

# Qualité de l'application des produits phytosanitaires en culture maraîchère sous abri

Mauro JERMINI<sup>1</sup>, Jakob RÜEGG<sup>2</sup>, Ronald WOHLHAUSER<sup>3</sup> et Sebastiano SCETRINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 6593 Cadenazzo, Suisse

<sup>2</sup>SWAGROC, Swiss Agro Consulting International, 8820 Wädenswil, Suisse

<sup>3</sup>Syngenta Crop Protection, 4058 Bâle, Suisse

Renseignements: Mauro Jermini, e-mail: mauro.jermini@agroscope.admin.ch, tél. +41 91 850 20 30, www.agroscope.ch



Culture de tomates en serre (photo Jakob Rüegg, Agroscope).

## Introduction

L'efficacité d'un produit phytosanitaire dépend évidemment de la matière active et du positionnement du traitement, mais aussi du dosage et de la qualité de l'application, sans oublier la réduction massive des risques de résidus et de dérive. Pour cette raison, il est fondamental d'adapter le dosage aux cultures et d'opter pour une technique d'application couvrant au mieux les organes

ciblés. De nos jours, une importance particulière est attribuée à la mise au point d'un dosage adapté à la surface foliaire (Friessleben *et al.* 2007; Koch 2007; Walklate et Cross 2011; Wohlhauser *et al.* 2011), qui constitue la base à harmoniser pour l'homologation des produits phytosanitaires au niveau européen (Friessleben *et al.* 2007; Koch 2007; Wohlhauser 2009). En Suisse, des directives sont déjà disponibles pour la vigne et l'arboriculture (Rüegg et Viret 1999; Rüegg *et al.* 1999; Siegfried

et al. 2007) et un modèle de dosage est en développement pour les cultures maraîchères de grande taille sous abri (Rüegg et al. 2012; Jermini et al. 2013; 2015).

L'application d'un dosage adapté et la réduction de la dérive nécessitent une distribution correcte de la bouillie sur le végétal. La répartition homogène entre les différentes parties de la haie foliaire et sur les deux faces de la feuille est fondamentale, comme l'ont démontré par exemple Viret et al. (2003) pour l'oïdium de la vigne, et elle repose sur l'utilisation d'appareils réglables et bien calibrés. Ainsi, la vitesse d'avancement, le choix des buses, le contrôle du débit, la pression adaptée au type de buse pour un diamètre volumétrique optimal des gouttes, l'angle des buses et des déflecteurs sont autant de paramètres à considérer pour optimiser la technique d'application en viticulture (Viret et al. 2005). Dans les cultures maraîchères à forte croissance et palissées verticalement, comme la tomate, le concombre, l'aubergine et le poivron, cultivées en Suisse sous abri, la typologie des appareils d'application est très variable: les appareils de référence et les critères pour leur réglage comme en viticulture (Viret et al. 2003) font encore défaut. Etablir la qualité de l'application de ces appareils est donc primordial pour la pratique. En effet, un appareil mal calibré et mal utilisé peut être à la source d'une diminution de l'efficacité et accroître les risques d'accumulation de résidus sur les fruits. Ce travail, réalisé en 2008, avait pour but d'évaluer la qualité de l'application de sept appareils de traitement utilisés dans des cultures commerciales de tomates en serre et sous tunnel, pour envisager les améliorations techniques nécessaires dans ce secteur, de plus en plus soumis à l'optimisation de la gestion phytosanitaire des cultures.

## Matériel et méthodes

### Entreprises maraîchères et calcul des paramètres culturaux

Les mesures ont été effectuées dans des cultures de tomates de quatre entreprises (A-D) choisies pour le type d'appareil d'application employé à différentes périodes

**Résumé** Dans ce travail réalisé en 2008, la qualité de l'application foliaire de sept appareils de traitement utilisés en cultures commerciales de tomates sous abri a été évaluée afin de voir quelles solutions techniques pourraient améliorer la gestion de la protection phytosanitaire. Les résultats ont montré qu'en calibrant régulièrement les appareils et en contrôlant les paramètres de l'application, un taux optimal de variation de  $\pm 10\%$  pouvait être obtenu entre les quantités de bouillie estimées et effectivement appliquées par hectare. Cette amélioration passe par la création d'une formation continue pour les producteurs. La comparaison entre les appareils a montré que la barre de traitement verticale est celle qui offre la meilleure qualité d'application. Elle pourrait devenir un standard pour l'utilisation d'un dosage adapté à la croissance de la culture.

de la saison (tabl. 1). Les barres de traitement utilisées dans trois des entreprises se distinguent nettement entre elles: l'entreprise C utilise manuellement une petite barre comme une lance, celle de l'entreprise D est une barre verticale classique mais traînée manuellement, tandis que celle de l'entreprise E est montée sur un charriot électrique. Le pulvérisateur à jet porté axial utilisé au contrôle du 5 août dans l'entreprise C était un appareil viticole modifié par le producteur pour mieux répartir le produit sur la partie supérieure de la culture.

