

Spot spraying en cultures maraîchères: conformité des volumes pulvérisés par plante

Pascal HABEREY, René TOTAL et Martina KELLER, Agroscope, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Pascal Haberey, tél. +41 58 460 59 98, e-mail: pascal.haberey@agroscope.admin.ch, www.agroscope.admin.ch

Avec la collaboration technique de Thomas ANKEN, Agroscope, 8356 Ettenhausen, Suisse



Pulvérisation ponctuelle sur laitue (Agroscope).

Introduction

Au cours des premiers stades d'une culture, celle-ci ne recouvre qu'une faible proportion du sol. A cette période, lors de la pulvérisation de produits phytosanitaires, une grande partie des quantités pulvérisées pollue le sol et n'a aucun effet sur les ravageurs (Ware, 1980). La technique de pulvérisation ciblée nommée «spot spraying» est en cours de développement depuis des années pour limiter au maximum la quantité de produits phytosanitaires atteignant le sol et non la culture (Ladd *et al.*, 1978; Felton & McCloy, 2003). Cette technique n'est encore que peu utilisée en Suisse, alors qu'elle serait très bénéfique pour atteindre les objectifs fixés par le Conseil fédéral sur la réduction de 30% des produits phytosanitaires utilisés, d'ici à 2027 (Le

Conseil fédéral, 2017). Dans le cadre du projet Agri-Qnet «Protection des cultures durables et économes en ressources dans la production de légumes à l'aide de robots de protection des cultures commandés par caméra» (2017–2021), Agroscope a réalisé des essais visant à évaluer les performances d'un prototype de robot de protection phytosanitaire en cours de développement. Doté de la technique de spot spraying, il est construit sur la base de la bineuse automatique Steketee IC Weeder. Il est capable de différencier, à l'aide de caméras, les plantes de la culture de celles des adventices. De ce fait, il pulvérise de manière ciblée des fongicides et insecticides uniquement sur les cultures maraîchères cultivées sur rang tout en sarclant les adventices sur l'inter- et l'intra-rang. Cette étude présente des mesures réalisées au cours de l'année

2020 pour contrôler la reconnaissance systématique des plantes par les caméras et la justesse des volumes pulvérisés en fonction du stade de la culture.

Matériel et méthodes

Calcul du volume théorique à pulvériser

Les volumes théoriques à pulvériser sont calculés en fonction de la longueur à traiter par rang, de la vitesse d'avancement et du débit du pulvérisateur. La longueur à traiter par rang résulte du produit entre la densité et le diamètre par plant. Le diamètre par plant correspond à la plus grande longueur entre les deux bords de la plante dans le sens d'avancement du prototype.

Dispositif expérimental et applications

Les essais ont été conduits en plein champ sur différentes cultures maraîchères. Ces cultures étaient plantées à des densités allant de 90 000 à 130 000 plants/ha et à des stades allant de BBCH 15 (5 feuilles étalées) à 48 (la tête a atteint 80% de sa taille finale). Chaque pulvérisation a été réalisée sur une planche de 40 m de long et 1,5 m de large comportant chacune 4 rangs de culture. Le premier traitement a eu lieu le 30 juin 2020 et le dernier le 15 septembre 2020.

Le prototype, tracté, contient 4 porte-outils équipés chacun de valves solénoïdes pour l'application de produits phytosanitaires (fig. 1). Chaque valve peut être activée indépendamment. Les caméras embarquées différencient les plantes de la culture des mauvaises herbes. Elles permettent ainsi la coordination des couteaux mobiles pour sarcler les adventices présentes sur le rang et l'activation ou la désactivation de la pulvérisation à chaque bord de la plante de culture avec une précision au millimètre. De ce fait, l'espace



Figure 1 | Pulvérisation ponctuelle sur laitue feuille de chêne verte à l'aide du prototype (Agroscope).

Résumé Agroscope teste sur différentes cultures maraîchères cultivées sur rang un prototype en cours de développement doté de la technologie de pulvérisation ponctuelle. Ce prototype permet de n'appliquer les insecticides ou fongicides que sur la plante cultivée et de sarcler les adventices sur ou entre les rangs. Le volume de bouillie à pulvériser dépend donc de la surface exacte occupée par la culture, surface qui varie en fonction du stade de développement des plantes. Une série d'essais a été mise en place pour comparer les volumes de bouillie pulvérisés par le prototype avec ceux théoriques calculés avant traitement. Au cours des premiers stades de culture, le prototype pulvérise des volumes avec une précision allant de 70 à 100%, ce qui garantit une application de qualité au cours du premier ou du deuxième traitement selon les cultures.

