

Amélioration de la technique de pulvérisation pour les haricots nains

Pulvérisations sous-foliaires efficaces contre les maladies fongiques

Edward Irla et Thomas Anken, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Jacob Rüegg, Station fédérale de recherches en arboriculture, viticulture et horticulture (FAW), CH-8820 Wädenswil

Le succès de la culture des haricots nains nécessite une technique de protection des plantes, d'entretien et de mise en place qui soit professionnelle et adaptée aux conditions géographiques. La combinaison de traitements herbicides localisés et de sarclage suffit généralement à réguler les adventices. Par contre, la protection des cultures de haricots, qui sont denses et qui poussent vite, contre les maladies fongiques, dues notamment à la pourriture blanche causée par *Sclerotinia*, pose souvent des problèmes dans la pratique. Il est très difficile d'appliquer un traitement fongicide ciblé des tiges et des fleurs à l'aide de buses orientées à la verticale, car elles sont recouvertes par plusieurs couches de feuilles.

Les essais effectués en commun à la FAT et à la FAW de Wädenswil en 2000 et en 2001 ont permis de tester dif-

férentes techniques de pulvérisation, comme les buses à jets plats, orientées en biais, universelles et avec déflecteurs, ainsi que trois dispositifs de pulvérisation sous-foliaire. Avec une inclinaison des buses de 40 à 45°, 500 l/ha de bouillie pulvérisée à une vitesse de 5 km/h, les essais ont permis de déposer le produit de manière satisfaisante dans des peuplements plutôt ouverts, se trouvant pour la plupart en pleine période de floraison. C'est en vaporisant par le haut en biais et en utilisant un dispositif de pulvérisation sous-foliaire que les meilleurs résultats ont pu être obtenus en ce qui concerne le dépôt du produit sur la face inférieure des feuilles, dans la moitié de la plante la plus proche du sol, ce, même dans les peuplements les plus denses (fig. 1). Par ailleurs, l'amélioration de la technique de pulvérisation permet d'économiser jusqu'à 50 % de produit.

Sommaire	Page
Problématique	2
Déroulement des essais, technique des outils de pulvérisation	2
Technique de mise en place et croissance des haricots	2
Comparaison des techniques de pulvérisation, degré de couverture des feuilles	4
Efficacité biologique	6
Conclusions	6
Perspectives	7
Bibliographie	7



Fig. 1: Les meilleurs résultats en terme de dépôt des fongicides ont été obtenus avec un dispositif de pulvérisation sous-foliaire, également dans les cultures denses de haricots nains. A droite: Un élément de pulvérisation de Benest/GB.

Problématique

Les maladies fongiques comme la pourriture blanche (*Sclerotinia sclerotiorum*) et la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) peuvent entraîner des pertes de qualité et de rendement considérables en cas de fortes infestations. Les seuils de tolérance définis par les entreprises de transformation sont de 5% maximum de haricots malades, comprenant jusqu'à 2 % de haricots pourris. Elles doivent absolument être respectées sans quoi c'est toute la parcelle qui n'est pas récoltée. Les cultures de haricots nains, souvent denses, font généralement l'objet d'un traitement fongicide protecteur durant la période de pleine floraison, appliqué avec un pulvérisateur pour cultures basses. Les buses verticales à jets plats orientées vers le bas pulvérisent essentiellement la moitié supérieure des plantes et la face supérieure des feuilles. Par contre, bien souvent, la moitié inférieure des plantes, qui sèche plus lentement et qui est donc plus sensible aux attaques du champignon *Sclerotinia*, n'est pas traitée suffisamment. Ces conclusions ont été tirées à l'issue d'études préliminaires réalisées à la FAW Wädenswil en 1998 et en 1999 à l'aide de papier réagissant à l'eau. Forts des résultats positifs obtenus avec le réglage des buses en biais et les dispositifs de pulvérisation sous-foliaire dans la lutte contre le mildiou dans les pommes de terre biologiques, les chercheurs ont également testé ces techniques de pulvérisation économes en fongicides dans les cultures de haricots nains.