Le volume foliaire (V), la surface de la paroi foliaire (LWA) de la culture et les principaux paramètres de l'application (vitesse d'avancement, débit, pression) ont été mesurés aux dates de contrôle. Le volume V et la surface LWA sont calculés selon les formules suivantes:

- $V (m^3/ha) = (H * L) * 10000 / DI$
- $LWA (m^2/ha) = (H * 2) * (10000 / DI)$
- H (m) = distance entre la feuille plus basse et l'apex (moyenne de dix plantes choisies au hasard dans la parcelle)

**Tableau 1 | Indications sur les cultures et appareils d'application utilisés par les producteurs lors des trois dates de contrôle**

Producteur	Variété	Densité plantation (têtes/ha)	Type de structure	Type de culture	7 avril	5 mai	5 août
A1	Climberly	25 000	Serre	Sol	Lance	Lance	Lance
A2	Abellus	25 000	Tunnel	Sol	Lance	Lance	Non contrôlé
B	Abellus	25 000	Tunnel	Sol	Gun	Barre manuelle	Pulvérisateur
C	Idol	29 000	Serre	Hors-sol	Barre verticale	Barre verticale	Non contrôlé
D	Climberly	25 000	Serre	Sol	Atomiseur	Atomiseur	Barre verticale

- L (m) = largeur de la haie foliaire (moyenne de dix plantes choisies au hasard dans la parcelle)
- DI (m) = distance de l'interligne.

### Analyse du dépôt foliaire

Le dépôt et la distribution de la bouillie ont été analysés dès le 7 avril sur des jeunes plantations, sauf chez le producteur C, qui avait déjà une culture de tomates en pleine production. Chez le producteur A2, la hauteur des plantes était de 0,86m et le dépôt a été comparé à cette date entre la position interne et externe de la plante. Dès le 5 mai, deux secteurs de la paroi foliaire (haut et bas) ont été considérés, avec deux positions de la feuille (intérieur et extérieur de la haie foliaire) pour un total de quatre mesures (fig. 1). Le 5 août, seuls les producteurs A1, B et D ont été pris en compte. Chez le dernier, la grande hauteur des plantes a obligé à les diviser en trois secteurs (haut, centre et bas) pour les deux positions des feuilles.

Le dépôt et la distribution de la pulvérisation ont été mesurés en utilisant un traceur fluorescent (Helios SC 500, Syngenta Crop Protection AG, Bâle, Suisse), à raison de 100 ml/ha, correspondant à 50 g de matière fluorescente (Siegfried *et al.* 1990; Mantinger *et al.* 1994). Le traceur a été lavé des feuilles avec de l'isopropanol ou de l'éther monoéthylique de diéthylène-glycol et mesuré par fluorométrie à une longueur d'onde d'excitation de 375 nm et enregistré à 435 nm (fluorimètre 96, Syngenta). Les caractéristiques techniques de chaque pulvérisateur différaient tellement que la concentration initiale du traceur a toujours été contrôlée en prélevant un échantillon au niveau des buses avant et juste après l'application. Ces échantillons ont été confrontés à une courbe de concentration standard. Les résultats des analyses ont été exprimés en ng/cm<sup>2</sup> et calculés comme dépôt normalisé en ng/cm<sup>2</sup> par g et ha, ce qui a permis de comparer les différents pulvérisateurs.

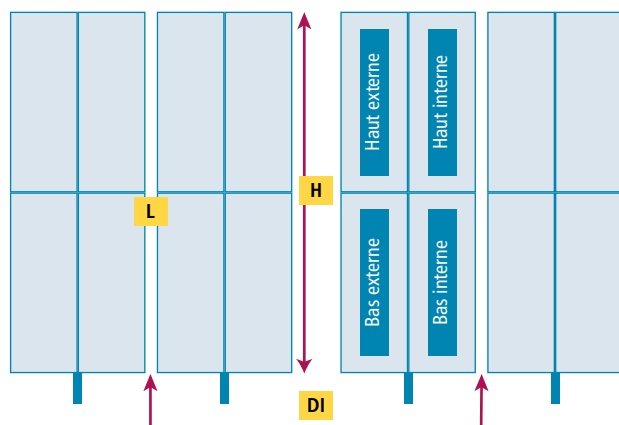


Figure 1 | Méthode de mesure pour calculer le volume foliaire et la surface de la paroi foliaire.