entre deux plantes n'est pas traité. Le prototype permet également d'ajuster la zone de pulvérisation par rapport aux plantes. En effet, le traitement peut être déclenché ou arrêté quelques millimètres à centimètres avant ou après chaque bord de la plante suivant les réglages désirés. Les pulvérisations ont été faites avec de l'eau à différentes vitesses allant de 0,9 à 1,6 km/h et avec des buses à jet plat pour pulvérisation en bande (Teejet TP 40-01 E, Lechler 45-070, Lechler 75-060 et Lechler 80-01E). Les débits variaient de 0,19 à 0,32 l/min. Les pressions ont été choisies en fonction de la buse utilisée pour obtenir des gouttelettes de taille fine. Au total, 43 applications ont été réalisées, soit 17 sur pak choi, 14 et 2 sur laitue lollo rouge et verte respectivement, 4 sur laitue pommée, 3 et 1 sur laitue feuilles de chêne rouge et verte respectivement et 2 sur laitue batavia.

Méthodes de collecte des données

A chaque essai, le volume d'eau pulvérisé par les 4 buses a été récupéré à l'aide d'un sac plastique fixé par buse. Sur chaque planche, la totalité des plantes ont été comptées et le diamètre par plant d'au moins 30 plantes était mesuré. La longueur de traitement par plante a été mesurée à l'aide de papier hydrosensible sur environ 350 plantes de stade inférieur à BBCH 47 (la tête a atteint 70% de sa taille finale) (fig. 2). La vitesse d'avancement affichée par le prototype a été contrôlée par chronométrage de la pulvérisation au

cours de 20 essais. Les débits par buse en fonction des pressions fixées ont été contrôlés chaque jour de traitement pendant 2 min à l'arrêt, ce qui correspond à plus de 150 mesures.

Résultats et discussion

Le prototype a pour objectif de réduire les quantités des produits phytosanitaires utilisés au cours des premiers stades de la culture, lorsque la surface faible occupée par celle-ci permet les économies les plus importantes. La période entre la date de plantation et celle où l'espace entre plantes est inférieur à 7 cm correspond, selon la culture testée, à la période du premier, voire du deuxième traitement insecticide ou fongicide réalisé habituellement par l'exploitant. A ces jeunes stades de culture, les volumes pulvérisés étaient toujours soit identiques, soit légèrement inférieurs à ceux attendus (fig. 3). De ce fait, l'utilisation du prototype ne paraît pas engendrer de risque de dépassement des doses de produits phytopharmaceutiques par plante. Pour ces pulvérisations, les volumes épandus divergeaient en moyenne de moins de 15% par rapport à



Figure 2 | Vérification de la qualité de pulvérisation sur pak choi à l'aide de papier hydrosensible. Le diamètre de la plante est comparé à la longueur du traitement par plante pour définir la justesse des volumes épandus. L'espace entre plantes n'est pas traité (Agroscope).

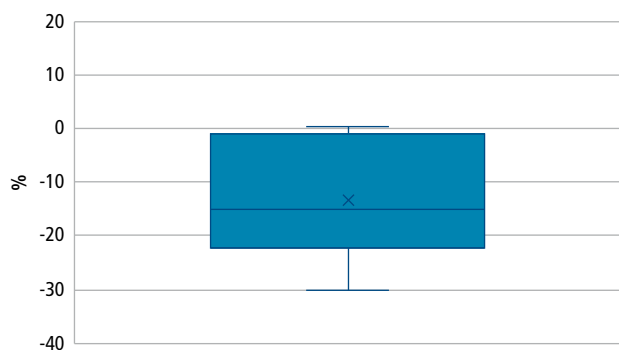


Figure 3 | Variabilité, représentée sous forme de box-plots, des écarts entre les volumes de bouillie pulvérisés et calculés pour les cultures dont l'espace entre deux plantes est supérieur ou égal à 7 cm.

ceux prédits. Sur l'ensemble des essais, les caméras ont démontré une grande faculté de reconnaissance et de différenciation des plantes de culture et des adventices. En effet, lors du contrôle de plus de 350 pulvérisations par plante, chaque plante a été traitée de manière ponctuelle sans omission. En outre, la grande majorité des adventices présentes sur le rang ont été sarclées. Les contrôles des temps de passage par essai et les débits par buse révèlent également une bonne fiabilité du prototype pour les réglages de sa vitesse et des pressions de sortie des buses. Il faut souligner que les variabilités de leur justesse sont faibles et les moyennes d'erreur ne sont que de 5 et 7% respectivement (fig. 4).

