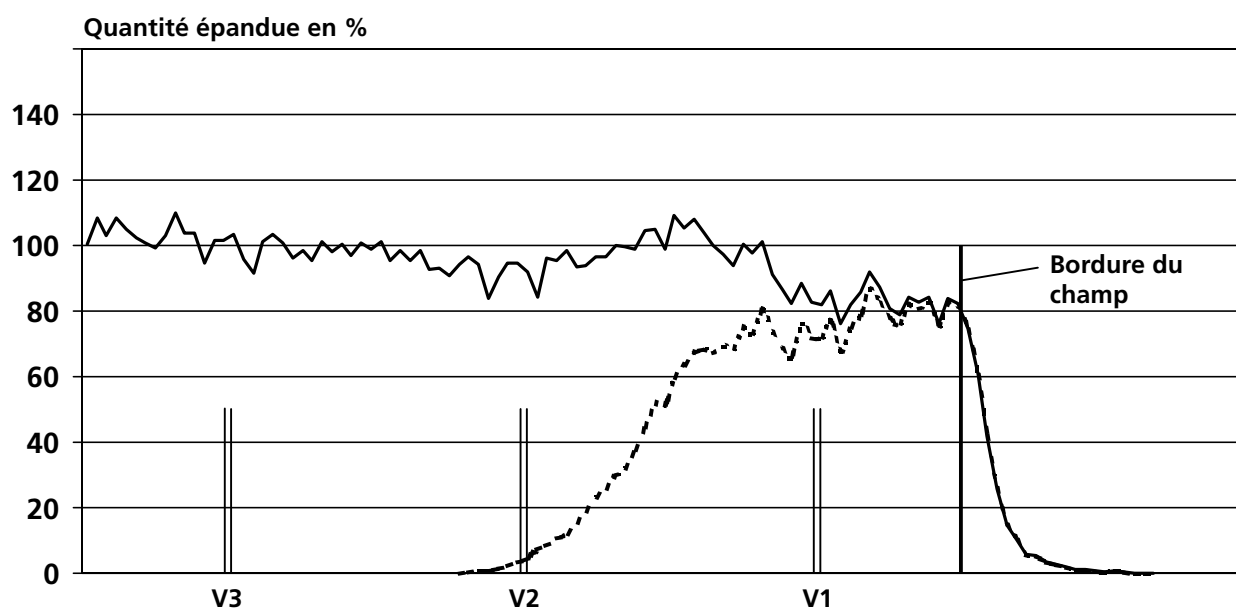
Epandage normal

Distributeur:	Bögballe EX Trend	Quantité épandue:	352 kg/ha
Largeur de travail:	15 m	Coefficient de variation:	4,5 %
Catégorie d'engrais:	C; NPK 21-3-10	Répartition gauche/droite:	49,2 / 50,8 %



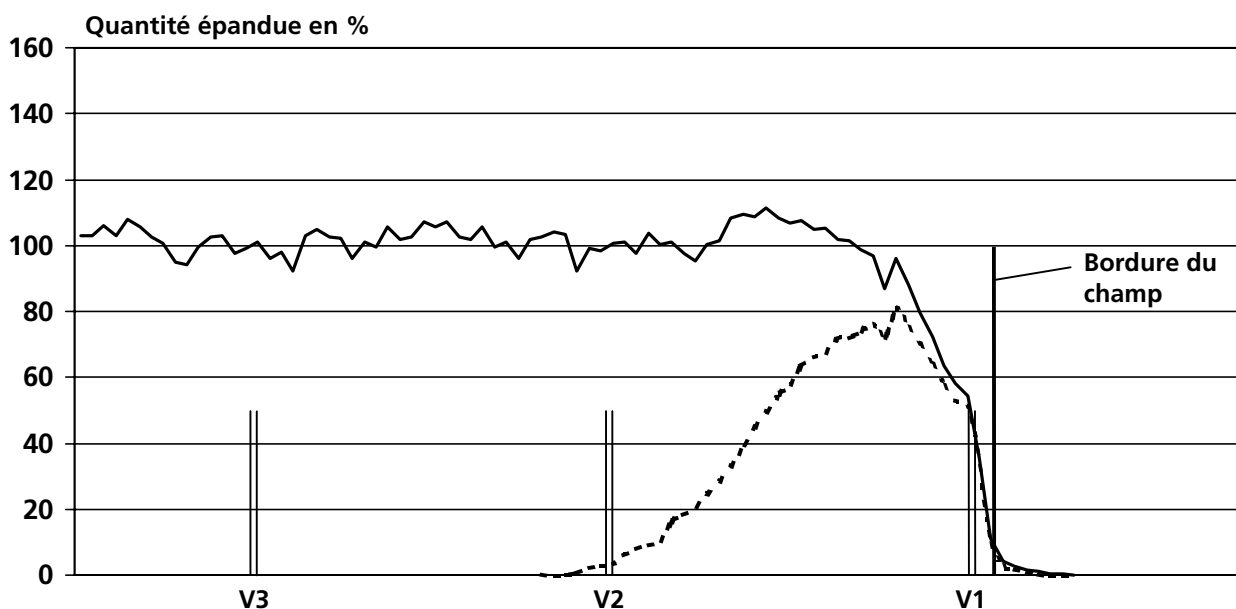
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Bögballe EX Trend	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	7,5 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OR	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	10,9 %
Largeur de travail:	15 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	5,5 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



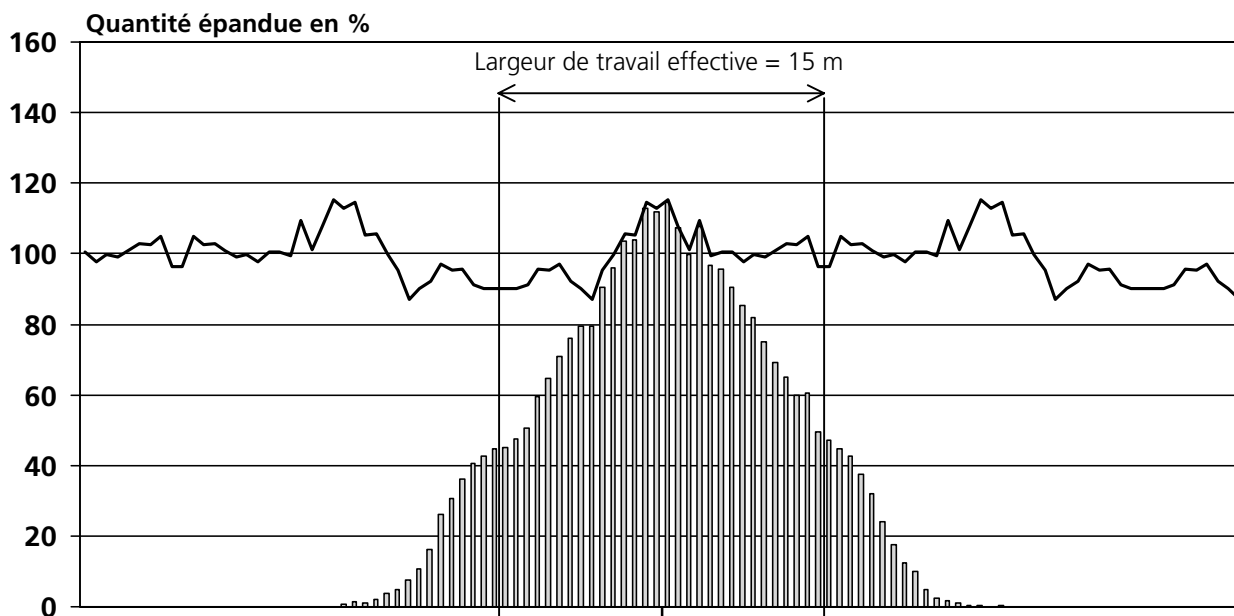
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Bögballe EX Trend	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	1 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	17,3 %
Largeur de travail:	15 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	1 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