## Résultats et discussion

La différence entre la quantité de bouillie effectivement distribuée à l'hectare et la quantité estimée par le producteur lors de la préparation varie fortement soit entre les producteurs, soit entre les dates de contrôle et indépendamment du producteur (tabl. 2). Une variation de  $\pm 10\%$  est acceptable, indépendamment de la qualité de distribution de la bouillie sur la surface foliaire, mais des écarts plus grands mettent en question l'efficacité de l'application, si la quantité distribuée est inférieure à celle estimée ou sur l'apparition de résidus sur les fruits dans le cas contraire. Ce risque est particulièrement prononcé chez le producteur B,

Tableau 2 | Mesures de la croissance de la plante et des principaux paramètres de l'application lors des trois dates de contrôle

Producteur	Mesures	Date de mesure		
		7 avril	5 mai	5 août
A1	Volume foliaire (m <sup>3</sup> /ha)	2400	8500	12940
	Surface paroi foliaire (m <sup>2</sup> /ha)	5889	16444	23211
	Pression (bar)	20,0	25,0	15,0
	Vitesse d'avancement	1,18	1,83	0,58
	Quantité bouillie estimée (l/ha)	650	1500	1500
	Quantité bouillie mesurée (l/ha)	757	1290	1310
	Différence quantité estimée/mesurée	+16 %	-14 %	-13 %
	A2	Volume foliaire (m <sup>3</sup> /ha)	4030	11240
Surface paroi foliaire (m <sup>2</sup> /ha)		6379	17979	
Pression (bar)		20,0	25,0	
Vitesse d'avancement		1,20	1,96	
Quantité bouillie estimée (l/ha)		650	1500	
Quantité bouillie mesurée (l/ha)		711	1142	
Différence quantité estimée/mesurée		+10 %	-24 %	
B	Volume foliaire (m <sup>3</sup> /ha)	1355	5540	12200
	Surface paroi foliaire (m <sup>2</sup> /ha)	3680	10389	19680
	Pression (bar)	30,0	5,0	15,0
	Vitesse d'avancement	3,85	5,14	2,00
	Quantité bouillie estimée (l/ha)	450	800	900
	Quantité bouillie mesurée (l/ha)	848	1022	1274
	Différence quantité estimée/mesurée	+88 %	+28 %	+42 %
	C	Volume foliaire (m <sup>3</sup> /ha)	17700	13630
Surface paroi foliaire (m <sup>2</sup> /ha)		27813	22550	
Pression (bar)		9,0	8,5	
Vitesse d'avancement		4,11	4,23	
Quantité bouillie estimée (l/ha)		1200	1400	
Quantité bouillie mesurée (l/ha)		1021	1210	
Différence quantité estimée/mesurée		-15 %	-13 %	
D	Volume foliaire (m <sup>3</sup> /ha)	760	6230	22100
	Surface paroi foliaire (m <sup>2</sup> /ha)	3300	10100	36222
	Pression (bar)	0,3	0,3	4,0-4,5
	Vitesse d'avancement	6,0	5,2	5,3
	Quantité bouillie estimée (l/ha)	300	350	800
	Quantité bouillie mesurée (l/ha)	232	320	651
	Différence quantité estimée/mesurée	-23 %	-9 %	-19 %

où les quantités effectives et estimées diffèrent de +28 à +88 % (tabl.2), des différences qui peuvent s'expliquer par l'usage du gun au premier traitement et par une vitesse d'avancement irrégulière. Cependant, l'emploi pendant la phase productive de la plante d'un pulvérisateur à jet porté axial monté sur chenillette à moteur, censé garantir une vitesse d'avancement constante, indique aussi une différence notable de +42 % (tabl.2), qui montre que l'appareil doit être calibré pour connaître son débit correct. Des différences, moins extrêmes, se retrouvent aussi chez les autres producteurs. Dans deux cas seulement, le seuil de tolérance est respecté (tabl.2). Les traitements effectués avec une lance chez A et la difficulté de maintenir une vitesse d'avancement stable pourraient expliquer la variabilité des mesures chez ce producteur, où on note aussi une tendance au sous-dosage du produit (tabl.2). La même tendance se retrouve dans l'exploitation D, ainsi qu'une forte variation liée à l'utilisation de l'atomeur à dos lors des deux premiers contrôles (tabl.2). La méthode de traitement de ce producteur se distingue également par la faible quantité de bouillie appliquée à l'hectare et une vitesse d'avancement très élevée. Le faible volume est particulièrement évident au contrôle du 5 août, où 651 l/ha seulement sont appliqués pour couvrir une surface foliaire de 36 222 m<sup>2</sup>/ha (tabl.2). C est le seul producteur qui utilise régulièrement une barre verticale montée sur un chariot électrique. Ce dernier garantit une vitesse d'avancement assez constante pendant le traitement, même si la mesure montre une tendance au sous-dosage par rapport à la quantité de bouillie estimée par le producteur (tabl.2). Dans l'ensemble, ces résultats indiquent une tendance à appliquer une quantité de bouillie à l'hectare inférieure aux prévisions, avec une différence moyenne supé-