Déroulement des essais, technique des outils de pulvérisation

- Les quatre essais en plein champ de 2000 et 2001 ont été réalisés sur trois sites (tab. 1). De la culture sous contrat jusqu'à la récolte des haricots comprise, les travaux ont été organisés et effectués par les sociétés Nahrungsmittel Bischofszell SA, Bischofszell TG et Hilcona SA, Schaan FL.
- Tous les essais ont été mis en place sous forme de dispositif « bloc » avec quatre répétitions pour chaque variante de pulvérisation et des parcelles de 80 à

Tab. 1: Données techniques relatives à la lutte contre la pourriture blanche des haricots nains (Tous les sites: sol limoneux sablonneux, labouré lit de semence réalisé avec herse rotative à axes verticaux, distance entre les lignes 50 cm)

Déroulement du travail	2000		2001	
	Schaan FL	Bonau TG	Schaan FL	Flaach ZH
Précédent cultural	Prairie temporaire	Betteraves à sucre, épinards	Chou rouge	Prairie temporaire
Variété de haricots nains	MAESTRO	MASAI	MAESTRO	MASAI
Semis monograine	24.5.	15.6.	9.5.	23.5.
Distance de semis	6,8 cm	6,2 cm	6,8 cm	6,3 cm
Régulation des adventices	Pulvérisation en surface	Pulvérisation localisée, sarclage	Pulvérisation en surface	Pulvérisation localisée, pulvérisation en surface, sarclage
Pulvérisation de fongicide¹⁾	18.7.	9.8.	3.7. / 6.7.	17.7.
Quantité de fongicide	Sumico / 1,2 kg/ha Amistar / 1.0 l/ha		Sumico / 1,25 kg/ha par pulvérisation	
Variantes de pulvérisation¹⁾	Buses à jet plat		Buses à jet plat	
A. Pulvérisation standard	Universelle, Teejet XR 110 04		Universelle, Teejet XR 110 04	
B. Pulvérisation standard	Anti-dérive, Teejet TT 110 04		Anti-dérive, Teejet TT 110 04	
C. Pulvérisation sous-foliaire	Fischer / Teejet XR 110 02		Fischer / Teejet XR 110 02	
D. Pulvérisation sous-foliaire	Birchmeier / Teejet XR 110 02		Benest / Teejet XR 110 02 + Delavan 4/2 (buses à jet arrondi)	
Récolte des haricots	9.8.	25.8.	26.7.	2.8. ²⁾

¹⁾ Pour les variantes A et B: 500 l/ha, 5,1 bar, 5 km/h et orientation des buses de 45° par rapport à la verticale. Pour les variantes C et D: 550 l/ha, 3,0 bar, 5 km/h et quantité de fongicide réduite de 50 % par hectare (buses supérieures: orientées à 30° par rapport à la verticale).

²⁾ Date prévue, haricots non récoltés à cause d'une trop forte infestation par *Sclerotinia*.

165 m² (largeur des parcelles: 5/5,5 m ou 10/11 rangs) ainsi que des parcelles-témoins non pulvérisées de 25 à 55 m².