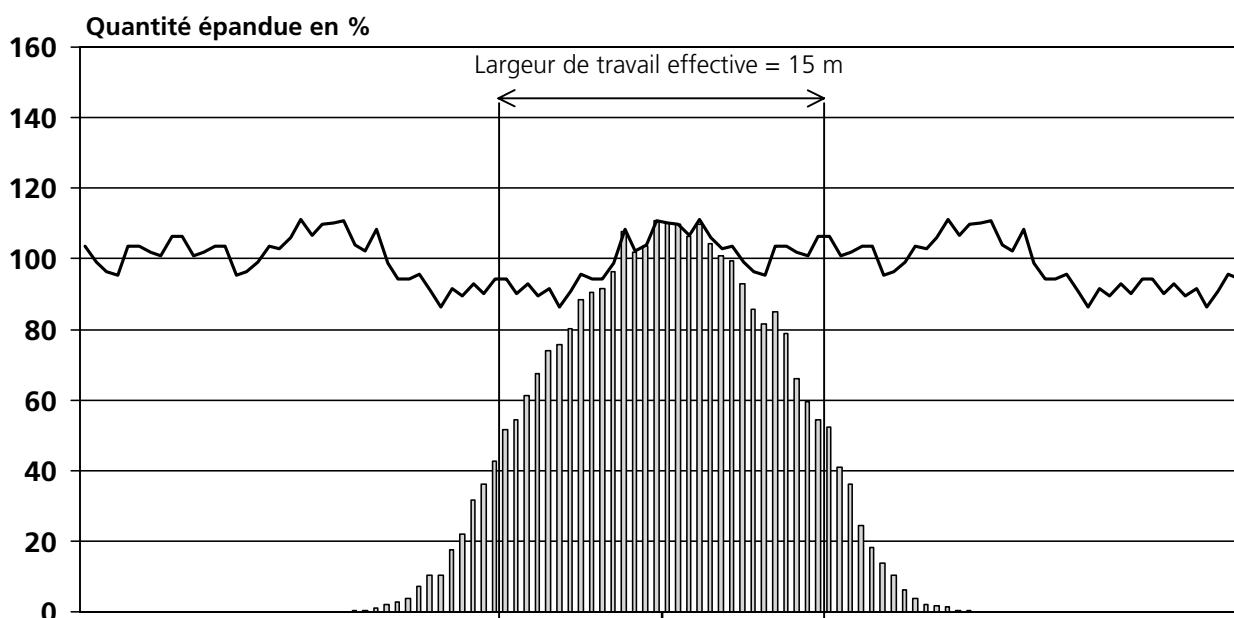
Epandage normal

Distributeur:	Rauch MDS 932	Quantité épandue:	302 kg/ha
Largeur de travail:	15 m	Coefficient de variation:	7,3 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	48,7 / 51,3 %



Epandage normal

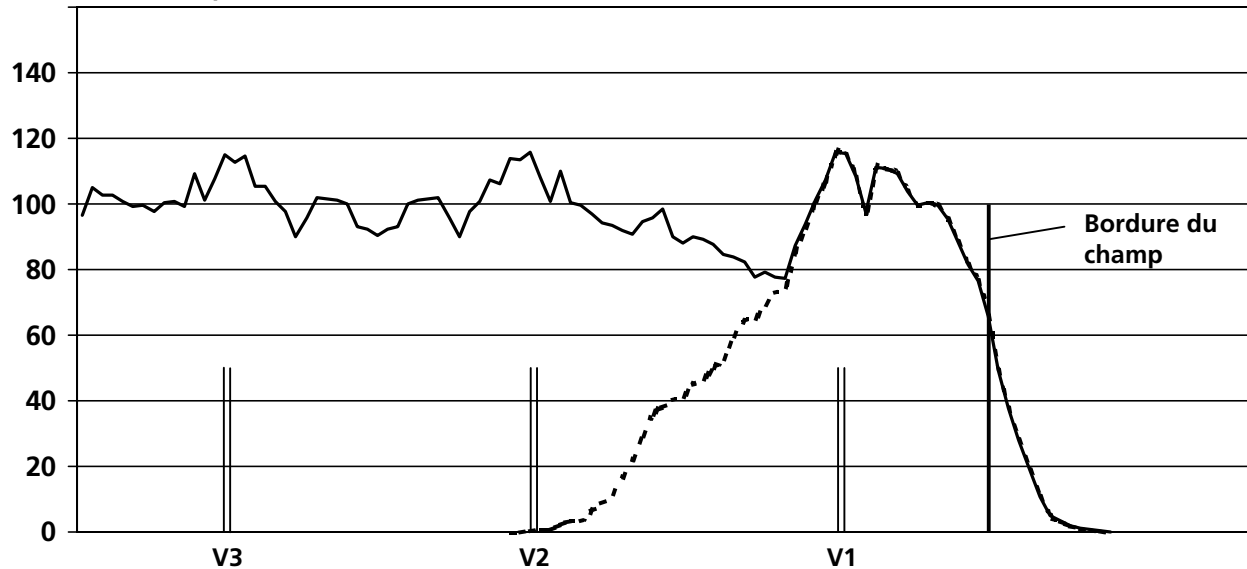
Distributeur:	Rauch MDS 932	Quantité épandue:	167 kg/ha
Largeur de travail:	15 m	Coefficient de variation:	7,1 %
Catégorie d'engrais:	B; urée en granulés 46 %	Répartition gauche/droite:	48,1 / 51,9 %



Épandage en bordure de champs

Distributeur:	Rauch MDS 932	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	7,5 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OR	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	10,8 %
Largeur de travail:	15 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	3,5 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		

