

# Nébulisation à froid des produits phytosanitaires en serre: avantages et inconvénients

Jacob Rüegg et René Total, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil  
Renseignements: Jakob Rüegg, e-mail: jacob.rueegg@acw.admin.ch, tél. +41 44 783 64 28



Appareil de nébulisation à froid «PFALZTECHNIK» avec lequel le fongicide Forum (diméthomorphe) a été appliqué, à raison de 0,4 litre pour 20 litres d'eau et 2 litres de bioaérosol pendant une heure dans un compartiment de serre (0,31 hectare de surface au sol), sur des tomates. L'appareil a été utilisé conformément aux recommandations du distributeur local Hortiplus Sàrl.

## Introduction

L'application d'insecticides et de fongicides au pulvérisateur à rampe ou à lance sur les cultures en serre, comme les tomates, les concombres ou les aubergines, implique une importante charge de travail. Il est donc compréhensible qu'un processus d'application nettement plus simple, comme la nébulisation à froid, paraisse intéressant aux yeux des producteurs. Avec les appareils de nébulisation à froid du commerce dotés d'une ou deux buses à air comprimé, le produit phytosanitaire, mélangé à un faible volume d'eau (5 à 40 l/ha) est pulvérisé

dans la serre fermée, en général le soir après le travail. Les ventilateurs produisent un faible courant d'air qui transporte la fine nuée de gouttelettes à travers la serre durant la nuit. Le diamètre des gouttelettes est très petit (5 à 30  $\mu\text{m}$ ), contre 100 à 400  $\mu\text{m}$  dans les traitements par pulvérisation standard. Selon le produit phytosanitaire utilisé et le dosage, la substance active est 10 à 100 fois plus concentrée dans les gouttelettes de vapeur que lors d'applications avec des volumes de plusieurs centaines de litres par hectare. Le matin, une fois la nébulisation à froid achevée, la serre est ouverte et bien aérée avant le début du travail. La nébulisation à froid permet



**Figure 1** | Appareil de nébulisation à froid «PFALZTECHNIK». L'insecticide Pirimor (pirimicarbe) et le fongicide Switch (cyprodinil, fludioxonil) ont été appliqués, à raison de 0,8 kg pour 15 litres d'eau et 2 litres de bioaérosol pendant une heure dans une serre (0,87 hectare de surface au sol), sur des aubergines. L'appareil a été utilisé conformément aux recommandations du distributeur local, Hortiplus Sàrl.

d'appliquer un insecticide ou un fongicide avec une heure de travail par hectare, contre une journée entière de travail, voire plus, avec les techniques standard. Les points forts de la nébulisation à froid sont ainsi la simplicité de son utilisation et le gain de temps important qu'elle permet. Il convient néanmoins de s'interroger sur les points faibles de cette technique d'application, et sur leurs conséquences.

## Matériel et méthodes

### Premiers essais d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW

Dans deux exploitations qui cultivent à grande échelle sous serre, respectivement des tomates et des aubergines, les dépôts de produits phytosanitaires (insecticides, fongicides) ont été détectés et mesurés sur le sol, la végétation et la structure de la serre. Juste avant que les producteurs mettent en marche leurs appareils de nébulisation à froid «PFALZTECHNIK» (fig. 1), des boîtes de Pétri munies de rondelles de papier-filtre (7 cm de diamètre) ont été placées sur le sol, contre les parois et sur le plafond de la serre, ainsi qu'à la face supérieure et inférieure des feuilles de plantes choisies (fig. 2a et b; 3b). Le budget à disposition a limité la pose de ces filtres collecteurs à deux ou trois endroits par serre. Le lendemain matin, après nébulisation et aération de la serre, les rondelles de papier-filtre ont été recueillies et mises dans des éprouvettes en verre. Les échantillons ont ensuite été envoyés au laboratoire certifié ISO Veritas de Zurich pour rechercher et mesurer les dépôts de subs-

### Résumé

La nébulisation à froid offre le grand avantage de simplifier et d'alléger les travaux liés à l'application des produits phytosanitaires en serre. Cependant, les premières mesures effectuées dans deux serres où étaient cultivées respectivement des tomates et des aubergines ont montré que la répartition de la matière active à partir d'un appareil stationnaire était très inégale. De plus, ponctuellement, les résidus trouvés sur le produit récolté étaient trop élevés. L'utilisation de la nébulisation à froid peut et doit donc être améliorée par des mesures techniques appropriées. En outre, le choix et le dosage des produits doivent pouvoir se baser sur une information disposant de données bien étayées.