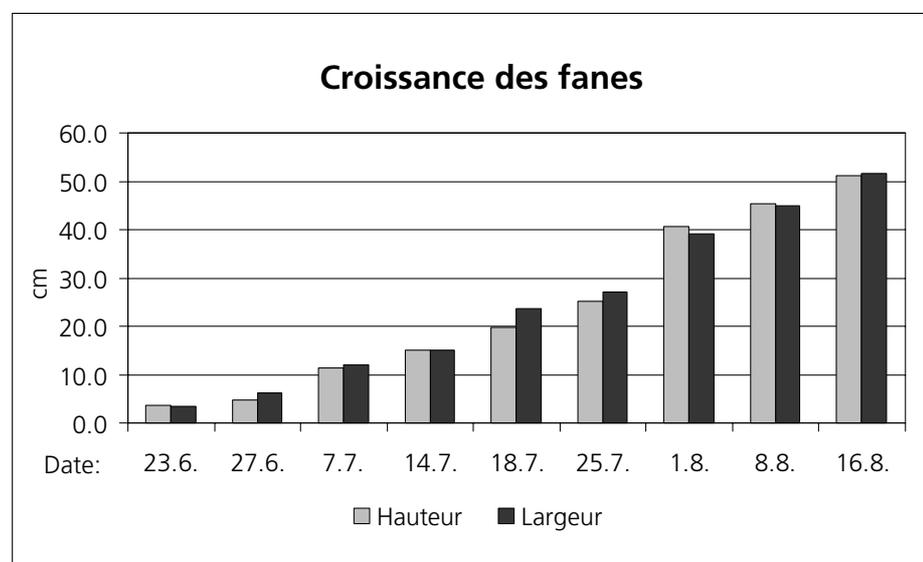
- Le produit a été appliqué à l'aide d'un pulvérisateur porté pour cultures basses Fischer Agrifix, largeur de travail 12 m, réservoir de 600 l, débit de la pompe 105 l/min, réglage hydraulique de la hauteur de la tige et dispositif de compensation pour terrains en pente. Le côté gauche de l'outil était équipé de buses Teejet 110 04 XR et TT jusqu'à la moitié et le côté droit, d'un dispositif de pulvérisation sous-foliaire composé de cinq éléments Fischer et Birchmeier ou Benest GB, ainsi que de dix buses Teejet 110 02 orientées en biais du haut vers l'avant. Les autres détails sont répertoriés au tableau 1.
- Relevés: données relatives à la technique de travail, conditions d'utilisation, croissance et surface des fanes, volume de culture, dépôt du produit/degré de couverture sur les deux faces des feuilles, relevés effectués à l'aide d'une substance de marquage fluorescente et d'un système informatique de traitement d'image, ainsi qu'estimation de l'efficacité biologique.

Technique de mise en place et croissance des haricots

La culture des haricots nains se caractérise par une période de végétation relativement courte: environ dix semaines. En général, il est assez aisé de travailler le sol de manière adaptée au site, comme ce doit être le cas dès la deuxième moitié du printemps, c'est-à-dire la moitié la plus chaude. Comme pour la culture des betteraves sucrières, le semis est en général effectué à l'aide d'un semoir monograine en respectant une distance de 45 à 50 cm entre les lignes. Lorsque les semences sont espacées de 6 cm, les cultures qui s'ensuivent sont généralement très denses avec près de 30 plantes/m² (fig. 2). Il est possible de réguler les adventices en combinant les pulvérisations isolées et le sarclage (= 60 % d'herbicides économisés). Cette méthode demande toutefois beaucoup d'argent et d'énergie, lorsque, outre les adventices habituelles, les cultures sont envahies par la morelle noire, comme ce fut le cas dans l'essai effectué à Flaach. Les cultures affichent une



Fig. 2: Avec 50 cm de distance entre les lignes, on obtient des cultures de haricots souvent très denses. A gauche: à Bonau TG, à droite: à Flaach ZH.



«tolérance zéro» par rapport à cette plante, ce qui a exigé l'application supplémentaire de deux traitements de surface de post-levée (tab. 1). Il n'est pas recommandé de butter les rangées de haricots comme avec la sarcluse-étoile dans les cultures de maïs, car le fait que la surface du sol ne soit pas plane rend la récolte des haricots nettement plus difficile.

La **croissance des haricots** est largement favorisée par des conditions météorologiques chaudes et humides. Avec la croissance des fanes, la surface des feuilles et des tiges s'est considérablement accrue, ainsi que le volume des cultures (fig. 3). En l'an 2000 à Bonau TG, par exemple, la surface totale est passée de près de 2500 m²/ha le 7 juillet à près de 43 000 m²/ha le 16 août. Durant la même période, le volume a augmenté de près de 300 à 5300 m³/ha. En réalité, la surface totale de la plante est nettement plus importante, car ici on compte uniquement la surface représentée par une seule face de la feuille – comme pour l'indice de surface foliaire (= (m² surface foliaire/m² surface du sol).