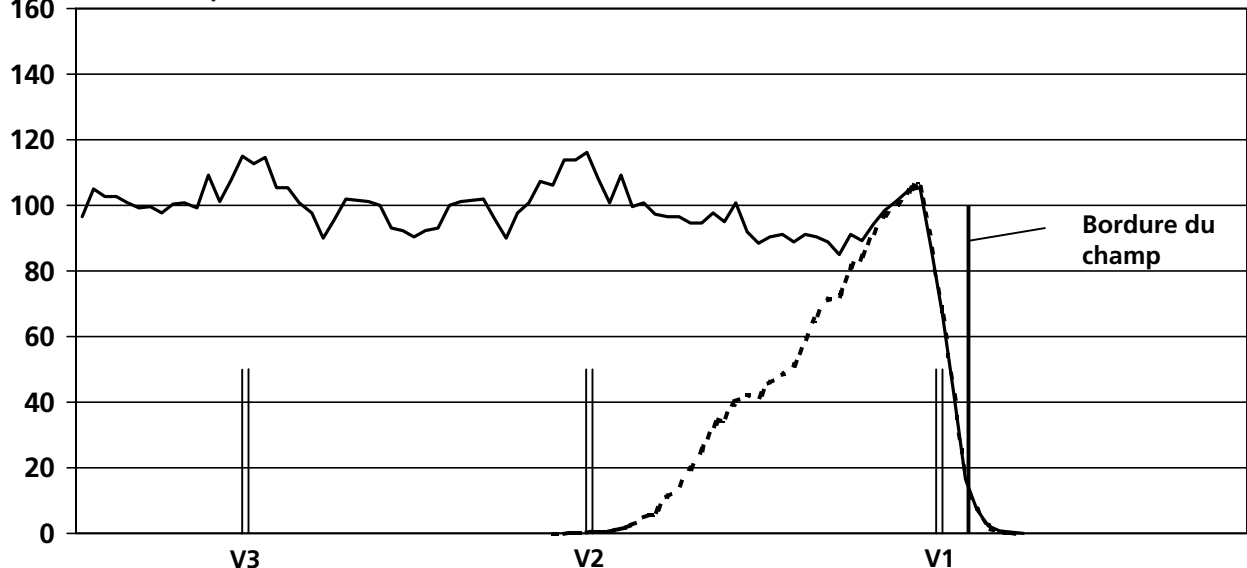
Quantité épandue en %



Épandage en bordure de champs

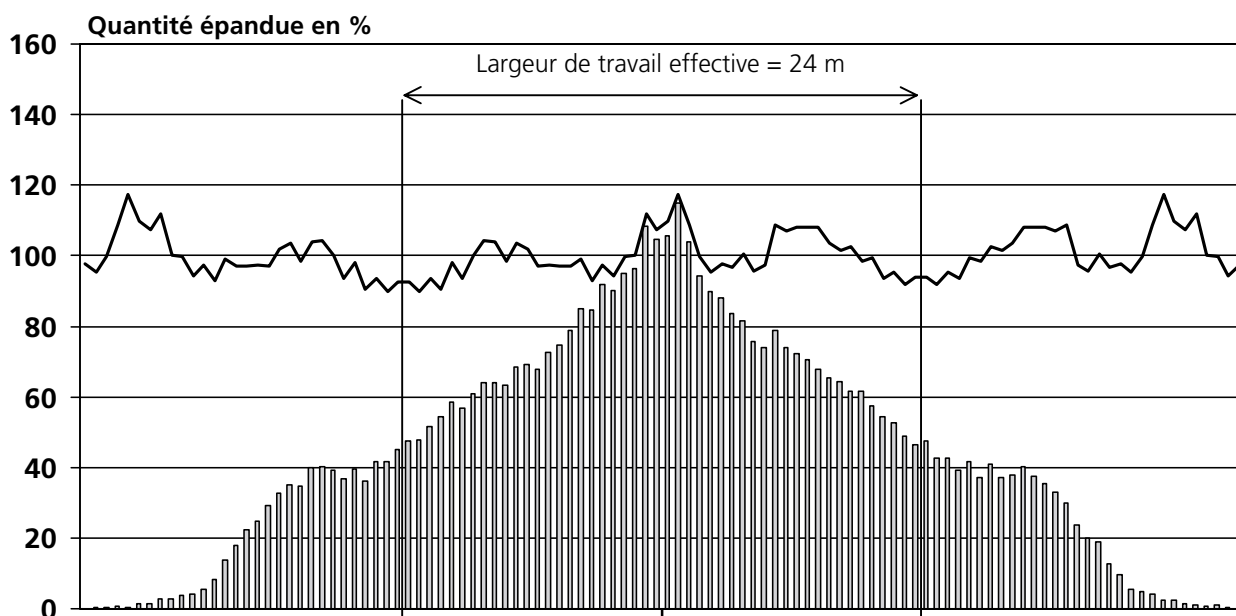
Distributeur:	Rauch MDS 932	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	1,5 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	26,1 %
Largeur de travail:	15 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	1 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		

Quantité épandue en %



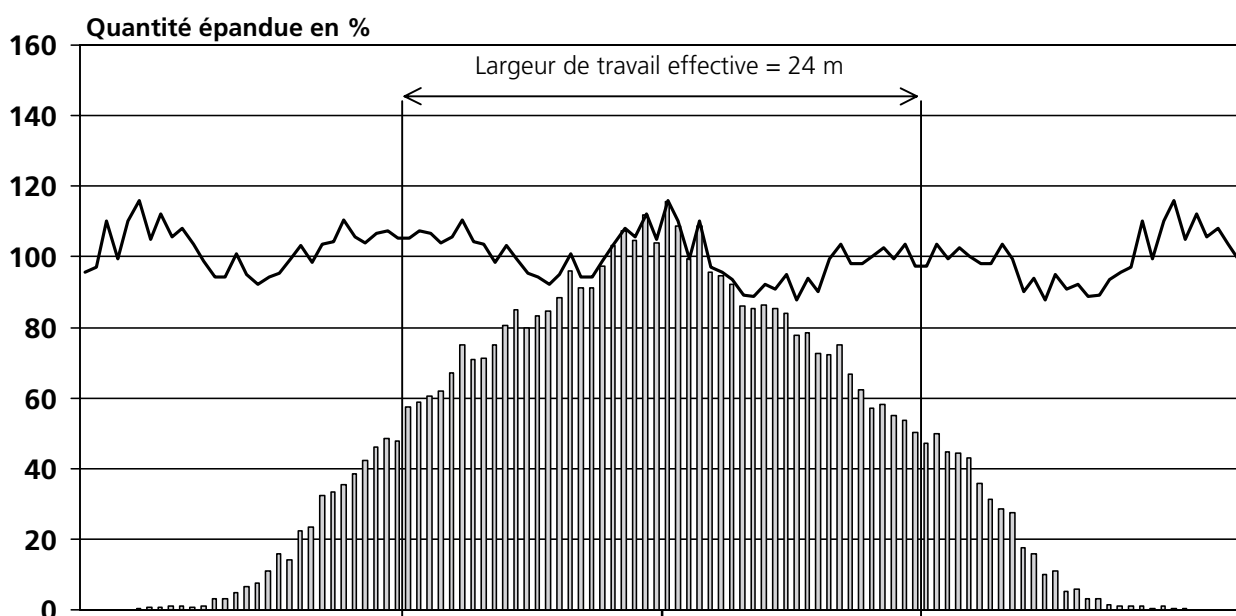
Epandage normal

Distributeur:	Rauch AXERA-H	Quantité épandue:	321 kg/ha
Largeur de travail:	24 m	Coefficient de variation:	6,1 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	49,2 / 50,8 %