rieure au seuil de 10 %. Cette tendance au sous-dosage accroît le risque d'une diminution de l'efficacité et, parallèlement, d'une augmentation du nombre de traitements pour compenser la perte d'efficacité et ainsi de sélectionner à terme une résistance des pathogènes.

Ces valeurs peuvent signaler un défaut dans la calibration des appareils de traitement, mais ne donnent aucun indice sur la qualité de l'application. Celle-ci se traduit par le taux de récupération du produit, soit le pourcentage de bouillie déposée sur la haie foliaire par rapport à la quantité totale, et par la répartition du produit dans les secteurs de la plante et les faces de la feuille. Un taux de récupération de 70 à 90 % est considéré comme satisfaisant. La différence correspond à la dérive, soit la part de produit qui se dépose hors de la culture, notamment sur l'infrastructure ou le sol. Au premier contrôle, effectué le 7 avril sur des jeunes plantes de 0,23 à 0,84 m de haut, les taux de récupération calculés sont bons, sauf chez le producteur D, qui n'obtient que 40,6 % (fig.2). La quantité totale de produit mesurée sur les plantes a été généralement très élevée, avec des valeurs de 9,55 (ng/cm<sup>2</sup>) / (g/ha) pour le producteur A1, 14,28 pour le producteur A2, 16,61 et 13,21 pour les producteurs B et D. Dans le tunnel A, les plantes mesuraient déjà 0,86 m, ce qui a permis de distinguer le dépôt entre la position interne et externe des feuilles. Le résultat montre une différence de 26 %, qui reste acceptable.

Les quantités de dépôt foliaire mesurées le 5 mai et le 5 août oscillent entre 4,33 et 17,83 (ng/cm<sup>2</sup>)/(g/ha) et se rapprochent de celles du 7 avril, malgré la grande différence de surface foliaire (la mesure du 7 avril n'a pas été effectuée chez le producteur C, qui avait planté sa culture hors-sol en janvier déjà). Cette faible différence laisse supposer que les quantités de bouillie appliquées

après la plantation étaient probablement trop élevées, ce qui peut mener à un surdosage des produits et à un ruissellement de la bouillie.

Les résultats obtenus chez les producteurs lors des contrôles du 5 mai et du 5 août sont présentés dans les figures 3 à 6. Dans le tunnel du producteur A, un taux de récupération de 72 % a été calculé le 5 mai et, dans la serre, un taux de 70 et 92 % au contrôle du 5 août (fig.3). Ces valeurs traduisent une application soignée, même en utilisant une lance et en gardant difficilement une vitesse d'avancement constante. En revanche, la répartition entre les secteurs