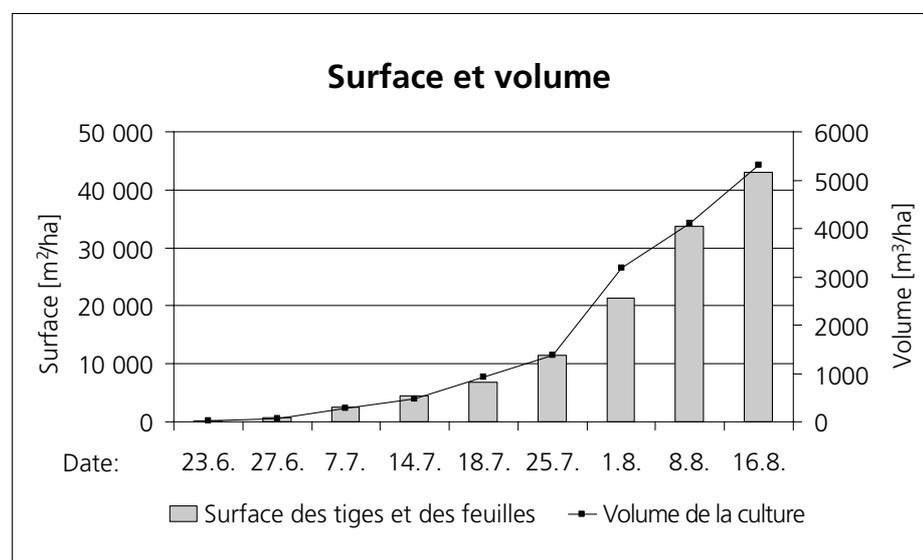


Fig. 3: Croissance des haricots nains du 23 juin au 16 août 2000 à Bonau TG, et résultats de mesures de la surface des feuilles et des tiges ainsi que du volume de culture.

Comparaison des techniques de pulvérisation, degré de couverture des feuilles

En ce qui concerne la technique d'application, les points à prendre en compte sont les suivants: période de pulvérisation optimale, dépôt régulier du fongicide sur les deux faces des feuilles et les tiges et enfin, bonne pénétration du produit dans toute la récolte. Jusqu'à présent, les agriculteurs pratiquent en général une seule pulvérisation de la culture en période de pleine de floraison – deux à trois semaines avant la récolte – avec un fongicide à effet systémique (Sumico) ou localement systémique (Amistar). Il est extrêmement difficile de bien gérer les délais, car plusieurs facteurs entrent en ligne de compte: évolution de la floraison, maturité et taille de haricots, délais d'attente de 14 jours, périodes de mauvais temps (précipitations, vent), capacité de récolte, etc.

La Sclerotinia attaque en général la moitié inférieure des plantes, celle qui est la plus proche du sol et qui est soumise à un micro-climat souvent humide, favorable aux maladies. Le fongicide doit être appliqué sur les tiges et les boutons, mais aussi sur les feuilles qui nécessitent un dépôt régulier du produit, notamment lorsqu'il s'agit d'un produit de contact. Or, avec la technique de pulvérisation traditionnelle, il est pratiquement impossible d'obtenir un tel résultat dans les cultures de haricots lorsqu'elles sont très denses.

Les pulvérisations pratiquées à une ou deux reprises (2001, Schaan) ont généralement été effectuées dans des conditions météorologiques favorables: vitesse du vent de 0 à 2 m/s (jusqu'à 4 m/s le 6.7.01, Schaan), température de l'aire de 16 à 23 °C et fanes sèches. Pour permettre une meilleure pénétration et un meilleur dépôt du fongicide dans les peuplements denses, les chercheurs ont choisi une quantité d'eau de 500 et 550 l/ha pour une vitesse d'avancement de 5 km/h, ainsi que des buses orientées en biais vers l'avant, à 30° resp. 45° par rapport à la verticale (tab. 1).

Degré variable de couverture des feuilles. Le degré de couverture des feuilles est un paramètre de mesure important pour la saisie et l'évaluation de la qualité de pulvérisation. Les valeurs enre-