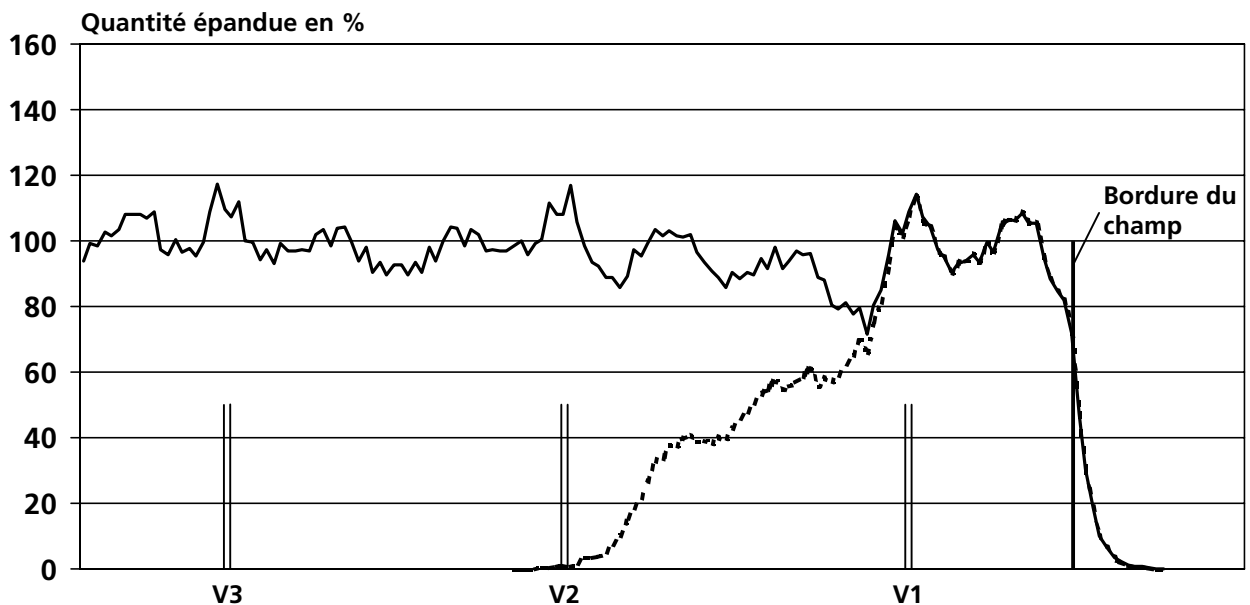
Epandage normal

Distributeur:	Rauch AXERA-H	Quantité épandue:	169 kg/ha
Largeur de travail:	24 m	Coefficient de variation:	6,7 %
Catégorie d'engrais:	B; urée en granulés 46 %	Répartition gauche/droite:	51,0 / 49,0 %



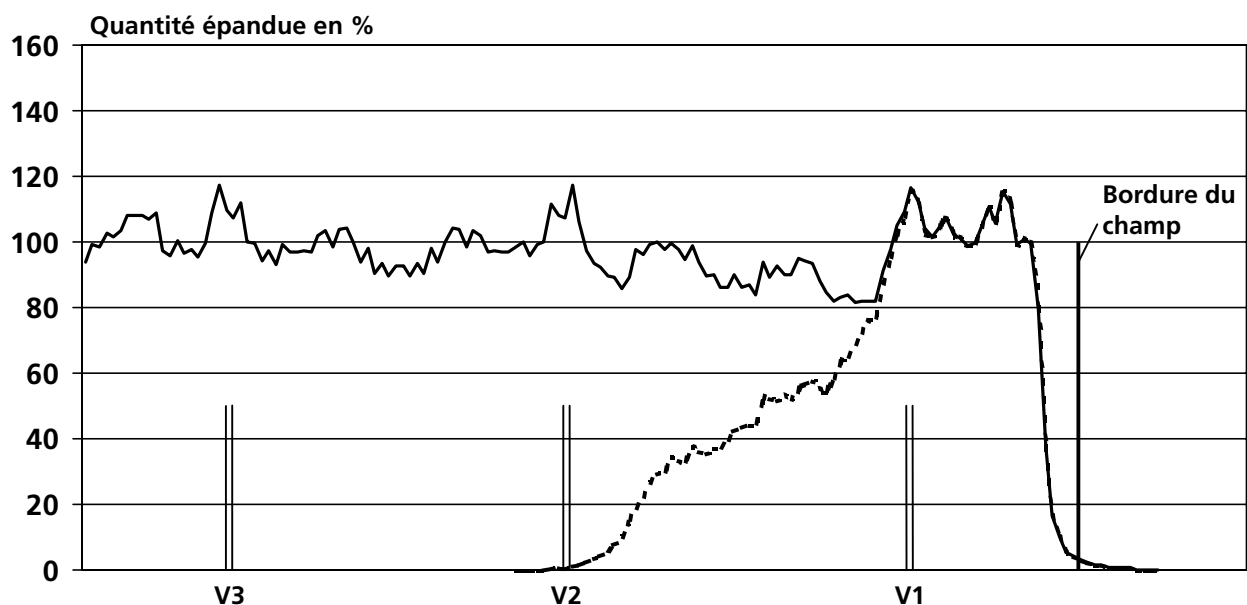
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Rauch AXERA-H	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	12 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OR	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	8,8 %
Largeur de travail:	24 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	3,5 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



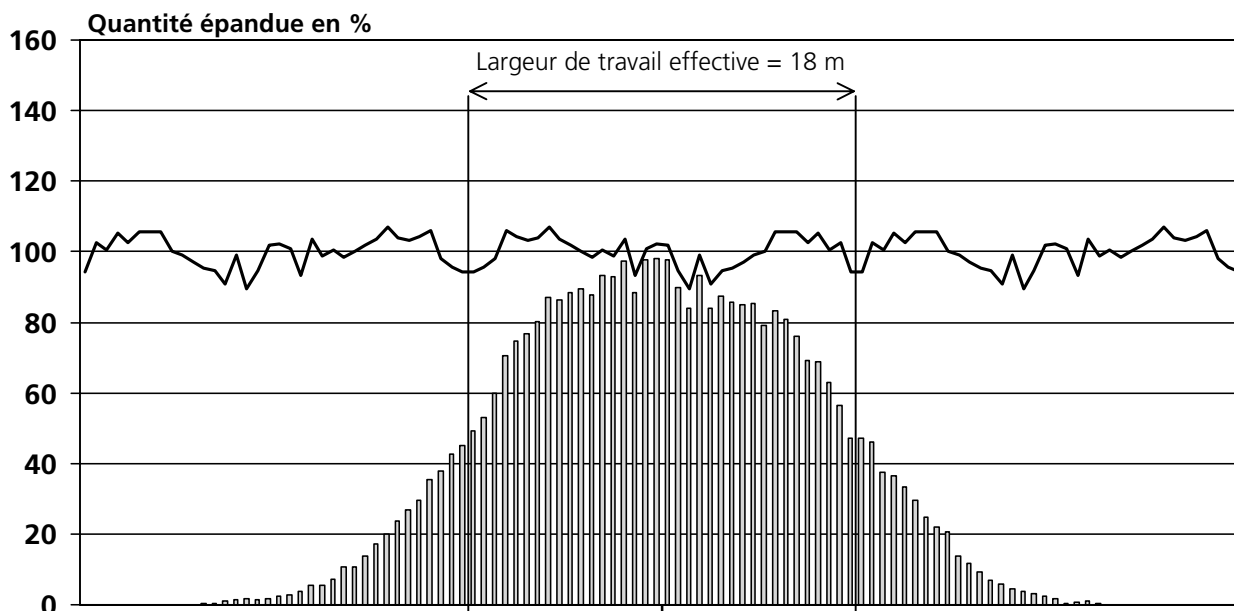
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Rauch AXERA-H	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	12 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	21,5 %
Largeur de travail:	24 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	1 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