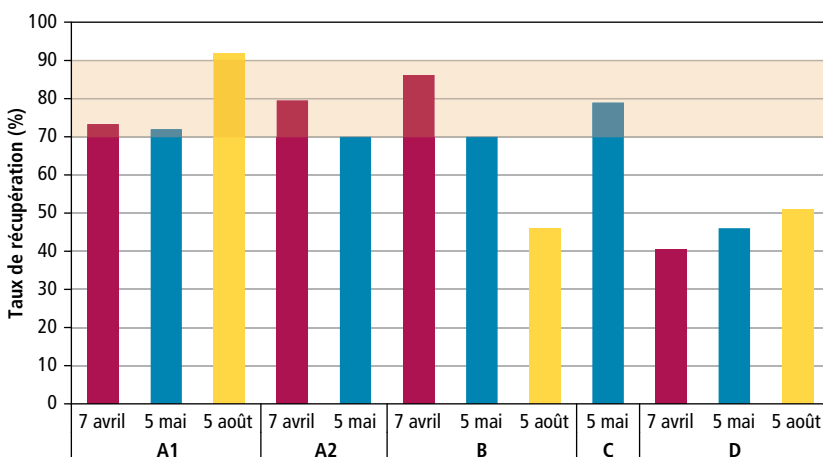
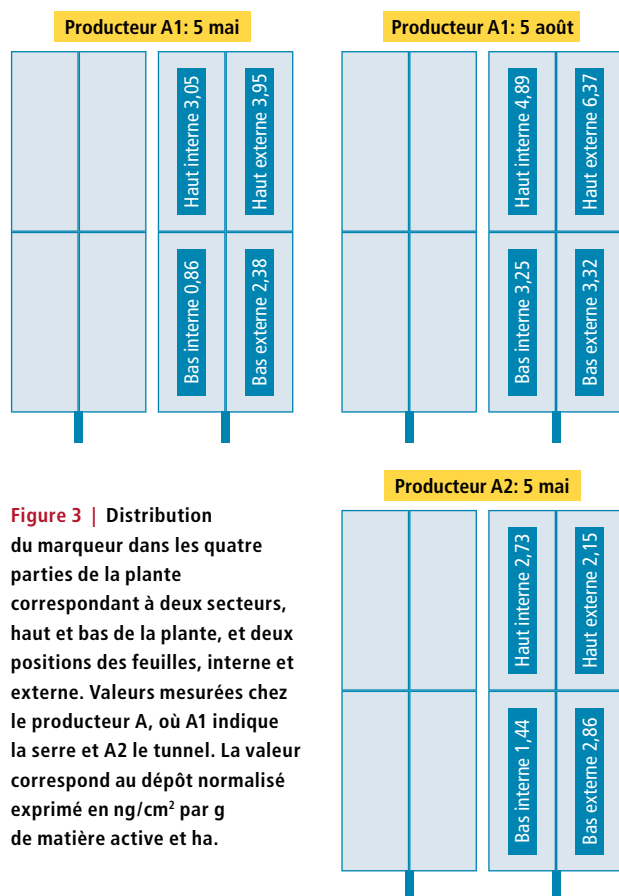


Figure 2 | Taux de récupération mesuré dans les exploitations de l'essai aux trois dates de contrôle.

et positions de la feuille dans la haie foliaire est assez hétérogène. Au 5 mai, dans le secteur «bas interne» de la serre, ne se retrouvent que 8,4% du produit total, avec une différence de 72 % par rapport au secteur «haut interne» (fig.3). Cette tendance existe encore dans le tunnel le 5 mai et aux contrôles du 5 août (fig.3). La position externe présente en moyenne un taux de déposition supérieur à la position interne, ainsi qu'une forte accumulation sur le secteur haut de la plante, qui reçoit environ 50 % de produit en plus, sauf dans le tunnel où les deux valeurs sont équivalentes. On voit que l'utilisation de la lance, même si la pression de travail est de 20bars (tabl.1), n'est pas une solution optimale puisqu'elle dépend trop de l'utilisateur et donc de facteurs comme la vitesse d'avancement, l'angulation du traitement et le mouvement de travail, qui échappent au contrôle de l'utilisateur. Le producteur B utilise différents systèmes d'application (tabl.1). Une barre verticale portée manuellement avec 5 bars de pression de travail est utilisée en mai. A ce moment, le taux de récupération est bon (fig.2), mais la distribution est hétérogène, surtout entre les secteurs «bas interne» et «bas externe», qui affichent une différence de 70 % (fig.4). Au contrôle du 5 août, le taux de récupération est en revanche nettement insuffisant (fig.2). Dans ce cas, le pulvérisateur à

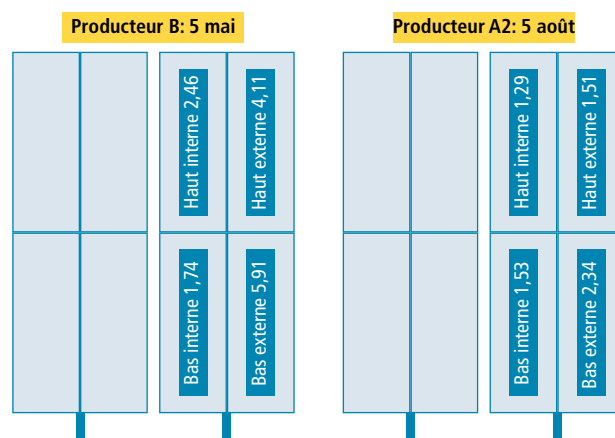


**Figure 3 |** Distribution du marqueur dans les quatre parties de la plante correspondant à deux secteurs, haut et bas de la plante, et deux positions des feuilles, interne et externe. Valeurs mesurées chez le producteur A, où A1 indique la serre et A2 le tunnel. La valeur correspond au dépôt normalisé exprimé en ng/cm<sup>2</sup> par g de matière active et ha.