Aux stades plus avancés, lorsque l'espace entre plantes est inférieur à 7 cm, il pourrait exister un risque que les coupeaux mobiles puissent moins aisément se mouvoir entre les plantes sans provoquer de dégâts. De plus, les économies potentielles en produits phytopharmaceutiques seraient également plus faibles en raison de la forte occupation de la surface du sol par la culture. Ainsi, l'emploi du prototype par rapport à un pulvérisateur à rampe classique ne serait plus forcément pertinent. A ces stades, les écarts entre les volumes pulvérisés et ceux calculés sont plus importants (fig. 5). Le prototype appliquerait en moyenne 42% de volume de bouillie en moins par rapport à ceux prédits. Il est à noter que la divergence entre la longueur traitée et le diamètre par plante n'est en moyenne que de 2%. Il existe toutefois une forte variabilité de justesse de plus ou moins 40% suivant les pulvérisations par plante. Au cours des différents essais, une forte corrélation d'une valeur R^2 de 0,82 semblait paraître entre l'espace entre deux plantes et l'exactitude des volumes pulvérisés (fig. 6). Plus la culture se développait, plus le diamètre de la plante grandissait et plus l'espace entre les bords de deux plantes diminuait. Il est possible qu'aux stades très avancés de la culture,

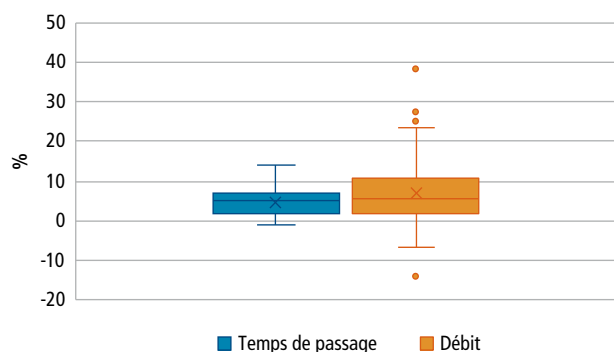


Figure 4 | Variabilités des écarts entre les valeurs observées et celles prévues, représentées sous formes de box-plots.

le délai entre la fermeture et l'ouverture des valves solénoïdes entre la fin d'une plante et le début de l'autre soit trop court pour permettre le bon recouvrement de la plante entière. Ainsi, le manque de volume de bouillie pulvérisée serait surtout localisé en périphérie de la plante, ce qui n'aurait qu'un faible impact sur l'efficacité des produits phytosanitaires. Cette hypothèse est en accord avec les résultats des essais d'efficacité déjà menés au cours des trois dernières années par Agroscope avec le prototype Steketeer sur pak choi et laitue. Les trois ou quatre traitements insecticides répartis sur l'ensemble de la durée de chaque culture ont montré une économie potentielle d'au moins 50% des produits phytosanitaires, tout en conservant une efficacité similaire à une application avec un pulvérisateur à rampe classique (Keller *et al.*, 2020). Des essais prévus en 2021 comparant les volumes épandus sur des plantes de même diamètre plantées à des densités différentes et des plantes de diamètres différents plantées à la même densité permettront d'évaluer l'efficacité de la vitesse d'activation des valves solénoïdes lors de traitements de cultures à des stades avancés.

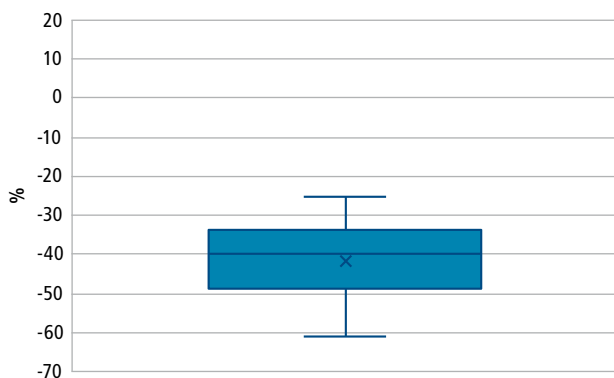


Figure 5 | Variabilité, représentée sous formes de box-plots, des écarts entre les volumes de bouillie pulvérisés et calculés pour les cultures dont l'espace entre deux plantes est inférieur à 7 cm.

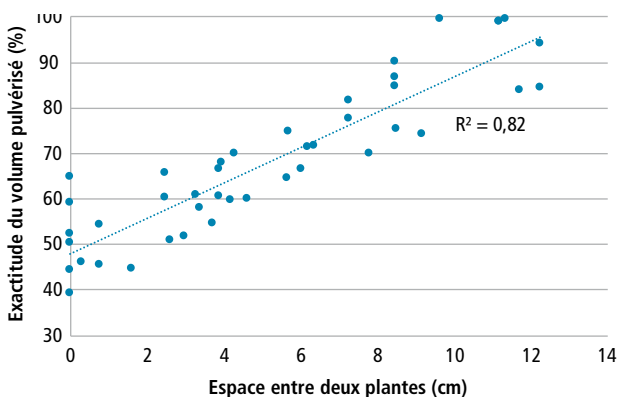


Figure 6 | Corrélation entre l'exactitude du volume pulvérisé sur la culture et l'espace entre deux plantes.