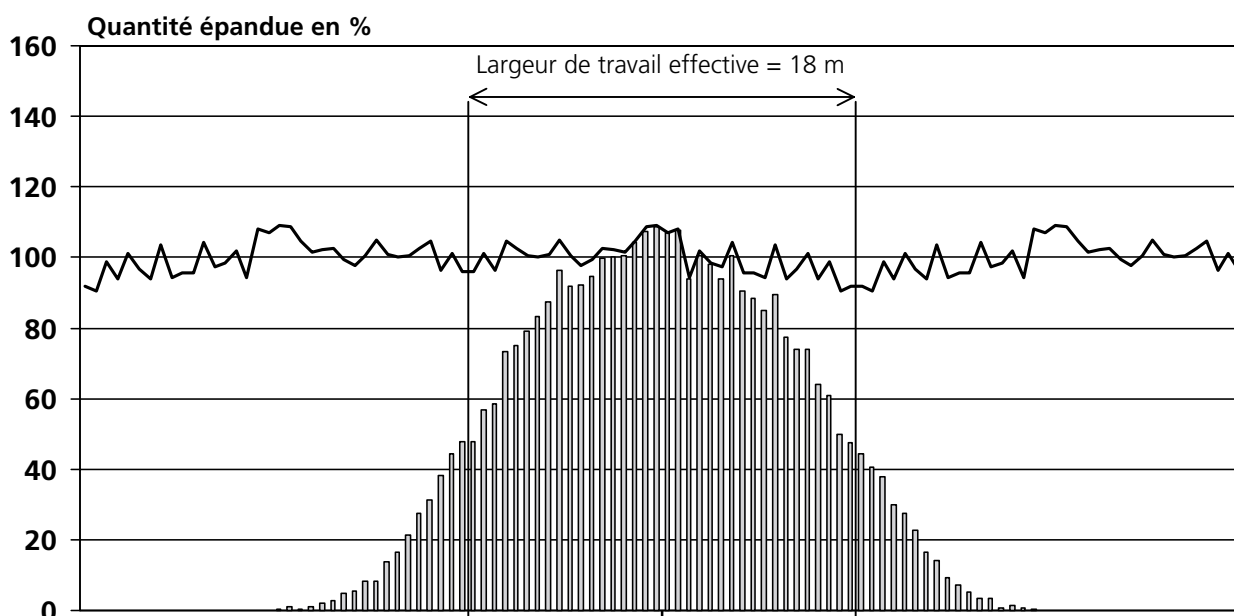
Epandage normal

Distributeur:	Sulky DPX Prima	Quantité épandue:	299 kg/ha
Largeur de travail:	18 m	Coefficient de variation:	4,5 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	50,5 / 49,5 %



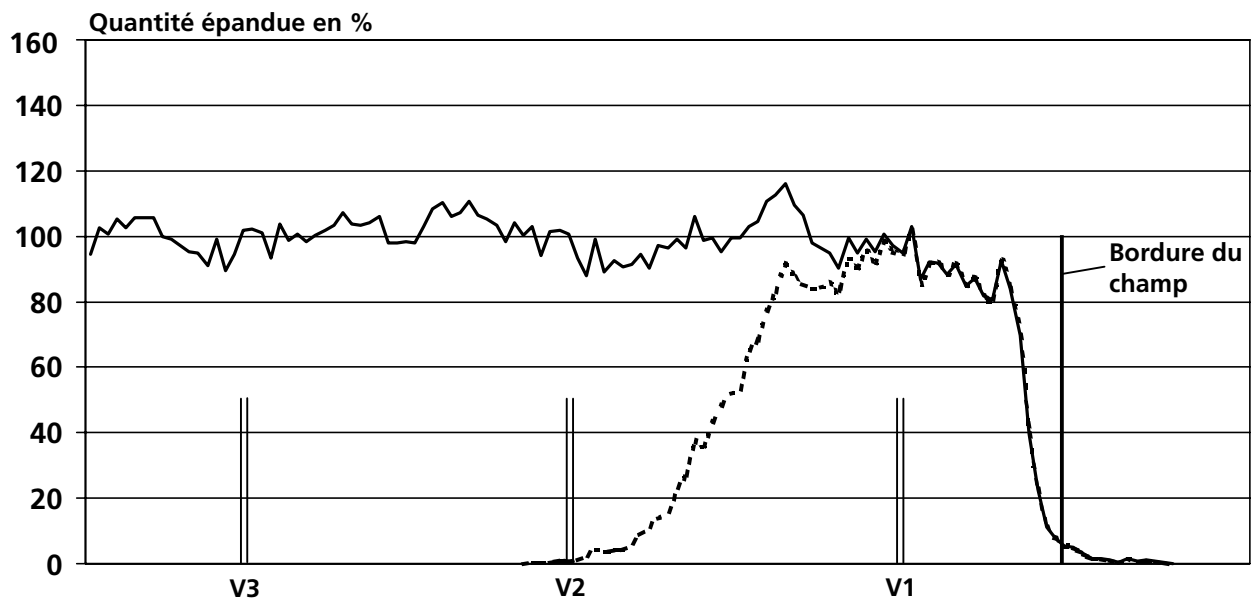
Epandage normal

Distributeur:	Sulky DPX Prima	Quantité épandue:	168 kg/ha
Largeur de travail:	18 m	Coefficient de variation:	4,7 %
Catégorie d'engrais:	B; urée en granulés 46 %	Répartition gauche/droite:	50,9 / 49,1 %