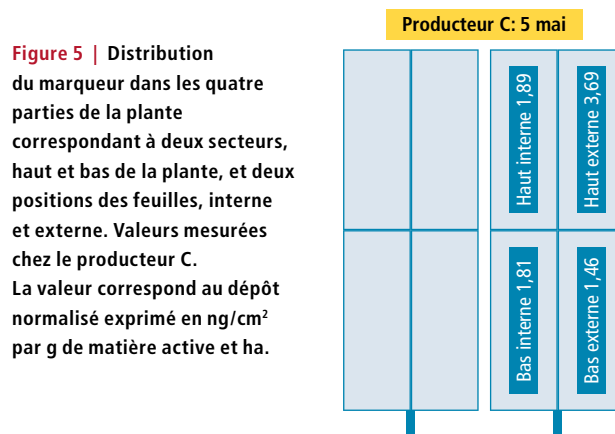
jet porté axial a bien distribué le produit (fig.4), mais induit aussi une dérive trop élevée qui s'est soldée par une déposition insuffisante de produit.

Le producteur C utilise une barre verticale montée sur un chariot à moteur électrique qui lui garantit une vitesse constante. Le taux de récupération est bon (fig.2) et la distribution du produit assez homogène, même s'il existe une différence de 46 % entre les secteurs «haut externe» et «haut interne» (fig.5).

Le producteur D est le seul à présenter lors de tous les contrôles des taux de récupération nettement insuffisants (fig.2). La distribution sur le secteur externe de la haie foliaire est homogène, mais très faible dans le secteur «bas interne» (fig.6). L'utilisation d'une barre verticale à l'application du 5 août a permis seulement une meilleure distribution sur la plante par rapport au traitement à l'atomiseur à dos (fig.6). Ces résultats sont probablement dus à une vitesse d'avancement très élevée, à la faible quantité de bouillie utilisée et proba-



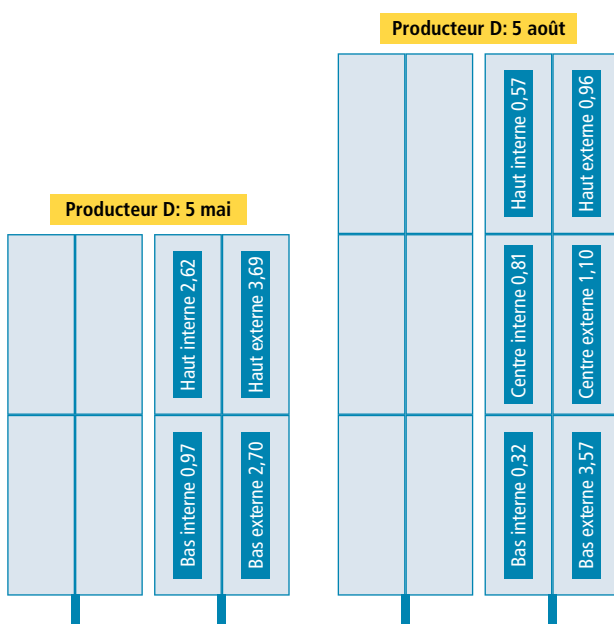
**Figure 4 |** Distribution du marqueur dans les quatre parties de la plante correspondant à deux secteurs, haut et bas de la plante, et deux positions des feuilles, interne et externe. Valeurs mesurées chez le producteur B. La valeur correspond au dépôt normalisé exprimé en ng/cm<sup>2</sup> par g de matière active et ha.



**Figure 5 |** Distribution du marqueur dans les quatre parties de la plante correspondant à deux secteurs, haut et bas de la plante, et deux positions des feuilles, interne et externe. Valeurs mesurées chez le producteur C. La valeur correspond au dépôt normalisé exprimé en ng/cm<sup>2</sup> par g de matière active et ha.

blement, pour les traitements du 4 avril et du 5 mai, à l'atomiseur à dos employé, qui semble mal adapté à des cultures hautes palissées comme la tomate.

Tous ces résultats montrent la nécessité d'une formation pour fournir une base technique correcte aux producteurs sur la gestion de l'application et sur le calibrage des appareils de traitement. Un premier pas a été effectué dans ce sens par la publication d'une fiche technique destinée au calibrage des barres verticales (Rüegg *et al.* 2014). Si la barre verticale semble devenir l'appareil de traitement le plus courant pour sa meilleure qualité d'application par rapport au gun (Braekman *et al.* 2009; Sánchez-Hermosilla *et al.* 2011; 2012), il reste à définir les bases correctes pour le choix des buses, la pression de travail, le volume de bouillie par hectare et l'utilisation de l'assistance d'air selon la typologie de la plante (Braekman *et al.* 2009; Nuyttens *et al.* 2004; Van Os *et al.* 2005; Foqué D. *et al.* 2012). Le calcul de quantité de bouillie et de produit à utiliser par hectare est fondamental et difficile à réaliser sans un modèle de dosage adapté à la croissance de la culture (Rüegg *et al.* 2012; Jermini *et al.* 2013; Rüegg *et al.* 2015). Mais ce modèle n'est pas la seule clé du succès, il faut parallèlement développer une technique d'application qui optimise la distribution des produits, avec un haut taux de récupération qui garantit le dépôt d'une part élevée de produit sur les surfaces cibles.