tance active. Si les plantes portaient des fruits prêts à être récoltés, quelques échantillons de fruits ont aussi été prélevés et transmis au même laboratoire pour analyse, environ deux jours avant la récolte. L'utilisation



**Figure 2a et b** | Doubles rangs de tomates le 16 mai 2009, hauteur des plants 190 cm, indice de surface foliaire 2,6; des rondelles de papier-filtre blanches ont été placées sur le dessus et le dessous de feuilles se trouvant sur les parties supérieures, inférieures, intérieures et extérieures des doubles rangs. D'autres rondelles de papier-filtre ont été posées sur le sol et sur la structure de la serre.

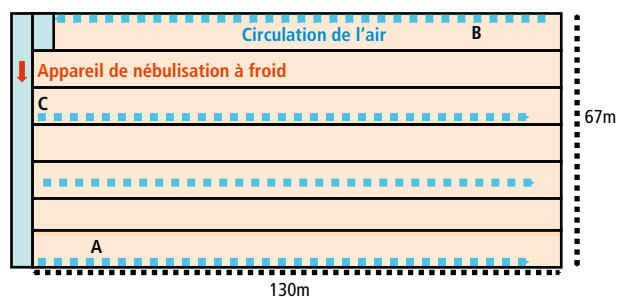


**Figure 3a et b** | Doubles rangs d'aubergines, avec environ 1,7 plant par mètre carré. Le 16 mai 2009: hauteur des plants 90 cm, indice de surface foliaire 1,9. Des rondelles de papier-filtre ont été installées dans différents endroits de la végétation, sur le dessus et le dessous des feuilles, ainsi que sur le sol et sur la structure de la serre, afin de mesurer les dépôts.

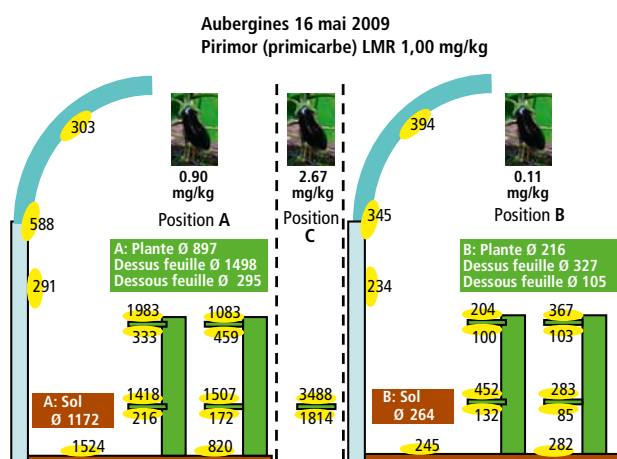
d'une substance de marquage était impossible, à cause des contaminations indésirables dans des serres commerciales. Les figures 4 et 7 montrent schématiquement le plan des serres avec le détail de la position des appareils de nébulisation et du dispositif de mesure des dépôts. Les figures 5, 6 et 8 présentent une sélection des résultats sous forme de schéma.

### Réglage et dosage adaptés à la culture

Les dépôts mesurés aux positions A, B et C (fig. 5, 6, 8) montrent très clairement qu'un appareil de nébulisation à froid stationnaire posé à même le sol et un ventilateur par 500 m<sup>2</sup> environ ne permettent pas d'obtenir une répartition égale de la matière active dans les deux serres



**Figure 4** | Schéma de la surface au sol de la serre des aubergines, à sept chapelles. Position de l'appareil de nébulisation à froid (rouge), circulation de l'air (bleu) provoquée par les ventilateurs et points A, B et C où les dépôts ont été mesurés (noir).