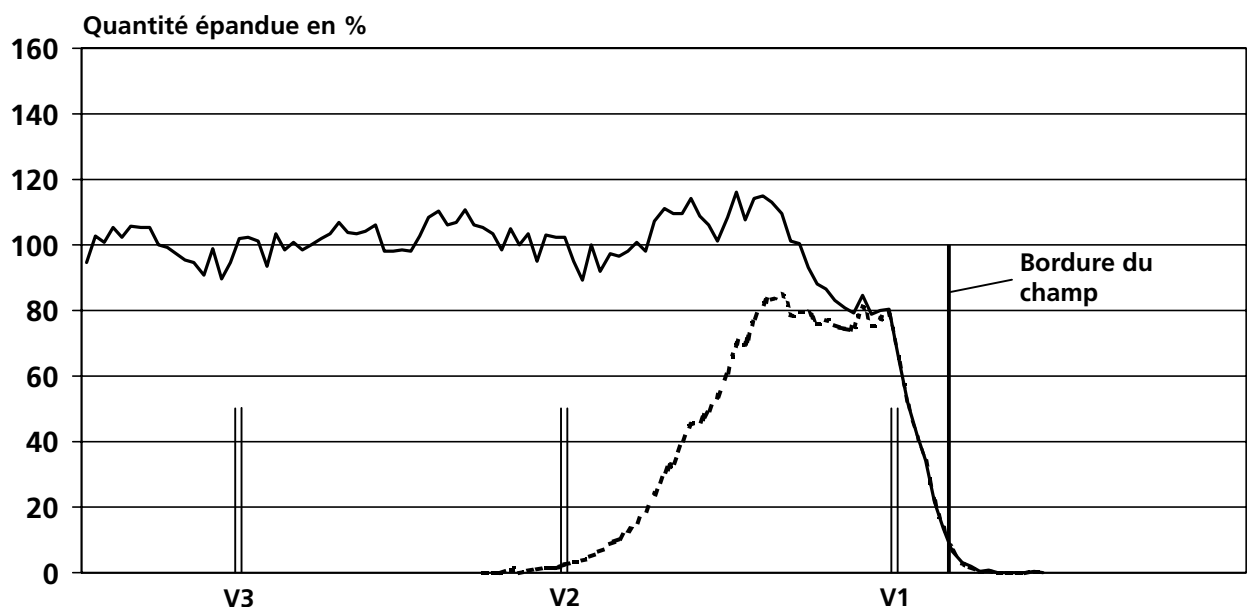
Épandage en bordure de champs

Distributeur:	Sulky DPX Prima	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	9 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	20,8 %
Largeur de travail:	18 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	1,5 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



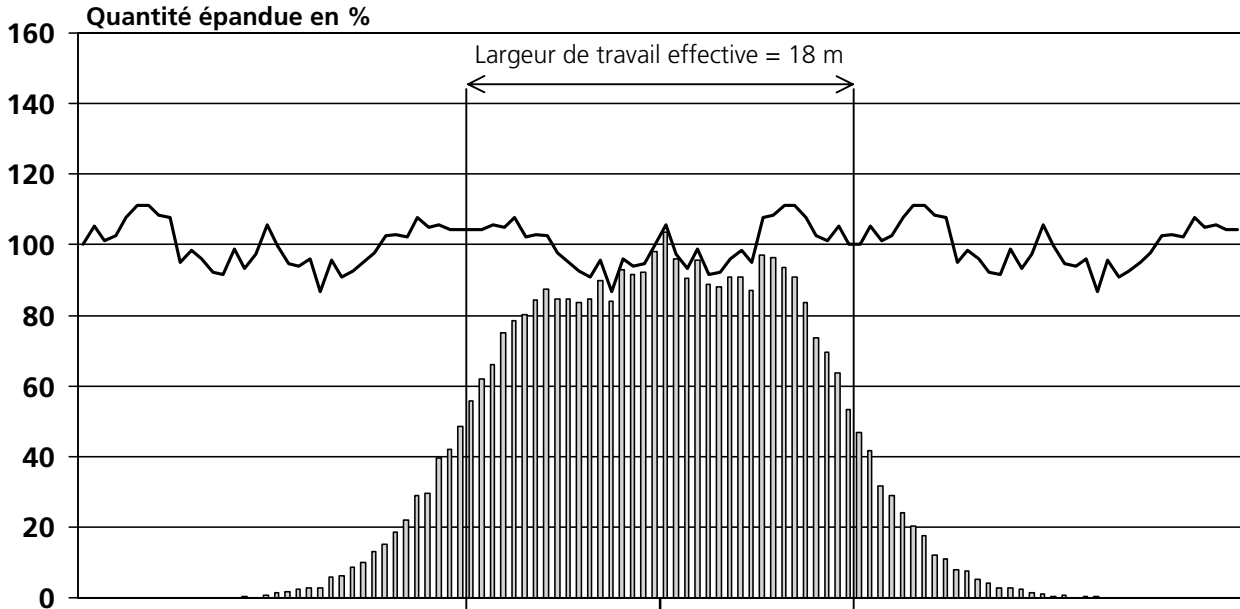
Épandage en bordure de champs

Distributeur:	Sulky DPX Prima	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	3 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	22,6 %
Largeur de travail:	18 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	1 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



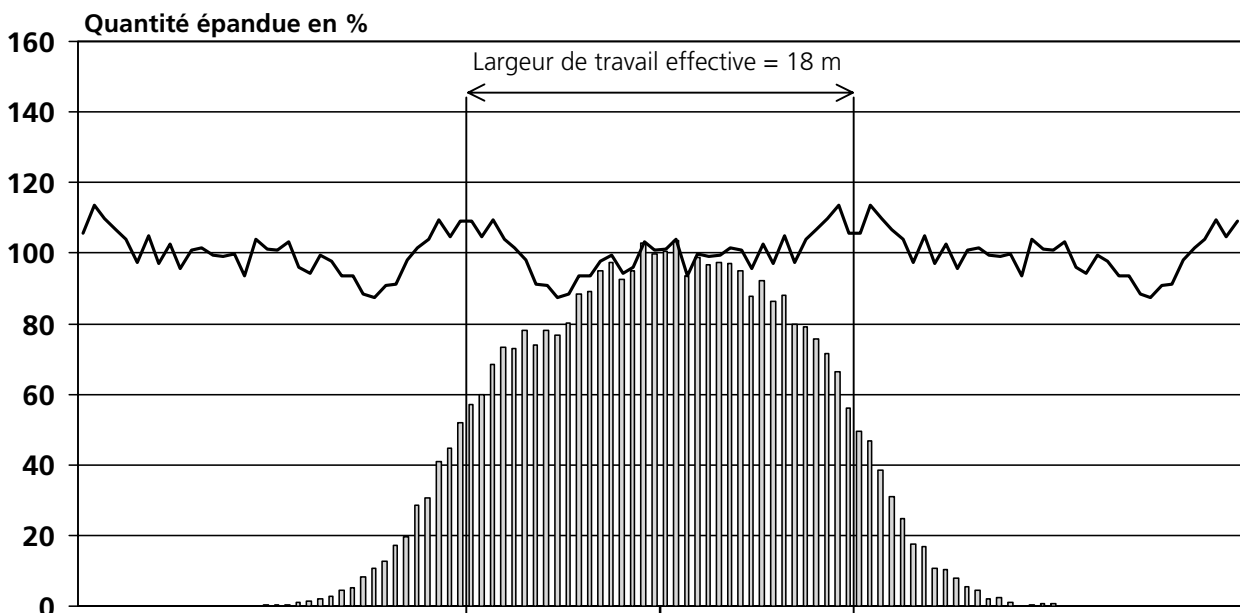
Epandage normal

Distributeur:	Vicon Rota Flow RS-M	Quantité épandue:	309 kg/ha
Largeur de travail:	18 m	Coefficient de variation:	6,2 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	49,4 / 50,6 %