Conclusions

- Le prototype Steketeer reconnaît chaque plante de la culture et la pulvérise de manière ponctuelle.
- Au cours des premiers stades de culture correspondant à la plage d'utilisation du prototype, les volumes appliqués sont très similaires aux volumes attendus, avec moins de 30% d'écart.
- Les volumes de bouillie pulvérisés par le prototype n'excèdent jamais les volumes théoriques. Le risque d'une application excessive par plante et donc de dépassement des limites maximales de résidus autorisées est très faible. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier AgrIQnet pour son financement, et les partenaires du projet, l'Office fédéral de l'environnement, Rolf Matter (CCM), Fanny Duckert (UMS), René Steiner (FRL), Hans Möri (Möri AG), Samuel Hauenstein (FiBL) et Thomas Wyssa (Wyssa Gemüse). Nous remercions tout particulièrement Thomas et Christoph Wyssa, qui nous ont accueillis sur leur terrain pour effectuer les essais.

Bibliographie

- Felton W. & McCloy K., 1992. Spot spraying. *Agricultural Engineering Nov*, 9–12.
- Keller M., Haberey P., Hodel D., Collet L., Steiner R., Bucher C., Möri H., Wyssa T., Duckert F., Hauenstein S., Matter R., Anken T. & Total R., 2020. Spot spraying (pulvérisation ciblée) dans les cultures maraîchères: Réduction significative des pesticides possible, mais exigeante. *Agroscope Transfer* 353, 1–2.
- Ladd T. L., Reichard Jr. D. L., Collins D. L. & Buriff C. R., 1978. An Automatic Intermittent Sprayer: a New Approach to the Insecticidal Control of Horticultural Insect Pests. *Journal of Economic Entomology* 71(5), 789–792.
- Le Conseil fédéral, 2017. Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. Rapport du Conseil fédéral. Adresse: www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/abkti_onsplan.html [11 février 2021]
- Ware G.W., 1980. Effects of pesticides on nontarget organisms. In: Gunther F.A., Gunther J.D. (eds) *Residue Reviews. Residue Reviews* 76, 173–201.

Summary

Spot Spraying in Vegetable Production: Volume of Product Sprayed per Plant.

Agroscope is testing a prototype for spot-spraying plant-protection products on different vegetable row crops. The prototype allows the targeted application of insecticides or fungicides on the crop alone and the hoeing of weeds in or between the rows. The volume to be sprayed depends on the area occupied by the crop, which varies according to the stage of development of the plants. In a series of tests, the amount of product actually sprayed with the prototype was compared to the expected amount calculated before the treatment. On plants in early stages of development the prototype sprays the product with an accuracy of 70–100%, which guarantees a high-quality application for the first or second treatment, depending on the crop.

Key words: Spot spraying, growth stages, water rate, vegetables, field trial.

Zusammenfassung

Spot Spraying im Gemüsebau: ausgebrachte Brühmenge pro Pflanze.

Agroscope testet einen Prototyp für die gezielte Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (Spot Spraying) auf Reihenkulturen im Gemüsebau. Dieser erlaubt es, Insektizide oder Fungizide gezielt und nur auf die Kulturpflanze auszubringen und Unkraut in oder zwischen den Reihen zu hacken. Die auszubringende Brühmenge hängt von der Anbaufläche ab. Diese Fläche variiert je nach Entwicklungsstadium der Pflanzen. Im Rahmen einer Versuchsreihe wurde die mit dem Prototyp ausgebrachte Brühmenge mit der vor der Behandlung berechneten Menge verglichen. Auf Pflanzen in frühen Entwicklungsstadien sprüht der Prototyp die Brühmenge mit einer Genauigkeit von 70–100%, was je nach Kultur eine qualitativ hochstehende Ausbringung bei der ersten oder zweiten Behandlung gewährleistet.

Riassunto

Spot spraying per l'orticoltura: irrorazione precisa su ogni pianta.

Agroscope sta testando un prototipo ancora in fase di sviluppo provvisto di una tecnologia di irrorazione puntuale (spot spraying) su varie colture orticole a file. Questo prototipo consente di applicare gli insetticidi o i fungicidi unicamente sulle piante coltivate e di estirpare le malerbe presenti su o tra le file. Il volume della soluzione da applicare dipende dall'esatta superficie occupata dalla coltura, che varia a seconda dello stadio di sviluppo delle piante. Grazie a una serie di test si sono confrontati i volumi di soluzione irrorati dal prototipo con quelli teorici calcolati prima del trattamento. Ai primi stadi della coltura, il prototipo applica i volumi con una precisione del 70–100 per cento, il che garantisce un'applicazione di qualità durante il primo o il secondo trattamento, a seconda della coltura.