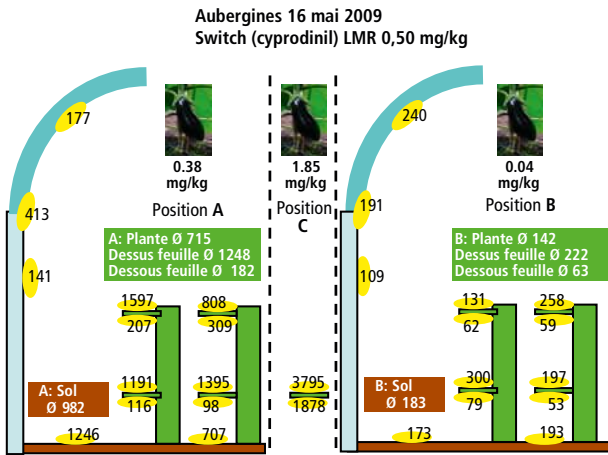
**Figure 5** | Coupe transversale schématique de la serre avec les doubles rangées d'aubergines, le 16 mai 2009. Valeurs des dépôts de l'insecticide nébulisé, Pirimor (primidicarb), en ng/cm<sup>2</sup>, sur des rondelles de papier-filtre, et valeurs des résidus en mg/kg sur les aubergines mûres pour la récolte, deux jours avant la récolte, aux points A, B et C. Les emplacements où les rondelles de papier-filtre ont été placées, sur le sol, sur les plantes ou sur la structure de la serre, sont indiqués en jaune.

examinées. Dans le passage où l'appareil était placé, les dépôts étaient très importants sur le sol et sur les plantes avoisinantes, alors que la position A, et encore plus le point B, ont enregistré des dépôts bien moins importants, voire très faibles. Sur le dessus des feuilles, le dépôt était presque toujours plusieurs fois supérieur à celui de la face inférieure. Pour les aubergines comme pour les tomates, les résidus laissés sur les fruits, prélevés deux jours avant la récolte commercialisée, étaient très variables et parfois nettement trop élevés. Globalement, les dépôts sur les parois et le plafond étaient plutôt faibles à moyens. Des estimations indiquent que, la plupart du temps, 43 à 46 % seulement de la substance active se retrouvent sur les feuilles des plantes, tandis que 16 à 19 % se déposent sur le sol de la surface cultivée et moins de 2 % sur la structure de la serre. La quantité restante de substance active se trouvait sur le sol du passage de la serre, où était installé l'appareil de nébulisation à froid, ou encore s'était échappé de la serre et dispersé à l'extérieur (Stanghellini 2009). Ces calculs sont basés sur un petit nombre d'emplacements, toutefois, et ne donnent qu'un ordre de grandeur.

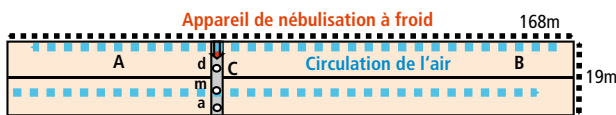
Ces données, certes encore modestes, montrent tout de même qu'il est urgent de se poser, dès maintenant, la question du dosage des produits phytosanitaires lorsqu'on utilise la nébulisation à froid (voir encadré). Actuellement, la plupart du temps, la quantité de produit autorisée par hectare est extrapolée à la surface de la serre; ce faisant, la taille de la surface cible, soit, suivant le produit et le ravageur, la surface totale de feuillage et de tiges de la végétation ou des fruits, n'est que peu, voire pas du tout prise en compte. Des premières mesures indiquent que, chez l'aubergine par exemple, l'indice de surface foliaire (surface foliaire par unité de surface au sol) augmente considérablement de la mi-mai à la mi-juillet, passant de 1,9 à 4,5 (fig. 9). Dans ces conditions, maintenir le même dosage n'a aucun sens. Pour adapter celui-ci, il serait important de connaître non seulement la modification des surfaces cibles en fonction des cultures et de la croissance, mais aussi quels sont les taux optimaux de fixation du produit atteignables par les appareils de nébulisation à froid.

Les plantes proches du passage de la serre où était installé l'appareil de nébulisation à froid présentaient parfois de très nettes brûlures aux feuilles et les résidus trouvés sur les fruits étaient beaucoup trop élevés. Des mesures effectuées à une douzaine d'emplacements dans les deux serres pour évaluer le mouvement de l'air provoqué par les ventilateurs ont montré que l'air circulait bel et bien. Cependant, la vitesse atteinte par le courant, généralement inférieure à 0,2 m/s, ne remplissait pas bien sa fonction. L'effet de dispersion de la subs-