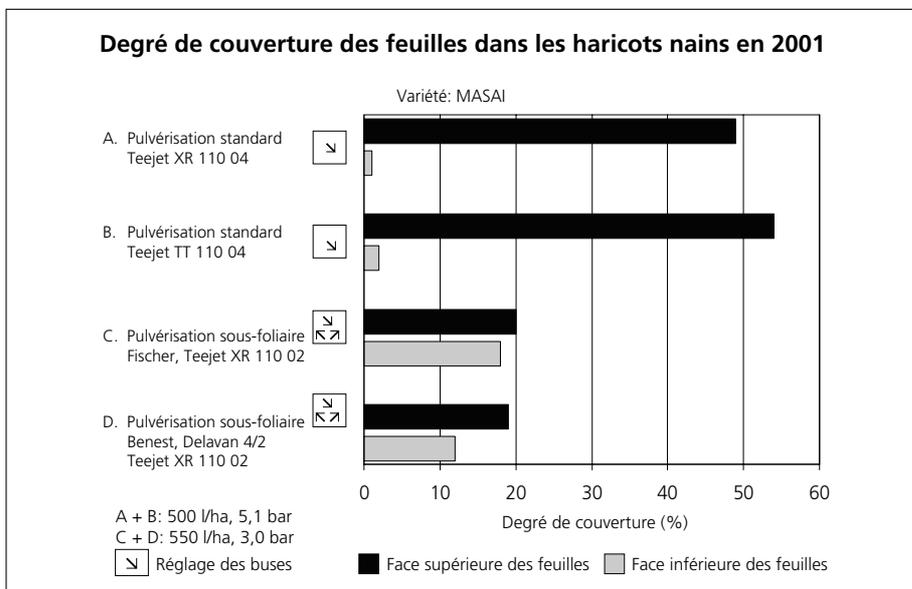
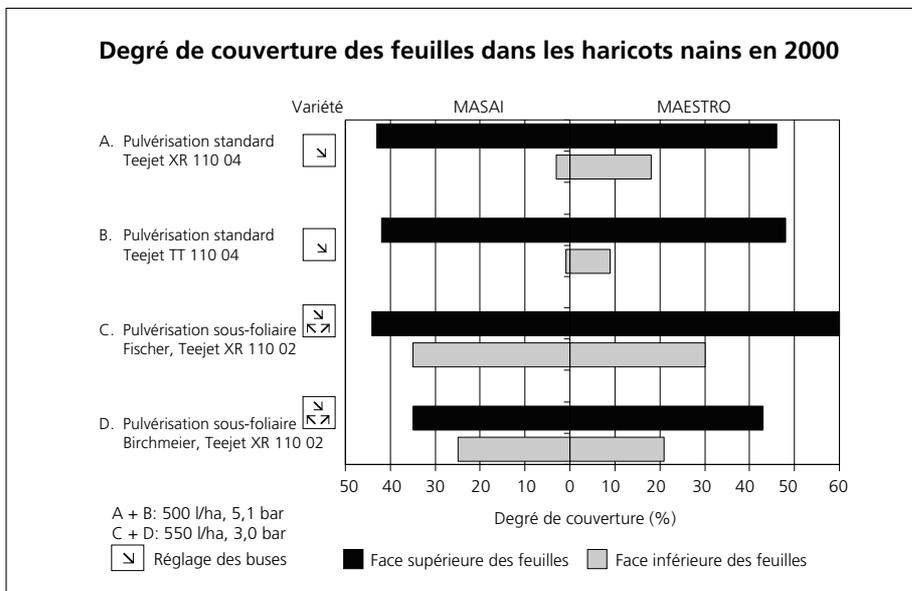


Fig. 4: Degré de couverture des feuilles au niveau des fleurs dans trois essais en plein champ.



Fig. 5: Amélioration de la pulvérisation standard avec réglage des buses en biais: avant/arrière, Teejet XR/TT.

gistrées au cours de trois essais, avant chaque pulvérisation de fongicide, sont présentées à la figure 4. En l'an 2000, dans une culture de haricots «Maestro», ouverte, avec des plantes hautes de 30 cm, une surface de feuilles et de tiges représentant 17 700 m²/ha, ainsi qu'un volume de culture de 1700 m³/ha, toutes les variantes de pulvérisation ont permis d'obtenir un degré de couverture élevé de 43 à 60 % sur la face supérieure des feuilles et de 9 à 30 % sur la face inférieure des feuilles. Par contre dans la culture de haricots «Masai», dense, avec des plantes hautes de 45 cm, une surface de feuilles et de tiges représentant 33 700 m²/ha, ainsi qu'un volume de culture de 4100 m³/ha, le degré de couverture de la face supérieure des feuilles s'est avéré suffisant; il était compris entre 35 et 44 %. La face inférieure des feuilles affichait, quant à elle, des valeurs allant de 1 à 35 %. Des résultats similaires ont été obtenus en 2001 avec une culture très dense de «Masai». L'amélioration de la technique de pulvérisation sous-foliaire a permis d'atteindre les valeurs de mesure les plus élevées sur la face inférieure des feuilles. D'autres détails seront apportés pour chacune des variantes de pulvérisation.