**Figure 6 |** Distribution du marqueur dans les quatre parties de la plante correspondant à deux secteurs, haut et bas de la plante, et deux positions des feuilles, interne et externe. Valeurs mesurées chez le producteur D. La paroi foliaire a été divisée le 7 août en trois parties à cause de la hauteur de la culture. La valeur correspond au dépôt normalisé exprimé en ng/cm<sup>2</sup> par g de matière active et ha.

## Conclusions

Ce travail constitue une première approche pour les cultures maraîchères suisses et les enseignements qu'on peut en tirer sont:

- Une calibration régulière des appareils et le contrôle des paramètres de l'application sont essentiels pour obtenir des marges d'erreur de  $\pm 10\%$  entre la quantité de bouillie estimée et effectivement appliquée par hectare;
- Il est nécessaire de créer une formation pour les producteurs sur les techniques d'application;
- La barre verticale est le système qui semble donner la meilleure qualité d'application et pourrait devenir la référence pour le dosage adapté à la croissance des cultures maraîchères palissées sous abri. ■

### Remerciements

Nous remercions tous les producteurs qui nous ont permis d'effectuer ces mesures dans leurs entreprises.

### Bibliographie

- Braekman P., Foqué D., Messens W. S., Van Labeke M.-C., Pieters J.-G. & Nuyttens D., 2010. Effect of spray application technique on spray deposition in greenhouse strawberries and tomatoes. *Pest Manag. Sci.* **66**, 203–212.
- Foqué D., Pieters J. G. & Nuyttens D., 2012. Spray deposition and distribution in a bay laurel crop as affected by nozzle type, air assistance and spray direction when using vertical spray booms. *Crop Protection* **41**, 77–87.
- Foqué D., Braekman P., Pieters J.-G. & Nuyttens D., 2012. A vertical spray boom application technique for conical bay laurel (*Laurus nobilis*) plants. *Crop Protection* **41**, 113–121.
- Friessleben R., Rosslenbroich H. J. & Elbert A., 2007. Dose expression in plant protection field testing in high crops: need for harmonization. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **60**, 85–96.
- Jermini M., Rüegg J., Total R. & Scettrini S., 2013. Dosage des produits adapté à la haie foliaire dans les cultures maraîchères à forte croissance sous abri. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **45** (6), 340–347.
- Koch H., 2007. How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **60**, 71–84.
- Nuyttens D., Windey S. & Sonck B., 2004. Optimisation of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. *Biosystems Engineering* **89** (4), 417–423.
- Mantinger H., Vigl J., Sgarbossa A. & Raisigl U., 1994. Optimierung des Ausbringvolumens in Obstanlagen in Südtirol. *Schriftenreihe Laimburg* **7**. Land-u. Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg, I-39040 Auer/Pfatten.
- Rüegg J., Total R., Jermini M., Scettrini S., Wohlhauser R., Wolf S. & Sanderson G., 2012. Crop adapted spraying in tall growing glasshouse vegetables. *Agrarforschung Schweiz* **3**, 28–35.
- Rüegg J., Total R., Jermini M. & Scettrini S., 2014. Calibrage des barres de traitement verticales pour cultures hautes sous serres. *Agroscope Fiche technique* | N° 3/2014.
- Rüegg J., Total R., Jermini M. & Scettrini S., 2015. Lignes directrices pour l'adaptation du dosage des produits phytosanitaires dans les cultures maraîchères palissées. *Agroscope Fiche technique* | N° 15/2015.
- Sánchez-Hermosilla J., Rincón V. J., Páez F., Agüera F. & Carvajal F., 2011. Field evaluation of a self-propelled sprayer and effects of the application rate on spray deposition and losses to the ground in greenhouse tomato crops. *Pest Manag. Sci.* **67**, 942–947.

**Summary** **Quality of the application of plant protection products in protected horticulture**

This work, carried out in 2008, aimed to assess the quality of foliar application of seven different treatment devices used in commercial tomato crops in greenhouse and tunnel, to understand which techniques could improve the management of phytosanitary crop protection. The results show the need for regular calibration of the devices and for a control of the application settings, essential to reach optimal variations of  $\pm 10\%$  between estimated and effective quantity of spray mixture applied per hectare. This improvement is possible only with the creation of a continuous training system for producers. The comparison between the devices showed that the vertical spray boom provides the best quality of application and could be a standard for the use of a dose adjustment to growing vegetable crop.