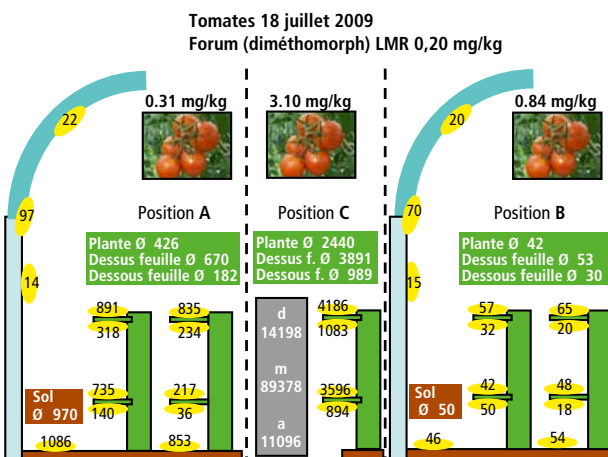




**Figure 6** | Coupe transversale schématique de la serre avec des loubles rangées d'aubergines, le 16 mai 2009. Valeurs des dépôts du fongicide nébulisé, Switch (cyprodinil, fludioxonil) en ng/cm<sup>2</sup>, sur des rondelles de papier-filtre, et valeurs des résidus en mg/kg sur les aubergines mûres pour la récolte, deux jours avant la récolte, aux points A, B et C.



**Figure 7** | Schéma de la surface au sol de la serre des tomates; essai réalisé dans un compartiment à deux chapelles. Position de l'appareil de nébulisation à froid (rouge), circulation de l'air (bleu) provoquée par les ventilateurs et points A, B et C où les dépôts ont été mesurés (noir). En plus des points A, B et C, les dépôts ont également été mesurés au sol dans le couloir traversant la serre, devant (d), au milieu (m) et à l'arrière (a).



**Figure 8** | Valeurs des dépôts du fongicide nébulisé, Forum (diméthomorphe) en ng/cm<sup>2</sup>, sur des rondelles de papier-filtre, et valeurs des résidus en mg/kg sur les tomates mûres pour la récolte, le 18 juillet 2009, deux jours avant la récolte, aux points A, B et C. Les valeurs des dépôts mesurés aux points d, m et a, sur le sol du passage, sont également mentionnées.



**Figure 9** | La même culture d'aubergines à la mi-juillet: hauteur des plants 250 cm, indice de surface foliaire 4,5.

tance active n'était pas suffisant et doit être amélioré. Plusieurs solutions sont possibles: soit utiliser plusieurs appareils de nébulisation à froid à l'hectare, soit installer le ou les appareils en hauteur, au-dessus de la végétation, ou même avoir une installation mobile, similaire à celle des rampes d'arrosage horizontal montées sur roues. Cependant, même si des améliorations de ce type peuvent être apportées, la répartition de la substance active restera vraisemblablement inégale entre le dessus et le dessous des feuilles. Ces écarts seront certainement diminués avec des produits à action translaminaire ou avec une pression de vapeur élevée. Jusqu'ici, toutefois, seules de très rares recherches ont été entreprises sur les cultures maraîchères en serre.

En Allemagne, les organes officiels ne recommandent la nébulisation à froid qu'avec des réserves, voire pas du tout, les résultats des essais effectués dans ce pays mettant également en lumière la problématique de la répartition inégale des produits nébulisés (Meinert *et al.* 1996; Harmut et Krämer 2005). Des recherches antérieures menées sur des plantes ornementales avaient également montré qu'une répartition égale sur la couverture végétale était difficile à obtenir (Owens et Bennet 1978). En Suisse, les instances de conseil publiques et privées manquent d'informations consistantes dans le domaine de la nébulisation à froid, car les données expérimentales sont encore très modestes. Comme dans le cas de l'application de produits phytosanitaires par arrosage au goutte-à-goutte, la vulgarisation ne peut être étayée concrètement que par la constitution progressive d'une base de données et d'expériences. Ces nouvelles méthodes d'application sont certainement pertinentes pour une exploitation moderne des serres, parallèlement aux systèmes de pulvérisation standard. Cepen-