La **pulvérisation standard** avec les **buses universelles** Teejet XR à jet plat orienté de 40 à 45 ° vers l'avant et à 30–40 cm de distance au-dessus des plantations de haricots a permis d'atteindre des degrés de couverture élevés sur la face supérieure des feuilles, de 43 à 49 %. Dans les cultures ouvertes (Maestro, 2000), les avantages de l'orientation des buses en biais se sont traduits par une meilleure pénétration et un meilleur dépôt du produit sur la face inférieure des feuilles: degré de couverture de 18 %. Dans les cultures denses à très denses de haricots «Masai» en revanche, on n'a pu obtenir qu'un degré de couverture de 1 à 3 % sur la face inférieure des feuilles.

Les **buses défectrices anti-dérive** Teejet TT, réglées avec les mêmes paramètres, ont déposé les gouttes relativement grossières de produits en grande partie sur la face supérieure des feuilles. Elles les ont encore moins déposées sur la face inférieure des feuilles que les buses XR. Les grosses gouttes d'un diamètre de 0,4 mm pour une pression de 5 bar se déposent plutôt sur la moitié supérieure des plantes, notamment lorsque les peuplements sont denses. Les buses TT peuvent également être utilisées pour les fongicides



Fig. 6: Dans le cas de la pulvérisation sous-foliaire, les haricots sont vaporisés en biais par le haut et également par le bas. De gauche à droite, cinq éléments de Fischer et de Benest.



Fig. 6.1+6.2: Avec l'élément de pulvérisation sous-foliaire de Fischer, les plantes sont traitées par le bas avec buses réglables à jet plat. La protection de la buse en forme de trémie s'est avérée satisfaisante, mais doit encore être améliorée.

jusqu'à une pression de 6 bar. Elles contribuent à réduire le phénomène de dérive (fig. 5).

Pulvérisation sous-foliaire. En l'an 2000, les pulvérisations sous-folaires ont été appliquées avec cinq éléments de Fischer et Birchmeier, et en 2001 avec des éléments de Fischer et Benest (fig. 6). Les fanes ont ainsi pu être pulvérisées par le haut avec des buses inclinées à jet plat Teejet XR 110 02 et par le bas avec des buses doubles du même type ou avec une buse grand-angle à jet conique (Benest, Delavan). Tous les produits présentent des supports pour buses, à ressort, orientables à la verticale et à l'horizontale. Le guidage des éléments de pulvérisation sous-foliaire entre les rangées de haricots avec des buses distantes de 6 à 10 cm du sol n'a posé pratiquement aucun problème. Par contre, dans la culture très dense de haricots «Masai 2001», des plantes couchées ont parfois pénétré dans le dispositif de protection en forme de trémie de la buse (prototype Fischer), tandis que les éléments étroits en L de



Fig. 6.3: Le dispositif étroit de pulvérisation sous-foliaire, de 70 cm en long, en forme de L avec buse grand-angle à jet conique de Benest a également fait ses preuves dans les cultures très denses (poids à vide : 2,1 kg).

Benest étaient soulevés. Dans l'ensemble, les pulvérisations sous-folaires sont néanmoins celles qui ont obtenu le meilleur dépôt sur la face inférieure des feuilles: degré de couverture de 12 à 35 %. Le degré de couverture élevé de 60 % sur la face supérieure des feuilles dans la culture ouverte de «Maestro 2000» tient au

fait qu'une partie de la bouillie pulvérisée par le bas a atteint la face supérieure de la feuille.

après. La deuxième série d'estimations a permis de mieux évaluer l'évolution de la maladie.

Efficacité biologique

Les estimations de l'efficacité biologique des différentes variantes de pulvérisation généralement effectuées à deux reprises ont eu lieu immédiatement avant la récolte commerciale et environ dix jours

En l'an **2000**, les infestations de *Sclerotinia* ont été relativement faibles. Seules 2 % des plantes ont été touchées dans les parcelles témoins non traitées de la variété «Maestro». On aurait donc pu s'abstenir de traiter cette variété. Dans la variété «Masai» également, on n'a constaté qu'une très faible infestation deux jours avant la récolte. Ce n'est que le 29

août que 22 % des plantes ont été atteintes dans la parcelle témoin. La maladie s'est développée de manière tout à fait irrégulière sur les surfaces d'essais. Dans l'ensemble, les fongicides Amistar avec 62 % et Sumico avec 86 % se sont avérés efficaces contre la pourriture des tiges. L'efficacité supérieure de Sumico est sans doute due à son mode d'action systémique. La pulvérisation sous-foliaire des quantités habituelles de Sumico a eu tendance à être plus efficace que les variantes standards.