**Key words:** spray deposition, distribution, leaf wall, quantification spray deposit.

**Zusammenfassung** **Qualität der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln im geschützten Gemüsebau**

Ziel dieser Arbeit, die im 2008 durchgeführt wurde, war es die Qualität der Blattapplikation durch sieben verschiedene Geräte, die für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in kommerziellen Tomatenbeständen unter Glas und Tunnel, zu bewerten. Dies um die Verbesserungen der notwendigen Techniken, die für die Verwaltung des Pflanzenschutzes in den Beständen unerlässlich sind, besser zu verstehen. Die Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit einer regelmässigen Kalibrierung der Geräte, sowie die einer Kontrolle der Ausbringungsparameter auf, um eine optimale Abweichung von  $\pm 10\%$  zwischen geschätzter und effektiv ausgebrachter Spritzbrühmenge per Hektar zu erreichen. Diese Verbesserung kann nur durch eine ununterbrochene Weiterbildung der Produzenten erreicht werden. Der Vergleich zwischen den Geräten hat erwiesen, dass der vertikale Spritzbalken die Technik aufweist, welche die beste Ausbringungsqualität erreicht und welche ein Standard für die Anwendung einer, dem Wachstum des Bestandes angepasste Dosierung sein könnte.

**Riassunto** **Qualità dell'applicazione di prodotti fitosanitari in orticoltura protetta**

Lo scopo di questo lavoro, realizzato nel 2008, era la valutazione della qualità dell'applicazione fogliare di sette diversi apparecchi di trattamento utilizzati nelle colture commerciali di pomodoro in serra e tunnel. Questo per meglio comprendere le migliori tecniche necessarie per la gestione della protezione fitosanitaria delle colture. I risultati hanno mostrato la necessità di una regolare calibrazione degli apparecchi e di un controllo dei parametri d'applicazione, elementi essenziali per ottenere delle variazioni ottimali di  $\pm 10\%$  tra quantità di poltiglia stimata ed effettivamente applicata per ettaro. Questo miglioramento è possibile solamente attraverso la creazione di un sistema di formazione continua per i produttori. Il confronto tra gli apparecchi ha mostrato che la barra verticale è la tecnica che fornisce la migliore qualità d'applicazione e che potrebbe essere uno standard per l'utilizzo di un dosaggio adattato alla crescita della coltura.

- Sánchez-Hermosilla J., Rincón V. J., Páez F. & Fernandez M., 2012. Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. *Crop Protection* 3, 119–124.
- Siegfried W., Krebs C. & Raisigl U., 1990. Technique d'application en arboriculture fruitière. Comparaison de différents pulvérisateurs pneumatiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 22 (3), 191–199.
- Siegfried W., Viret O., Huber B. & Wohlhauser R., 2007. Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture. *Crop Protection* 26, 73–82.
- Van Os E. A., Michielsen J. M. G. P., Corver F. J. M., Van den Berg J. V., Bruins M. A., Porskamp H. A. J. & Van de Zande J. C., 2005. Reduction of spray pressure leads to less emission and better deposition of spray liquid at high-volume spraying in greenhouse tomato. *Acta Hort.* 691, 187–193.
- Viret O., Siegfried W., Holliger E. & Raisigl U., 2003. Comparison of spray deposits and efficacy against powdery mildew of aerial and ground-based spraying equipment in viticulture. *Crop Protection* 22 (8), 1023–1032.
- Viret O., Siegfried W., Wohlhauser R. et Raisigl U., 2005. Dosage des fongicides en fonction du volume foliaire de la vigne *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 37 (1), 59–62.
- Walklate P. J. & Cross J. V., 2011. An examination of the Leaf-Wall-Area dose expression. *Crop Protection*. doi:10.1016/j.cropro.2011.08.018 Key: citeulike:9833150.
- Wohlhauser R., 2009. Dose rate expression in tree fruits – the need for harmonization approach from a chemical producer industry perspective. Paper presented at the Tree Fruit Dose Adjustment Discussion Group Meeting, Wageningen (NL), September 29.
- Wohlhauser R., Schott J. J., Friessleben R., Van Watermeulen X., Teichmann M., Wegkamp H. G., Leader A., Huby J. P., Matysiak R. & Besseling T., 2011. Dose Rate Expression in Pome fruit – The Need for a Harmonized Approach from an Industry Perspective. An Industry Proposal of BASF, Bayer CS, Dow AS, DuPont AS, MakhteshimAgan and Syngenta, ECPA EffEG / EPPO Meeting in Brussels – October 19.