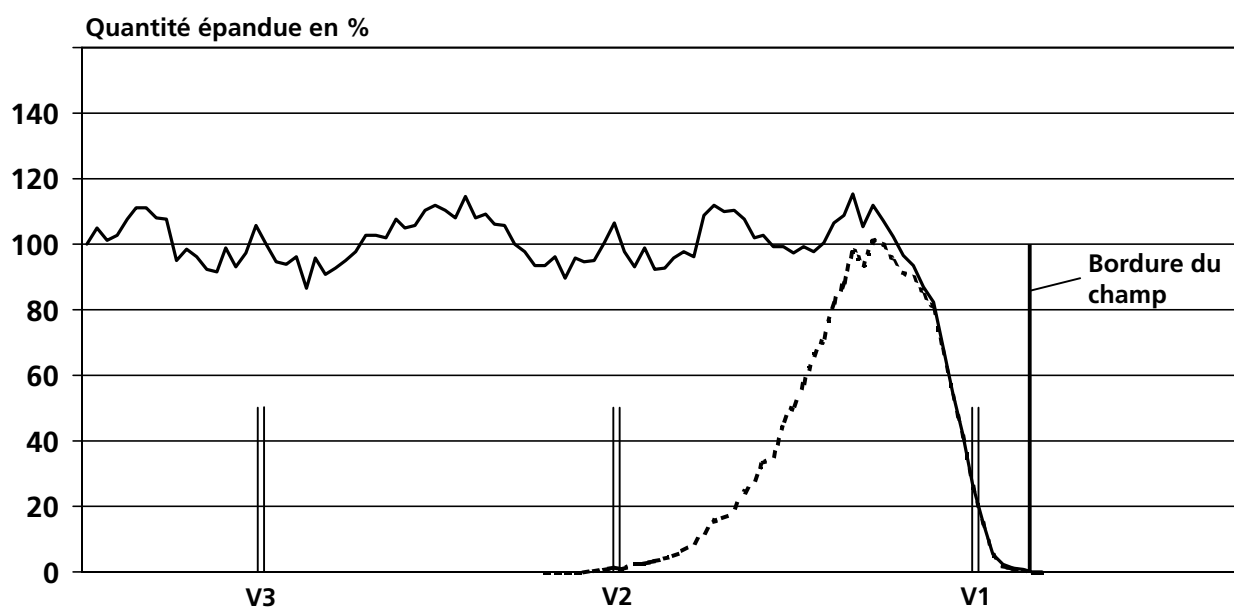
Epandage normal

Distributeur:	Vicon Rota Flow RS-M	Quantité épandue:	169 kg/ha
Largeur de travail:	18 m	Coefficient de variation:	6,1 %
Catégorie d'engrais:	B; urée en granulés 46 %	Répartition gauche/droite:	49,0 / 51,0 %



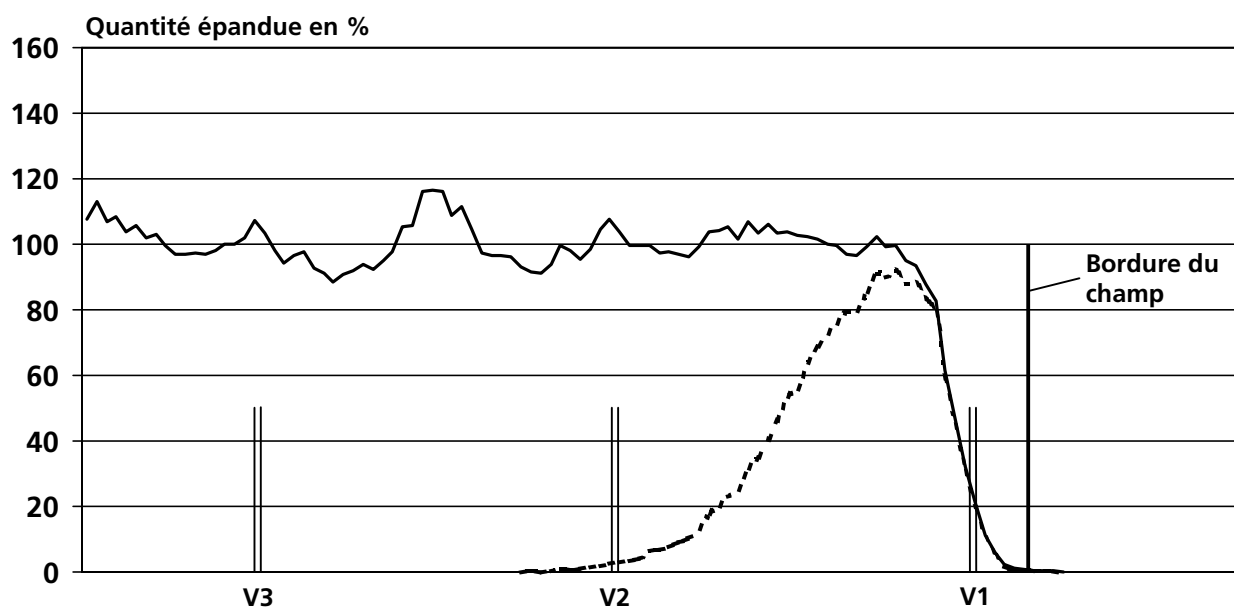
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Vicon Rota Flow RS-M	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	3 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	31,4 %
Largeur de travail:	18 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	0 m
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %		