En **2001**, un et deux traitements étaient prévus avec Sumico. Les deux traitements, avant la floraison et en pleine floraison, devaient permettre de mieux cerner les périodes d'infection en cas de situation à haut risque. Les deux traitements, le 3 et le 6 juillet – au lieu d'un seul – n'ont apporté qu'une faible amélioration de l'efficacité du produit avec la variété «Maestro». Le peuplement très dense de la variété «Masai» en revanche présentait 50 % de plantes malades dans les parcelles témoins avant la récolte. La pulvérisation, retardée en raison des mauvaises conditions météorologiques, n'a permis de réduire l'infestation qu'à 39 resp. 21 % (fig. 7). Dans les deux parcelles, les moitiés inférieures des plantes ne sont pas parvenues à sécher même sous l'effet de la chaleur estivale, d'où une pression accrue de la maladie. La pulvérisation sous-foliaire avec une dose complète de fongicides est la variante qui s'est avérée la plus efficace. Avec une dose réduite de moitié, la pulvérisation sous-foliaire arrivait néanmoins à obtenir des résultats analogues à ceux de la pulvérisation standard.

Conclusions

Les essais montrent que la culture professionnelle des haricots nains repose sur l'harmonisation des mesures phytosanitaires, préventives, directes et culturales. La lutte contre les maladies fongiques, en particulier contre la pourriture des tiges dues à *Sclerotinia*, est très exigeante, car les tiges et les fleurs à protéger sont souvent recouvertes par une grande surface de feuilles. Elle implique une gestion précise des délais et une technique adéquate en matière de pulvérisation fongicide:

- Dans les cultures de haricots ouvertes, lorsque les conditions météorologiques sont favorables, il suffit de pratiquer

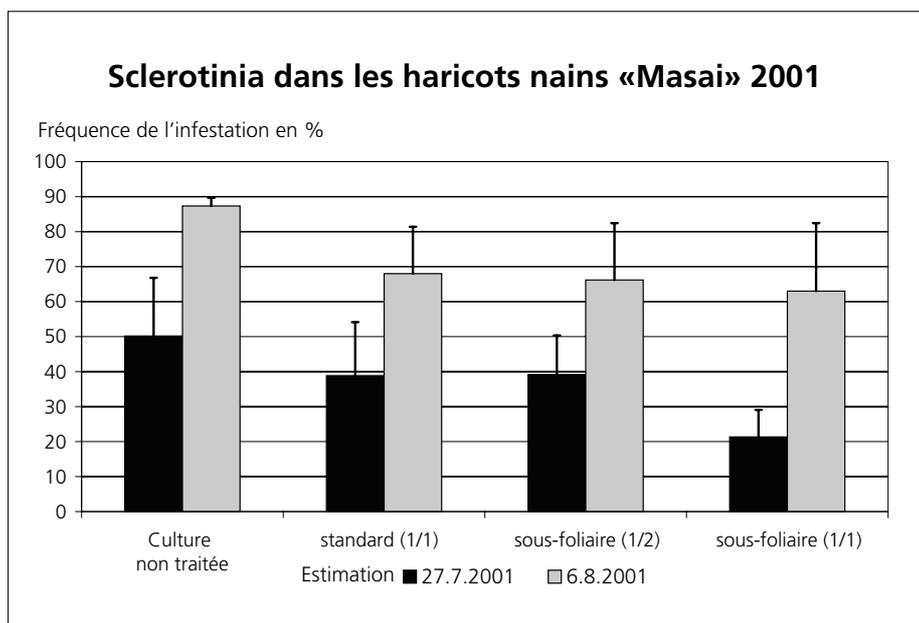
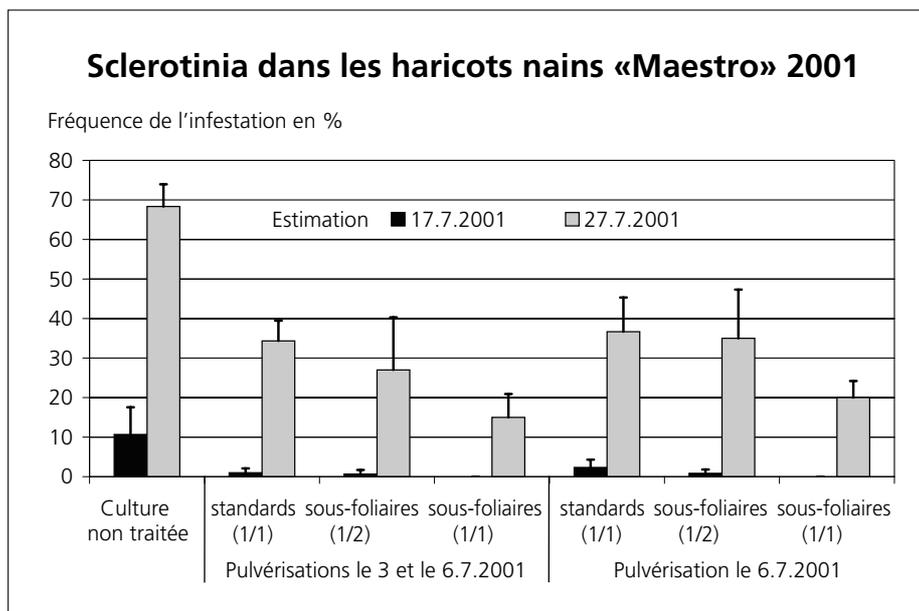