dant, ces techniques doivent être utilisées de manière à ce que l'efficacité biologique soit bonne, que l'apparition de résistances chez les ravageurs soit retardée le plus longtemps possible et que la présence de résidus inacceptables soit à tout prix évitée. Pour être utile aux producteurs, la vulgarisation doit, en collaboration avec l'industrie, indiquer et définir clairement, sur la base de leurs caractéristiques (par ex. action systémique et/ou translaminaire), quels sont les produits appropriés à la nébulisation à froid ou à l'arrosage au goutte-à-goutte. Partout où cela est possible, les insecticides devraient être remplacés par l'utilisation d'auxiliaires appropriés. Des expériences faites aux Pays-Bas et en Suisse montrent que, en fonction des années, des cultures et de la présence des ravageurs, la nébulisation à froid doit être complétée avec des traitements sélectifs ponctuels par pulvérisation et/ou vaporisation avec des appareils à rampe verticale conventionnels, que l'on fait passer entre les rangs le long de la haie foliaire. Pour ces derniers également, les études en matière de réglage des appareils et de dosage des produits adaptés aux cultures doivent aussi être poursuivies (voir encadré). La base de données est, ici aussi, encore trop mince pour permettre un conseil fiable et professionnel. ■

---

**Encadré 1 | Dosage des produits phytosanitaires en serre**

Actuellement, pour la plupart des fongicides, des insecticides et des acaricides, les autorisations accordées en Suisse ne mentionnent, concernant l'utilisation en serre, que la concentration en pourcentage pour la fabrication de la bouillie. Le volume de bouillie à utiliser pour une culture précise à un stade de développement donné n'est pas indiqué clairement. Lors de la nébulisation à froid, on transpose généralement la quantité de produit par hectare usuelle dans les cultures maraîchères au champ, à la surface au sol de la serre. Là aussi, la façon d'adapter la quantité de produit ainsi calculée à la surface foliaire en croissance de la culture n'est pas clairement expliquée. A l'avenir, la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW cherchera à élaborer, en collaboration avec l'industrie suisse et européenne, des données de dosage faciles à utiliser en fonction de la culture et de la surface foliaire présente. Comme cela se fait déjà en arboriculture fruitière, en viticulture et en culture de baies, des instructions de dosage doivent être établies en fonction des cultures, incluant le type d'appareil à utiliser pour l'application, avec le réglage et les caractéristiques d'utilisation appropriés.

---

**Riassunto****Vantaggi e inconvenienti della nebulizzazione a freddo per l'applicazione di prodotti fitosanitari in serra**

La tecnica della nebulizzazione a freddo semplifica l'applicazione dei prodotti fitosanitari su colture in serra con un investimento di lavoro estremamente ridotto. Tuttavia, le prime misurazioni effettuate in due serre (una coltivata a pomodori e l'altra a melanzane), hanno però dimostrato che la distribuzione della sostanza attiva partendo da un apparecchio stazionario era molto irregolare. Inoltre i residui riscontrati sul raccolto erano a puntino troppo elevati. L'utilizzo della nebulizzazione a freddo può e deve essere migliorata con delle misure tecniche appropriate. La scelta e il dosaggio dei prodotti devono basarsi su informazioni solide e sicure.

**Summary****Strengths and weaknesses of cold-fogging for pesticides application in greenhouses**

Cold-fogging crop protection products in greenhouses is an easy to handle and time and labour saving method. However measurements of depositions on commercial tomato and eggplant crops in two greenhouses in Switzerland revealed that active ingredients distribution in the greenhouses was very uneven. Furthermore there were spots where unacceptably high residues were found on harvested fruit. Cold-fogging application method must and can be improved through technical measures. The choice and the dosage of the products should rely on solid data sets made available to the extension service.

**Key words:** cold-fogging, application techniques, crop protection, tomatoes, eggplants, greenhouse, deposition, distribution.

**Bibliographie**

- Harmuth P. & Krämer P., 2005. Jahresbericht des Pflanzenschutzdienstes Baden-Württemberg. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Reinsburgstrasse 107, 70197 Stuttgart Deutschland.
- Meinert G., Schmidt K., Wagner R. & Merz F., 1996. Untersuchungen zur Minimierung der Boden- und Luftbelastung durch Pflanzenschutzmittel in Gewächshäusern bei verbesserter biologischer Wirksamkeit. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Reinsburgstrasse 107, 70197 Stuttgart Deutschland.
- Owens J. M. & Bennett G. W., 1978. Spray Particle Size Distribution in Greenhouse ULV Applications to Poinsettia. *J. of Economic Entomology* 71 (2), 353–357.
- Stanghellini C., 2009. Emissions by aerial routes from protected crop systems (greenhouses and crops grown under cover). A position paper. Report 224. EFSA European Food Safety Authority. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Wageningen January 2009.