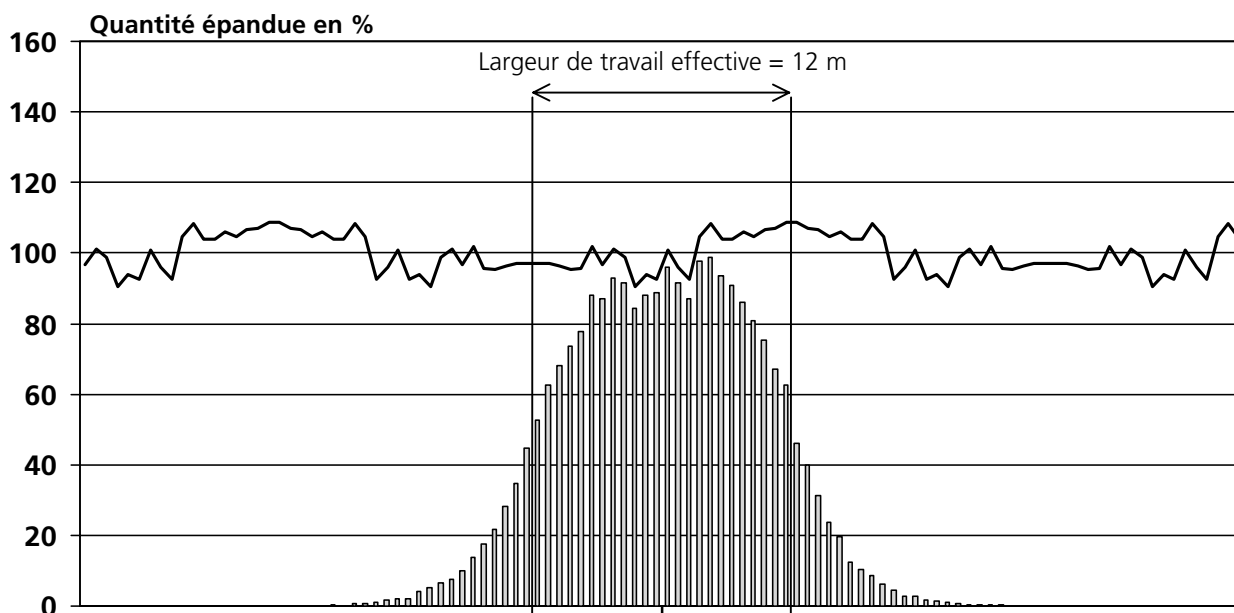
Epandage en bordure de champs

Distributeur:	Vicon Rota Flow RS-M	Distance 1 ^{ère} voie de passage/bordure:	3 m
Procédé d'épandage en bordure de champs:	OE	CV de la bordure jusqu'à la moitié du 1 ^{er} /2 ^{ème} profil d'épandage normal:	30,7 %
Largeur de travail:	18 m	Portée de l'épandage au-delà de la bordure:	0 m
Catégorie d'engrais:	C; NPK 21-3-10		



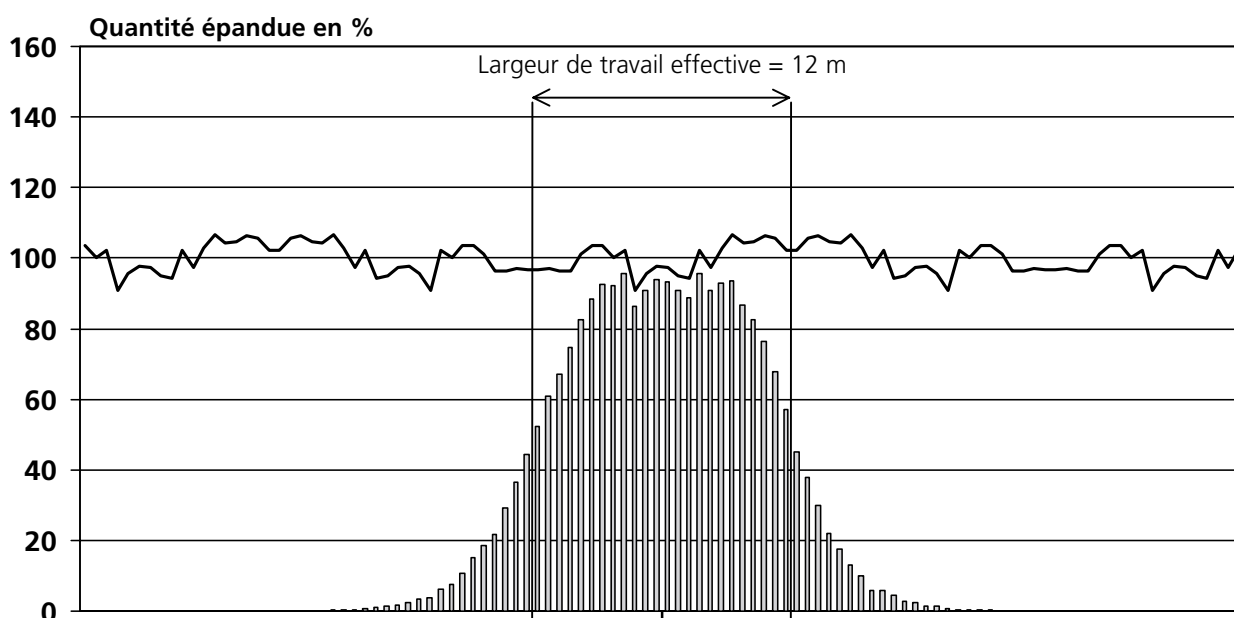
Epandage normal

Distributeur:	Vicon Rota Flow RS-C	Quantité épandue:	316 kg/ha
Largeur de travail:	12 m	Coefficient de variation:	5,5 %
Catégorie d'engrais:	A; Nitrate d'ammoniac 24 %	Répartition gauche/droite:	48,3 / 51,7 %



Epandage normal

Distributeur:	Vicon Rota Flow RS-C	Quantité épandue:	366 kg/ha
Largeur de travail:	12 m	Coefficient de variation:	4,4 %
Catégorie d'engrais:	C; NPK 21-3-10	Répartition gauche/droite:	49,3 / 50,7 %



Des demandes concernant les sujets traités ainsi que d'autres questions de technique et de prévention agricoles doivent être adressées aux conseillers cantonaux en machinisme agricole indiqués ci-dessous. Les publications peuvent être obtenues directement à la FAT (Tänikon, CH-8356 Ettenhausen). Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

BE	Furer Willy, Ecole d'Agriculture, 2732 Loveresse	Tél. 032 481 42 71
FR	Berset Roger, Institut agricole, 1725 Grangeneuve	Tél. 026 305 58 49
GE	AGCETA, 15, rue des Sablières, 1217 Meyrin	Tél. 022 341 35 40
JU	Koenig André, Institut agricole du Jura, 2852 Courtemelon	Tél. 032 420 74 65
NE	Bendel Etienne, SNVA, 2053 Cernier	Tél. 032 854 05 30
TI	Müller Antonio, Office de l'Agriculture, 6501 Bellinzona	Tél. 091 814 35 53
VD	Patrick Munier, Ecole d'Agriculture, Marcelin, 1110 Morges	Tél. 021 801 14 51
	Hofer Walter, Ecole d'Agriculture, Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 57
VS	Roduit Raymond, Ecole d'Agriculture, Châteauneuf, 1950 Sion	Tél. 027 606 77 70
SRVA	Mouchet Pierre-Alain, CP 128, 1000 Lausanne 6	Tél. 021 619 44 61
SPAA	Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 28

Les «Rapports FAT» paraissent environ 20 fois par an. Abonnement annuel: Fr. 50.–. Commandes d'abonnements et de numéros particuliers: FAT, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen. Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90.

E-Mail: doku@fat.admin.ch – Internet: <http://www.fat.ch>

Les Rapports FAT sont également disponibles en allemand (FAT-Berichte).– ISSN 1018-502X.