Fig. 7: Infestation de deux variétés de haricots par *Sclerotinia* et différentes variantes de pulvérisation de fongicides. (I = amplitude de variation des valeurs d'estimation). (1/1) = dose complète de fongicide (1/2) = demi-dose de fongicide

une pulvérisation standard améliorée avec des buses inclinées de 40 à 45°, 500 à 600 l/ha de bouillie et une vitesse de 5 km/h. On peut utiliser des buses à jet plat comme les buses universelles, les buses déflectrices anti-dérive ou encore les buses à injection avec un angle de pulvérisation de 110°, une dimension de 02 à 04 et une pression de 4 à 6 bar.

- Les cultures de haricots denses soumises à une forte pression de la maladie exigent un dispositif spécial de pulvérisation sous-foliaire pour que le fongicide puisse bien pénétrer dans la culture et se déposer de manière ciblée au sein du peuplement, notamment sur la moitié inférieure des plantes. Les outils Benest et Fischer conviennent tout à fait pour l'utilisation pratique, moyennant quelques légères améliorations. Il est recommandé d'opter pour une installation frontale de la barre de pulvérisation de manière à ce que les éléments de pulvérisation sous-foliaire soient alimentés en bouillie par le pulvérisateur monté à l'arrière.
- Les cultures de haricots très denses ont, quant à elles, besoin de deux traitements ciblés et appliqués dans les délais avant et pendant la floraison. Une technique d'application optimale permet ici aussi d'économiser considérablement les produits pulvérisés.

Perspectives

En vue d'une lutte intégrée plus efficace contre la pourriture blanche, on envisage actuellement d'augmenter la distance entre les lignes à 75 cm. On recherche des plantations de haricots plutôt ouvertes, ce qui leur permet de sécher plus rapidement. Cette disposition serait également avantageuse pour la technique de pulvérisation sous-foliaire, car l'homogénéisation des distances entre les lignes facilite les interventions dans les cultures de pommes de terre, les cultures de légumes de plein champ et favorise donc l'utilisation des machines en commun par plusieurs exploitations.

Bibliographie

Rüegg J. et Irla E., 2001. Verbessertes Fungizideinsatz. UFA-Revue 12, 36-38.

Irla E., Anken T., Krebs H. et Rüegg J., 2001. Optimisation de la technique de pulvérisation des pommes de terre biologiques. Rapport FAT 561, 1-8.

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	Knobel Beat, Institut agricole, 2852 Courtemelon	Tel. 032 420 74 39
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.admin.fat.ch>

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